Rev. Fitotec. Mex. 11: 39-47. 1988

FORMACION DE HIBRIDOS DE SORGO PARA GRANO. II. COMPORTAMIENTO *per se* DE LAS LINEAS Y SU APTITUD COMBINATORIA GENERAL[1]

Leopoldo E. Mendoza Onofre[2]

RESUMEN

La aptitud combinatoria general (ACG) de una línea es el comportamiento promedio de los híbridos que se forman con ella. La evaluación normal de la ACG, por tanto, implica hacer y evaluar los híbridos requeridos lo cual consume tiempo, terreno y recursos. Se ha sugerido que el comportamiento de las líneas *per se* puede ser un buen estimador de la ACG. En Tepalcingo, Estado de Morelos, se evaluaron 294 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), formados entre 18 líneas R y 17 líneas B, junto con los 18 progenitores masculinos y 13 de los femeninos. La correlación entre el rendimiento de las líneas *per se* y su ACG fue 0.68** y 0.61** para las líneas hembra y macho, respectivamente. El rendimiento de grano de los híbridos formados al cruzar líneas de alto rendimiento o de alta ACG superó entre 52 y 91% al de los formados con líneas de bajo rendimiento y baja ACG. De igual forma, en el primer caso se detectaron tres o cinco veces más híbridos de alto rendimiento que en el segundo. Se concluye que el rendimiento de las líneas *per se* es un buen criterio inicial para descartar líneas progenitoras de híbridos de sorgo.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sorghum bicolor, Correlación líneas e híbridos, Rendimiento de grano.

SUMMARY

The general combining ability (GCA) of a line is the average response of all hybrids involved in that line. Furthermore GCA evaluations also require to form the desired hybrids, so time, land and other resources are consumed in this process. It has been suggested the *per se* behaviour of lines as a good estimate of the GCA. At Tepalcingo, State of Morelos, 294 sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) hybrids were evaluated along with 18 R y 13 B of their parental lines. Correlation coefficients of 0.68** and 0.61** between GCA and lines yield *per se*, were obtained for female and male lines, respectively. Grain yield of hybrids formed with parental lines both of them being high yielders or having a high GCA, exceeded from 52 to 91% the yield of hybrids formed with low yielding or low GCA lines. Similarly, high yielding hybrids were three of five times more frequent in the first group than in the second one. It is concluded that the yield *per se* test is a good criterion for screening parental lines in a hybrid sorghum program.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Sorghum bicolor, Lines and hybrids correlation, Grain yield.

INTRODUCCION

En México, la superficie cultivada con sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) es de cerca de 1.5 millones de hectáreas, y casi toda se siembra con semilla de híbridos comercializados por compañías privadas. En su mayoría, estas compañías ofrecen híbridos que si bien producen altos rendimientos (en los últimos 10 años, México ha ocupado uno de los tres primeros lugares, a nivel mundial, en rendimiento de grano/ha), ni sus líneas progenitoras ni los híbridos mismos fueron específicamente seleccionados por su comportamiento bajo las condiciones ambientales propias de las áreas sorgueras de nuestro país.

Por lo anterior, es factible que el rendimiento de grano de esta especie pueda incrementarse si se identifican progenitores con características agronómicas, fisiológicas y de todo tipo, que satisfagan las necesidades específicas de productores y consumidores nacionales; que exploten mejor el ambiente particular de las zonas sorgueras actuales y potenciales del país; y cuyo cruzamiento permita explotar también el vigor híbrido que comúnmente se manifiesta en el sorgo. Sin embargo, ante la abundancia de líneas que pueden ser producidas e introducidas a un programa de mejoramiento genético, es importante detectar metodologías que rápida y eficazmente permitan seleccionar progenitores que den lugar a híbridos de mayor rendimiento y/o de mejores características agronómicas.

La selección de las líneas progenitoras de híbridos normalmente se basa en evaluaciones de su aptitud combinatoria general (ACG), la cual a su vez puede estimarse mediante la prueba de líneas *per se*. El propósito de este estudio fue comparar el comportamiento *per se* de líneas de sorgo con su respectiva ACG.

[1] Investigación parcialmente financiada por el CONACYT, mediante Proyecto PCAFBNA-001268.

[2] Experto Nacional de la Red de Sorgo y Mijo del INIFAP y Profesor Colaborador del Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. 56230 Chapingo, México.

REVISION DE LITERATURA

La aptitud combinatoria general se define como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas (Sprague y Tatum, 1942; Allard, 1960; Brauer, 1969). La ACG puede referirse a cualquier carácter, pero en cereales generalmente se aplica al rendimiento de grano. Una vez identificadas las líneas de mayor ACG, se cruzan entre sí para finalmente seleccionar aquellas que generen el híbrido de mayor aptitud combinatoria específica (ACE) (Lonnquist, 1968; Orozco y Mendoza, 1983; González, 1987).

Existen diferentes métodos para estimar la ACG. En maíz se ha estimado mediante la prueba de mestizos (Lonnquist y Lindsay, 1964; Márquez, 1985), el empleo de cruzas dialélicas (Griffing, 1956) y el comportamiento de líneas *per se* (Lonnquist y Lindsay, 1964; Márquez, 1985; González, 1987). En el caso del sorgo, donde el método normal de reproducción sexual es mediante autofecundación y los híbridos generalmente se forman cruzando líneas A (con androesterilidad génico-citoplásmica) y líneas R (con genes nucleares de restauración), es común que la ACG de las líneas se estime mediante cruzas dialélicas en un solo sentido, es decir, por medio de cruzas simples directas (Kambal y Webster, 1965; Finkner *et al.*, 1976). Sin embargo, la reciente creación de poblaciones panmícticas de sorgo, mediante diversas fuentes de androesterilidad génica (al, ms_3, ms_7) ha permitido también utilizar mestizos para evaluar la ACG (Hookstra *et al.*, 1983). Singhania y Rao (1975) y Patel *et al.* (1984) presentan información obtenida de comparaciones entre la prueba de líneas de sorgo *per se* con su ACG.

En nuestro país, la ACG de líneas A se ha estimado utilizando mezcla de polen de líneas R, a manera de prueba de mestizos (Estrada, 1974) o mediante el promedio de los híbridos resultantes con varias líneas R (Castillo, 1980; Orozco y Mendoza, 1983). El promedio de los híbridos formados entre una línea R con varias líneas A se ha utilizado para estimar la ACG de líneas restauradoras (Castillo, 1980; Orozco y Mendoza, 1983). En todos estos casos, se requiere dedicar terreno, tiempo y recursos para formar y evaluar los híbridos mediante los cuales se estimará la ACG de las líneas A ó R, lo cual podría evitarse de encontrar que el comportamiento de las líneas *per se* es un buen estimador de la ACG en sorgo.

En el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados se realizó un proyecto enfocado a la aplicación de conceptos fisiotécnicos en el mejoramiento genético del sorgo. Como parte de dicho proyecto, se propuso definir una metodología que permitiera identificar líneas capaces de formar híbridos de sorgo con rendimiento de grano y características agronómicas sobresalientes, en mayor frecuencia que con el método tradicional de formación de híbridos. En la primera fase de tal proyecto, cuyos resultados presentaron Mendoza y Hernández (1987), se evaluó un amplio número de líneas B y R; en la segunda fase, se estudió la asociación entre el comportamiento de líneas *per se* con su respectiva ACG, y es motivo del presente artículo. En el país, un estudio similar fue conducido por Orozco y Mendoza (1983), pero el reducido número de líneas limitó al alcance de los resultados obtenidos por tales autores.

MATERIALES Y METODOS

En el verano de 1981 se evaluaron 38 líneas B y 43 líneas R, casi todas ellas introducidas de Estados Unidos, bajo condiciones de temporal, en tres localidades del Estado de Morelos. De ellas, se identificaron 17 líneas B y 18 líneas R que cubrían la variación del grupo inicial para características como altura de planta, días a floración, longitud de la excersión, rendimiento de grano y días a madurez fisiológica. Las 18 líneas R y las contrapartes estériles A de las 17 líneas B, se sembraron en el ciclo de invierno 81-82, en Tepalcingo, Mor., para formar todas las cruzas A x R posibles, obteniéndose 294 de los 306 híbridos planeados.

En el verano de 1982 se sembraron los 294 híbridos, las 18 líneas R y 13 líneas B, en un experimento cuya distribución de tratamientos se basó en un diseño látice rectangular 19 x 18 con 4 repeticiones. Para complementar los 342 tratamientos, se incorporaron 8 híbridos comerciales nacionales (liberados por el INIFAP)[1/] y 9 híbridos comerciales distribuidos por compañías privadas. En cada repetición se emplearon parcelas de 2 surcos de 3 m de

[1/]: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

largo, de las cuales se cosecharon los 2 m centrales de cada surco. La distancia entre surcos fue de 0.80 m.

La siembra se realizó el 29 de junio de 1982 y el experimento se auxilió con riegos suficientes de manera que en ninguna etapa del cultivo hubo deficiencias hídricas. Las prácticas culturales se realizaron conforme las recomendaciones del INIFAP para esa región.

Se recabó la siguiente información: rendimiento de grano seco por parcela (RDTO, en kg/3.20 m^2) en 4 repeticiones; días a floración (DF, lapso desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela presentaron antesis a la mitad de la panoja) y días a madurez fisiológica (DMF, cuando el 50% de las plantas de cada parcela mostraba granos con capa negra en la parte central de la panoja); mediante la diferencia DMF-DF se calculó el período de llenado de grano (PLLG); DF, DMF y PLLG se obtuvieron en 2 repeticiones. Con base en el promedio de 5 plantas y en una sola repetición se obtuvo la altura de planta (ALTPLT), la longitud de la excersión (EXCER) y la longitud de panoja (LONPAN); todas ellas en centímetros.

La ACG de cada línea B ó R se obtuvo mediante el promedio aritmético de todos los híbridos que tenían a esa línea como progenitor común; en la estimación de la ACG de cada línea R intervino un mínimo de 15 híbridos, y cuando menos 17 híbridos para estimar la ACG de cada línea B.

Para cumplir con los objetivos del estudio, se realizaron análisis de correlación fenotípica simple entre el comportamiento de las líneas *per se* y su ACG respectiva. Los análisis se hicieron por separado para el grupo de hembras (líneas B) y el de machos (líneas R).

Adicionalmente se obtuvieron los valores de heterosis porcentual para cada variable, considerando el promedio de los híbridos respecto al promedio del grupo de líneas hembras o de líneas machos que intervinieron en tales híbridos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Según los datos del Cuadro 1, se detectó una correlación positiva y significativa (α=0.05) entre el comportamiento *per se* de las líneas B y sus correspondientes ACG, para las variables: rendimiento de grano, altura de planta, días a floración y días a madurez fisiológica. Correlaciones similares (Cuadro 2) se encontraron entre el comportamiento *per se* de las líneas R y el de sus ACG's respectivas, para las mismas variables, excepto altura de planta; en el grupo de progenitores R se detectó correlación significativa para longitud de la panoja y de la excersión, así como para la duración de la etapa de llenado de grano.

En los programas de mejoramiento genético que se conducen en sorgo, es común disponer de un numeroso grupo de progenitores, por lo que la cantidad de híbridos posibles entre ellos es muy amplia. Los resultados obtenidos ($r = 0.68^{**}$ y 0.61^{**}) indican que el rendimiento de las líneas *per se* puede servir como criterio para seleccionar tanto progenitores masculinos como femeninos de alta ACG. Al respecto, Orozco y Mendoza (1983) encontraron correlaciones de $r = 0.82^{**}$ y 0.55 para líneas B y R, pero sólo evaluaron el rendimiento de líneas *per se* y las ACG respectivas de 6 progenitores hembra y 9 machos. En la India, Patel *et al.* (1984) encontraron valores de $r = 0.59^{**}$ al evaluar el rendimiento de 33 líneas macho y sus híbridos respectivos con 3 líneas hembra, en tres ambientes.

Con objeto de evaluar las bondades que tiene emplear el rendimiento de las líneas *per se*, como criterio para identificar progenitores que produzcan híbridos de alto rendimiento, en el Cuadro 3 se presentan los datos correspondientes a los nueve híbridos formados con las tres líneas hembra y las tres líneas macho de mayor rendimiento *per se*, comparados con igual número de híbridos formados con los progenitores de menor rendimiento *per se*. El promedio del primer grupo (1.584 kg/3.20 m^2) superó en 52% el rendimiento de grano del segundo (1.045 kg/3.20 m^2). Al comparar la frecuencia de híbridos cuyo rendimiento de grano fue igual o superior al promedio del experimento (1.50 kg/3.20 m^2, equivalente a 4500 kg/ha), se tiene que cuando incluyen como progenitores por lo menos a una de las tres líneas

Cuadro 1. Comportamiento *per se* de líneas B y de su ACG estimada mediante el promedio de los híbridos con cada línea como progenitor común.

Nomenclatura	RDTO[1]		ALTPLT[1]		LONPAN[1]		EXCER[1]		DF[1]		DMF[1]		PLLG[1]	
	Per se	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG
Tx 623	1.704	1.739	115	117	32	27	2	14	63	59	98	93	35	34
CK W-Sourless	1.314	1.431	102	105	24	27	13	13	62	61	97	95	35	33
1399	1.295	1.466	98	105	27	31	21	7	68	61	101	96	33	34
SC 102-9	1.242	1.930	83	128	22	24	11	9	64	60	97	94	33	34
CK-KS 19	1.150	1.374	77	88	25	24	- 3	10	63	60	98	94	35	34
CK Atlas	1.105	1.327	85	96	28	24	- 3	9	63	60	96	95	33	35
Doggett	1.048	1.498	80	100	32	27	- 6	11	62	59	96	93	34	34
KS 57	0.996	1.277	62	87	14	20	2	10	59	58	93	93	34	35
KS 24	0.974	1.235	82	92	26	24	5	12	59	59	93	93	34	34
KS 22	0.850	1.332	77	94	24	24	2	13	61	60	93	94	32	34
Tx 2751	0.708	1.178	71	96	20	26	15	7	56	60	88	95	32	35
Wheathland-Tx 415	0.670	1.189	90	91	32	25	12	16	55	57	87	90	32	34
A-R-28	0.396	1.312	95	106	25	23	16	20	57	57	89	90	32	33
Promedio	1.035	1.407	86	100	25	25	7	12	61	59	94	93	33	34
Heterosis (%)[2]	36		16		—		71		—		—		3	
Correlación[3] *per se* vs ACG	0.68**		0.57*		0.54		0.09		0.71**		0.64**		-0.15	

[1]: RDTO = rendimiento de grano (kg/3.20 m^2); ALTPLT = Altura de planta (cm); LONPAN = longitud de panoja (cm); EXCER = excersión (cm); DF = días a floración; DMF = días a madurez fisiológica; PLLG = período de llenado de grano (DMF-DF).

[2]: Porcentaje del valor promedio de ACG respecto al promedio de las líneas *per se*, siempre y cuando $\bar{X}_{ACG} > \bar{X}_{per\ se}$.

[3]: *, **, correlaciones significativas y altamente significativas (α=0.05 y 0.01, respectivamente).

Cuadro 2. Comportamiento *per se* de líneas R y de su ACG estimada mediante los híbridos con cada línea como progenitor común.

Nomenclatura	RDTO[1]		ALTPLT[1]		LONPAN[1]		EXCER[1]		DF[1]		DMF[1]		PLLG[1]	
	Per se	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG	*Per se*	ACG
SC 369 sel	1.331	1.348	75	94	25	28	0	7	64	62	98	96	34	34
N 4610	1.128	1.607	86	108	26	25	12	12	64	61	98	94	34	33
SC 33-9-8	1.119	1.733	90	117	25	27	16	18	67	64	101	98	34	34
CK Short Kuara	1.012	1.485	81	105	25	27	10	15	62	60	101	95	39	35
NP-Yellow 1	0.938	1.558	80	103	28	27	5	17	62	60	102	95	40	35
TAM Blk 39 Sel	0.923	1.539	70	102	18	23	2	8	61	60	95	93	34	33
SC 177	0.897	1.508	68	101	21	24	- 1	10	61	59	93	92	32	33
SC 177-15E	0.860	1.536	70	99	20	24	5	8	61	59	93	92	32	33
Plainsman	0.826	1.396	84	99	24	24	10	11	63	61	98	94	35	33
(KS 19-KS 21)-1	0.806	1.386	78	101	23	25	7	14	63	60	102	95	39	35
(EH-KS 19)-1	0.794	1.352	76	94	23	25	7	13	64	60	103	95	39	35
R-1-6 Fam 14	0.787	1.430	75	104	24	24	- 7	11	58	59	101	94	43	35
R-5-28	0.768	1.413	81	100	22	26	3	10	60	59	102	94	42	35
NP Yellow 6	0.652	1.518	72	109	22	22	- 1	11	58	58	94	92	36	34
CK Korgi-1	0.553	1.188	78	86	28	23	- 5	7	60	59	98	94	38	35
N 4917	0.534	1.072	71	89	20	24	13	11	57	58	89	91	32	33
(KS 19-KS 21)-4	0.525	1.387	72	106	22	26	5	14	61	59	103	94	42	35
NP-Yellow 8	0.446	1.291	55	93	17	21	1	14	58	58	93	92	35	34
Promedio	0.828	1.430	76	101	23	25	5	12	61	60	98	94	37	34
Heterosis (%)[2]	73		33		9		140		—		—		—	
Correlación[3] *Per se* vs ACG	0.61**		0.45		0.56*		0.54*		0.91**		0.78**		0.89**	

[1]: RDTO = rendimiento de grano (kg/3.29 m^2); ALTPLT = altura de planta (cm); LONPAN = longitud de panoja (cm); EXCER = excersión (cm); DF = días a floración; DMF = días a madurez fisiológica; PLLG = período de llenado de grano (DMF - DF).

[2]: Porcentaje del valor promedio de ACG respecto al promedio de las líneas *per se*, siempre y cuando $\bar{X}_{ACG} > \bar{X}_{per\ se}$.

[3]: *, **; correlaciones significativas y altamente significativas (α=0.05 y 0.01, respectivamente).

Cuadro 3. Rendimiento(kg/3.20 m^2) de híbridos formados con progenitores hembras y machos de alto o bajo rendimiento *per se*.

Alto rendimiento *per se*				Bajo rendimiento *per se*			
Línea ♀	Líneas ♂			Líneas ♀	Líneas ♂		
	SC 369	N 4610	SC 33-9-8		Yellow 8	(KS 19-21)4	N4917
Tx 623	1.581	1.844	1.518	A-R-28	1.201	1.059	0.825
Sourless	1.384	1.496	1.978	W-Tx 415	0.816	1.220	0.674
1399	0.966	1.711	1.775	Tx 2751	1.255	1.148	1.211
		$\bar{X}$ = 1.584				$\bar{X}$ = 1.045	

hembras o machos de alto rendimiento se obtuvo un total de 55 híbridos contra sólo 18 obtenidos al utilizar como progenitores a igual número de líneas de bajo rendimiento (Cuadro 4).

Estos resultados demuestran que existe una mayor probabilidad de obtener híbridos de alto rendimiento cruzando progenitores que también expresen mayor rendimiento como tales, que al cruzar líneas de bajo rendimiento. Sin embargo, cabe esperar, cuando menos, dos riesgos al utilizar solamente el rendimiento de las líneas *per se* como criterio para seleccionar progenitores. Primero: que la frecuencia y el nivel de rendimiento de híbridos superiores obtenidos al combinar líneas de alto rendimiento *per se* sean menores a los que se obtendrían al cruzar líneas de alta ACG; segundo: que se pierdan algunos híbridos de alto rendimiento, factibles de lograrse con líneas de bajo rendimiento pero de alta heterosis.

En relación al primer riesgo, en el Cuadro 5 se aprecia que al seleccionar progenitores por AGC, el rendimiento de los nueve híbridos formados con las tres líneas hembra y las tres líneas macho de mayor ACG, superó en 91% a los nueve híbridos formados con igual número de líneas de baja ACG. Además, la frecuencia de híbridos superiores resultó mayor cuando intervinieron progenitores de alta ACG que al cruzar líneas de baja ACG (68 *vs* 13; Cuadro 6).

Estas ventajas aparentes de seleccionar líneas en función de su ACG, en vez de hacerlo con base en rendimiento *per se* (91 *vs* 52%; 68/13 *vs* 55/18), son fácilmente remediables si el fitomejorador reduce su presión de selección. Por ejemplo, si se hubieran incluido las mejores cinco líneas, se habrían seleccionado a cuatro de ellas que destacan tanto por su comportamiento *per se* como por su ACG; en este caso; SC 102-9, 1399, Tx 623 y CK W-Sourless. De esta forma, resulta evidente la ventaja de utilizar la información del rendimiento de las líneas *per se* como un criterio inicial para seleccionar progenitores que produzcan híbridos de alto rendimiento, pues se reducirían las necesidades de terreno, tiempo y gastos operativos tanto para formar las cruzas como la evaluación de los híbridos requeridos para obtener la ACG respectiva.

Respecto al riesgo de dejar de generar híbridos de alto rendimiento al no incluir líneas de bajo rendimiento en un programa de cruzamientos, conviene destacar que ninguno de los nueve híbridos formados con líneas hembra y macho de bajo rendimiento (Cuadro 3) o de baja ACG (Cuadro 5) alcanzó el rendimiento promedio del experimento. Sin embargo, estas líneas cruzadas con otras de mayor rendimiento o de mayor valor de ACG, pueden dar híbridos que igualen o superen a la media (Cuadros 4 y 6). La frecuencia de estos híbridos, empero, es relativamente baja (18/55 y 13/68) y su nivel de superioridad es también reducido, por lo que realmente el fitomejorador ahorraría tiempo y recursos económicos evitando hacer tales cruzas. Además, el bajo rendimiento de estas líneas sería una limitante para su incremento con fines de producción comercial de semilla del híbrido. Obviamente, podría haber situaciones bajo las cuales sería indispensable mantener tales líneas en el programa, como en el caso de que fueran fuentes de resistencia o tolerancia a algún factor ambiental adverso. Es decir, la evaluación de las líneas progenitoras, previa a la formación de híbridos de sorgo, permite la selección de las mismas con base en características agronómicas adicionales al rendimiento de grano (Orozco y Mendoza, 1983; Mendoza

Cuadro 4. Número de híbridos con rendimiento de grano mayor o igual al promedio del experimento, formados con progenitores hembras o machos de alto o bajo rendimiento *per se*[1].

Líneas ♀	No. de híbridos	Líneas ♂	No. de híbridos
	Alto rendimiento *per se*		
Tx 623	12	SC 369	3
Sourless	7	N 4610	10
1399	11	SC 33-9-8	12
Suma	30	Suma	25
	Bajo rendimiento *per se*		
A-R-28	3	Yellow 8	3
W-Tx 415	2	(KS 19-21)4	6
Tx 2751	4	N 4917	0
Suma	9	Suma	9

[1]: Media del experimento = 1.50 kg/3.20 m^2 (4500 kg/ha).

Cuadro 5. Rendimiento (kg/3.20 m^2) de híbridos formados con progenitores hembras y machos de alta y baja ACG para rendimiento.

Alta ACG				Baja ACG			
Líneas ♀	Líneas ♂			Líneas ♀	Líneas ♂		
	Yellow 1	N 4610	SC 33-9-8		N 4917	Korgi 1	Yellow 8
SC 102-9	1.933	2.479	2.947	KS 24	0.836	1.162	1.187
Tx 623	1.909	1.844	1.518	Tx 2751	1.211	0.610	1.255
Doggett	1.731	1.517	—	W-Tx 415	0.674	1.086	0.816
	$\bar{X}$ = 1.872				$\bar{X}$ = 0.982		

y Hernández, 1987).

Por otro lado, la evaluación simultánea de híbridos y progenitores facilita tomar decisiones sobre los híbridos más destacados y su ulterior recomendación a nivel comercial, y permite explicar mejor las relaciones entre híbridos y progenitores. Por ejemplo, la información de los Cuadros 1 y 2 dan idea del tipo de respuesta que los híbridos manifiestan respecto al comportamiento de los progenitores. En el caso de las líneas hembra, hubo correlaciones positivas y significativas para altura de planta y los días a floración y a madurez fisiológica de las líneas y los híbridos formados con ellas. Similares tendencias se presentaron con los progenitores masculinos. Sin embargo, destaca que en promedio, los híbridos siempre fueron más altos que ambos progenitores y normalmente fueron más precoces, tanto a la floración como a la madurez fisiológica.

La máxima heterosis se presentó para la longitud de excersión ya que casi todos los híbridos presentaron mayor excersión que la de sus progenitores. La longitud de la panoja y el período de llenado de grano fueron dos variables en las cuales los híbridos presentaron magnitudes semejantes a las mostradas por los progenitores, tanto hembras como machos; es decir, los valores heteróticos para estas características fueron de baja magnitud.

Con base en los resultados obtenidos con el grupo de líneas estudiado, para formar híbridos de sorgo con alto rendimiento de grano deberían cruzarse

Cuadro 6. Número de híbridos con rendimiento de grano mayor o igual al promedio del experimento, formados con progenitores hembras o machos de alta o baja ACG para rendimiento[1].

Líneas ♀	No. de híbridos	Líneas ♂	No. de híbridos
	Alta ACG		
SC 102-9	16	Yellow 1	9
Tx 623	12	N 4610	10
Doggett	9	SC 33-9-8	12
Suma	37	Suma	31
	Baja ACG		
KS 24	2	N 4917	0
Tx 2751	4	Korgi 1	2
W-Tx 415	2	Yellow 8	3
Suma	8	Suma	5

[1]: Media del experimento = 1.50 kg/3.20 m^2 (4500 kg/ha).

líneas que tengan alto rendimiento. Respecto a las demás variables agronómicas, generalmente se tendrán híbridos altos y tardíos si se cruzan líneas con tales características, o viceversa; la excersión de los híbridos normalmente será mayor que la de los progenitores, pero no se espera que los híbridos superen la longitud de la panoja, los días a floración, los días a madurez fisiológica ni el período de llenado de grano de los progenitores.

Naturalmente, existen combinaciones específicas, resultado de los tipos de acción génica no aditiva, donde los híbridos difieren de las tendencias señaladas. En el siguiente número de esta serie se presentarán los resultados obtenidos al analizar el mismo grupo de híbridos con base en un diseño genético donde se evalúan los efectos de la ACG y de la aptitud combinatoria específica (ACE), para juzgar, desde la perspectiva de la genética cuantitativa, las bondades de la selección de progenitores con base en el comportamiento de las líneas *per se*.

CONCLUSIONES

Se encontraron correlaciones de 0.68** y 0.61** entre el rendimiento de líneas *per se* y la ACG de líneas B y R, respectivamente. Los nueve híbridos formados con las 3 líneas hembra y las 3 líneas macho de mayor rendimiento *per se* superaron en 52% al rendimiento de igual número de híbridos formados con los progenitores de menor rendimiento. Al comparar los 9 híbridos formados con líneas de ACG constrastante, la superioridad fue de 91%. Además, la frecuencia de híbridos de alto rendimiento al cruzar progenitores de alto rendimiento o de alta ACG fue tres o cinco veces mayor que al hacerlo con líneas de bajo rendimiento o de baja ACG. Se recomienda excluir a los progenitores de bajo rendimiento en un programa de formación de híbridos de sorgo, salvo que tengan alguna otra característica sobresaliente. La evaluación simultánea de híbridos y progenitores ayuda a explicar el comportamiento de los híbridos.

AGRADECIMIENTO

Al M.C. Adrián Hernández Livera por su apoyo al conducir el experimento de campo.

BIBLIOGRAFIA

Allard, R. W. 1960. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Edit. Omega. 408 p.

Brauer H., O. 1969. Fitogenética Aplicada. Edit. Limusa Wiley. 518 p.

Castillo G., F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres, efectos de aptitud combinatoria general. Tesis Maestría en Ciencias, Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Estrada G., A. 1974. Estimación de la aptitud combinatoria de líneas A y R de sorgo para grano *Sorghum bicolor* (L) Moench. Tesis Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Finkner, R. E., M. D. Finkner, B. A. Rojas, and N. R. Mallm. 1976. Combining abilities and heritability from incomplete diallel systems in grain sorghum. New Mexico State Univ. Agric. Exp. Stat. Bull. 642.

González G., J. 1987. Implicación del rendimiento *per se* y la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la predicción de cruzas simples de alto rendimiento. Tesis Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.

Hookstra, G. H., W. M. Ross, and R. F. Mumm. 1983. Simultaneous evaluation of grain sorghum A-lines and random-mating populations with topcrosses. Crop Sci. 23: 977-981.

Kambal, A. E., and O. J. Webster. 1965. Estimates of general and specific combining ability in grain sorghum *Sorghum vulgare* Pers. Crop Sci. 5: 521-523.

Lonnquist, J. H. 1968. Further evidence on testcross versus line performance in maize. Crop Sci. 8: 50-53.

_____ and M. F. Lindsay. 1964. Top-cross versus S_1 line performance in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 4: 580-584.

Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal. Métodos Teoría, Resultados. Tomo I. A.C.T. Editor, S. A. 357 p.

Mendoza O., L. E. y A. Hernández L. 1987. Formación de híbridos de sorgo para grano. I. Evaluación de líneas progenitoras. Fitotecnia 10: 99-110.

Orozco M., F. de J. y L. E. Mendoza O. 1983. Comparación de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y algunos de sus progenitores. Agrociencia 53: 87-98.

Patel, R. H., K. B. Desai, M. U. Kukadia, and K. R. V. Raja. 1984. Comparison of *per se* and test cross performance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Gujarat Agric. Univ. J. 9 (2): 1-5.

Singhania, D. L., and N. G. P. Rao. 1975. Genetic analysis of some exotic x Indian crosses in sorghum. XII. Line performance in relation to heterosis. Indian J. Genetic 35: 387-390.

Sprague, G. F., and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.