

CRUZAS ENTRE HIBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ¹

CROSSINGS BETWEEN COMMERCIAL MAIZE HYBRIDS

Cesáreo González Sánchez, José Ron Parra² y
José Luis Ramírez Díaz³

RESUMEN

Las variedades mejoradas de los cultivos más importantes han contribuido al incremento de la producción en México, y otros países. Su utilización no se ha generalizado en países en desarrollo por varias razones, entre otras, por la disponibilidad limitada de semilla para siembras comerciales. En el caso del maíz, esto hace que superficies importantes se siembren con criollos, compuestos de criollos, generaciones avanzadas de híbridos, o combinaciones involuntarias entre éstos. Esta situación hace que no se aproveche el potencial genético del maíz y del ambiente en superficies importantes, lo que repercute negativamente en la producción total de grano en una área o región dada.

En este estudio se evaluó la posibilidad de utilizar semilla de cruas entre híbridos F1 comerciales adaptados y recomendados, como una opción más para los productores, sobre todo aquéllos de escasos recursos y/o entusiastas. Para tal fin, en el Centro de Jalisco se evaluaron cinco híbridos comerciales de maíz en F1, F2 y F3, así como las cruas posibles entre ellos en F1 y F2, a fin de comparar sus rendimientos de grano en cuatro ambientes bajo condiciones de temporal.

Los resultados indicaron como favorable y positiva la opción de utilizar semilla de cruas entre híbridos

comerciales F1, en el Centro de Jalisco, bien sea en F1 e inclusive en F2, debido a: (1) Las cruas en F1 y F2, formadas a partir de híbridos comerciales F1 tuvieron rendimientos similares a los propios híbridos progenitores de las cruas y superiores a las generaciones avanzadas (F2 y F3) de los propios híbridos y (2) se observó heterosis para rendimiento, sobre todo en la F1, en las cruas entre híbridos comerciales F1 provenientes de diferentes empresas, con aparente divergencia genética.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., cruas entre híbridos, heterosis para rendimiento, generaciones avanzadas.

SUMMARY

Improved varieties of the most important cultivated crops have contributed to production increase in Mexico and other countries. Their use have not been generalized in developing countries, due to several reasons, among them, limited seed availability for commercial planting. In México, important areas are planted with native varieties called "criollos", hybrid advanced generations, composites of "criollos" or even involuntary combinations among them. In such a case, maize genetic and environmental potentials have not been properly used; which affects the total grain production in a given area or region.

The use of seed coming from crosses between F1 commercial adapted hybrids was evaluated as an additional option for poor and enthusiastic farmers. Five F1, F2 and F3 hybrids and all their possible crosses in F1 and F2 were evaluated to compare their grain yield at four locations under rainfall conditions. The results were favorable for using seed obtained from crosses between F1 commercial hybrids in the Central part of Jalisco, either F1 or F2, because: (1) The crosses in F1 and F2 formed with F1 commercial hybrids showed similar grain yield as their own hybrid progenitors and they overyielded F2

¹ Parte del trabajo de tesis del primer autor para obtener el grado de M.C. en Manejo de Areas de Temporal; Escuela de Graduados, Universidad de Guadalajara.

² Investigadores. Campo Experimental Centro de Jalisco, CIPAC (JALISCO), INIFAP, Parque Los Colomos s/n. Apdo. Postal 6-558 CP 44600. Guadalajara, Jal.

³ Investigador. Campo Experimental Centro de Jalisco, CIPAC (JALISCO), INIFAP. Actualmente realiza estudios en la Universidad de Nebraska, 3348 Starr St. Lincoln. NE. 68503 U.S.A.

and F3 hybrid advanced generations, and (2) there was heterosis for grain yield, mainly in F1, in crosses between the F1 commercial hybrids from different seed companies, apparently due to genetic divergence.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., hybrid intercrossing, heterosis for yield, advanced generations.

INTRODUCCION

Las variedades mejoradas obtenidas por los programas de investigación, han estado contribuyendo a los incrementos en la producción de granos en distintas regiones de México y en algunas áreas productoras del mundo. Su utilización no se ha generalizado, sobre todo en países en desarrollo, por varias razones. Una de ellas es el apoyo limitado a la investigación, lo cual ha ocasionado que se tenga insuficiente diversidad genética relacionada con el número de variedades mejoradas para los diversos ambientes y sistemas de producción. Otra causa es el desabasto de semilla donde ya existen variedades mejoradas, por la baja producción e inapropiadas redes de distribución y comercialización, descuido o desconocimiento en el manejo y conservación de semilla, sobre todo en especies de autopolinización. Los usuarios también se ven limitados para usar tal insumo debido al incremento en los costos de producción de los cultivos por la compra de semilla, sobre todo de híbridos, y por los insumos adicionales requeridos por ellas.

En el centro de Jalisco, área de alta producción de maíz, se utiliza semilla de variedades mejoradas, pero no en su totalidad; la siembra de semilla de generaciones avanzadas de los híbridos ha sido muy común, debido a los incrementos en los costos de producción por concepto de compra de semilla de híbridos en F1. Esta opción conduce a una reducción del costo de

la semilla pero también en la productividad de grano.

Para mantener estable el nivel de productividad sin incrementar los costos del cultivo, se planteó la posibilidad de utilizar semilla de cruza entre híbridos o variedades mejoradas en substitución de semilla de generaciones avanzadas de híbridos empleada por los agricultores. Para implementar este mecanismo, se requiere de la participación y de la capacitación de los agricultores en la producción y conservación de semilla.

En una primera etapa, se planteó este estudio para evaluar cinco híbridos comerciales en F1, F2 y F3, así como sus cruza posibles entre ellos en F1 y F2, en cuatro ambientes en el Centro de Jalisco. El objetivo fue identificar cruza sobresalientes que igualen o superen en rendimiento a las generaciones avanzadas de híbridos y que ofrezcan buena calidad de semilla a un bajo costo para los productores locales.

REVISION DE LITERATURA

Neal (1935) comprobó el postulado de Wright: que la pérdida de vigor en la generación F2 variaría en proporción inversa al número de líneas involucradas en el cruzamiento; esta reducción, señala el autor, se puede expresar como $1/n$ de vigor híbrido de las cruza; es decir: un medio, un tercio y un cuarto del vigor obtenido en la generación F1, se perderá en la F2 cuando dos, tres o cuatro líneas sean las progenitoras, respectivamente. Además, observó reducciones en producción de 29.5, 23.4 y 15.8%, para cruza simples, trilineales y dobles, respectivamente.

Ramírez *et al.* (1986) evaluaron los híbridos dobles H-503, H-507 y H-510 en el trópico húmedo de México, donde hubo

reducciones del 12 al 18% en las generaciones avanzadas con respecto a las F1.

Richey *et al.* (1934) encontraron que en cruzas dobles se presentó una reducción promedio del 15% en la generación F2 en relación a la F1. Meghji *et al.* (1984) mostraron que la F2 de híbridos, en promedio, produjeron 30% menos grano que la F1 con híbridos liberados en diferentes épocas en la faja maicera de los Estados Unidos de América; asimismo, observaron reducciones en las F2 con respecto a las F1 de 28, 26 y 35%, para los híbridos liberados en los 1940's, 1950's y 1970's, respectivamente, siendo los últimos, cruzas de dos líneas y los otros de cuatro.

Mena (1985) encontró que el uso de la generación F2 de los híbridos comerciales de maíz por parte de los agricultores temporaleros en el centro de Jalisco, es muy común como alternativa para contar con semilla de buen rendimiento y con una inversión mínima. Sin embargo, el autor señala que la formación de cruzas intervarietales usando como progenitores a las generaciones F2 de distintos materiales comerciales pudiera dar mejores resultados al obtener así cierto grado de heterosis para rendimiento y obtener semilla a un costo realmente bajo.

La bondad de las cruzas entre poblaciones de diferente tipo ha sido evidente por la gran cantidad de resultados favorables reportados. Sin embargo, de acuerdo con Ferh (1983), el uso de semilla híbrida se justifica por la presencia de heterosis sobre el progenitor superior. Bucio (1954) analizó el comportamiento de las cruzas posibles entre las 25 razas de maíz entonces descritas en México, encontrando que 68.2% de ellas fueron significativamente más rendidoras que el promedio de sus progenitores. Paterniani y

Lonquist (1963) señalan en un estudio similar, que el 97% de las cruzas excedieron al promedio de progenitores y el 76% al progenitor superior.

Oyervides (1979), en cruzamientos entre poblaciones sobresalientes de la raza Tuxpeño, encontró porcentajes máximos de heterosis de 140 y 126% con respecto al promedio de los progenitores y al progenitor superior, respectivamente; el 98.2% de las cruzas excedieron al promedio de progenitores y el 80% sobrepasaron al progenitor superior.

Preciado *et al.* (1985) encontraron cruzas intervarietales con rendimientos superiores al 50% con respecto al promedio de híbridos y variedades adaptados a las condiciones ambientales de Veracruz, México.

Sánchez *et al.* (1973) observaron que la combinación de materiales regionales e introducidos al área de estudio, ocasionó diferentes niveles de heterosis para rendimiento de grano, asociados éstos al grado de divergencia genética de los componentes germoplásmicos y a factores ambientales prevalentes en las localidades de prueba.

Ortega y Angeles (1978) opinaron que el raquíptico fruto práctico de trabajos sobre cruzas intervarietales, se había debido a que se involucraron materiales extremos en cuanto a precocidad y áreas de adaptación; así como también a que las colecciones que habían intervenido no habían sido previamente seleccionadas con base en su capacidad de rendimiento; sugerían la reiniciación de estudios de cruzas intervarietales, pero utilizando colecciones sobresalientes de precocidad semejante, pero distintas genéticamente, con el propósito de aprovechar de la mejor manera la heterosis sin perder adaptación ni dificultar los cruzamientos.

MATERIALES Y METODOS

Los materiales genéticos utilizados fueron los híbridos de maíz B-840, B-833, P-507, B-83 y H-311 en sus generaciones F1, F2 y F3, y las cruza posibles entre los híbridos (F1 y F2). Los híbridos son de uso comercial y se siembran en el centro de Jalisco.

La semilla de los híbridos originales (F1) se obtuvo como semilla comercial certificada de las diferentes empresas semilleras. La semilla (F1) de todas las cruza posibles entre los cinco híbridos, así como la segunda generación (F2) de los progenitores fueron obtenidos en los terrenos de la Estación Bugambilias del Campo Experimental Zapopan durante el temporal de 1987. Las parcelas constaron de cinco surcos con 20 plantas cada uno, sembrando en forma apareada y dejando un surco libre entre cruzamientos para controlar las polinizaciones. Por separado se sembraron 10 surcos de cada uno de los híbridos comerciales originales (F1), a fin de obtener la semilla F2 por polinización controlada planta a planta.

La semilla F2 de las cruza y la semilla F3 de cada uno de los híbridos se obtuvo en el Campo Experimental de la Costa de Jalisco durante el ciclo Otoño-Invierno de 1987 bajo condiciones de riego. Las cruza en F1 y los híbridos progenitores en F2 se sembraron en parcelas de 10 surcos de 20 plantas cada uno; se realizaron polinizaciones manuales controladas planta a planta, dentro de cada parcela, para obtener la semilla F2 de las cruza y semilla F3 de los híbridos progenitores.

Los cinco híbridos en generaciones F1, F2 y F3 y las diez cruza posibles entre ellos en generaciones F1 y F2, se evaluaron en un ensayo uniforme en cuatro ambientes de temporal en 1988. El testigo que se utilizó

en las evaluaciones fue MIRANDA-355 por ser el material más rendidor en la región Centro de la entidad. Los ambientes de evaluación fueron dos localidades (Bugambilias y Tlajomulco) en dos fechas de siembra para cada localidad.

Las evaluaciones se realizaron utilizando un diseño experimental de Bloques Completos al Azar de 36 tratamientos con cuatro repeticiones; la parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de cinco metros de longitud y 80 centímetros de separación, a una densidad de población aproximada de 60 mil plantas por hectárea.

Se tomaron los datos de rendimiento de mazorca y de otras características de importancia agronómica, de acuerdo al instructivo y formatos presentados por Ron y Ramírez (1991). El rendimiento de mazorca no se corrigió por la humedad del grano en Tlajomulco y fue el único dato que se logró en la segunda fecha.

Se efectuaron análisis de varianza por ambiente y combinado, y se calculó la diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad (DMSH 0.05); también se calculó el porcentaje de heterosis para el rendimiento promedio en los cuatro ambientes de las diez cruza simples posibles en F1 y F2. Se calculó con base en el promedio de los progenitores (h) y con base en el progenitor superior (h'), como se describe a continuación:

$$h = (F/PM) \times 100; \quad h' = (F/PS) \times 100$$

donde: F = rendimiento de la cruza en F1 o F2; PM = rendimiento promedio de los dos híbridos progenitores F1 involucrados en la cruza y PS = rendimiento del mejor híbrido progenitor F1 involucrado en la cruza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Hubo diferencias estadísticas significativas entre las medias de rendimiento de los genotipos evaluados en los cuatro ambientes y a través de los cuatro ambientes, así como para la interacción genotipo x ambiente. La diferencia genética entre los materiales se manifestó en la capacidad rendidora y la respuesta del rendimiento a través de los ambientes fue diferente en los genotipos.

El rendimiento promedio de cada material a través de ambientes y por experimento, la DMSH 0.05 y los coeficientes de variación (CV) por ambiente y a través de ambientes, se presentan en el Cuadro 1.

Al considerar el promedio a través de los cuatro ambientes, en el grupo con rendimiento superior, pero iguales estadísticamente, se ubican la mayoría de las cruzas en F1 y F2 (17 de 20), mientras que en el grupo inferior se encuentran casi todas las generaciones avanzadas de los híbridos originales. Estos resultados confirman lo reportado en la literatura, ya que las cruzas entre poblaciones han resultado iguales o superiores a ciertas variedades mejoradas, incluyendo híbridos; además, las generaciones avanzadas de los híbridos reducen sus rendimientos en relación a sus respectivas F1.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de rendimiento de mazorca, en toneladas por hectárea, de los cinco híbridos progenitores y el promedio de sus cruzas a través de cuatro ambientes de evaluación en el centro de Jalisco, en 1988 bajo condiciones de temporal. Las generaciones avanzadas F2 y F3, en promedio redujeron su rendimiento en 16 y 14%, respectivamente, valores muy similares a los reportados por Neal (1935), Ramírez *et al.* (1986) y Richey *et al.* (1934) para cruzas dobles de F1 a F2.

En promedio, los rendimientos de la generación F1 de las cruzas realizadas en este estudio rindieron más (5.72) que las F2 de los híbridos comerciales (4.42). Esto muestra la conveniencia de usar este mecanismo para proveer de buena semilla, con bajo costo y de alto rendimiento potencial a los agricultores.

La cruza de los híbridos en F1 y F2 superaron en 8 y 1%, respectivamente, a los híbridos F1 originales. Además, la disminución del rendimiento de F1 a F2 en las cruzas fue de sólo 9%, menor que el 16% observado en los híbridos originales de F1 a F2. En cierta forma, esto va de acuerdo con los resultados de Neal (1935), a medida que se incrementa el número de líneas en los híbridos, la reducción del rendimiento es menor. Esto es más ventajoso para el agricultor, ya que baja el costo de la semilla y mantiene el rendimiento.

La reducción del rendimiento de la F1 a la F2, fue más o menos similar en los cinco híbridos progenitores, con excepción del B-83 que tuvo un comportamiento muy diferente, ya que presentó un ligero incremento al pasar de la F1 a la F2 y F3. Su comportamiento parece más semejante al de una población genética en equilibrio y no al de un híbrido.

En la Figura 1 se puede observar gráficamente la caída del rendimiento de la F1 a la F2 y F3 en todos los híbridos progenitores con excepción de B-83; resultados que eran esperados; la reducción más drástica ocurrió en H-311 y P-507, probablemente debido a que son híbridos constituidos con progenitores o líneas desarrollados en ambientes diferentes a los de la parte central de Jalisco. En forma consistente la F1 de la cruza entre híbridos originales fue siempre mejor que la F2 de éstos en todos los casos, siendo esta diferencia más notable en B-833.

Cuadro 1. Rendimiento de mazorca (ton/ha), en los cuatro ambientes de evaluación en el Centro de Jalisco en 1988 T.

Trat.	Variedad	A m b i e n t e s				Promedio (ton/ha)
		BF1 (ton/ha)	TF1 (ton/ha)	BF2 (ton/ha)	TF2 (ton/ha)	
36	MIRANDA-355	9.37	6.85	6.63	4.12	6.74
20	B-83 x H-311 (F1)	9.77	5.88	5.95	2.85	6.11
18	P-507 x B-83 (F1)	8.50	5.99	6.59	2.68	5.94
12	B-840 x P-507(F1)	9.83	5.59	5.77	2.44	5.91
23	B-840 x B-83 (F2)	8.17	6.46	6.03	2.74	5.85
34	B-83 (F3)	9.27	5.60	5.70	2.66	5.81
15	B-833 x P-507(F1)	9.23	5.88	5.79	2.26	5.79
13	B-840 x B-83 (F1)	8.88	4.49	5.59	4.09	5.76
21	B-840 x B-833(F2)	7.94	6.46	5.28	3.35	5.76
17	B-833 x H-311(F1)	8.53	6.16	5.59	2.63	5.73
2	B-833 (F1)	8.89	5.84	4.92	3.18	5.71
30	B-83 x H-311 (F2)	8.00	6.26	5.17	3.09	5.63
16	B-833 x B-83 (F1)	8.92	5.30	5.39	2.87	5.62
26	B-833 x B-83 (F2)	8.45	5.42	5.98	2.54	5.60
14	B-840 x H-311(F1)	9.10	5.83	4.83	2.63	5.60
1	B-840 (F1)	8.52	6.21	4.97	2.44	5.54
19	P-507 x H-311(F1)	8.60	4.38	5.57	3.42	5.49
27	B-833 x H-311(F2)	8.61	5.14	5.59	2.60	5.49
25	B-833 x P-507(F2)	8.29	5.57	5.63	2.26	5.44
29	P-507 x H-311(F2)	7.99	6.27	5.16	2.25	5.42
9	B-83 (F2)	8.79	4.88	5.16	2.61	5.36
28	P-507 x B-83 (F2)	8.50	5.57	5.56	1.80	5.36
11	B-840 x B-833(F1)	8.10	5.10	4.92	2.82	5.24
4	B-83 (F1)	8.28	4.38	5.29	2.96	5.23
5	H-311 (F1)	7.90	4.14	5.09	3.30	5.11
24	B-840 x H-311(F2)	7.76	5.49	4.57	2.54	5.09
22	B-840 x P-507(F2)	7.67	5.26	4.92	2.08	4.98
3	P-507 (F1)	7.77	4.08	4.38	2.85	4.77
32	B-833 (F3)	7.02	4.71	4.55	2.62	4.73
7	B-833 (F2)	7.32	4.21	4.83	2.32	4.67
6	B-840 (F2)	6.38	6.02	4.21	1.95	4.64
31	B-840 (F3)	6.38	5.60	3.79	2.12	4.47
35	H-311 (F3)	6.02	4.40	3.69	1.75	3.97
33	P-507 (F3)	5.53	3.80	3.73	1.91	3.74
8	P-507 (F2)	6.19	4.17	3.28	1.24	3.72
10	H-311 (F2)	5.84	3.78	3.40	1.74	3.69
Promedio		8.06	5.31	5.10	2.60	5.27
DMSH 0.05		2.55	3.70	2.20	2.03	1.47
CV (%)		12.33	27.10	16.90	30.70	19.94

BF1 = Bugambillas, fecha de siembra: 23 de junio

TF1 = Tlajomulco, fecha de siembra: 28 de junio

BF2 = Bugambillas, fecha de siembra: 1° de julio

TF2 = Tlajomulco, fecha de siembra: 8 de julio

Cuadro 2. Rendimiento de mazorca (ton/ha) de los cinco híbridos progenitores y el promedio de sus cruzas a través de cuatro ambientes de evaluación en el Centro de Jalisco en 1988 T.

Híbrido	Híbridos progenitores				Cruzas de los híbridos progenitores			$\bar{x}$
	F1	F2	F3	$\bar{X}$	F1	F2	$\bar{X}$	
B-840	5.54	4.64	4.47	4.88	5.63	5.42	5.53	5.21
B-833	5.71	4.67	4.73	5.04	5.60	5.57	5.59	5.32
B-83	5.23	5.36	5.81	5.47	5.86	5.61	5.74	5.61
P-507	4.77	3.72	3.74	4.08	5.78	5.30	5.54	4.81
H-311	5.11	3.69	3.97	4.26	5.73	5.40	5.57	4.92
Promedio	5.27	4.42	4.54	4.74	5.72	5.46	5.59	5.17

Los híbridos originales en promedio a través de sus generaciones (F1, F2 y F3), rindieron menos que los híbridos en crusa, a través de sus generaciones (F1 y F2); esto puede observarse en la Figura 2, en la cual se aprecia que esta tendencia fue más evidente en P-507 y H-311. Este resultado sugiere un mejor aprovechamiento de los híbridos en combinación con otros germoplasmas, en comparación con el uso de generaciones avanzadas de esos híbridos comerciales. Los cruzamientos de híbridos con otros materiales realizados, generalmente de manera inconsciente por los productores, pudiera ser una de las razones principales por la cual se han adaptado "generaciones avanzadas" de los híbridos.

Todas las cruzas de híbridos en F1 rindieron más que su respectiva F2, con excepción de B-840 x B-833 y B-840 x B-83, lo cual puede observarse en la Figura 3. La bondad de las cruzas de híbridos comerciales se manifiesta en forma consistente para la mayoría de los cruzamientos, así como su mejor aprovechamiento en la F1 que en la F2. Este mejor uso de las cruzas en F1

puede darse mediante la producción de semilla en parcelas de productores, ya que los progenitores serían los híbridos F1 comerciales que pueden ser adquiridos y sembrados libremente. El hecho de utilizar híbridos F1 como progenitores permitiría obtener semilla de una calidad aceptable, ya que tales híbridos serían los mejores localmente y/o regionalmente para producir grano.

En el Cuadro 3 se consigna el porcentaje de heterosis de las cruzas en F1 y F2 con base en el promedio de los progenitores (h) y al progenitor superior (h') para rendimiento a través de los cuatro ambientes de evaluación en el centro de Jalisco. En promedio la heterosis en todos los casos fue superior al 100%, excepto en la F2 sobre el mejor progenitor. Hubo algunos valores de heterosis, si bien no tan altos como los máximos reportados por Oyervides (1979), sí bastante aceptables; del orden de 119 y 118% en las cruzas P-507 x B-83 y B-83 x H-311 en F1, con base en el promedio de los progenitores y de 113 y 117% con base en el mejor progenitor, respectivamente.

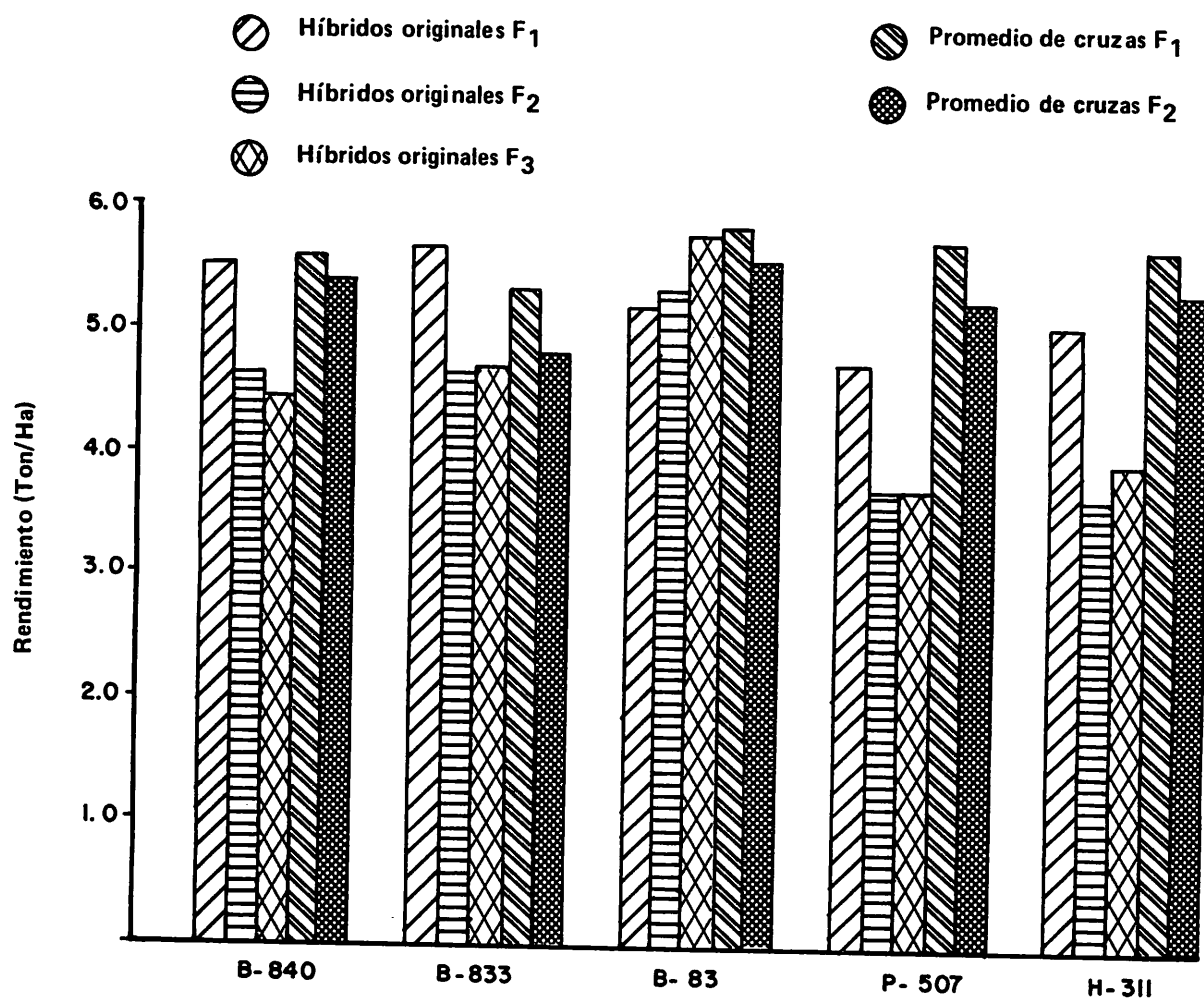


Figura 1. Rendimiento de los híbridos originales y en promedio de sus cruas a través de cuatro ambientes de evaluación en el Centro de Jalisco en 1988T.

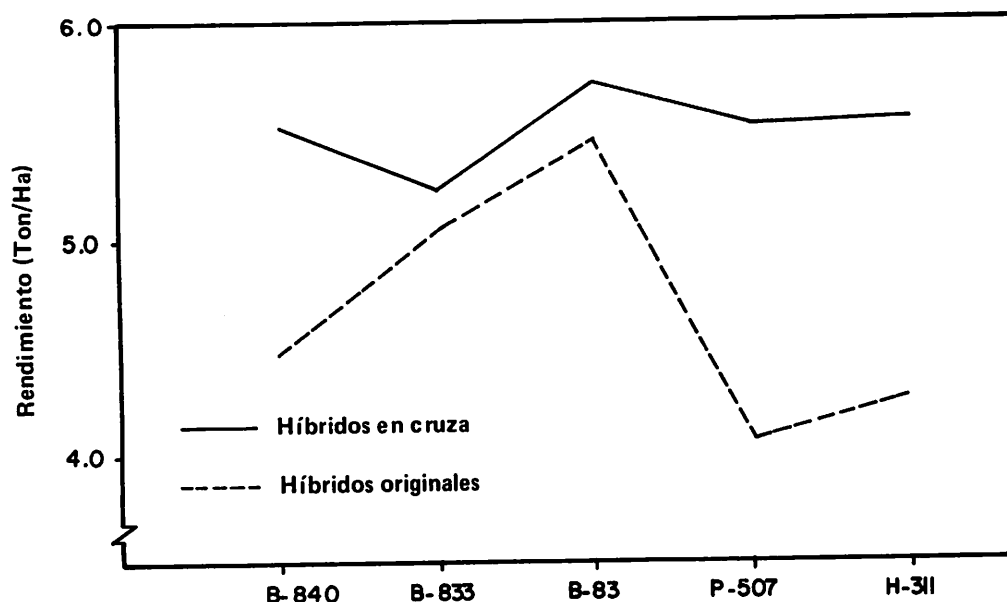


Figura 2. Rendimiento a través de generaciones, de los híbridos originales y cruza de los híbridos comerciales en cuatro ambientes de evaluación en el Centro de Jalisco en 1988 T.

Cuadro 3. Heterosis de las cruza de híbridos comerciales en F1 y F2 con base en el promedio de los progenitores (h) y al progenitor superior (h') para rendimiento a través de los cuatro ambientes. Centro de Jalisco, 1988 T.

Cruza	F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)	Heterosis en F1		Heterosis en F2	
			h (%)	h' (%)	h (%)	h' (%)
B-840 X B-833	5.24	5.76	93	92	102	101
B-840 X P-507	5.91	4.98	115	107	97	90
B-840 X B-83	5.76	5.85	107	104	109	106
B-840 X H-311	5.60	5.09	105	101	96	92
B-833 X P-507	5.79	5.44	111	101	104	95
B-833 X B-83	5.62	5.60	103	99	102	98
B-833 X H-311	5.73	5.49	103	98	101	96
P-507 X B-83	5.94	5.36	119	113	107	102
P-507 X H-311	5.49	5.42	111	108	110	106
B-83 X H-311	6.11	5.63	118	117	109	108
Promedio	5.72	5.46	108	104	104	99

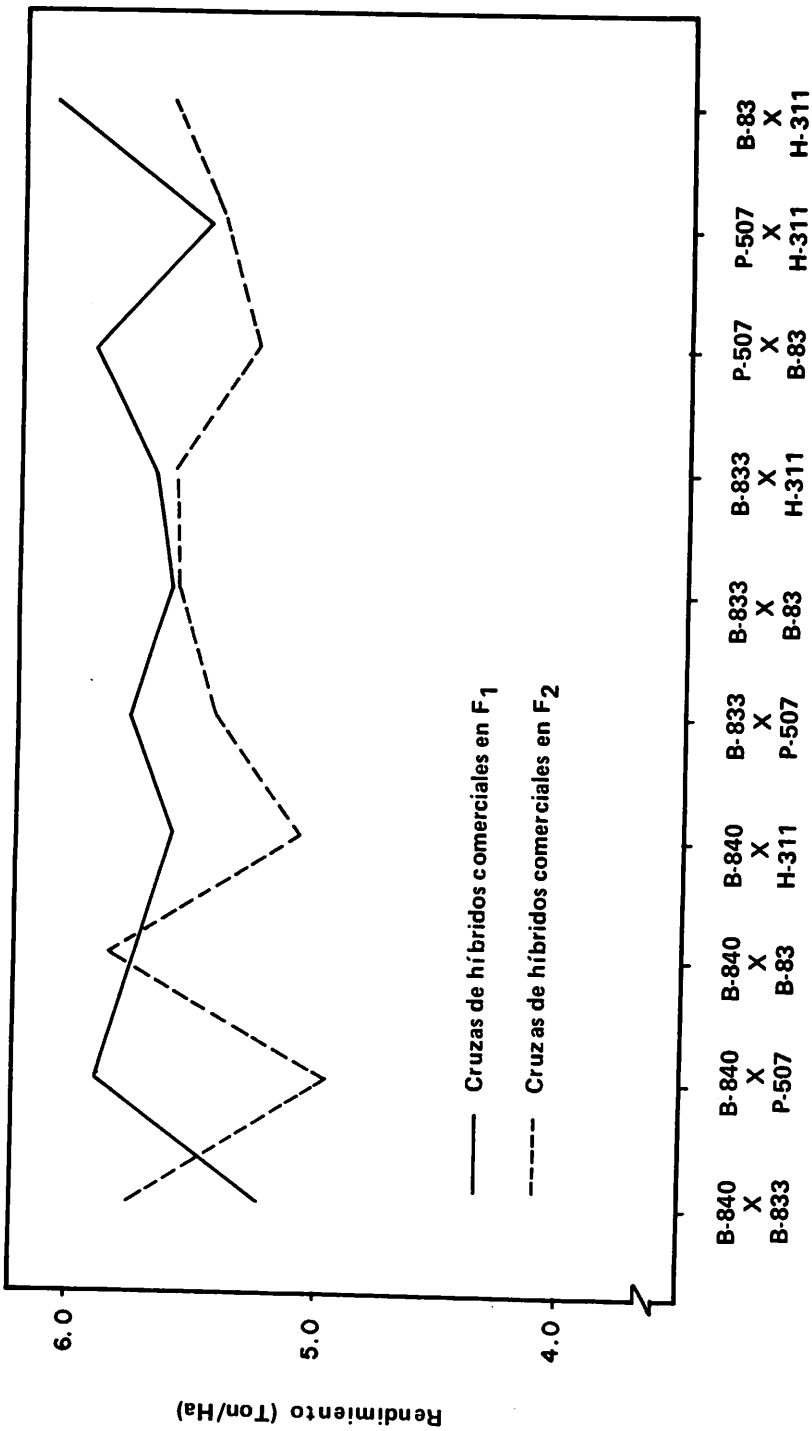


Figura 3. Rendimiento de las cruas de híbridos comerciales F₁ y F₂ a través de cuatro ambientes de evaluación en el Centro de Jalisco en 1988T.

El único caso donde no hubo heterosis en F1 fue en la cruza B-840 x B-833, ambos híbridos provenientes de la misma empresa semillera, por lo que pueden presentar cierto parentesco genético; sin embargo, también se observan bajos porcentajes de heterosis cuando B-833 se cruzó con B-83 y H-311. Pudiera estar involucrado, en cierta forma, el concepto de divergencia genética, señalado por Sánchez *et al.* (1973) y Ortega y Angeles (1978), como uno de los posibles factores que propician heterosis.

La heterosis, aunque en menor grado, se siguió manifestando en la F2 y con base en el mejor progenitor, la mitad de las cruzas manifestaron todavía algo de heterosis.

Un aspecto importante de considerar en este estudio, es que los cálculos de heterosis están basados en el comportamiento de progenitores que son híbridos F1 sembrados por los productores, a diferencia de la mayoría de otros estudios donde se han utilizado generaciones avanzadas puras de híbridos o bien colectas de criollos de rendimientos generalmente más bajos que los híbridos en F1.

CONCLUSIONES

Las cruzas de híbridos comerciales en F1 y F2, tuvieron rendimientos similares o superiores a los propios híbridos F1, progenitores de las cruzas y superiores a las generaciones avanzadas (F2 y F3) de esos mismos híbridos.

Los híbridos B-840, B-833, B-83, P-507 y H-311 presentaron una reducción promedio para el rendimiento de 16 y 14% en la F2 y F3, respectivamente con respecto a la F1; en cambio, las cruzas entre los mismos híbridos en F2, rindieron sólo 9% menos que su respectiva F1.

Las cruzas de híbridos rindieron en promedio 14% más que los híbridos progenitores, ambos a través de sus generaciones F1 y F2.

La heterosis para rendimiento en las cruzas entre híbridos F1 se manifestó en todos los casos en F1, con excepción de la cruza entre híbridos de una misma empresa, ya que señalan un origen común.

La opción de utilizar semilla de cruzas entre híbridos comerciales F1 es lo más recomendable en el centro de Jalisco; se pudiera usar inclusive en F2, lo cual ayudaría a satisfacer la demanda de semilla, sin modificar el nivel de rendimiento de los mejores híbridos y a un costo más bajo por concepto de ahorro en la compra de la semilla, la cual sería producida por el propio productor.

BIBLIOGRAFIA

- Bucio A., L. 1954. Algunas observaciones del comportamiento de las F1 de las cruzas entre las razas de maíz descritas en México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Ferh, W.R. 1983. Applied Plant Breeding. 2nd. edition. Department of Agronomy Iowa State University. Ames, IA. USA.
- Meghji, M.R., J.W. Dudley, R.J. Lambert, and G.F. Sprague. 1984. Inbreeding depression, inbred and hybrid grain yield, and other traits of maize genotypes representing three eras. Crop Sci. 24: 545-549.
- Mena M., S. 1985. Formación de cruzas intervarietales de F2 de híbridos. In: Memorias XI Demostración Agrícola y Pecuaria. Departamento de Fitotécnica. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara.
- Neal, N.P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. J. Amer. Soc. Agron. 27: 666-670.

- Ortega P., R. y H.H. Angeles A. 1978. Maíz. In: Recursos genéticos disponibles a México. T. Cervantes S. (ed.). Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México. pp. 75-84.
- Oyervides G., M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Paterniani, E. and J.H. Lonnquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.) Crop Sci. 3: 504-507.
- Preciado O., R.E., R. Valdivia B. y F. Caballero H. 1985. Evaluación de cruas intervarietales de maíz en el estado de Veracruz. Fitotecnica Núm. 7: 3-19.
- Ramírez V., P., M. Balderas M. y F. Gerón X. 1986. Potencial productivo de las generaciones avanzadas de los híbridos tropicales de maíz H-503, H-507 y H-510. Fitotecnica 8: 20-34.
- Richey, F.D., G.H. Springfield, and G.F. Sprague. 1934. The loss of yield that may be expected from planting second generation of double-crossed corn. J. Amer. Soc. Agron. 20: 196-199.
- Ron P., J. y J.L. Ramírez D. 1991. Establecimiento de ensayos y colección de datos para la evaluación de variedades mejoradas de maíz del CCVP en el estado de Jalisco. Instructivo. Tema Didáctico Núm. 1. SARH, INIFAP, CIFAP-JAL. CEFAP Zapopan, Jal.
- Sánchez M., R., J. Molina G. y E. Casas D. 1973. Efecto de dosis de germoplasma exótico y de citoplasma tropical sobre el rendimiento de cruas tropicales X Mesa Central en maíz (*Zea mays* L.). Agrociencia 11: 151-179. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.