

EFFECTOS HETERÓTICOS ENTRE Y DENTRO DE FUENTES DE GERMOPLASMA DE MAÍZ A TRAVÉS DE CRUZAS SIMPLES EMPARENTADAS*

Ricardo Ernesto PRECIADO ORTIZ¹
Arturo Daniel TERRON IBARRA²

RESUMEN

En México el uso de semilla de híbridos de cruza simple de maíz aún no se ha generalizado, en parte por el mayor precio que hay que pagar por ella en comparación con la de híbridos de tres líneas o dobles. El alto costo de producción de semilla de híbridos de cruza simple se debe a una serie de problemas, entre los que se encuentran, por un lado, el bajo potencial de rendimiento de las líneas utilizadas, lo que repercute en una baja producción de semilla por unidad de superficie y alto costo de la misma; y por el otro, las líneas endogámicas presentan mayor interacción con el ambiente, lo cual también dificulta la producción. No obstante lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) cuenta con híbridos de cruza simple para diversas regiones de México. Una alternativa para hacer más eficiente la producción de semilla a un precio más bajo, sin que se reduzca el potencial de rendimiento del híbrido de cruza simple, es la modificación de sus progenitores mediante cruzamientos de líneas endogámicas emparentadas con mayor potencial de rendimiento que el de los progenitores del híbrido original. Con este objetivo en el Campo Experimental Bajío, perteneciente al INIFAP, situado en Celaya, Guanajuato, México, durante 1994 y 1995 se establecieron ensayos de rendimiento en los que se incluyeron cuatro grupos de materiales genéticos: a) líneas endogámicas originales progenitoras de híbridos de cruza simple de reciente liberación o en proceso de liberación; b) progenitores modificados formados de la cruza entre líneas originales por líneas emparentadas derivadas de la misma fuente de germoplasma; c) híbridos de cruza simple originales; y d) las cruza simples emparentadas. Los resultados mostraron que los progenitores modificados superan en algunos casos en más de cinco veces el rendimiento de las líneas originales. Se observó también que algunos híbridos modificados produjeron rendimientos estadísticamente iguales a los de los híbridos de cruza simple originales. De este estudio se concluye que la respuesta heterótica identificada en cruza simples específicas se mantiene al utilizar progenitores modificados con mayor rendimiento, lo cual indica que este tipo de cruza representa una alternativa potencial para facilitar y abaratar la producción de semilla.

* Artículo enviado al Comité Editorial del INIFAP, Área Agrícola, el 5 de noviembre de 1996.

¹ Ph.D. Investigador del Programa de Maíz. Campo Experimental Bajío, CIR-CENTRO, INIFAP.

² M.C. Investigador del Programa de Maíz. Campo Experimental Bajío, CIR-CENTRO, INIFAP.

SUMMARY

In Mexico the use of high performance single cross hybrids is not yet common, in part because users of improved seeds in some regions are not yet convinced for paying an overprice for single cross hybrids, which is due to seed production problems, such as low yield potential of the parental inbred lines, which directly affects the cost and the amount of seed production. Other factors that influence this problem are the strong interaction of the parental lines with the environment; the low level of improvement of germplasm sources and the risk to loss the control of the hybrid parents by the owners. Nevertheless, there are single cross hybrids for several regions in Mexico that have been released by the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP). An alternative to keep the high yield potential of single crosses is by using related inbred line crosses as parents of the commercial hybrids. In the maize breeding program of the Bajío Experimental Station, located at the state of Guanajuato, Mexico, which belongs to INIFAP, during 1994 and 1995 were conducted yield trials to evaluate four types of genetic materials: a) original inbred lines, which are parents of superior single cross hybrids under releasing process, b) modified parents coming from the cross of the original inbred parent with a relative inbred line derived from the same source of germplasm; c) the original single cross hybrids, and d) the modified new crosses from the related parents. Results showed that the modified parents outyielded original inbred lines, in some cases more than seven times; moreover, the yield of some modified hybrids was statistically similar to the original single cross hybrids. With the information generated in this study is concluded that the heterotic response previously identified on the specific single crosses is maintained using modified parents with higher grain yield, which indicate the potential use of this type of hybrids as an alternative to facilitate seed production in those regions where the use of conventional single cross hybrids is yet limited.

INTRODUCCIÓN

Los máximos efectos heteróticos en maíz se expresan en híbridos de cruce simple con alto potencial de rendimiento. La utilización en México de híbridos de cruce simple aún no se ha generalizado, no obstante que existen materiales de este tipo liberados por el INIFAP para diversas regiones del país. Las principales razones que han limitado el uso de híbridos de cruce simple de maíz por los productores están estrechamente ligadas con problemas de producción de semilla. Debido a que este tipo de híbridos proviene de la cruce de dos líneas endogámicas, que por su naturaleza genética poseen bajos niveles de producción por unidad de superficie, repercute directamente en el costo de producción de la semilla, lo cual influye negativamente en los usuarios de semillas mejoradas, quienes aún no están convencidos de pagar un sobreprecio por híbridos de cruce simple. Entre otros factores que también han limitado el uso de este tipo de semilla se pueden mencionar la fuerte interacción de los progenitores con el ambiente, el bajo nivel de mejoramiento de las fuentes de germoplasma utilizado y el riesgo de perder el control de los progenitores por la

Institución. Una alternativa para resolver parte de esta problemática es mantener el alto potencial de rendimiento de los híbridos de cruce simple mediante el uso de híbridos formados con líneas endógámicas emparentadas, cuyo potencial de rendimiento sea similar al de los híbridos simples convencionales, por lo que el costo de producción de semilla será menor al utilizar como progenitores dos cruces simples de líneas emparentadas con mayor potencial de rendimiento que cuando se utilizan líneas originales.

Existe poca literatura acerca de este tipo de cruces simples, a las que algunos autores han llamado cruces simples modificadas. Hallauer y Miranda (1), en 1988 y Hallauer *et al.* (2), en 1988 indicaron que las cruces simples modificadas son cruzamientos en los que uno o ambos progenitores son líneas emparentadas (líneas hermanas o que poseen un progenitor común en su ascendencia), con un grado de parentesco variable. En Estados Unidos de Norteamérica las cruces simples modificadas se han utilizado principalmente por problemas de producción de semilla, ya que los progenitores son más vigorosos que las líneas endógámicas debido a la manifestación de cierto vigor híbrido en la cruce. Por su parte, Jugenheimer (3), comentó en 1981 que los progenitores de las cruces simples modificadas presentan rendimientos, vigor y resistencia al acame considerablemente más elevados que las líneas puras originales, por lo que la semilla puede producirse con costos más bajos que la de cruces simples convencionales.

La hipótesis de este trabajo considera, por un lado, la posibilidad de explotar los efectos heteróticos intrapoblacionales al superar el rendimiento de las líneas originales mediante cruces de líneas emparentadas provenientes de la misma fuente de germoplasma; y por el otro, mantener el patrón heterótico existente entre fuentes de germoplasma al formar el híbrido final con cruces de progenitores provenientes de fuentes heteróticas contrastantes.

La comparación entre progenitores originales y modificados, y entre las cruces originales y modificadas, permitirá identificar los progenitores modificados que superen en rendimiento y características agronómicas a las líneas originales, y las combinaciones en las cuales el rendimiento y características agronómicas de las cruces simples originales se mantenga.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo durante los ciclos de primavera-verano de 1994 y 1995 en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), ubicado en

Celaya, Guanajuato, México, perteneciente al INIFAP. La localización geográfica del CEBAJ es 20° 26' de latitud norte y 103° 19' de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1 750 m, con temperatura y precipitación media anual de 18.4 °C y 462 mm, respectivamente.

En 1994 los experimentos se establecieron el 9 de julio, y en 1995 el 16 de mayo; fue utilizada una densidad de población de 70,000 pl/ha y una dosis de fertilización de 200-60-00; en los dos años los experimentos se condujeron bajo condiciones de riego. El manejo agronómico fue de acuerdo con las recomendaciones del CEBAJ para el cultivo de maíz (Pons *et al.* (5), 1993). El material genético empleado en el presente trabajo estuvo constituido por los siguientes grupos de genotipos:

a) Líneas originales, que son líneas básicas y experimentales avanzadas, de ciclo tardío, provenientes de diversas fuentes de germoplasma, las cuales son parte de la porción élite del programa de maíz del INIFAP en la región subtropical de México, y son progenitoras de híbridos recientemente liberados o en etapa de validación y/o liberación. Dichas líneas pueden ser agrupadas con base en la fuente de germoplasma de donde provienen, asumiendo cierto grado de parentesco en las líneas provenientes de fuentes similares (Cuadro 1).

CUADRO 1. FUENTES DE GERMOPLASMA Y LÍNEAS ELITE DEL PROGRAMA DE MAÍZ DE LA REGIÓN SUBTROPICAL DE MÉXICO. CEBAJ, CIR-CENTRO, INIFAP.

Fuente	Líneas	Fuente	Líneas	Fuente	Líneas	Fuente	Líneas
P-840	LPC 17	P-345	LPC 15	Pool 24	LPC 16	P-21	LPC 18
	LPC 21		LZB 19		LPC 19		LZB 24
	LPC 24		LPC 20		LZB 20		LPC 28
	LPC 26				LPC 23		

b) Progenitores modificados (cruzas de líneas emparentadas), formados durante el ciclo primavera-verano 1993 en el CEBAJ con las cruzas posibles dentro de los grupos de líneas con cierto grado de parentesco provenientes de fuentes de germoplasma similares.

c) Híbridos originales de cruce simple liberados o en proceso de liberación, identificados como superiores a través de años y localidades en el programa de

mejoramiento genético de maíz de la región subtropical de México. El nombre experimental, la genealogía y las fuentes de germoplasma de donde provienen se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. NOMBRE, GENEALOGÍA Y GERMOPLASMA DE LOS HÍBRIDOS DE CRUZA SIMPLE ORIGINALES DE LA REGIÓN SUBTROPICAL DE MÉXICO. CEBAJ, CIR-CENTRO, INIFAP.

Nombre Experimental	Genealogía	Fuentes de Germoplasma
STG 1	LPC 15 x LPC 19	P 345 x Pool 24
STG 2	LPC 15 x LPC 23	P 345 x Pool 24
H-358	LPC 15 x LPC 21	P 345 x P-840
STG 4	LPC 15 x LPC 17	P 345 x P-840
H-357	LPC 17 x LPC 18	P 840 x P-21

d) Cruzas simples emparentadas, formadas durante el ciclo otoño-invierno 93-94 en Zacatepec, Morelos a partir de la cruce de los progenitores modificados descritos en el inciso b.

Variables medidas. Se registraron datos de las variables días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, número total de plantas y de mazorcas, sanidad de planta y de mazorca, porciento de humedad a la cosecha y peso de grano por parcela. Con las dos últimas variables fue calculado el rendimiento de grano por ha, ajustado a un 14% de humedad.

El diseño experimental utilizado fue Láctice Simple 10 x 10 con dos repeticiones. El tamaño de parcela útil en cada uno de los tratamientos evaluados fue de un surco de 5 m de largo y 0.76 m de ancho. El análisis estadístico se realizó de manera individual por año, y con las medias de las variables ajustadas por el diseño se realizó un análisis conjunto de años con un diseño de bloques al azar. Se hicieron análisis por cada variable medida y se calculó la Diferencia Significativa Honesta (DSH 0.05) con base en el método de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro 3 se presentan los valores medios del rendimiento y características agronómicas de las líneas progenitoras originales en los dos años de prueba. En general los rendimientos de las líneas son más bajos de lo normal debido, por un lado, a que en 1994 el experimento se sembró en fecha

tardía, lo que causó que los genotipos no expresaran totalmente su potencial de rendimiento; o al tamaño de parcela de los progenitores originales, que fue similar al de los híbridos, y con la aleatorización hubo líneas de porte bajo entre las cruces de porte alto, lo cual provocó sombreamiento de las primeras sobre las segundas. En el experimento de 1995 en las líneas originales este problema fue controlado al sembrar parcelas de tres surcos para cosechar el surco central. Sin embargo, en 1995 también se presentó un factor abiótico (granizo) en una etapa temprana del cultivo (período vegetativo) que limitó la expresión máxima del potencial de rendimiento. No obstante los problemas anotados, fue posible comparar los cuatro grupos genéticos involucrados en esta investigación, los que en términos generales estuvieron sometidos a condiciones similares de manera uniforme.

Al relacionar el rendimiento y características agronómicas de las líneas (Cuadro 3) con la fuente de germoplasma de donde se derivaron (Cuadro 1), se encontró que las líneas provenientes de P-345 y P-21 fueron más tardías con respecto a la media de las demás. En el resto de las líneas no se observó tendencia alguna en su comportamiento agronómico en relación con la fuente de germoplasma de donde se derivaron.

CUADRO 3. VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS LÍNEAS PROGENITORAS ORIGINALES A TRAVÉS DE AÑOS. CEBAJ, CIR-CENTRO, INIFAP. 1994-1995.

Linea	Rendimiento	Flor. Masc.	Flor. Fern.	Altura de Planta	Altura de Mazorca
	Kg/ha	días		cm	
LPC 23	2 391	79	81	193	94
LPC 20	2 064	83	84	235	131
LPC 24	1 696	80	83	212	90
LPC 21	1 551	82	86	186	86
LZB 20	1 280	80	80	195	99
LZB 24	1 135	86	88	138	73
LPC 15	1 014	90	91	174	74
LPC 18	819	86	88	121	58
LPC 28	769	87	88	112	50
LPC 16	449	86	87	127	58
LZB 19	424	87	89	151	76
LPC 19	321	86	87	134	60
LPC 17	120	86	87	136	67
LPC 26	85	84	86	136	59
Media	1 008	84.4	86	160.7	76.8
D.S.H.(0.05)	694.1	3.1	2.9	36.7	20.9

En el Cuadro 4 se presentan los valores medios de rendimiento y características agronómicas de los progenitores modificados (cruzas de líneas emparentadas) a través de los dos años de prueba. En el cuadro se observa la respuesta favorable en rendimiento de algunas cruzas con líneas provenientes de la misma fuente de germoplasma. Al comparar la información del Cuadro 4 con la del Cuadro 3 se observa que la craza LPC 16 x LZB 20 rindió 6,166 kg/ha, mientras que las líneas *per se* rindieron 449 y 1,280 kg/ha, respectivamente, por lo que se obtuvo una respuesta heterótica de 724%, calculada a partir de la media de los progenitores. Esto significa que al utilizar esta craza como progenitor se puede obtener una producción de semilla siete veces mayor que al utilizar las líneas *per se*. Una situación similar se observó en las cruzas LZB 20 x LPC 23, LPC 19 x LZB 20 y LPC 16 x LPC 19, las cuales ocuparon el tercero, cuarto y quinto lugar en rendimiento; estas combinaciones provienen de líneas derivadas de Pool 24. La información indica que existen importantes efectos heteróticos intrapoblacionales, los cuales también estuvieron presentes en las fuentes de germoplasma P-345, P-840 y P-21, aunque en menor magnitud.

CUADRO 4. VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LOS PROGENITORES MODIFICADOS. CEBAJ, CIRCENRO, INIFAP. 1994-1995.

Línea	Rendimiento	Flor. Masc.	Flor. Fern.	Altura de Planta	Altura de Mazorca
	Kg/ha	días		cm	
LPC 16 x LZB 20	6 166	79	80	197	117
LPC 15 x LZB 19	6 041	83	83	192	121
LZB 20 x LPC 23	5 888	79	81	197	73
LPC 19 x LZB 20	5 854	79	79	191	116
LPC 16 x LPC 19	5 317	79	80	171	90
LPC 17 x LPC 21	5 288	80	81	198	118
LPC 15 x LPC 20	5 188	84	86	197	143
LPC 17 x LPC 24	4 760	80	81	203	122
LPC 18 x LZB 24	4 521	85	86	142	86
LPC 21 x LPC 26	4 420	79	81	214	128
LPC 24 x LPC 26	3 957	77	79	217	127
LZB 19 x LPC 20	2 562	82	84	183	118
LPC 17 x LPC 26	1 930	82	84	189	113
LPC 18 x LPC 28	1 822	83	84	123	69
LPC 21 x LPC 24	1 463	80	83	186	97
LPC 16 x LPC 23	1 399	87	88	123	70
LZB 24 x LPC 28	1 389	84	85	108	69
LPC 19 x LPC 23	1 368	85	87	122	73
Media	3 242	81.9	83.5	163.7	101.6
D.S.H.(0.05)	1 599.6	2.8	2.7	36.7	24.6

Al comparar en los Cuadros 3 y 4 los valores medios de las características agronómicas de los genotipos se puede observar que las líneas progenitoras originales fueron tres días más tardías a floración masculina y femenina, y de

menor altura de planta y de mazorca. Esta información corrobora la primera parte de la hipótesis planteada en este trabajo respecto a la presencia de efectos heteróticos provenientes de la misma fuente de germoplasma. Los cruzamientos de líneas con cierto grado de parentesco se pueden aprovechar como progenitores al manifestar vigor híbrido en la cruce, lo cual repercutirá en menores costos de producción, de acuerdo con Hallauer y Miranda (1), 1988, Hallauer *et al.* (2), 1988 y Jugenheimer (3), 1981.

El Cuadro 5 presenta el rendimiento medio a través de años de los híbridos de cruce simple experimentales STG 1 y STG 2 en comparación con el de los híbridos modificados, que representan cruzamientos con líneas de P-345 por líneas de Pool 24. Se observa que el rendimiento medio de STG 1 fue de 6,880 kg/ha, el cual es superior numéricamente al del resto de los híbridos modificados; sin embargo, el rendimiento de algunos de estos híbridos fue similar estadísticamente, por ejemplo (LPC 15 x LPC 20) x (LZB 20 x LPC 23) rindió en promedio 6,465 kg/ha, mientras que sus progenitores rindieron 5,188 y 5,888 kg/ha (Cuadro 4), en comparación con 1,014 y 321 kg/ha de LPC 15 y LPC 19, progenitores de STG 1.

CUADRO 5. VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LOS HÍBRIDOS ORIGINALES STG 1 Y STG 2 Y SUS MODIFICADOS. CEBAJ, CIRCENTRO, INIFAP. 1994-1995.

Genotipo	Rendimiento kg/ha	Flor.	Flor.	Altura de	Altura de
		Masc.	Fern.	Planta	Mazorca
		días		cm	
STG 1	6 880	82	82	190	129
LPC15x LPC20 x LZB20x LPC23	6 465	80	82	197	124
LPC15x LPC20 x LPC16x LPC19	6 021	80	82	198	125
LPC15x LPC20 x LPC16x LZB20	5 936	80	82	186	118
LPC15x LPC20 x LPC16x LZB20	5 687	80	82	172	116
STG 2	5 627	83	84	194	133
LPC15x LPC20 x LPC16x LPC23	5 621	80	81	207	139
LPC15x LZB19 x LPC16x LPC23	5 595	81	82	179	107
LZB19x LPC20 x LPC16x LZB20	5 400	78	81	176	108
LZB19x LPC20 x LPC16x LPC19	5 242	79	81	193	114
LPC15x LZB19 x LPC16x LZB20	5 241	79	81	208	123
LPC15x LZB19 x LPC19x LPC23	5 215	80	81	192	122
LPC15x LZB19 x LZB20x LPC23	5 194	80	81	177	116
LPC15x LZB19 x LPC19x LZB20	5 109	79	81	171	106
LZB19x LPC20 x LZB20x LPC23	5 065	79	81	182	111
LZB19x LPC20 x LPC16x LZB20	4 962	82	85	160	119
LPC15x LZB19 x LPC16x LPC19	4 805	79	81	199	116
LPC15x LPC20 x LPC19x LPC23	4 263	80	81	187	128
LZB19x LPC20 x LPC19x LPC23	4 089	79	80	195	133
LZB19x LPC20 x LPC16x LPC23	3 674	79	81	182	127
Media	5 305	80	82	187	121
D.S.H. (0.05)	738	1.2	1.1	12.0	8.9

En el Cuadro 6 se compara el rendimiento medio de las cruzas simples emparentadas con el de los híbridos de craza simple H-358 y STG 4, que representan cruzamientos con las líneas derivadas de P-345 por líneas derivadas de P-840. Se observa que el híbrido H-358, liberado recientemente, superó en rendimiento numérico a todos sus híbridos modificados. Sin embargo, la craza (LPC 17 x LPC 21) x (LPC 15 x LZB 19) rindió en promedio 6,711 kg/ha, similar estadísticamente al del H-358. El rendimiento de los progenitores de esta craza modificada fue de 5,288 y 6,041 kg/ha para (LPC 17x LPC 21) y (LPC 15 x LZB 19) (Cuadro 4), comparados con el rendimiento de LPC 15 y LPC 21 *per se* de 1,014 y 1,551 kg/ha (Cuadro 3), lo cual significa un incremento de cinco y cuatro veces más el rendimiento de los progenitores modificados sobre los originales. Además de la diferencia en rendimiento de los progenitores en discusión, existe un diferencial de siembra entre los progenitores del híbrido H-358 de ocho a diez días, lo que dificulta su formación. En el caso del híbrido modificado (LPC 17 x LPC 21) x (LPC 15 x LZB 19), se observó una diferencia sólo de dos días entre los progenitores femenino y masculino, por lo que es posible sembrar ambos progenitores en la misma fecha.

CUADRO 6. VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LOS HÍBRIDOS ORIGINALES H-358 Y STG 4 Y SUS MODIFICADOS. CEBAJ, CIRCENTRO, INIFAP. 1994-1995.

Genotipo	Rendimiento kg/ha	Flor.	Flor.	Altura de Planta	Altura de Mazorca
		Masc.	Fem.		
		días		cm	
H-358	7 327	81	83	231	157
LPC17xLPC21 x LPC15x LZB19	6 711	80	81	200	140
LPC21xLPC26 x LPC15xLPC20	6 216	78	80	194	132
LPC21xLPC26 x LPC15x LZB19	6 046	78	80	226	139
STG 4	5 819	82	83	193	104
LPC17xLPC24 x LPC15xLPC20	5 675	81	82	215	140
LPC21xLPC24 x LPC15xLPC20	5 640	80	81	181	119
LPC24xLPC26 x LPC15xLPC20	5 465	78	81	181	117
LPC24xLPC26 x LPC15x LZB19	5 432	79	80	180	114
LPC17xLPC24 x LZB19xLPC20	5 096	79	81	186	110
LPC24xLPC26 x LZB19xLPC20	4 891	76	79	216	133
LPC17xLPC21 x LPC15xLPC20	4 763	80	82	179	109
LPC21xLPC24 x LZB19xLPC20	4 755	76	80	202	123
LPC17xLPC21 x LZB19xLPC20	4 460	79	80	194	125
LPC17xLPC24 x LPC15x LZB19	4 406	80	81	210	147
LPC17xLPC26 x LPC15xLPC20	4 359	82	83	184	112
LPC21xLPC26 x LZB19xLPC20	4 153	76	80	206	129
LPC17xLPC26 x LPC15x LZB19	4 119	80	83	204	123
LPC21xLPC24 x LPC15x LZB19	3 841	77	79	195	120
LPC17xLPC26 x LZB19xLPC20	3 370	79	81	202	120
Media	5 127	79	81	199	126
D.S.H.(0.05)	980	1.8	1.3	14.9	13.5

En el Cuadro 7 se compara el rendimiento de híbridos emparentados formados con líneas de P-840 por líneas de P-21, que modifican al híbrido original H-357, cuyo rendimiento fue superado estadísticamente por dos híbridos modificados. Esta respuesta puede ser similar a la encontrada por Landi *et al.* (4) en 1992, quienes al observar cruza simples modificadas superiores en rendimiento, altura de planta y de mazorca con respecto a las cruza simples originales, sugieren que esta respuesta puede deberse a efectos epistáticos. Además, en este grupo de materiales los progenitores modificados también fueron muy superiores en rendimiento a las líneas originales LPC 17 y LPC 18, que componen el H-357.

CUADRO 7. VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL HÍBRIDO ORIGINAL H-357 Y SUS MODIFICADOS. CEBAJ, CIRCENTRO, INIFAP. 1994-1995.

Genotipo	Rendimiento kg/ha	Flor. Masc.	Flor. Fem.	Altura de Planta	Altura de Mazorca
		días		cm	
LPC21xLPC24 x LPC18xLPC28	6 177	74	78	198	113
LPC24xLPC26 x LPC18xLZB24	5 961	75	77	193	113
LPC24xLPC26 x LPC18xLPC28	5 884	75	77	210	122
LPC21xLPC24 x LPC18xLZB24	5 628	76	78	174	97
LPC17xLPC24 x LPC18xLPC28	5 611	77	79	186	115
LPC21xLPC26 x LPC18xLZB24	5 602	74	77	203	118
LPC21xLPC24 x LZB24xLPC28	5 542	75	78	173	106
LPC24xLPC26 x LZB24xLPC28	5 478	74	77	166	126
LPC17xLPC21 x LPC18xLZB24	5 456	78	78	189	119
LPC17xLPC21 x LZB24xLPC28	5 354	76	77	181	118
LPC21xLPC26 x LPC18xLPC28	5 313	74	77	166	96
H-357	5 125	79	83	166	105
LPC17xLPC26 x LPC18x LZB24	5 082	76	78	179	108
LPC17xLPC26 x LPC18xLPC28	5 047	76	78	181	109
LPC17xLPC24 x LZB24xLPC28	4 948	78	79	170	97
LPC17xLPC24 x LPC18xLZB24	4 909	78	81	167	109
LPC17xLPC21 x LPC18xLPC28	4 653	77	79	206	126
LPC17xLPC26 x LZB24xLPC28	3 741	75	77	185	109
LPC21xLPC26 x LZB24xLPC28	2 528	80	81	153	91
Media	5 159	76	78	181	110
D.S.H.(0.01)	797	1.8	1.7	15.7	10.1

La interpretación global de la información presentada en los Cuadros 5, 6 y 7 permite identificar cruzamientos modificados, estadísticamente similares o superiores a los híbridos de crusa simple originales, por lo que la segunda parte

de la hipótesis de este trabajo se comprueba al mantener un rendimiento estadísticamente similar al de los híbridos que fueron modificados.

CONCLUSIONES

1. Existen efectos heteróticos al cruzar líneas con cierto grado de parentesco provenientes de la misma fuente de gemoplasma que pueden ser aprovechados como progenitores de híbridos comerciales.
2. El rendimiento de grano de las cruzas de líneas emparentadas supera hasta en siete veces el rendimiento medio de las líneas originales.
3. Los efectos heteróticos identificados en los híbridos de cruce simple originales se mantienen en algunas cruzas modificadas.
4. Existen híbridos modificados con rendimientos estadísticamente similares o superiores a los de los híbridos de cruce simple originales.

LITERATURA CITADA

1. Hallauer, A.R. and Miranda Fo., B.J. 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State University Press. 468 p.
2. Hallauer, A.R., Russell, W.A. and Lamkey, K.R. 1988. *Corn breeding*. In: Sprague, G.F. and Dudley, J. W. eds. "Corn and corn improvement". 3rd ed. Agron. Monogr: No. 18. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI. p. 463-564.
3. Jugenheimer, R.W. 1981. *Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Limusa, México. 841 p.
4. Landi, P., Frascaroli E. and Barbieri, S. 1992. Agronomic performance and seed production of single crosses and modified single crosses applied to a successful maize hybrid. *AgriGenetics*. (Italy). 38(5): 11-17.
5. Pons H., J.L., Terrón I., A.D., Arévalo V., A., Aguilar G., R., Díaz de L.T., J.G., Rodríguez G., H., Delgadillo S., F., Narro S., J., Vuelvas C., M.A., Arreola T., J.M., Díaz C., G., Pérez M., J. 1993. *Guía para cultivar maíz de riego y temporal en Guanajuato*. Celaya, Gto., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Bajío. 36 p. (Folleto para Productores Núm. 3).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a investigadores del programa de maíz del INIFAP en diversas regiones del país, que de alguna forma estuvieron involucrados en la formación y el desarrollo de las líneas élite utilizadas en este trabajo.