

# USO POTENCIAL DE CRUZAS SIMPLES EMPARENTADAS, DE CICLO VEGETATIVO INTERMEDIO, PARA REGIONES SUB TROPICALES DE MÉXICO<sup>1</sup>

*Ernesto Preciado<sup>2</sup>, Arturo Terron<sup>2</sup>*

## RESUMEN

**Uso potencial de cruvas simples emparentadas de ciclo vegetativo intermedio para regiones subtropicales de México.** El programa de maíz del Campo Experimental Bajío, perteneciente al Instituto Nacional de Investigadores Forestales y Agropecuarias (INIF AP), situado en el Estado de Guanajuato, México durante 1994 y 1995 se evaluaron ensayos de rendimiento que contenían cuatro grupos de materiales genéticos: a- líneas, endogámicas originales progenitoras de híbridos de crusa simple en proceso de liberación, b- progenitores modificados formados con cruvas entre líneas originales por líneas emparentadas de la misma fuente de germoplasma, c-híbridos de cruvas simples emparentadas. Los progenitores modificados superaron en algunos casos en más del 300% el rendimiento de las líneas originales. También se observaron híbridos simples emparentados cuyos rendimientos fueron estadísticamente iguales a los de los híbridos de crusa simple originales así como a los testigos tardíos. La respuesta heterótica, previamente identificada en cruvas simples específicas, se mantuvo al utilizar progenitores modificados con mayor rendimiento. Lo anterior indica que este tipo de cruvas representa un gran potencial para regiones donde el uso de cruvas simples convencionales es aún limitado.

## ABSTRACT

**The potential use of single cross hybrids of the intermediate vegetative cycle, in the sub tropical regions of México.** The maize breeding program and the Bajío Experimental Station, which belongs to the National Institute of Agriculture, Forestry and Livestock (INIFAP), located in the State of Guanajuato, Mexico, during 1994 and 1995, we evaluated yield trials with four types of genetic material: a. Original inbred lines which are parents of superior single crosses, under the release process. b. Modified parts coming from the cross of the original inbred parent, with a relative inbred line derived from the same germplasm source. c. The original single cross hybrids, and d. The modified new crosses from the related parents. The results showed that the modified parents outyield in the original inbred lines, in some cases was of more than 300%. Moreover, some modified hybrids were statistically similar to the original single cross hybrids, as well as in some later commercial checks. The heterotic response, previously identified in specific single hybrids, was kept when we utilized modified parents with high yield. All this supported the idea that this kind of hybrids represent a large potential in the regions where the use of conventional single cross hybrids, is still limited.



## INTRODUCCIÓN

Las principales limitantes para el uso de híbridos de maíz de crusa simple por los productores de países con climas tropicales y subtropicales, han estado estrechamente ligadas a problemas de producción de semilla, debido a que este tipo de híbridos es producto de la crusa de dos líneas endogámicas que, por su naturaleza genética, poseen bajos niveles de producción por unidad de superficie, especialmente las líneas precoces progenitoras de híbridos de ciclo vegetativo intermedio. Por el bajo nivel de producción de semilla de las líneas y la capacidad limitada de superficie de producción de

pequeñas y medianas compañías regionales, el costo de producción de semilla de híbridos de crusa simple por kilogramo es mayor; además, los usuarios de semillas mejoradas no están aún convencidos de pagar un sobreprecio por las cruvas simples. Otros problemas limitantes de la utilización de cruvas simples están relacionados con las respuestas ambientales, como por ejemplo la cantidad de horas de luminosidad durante el ciclo biológico en regiones tropicales y subtropicales comparado con las regiones templadas. Esta respuesta ambiental repercute directamente en el potencial de rendimiento de los híbridos de crusa simple y de sus progenitores, además del bajo nivel de mejoramiento de las fuentes de

<sup>1</sup> Presentado en la XLII Reunión Anual del PCCMCA en El Salvador, Centroamérica, 1996.

<sup>2</sup> Programa de Maíz del INIFAP, Campo Experimental Bajío. Km. 6.5 Carr. Celaya-Sn. Miguel A. Apdo. Postal 112,38000 Celaya, Guanajuato, México.

germoplasma utilizado en estas regiones. Una alternativa para resolver parte de esta problemática es mantener el alto potencial de los híbridos de cruza simple, mediante el uso de cruza de líneas endogámicas emparentadas como progenitores del híbrido comercial, cuyo potencial de rendimiento es cercano al de las cruza simples convencionales, y el costo de producción de semilla es menor al utilizar como progenitores dos cruza simples de líneas emparentadas con mayor potencial de rendimiento que las líneas originales.

Existe escasez de información publicada acerca de este tipo de cruza simples, aún cuando diversas compañías semilleras las han utilizado o las siguen utilizando. A este tipo de cruza algunos autores las han llamado cruza simples modificadas, Hallauer y Miranda (1988), y Hallauer, Russell, Lamkey (1988), indicaron que las cruza simples modificadas consisten en cruzamientos en donde 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 cruza simples modificadas se han utilizado principalmente por problemas de producción de semilla, ya que los progenitores son más vigorosos que las líneas endogámicas debido a la manifestación de cierto vigor híbrido en la cruza. Por su parte Jugenheimer (1981), comentó que los progenitores de las cruza 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 las cruza simples convencionales.

La hipótesis de este trabajo considerala posibilidad de explotar por un lado, los efectos heteróticos intrapoblacionales al superar el rendimiento de las líneas originales mediante cruza 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 la cruza del híbrido final con cruza de progenitores provenientes de fuentes heteróticas contrastantes.

El objetivo de este trabajo fueron poner a disposición de los productores de la región subtropical de México el potencial gerrético de las cruza simples, sin que se afecte la producción de la semilla híbrida por el bajo rendimiento de las líneas endogámicas progenitoras.

## 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), situado en el Estado de Guan.yuato, México, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). El CEBAJ se localiza geográficamente a

los 20° 26' de latitud norte y 103° 19' de longitud oeste; a 1750 msnm, con una temperatura media anual de 18,4 °C y una precipitación media anual de 462 mm.

Los experimentos de 1994 y 1995 se establecieron b.yo un diseño experimental Látice Simple 11 x 11 con dos repeticiones. El tamaño de parcel[a en cada uno de los tratamientos evaluados fue de un surco de cinco metros de largo y 0,76 m de ancho. El análisis estadístico se realizó de manera individual por año, y posteriormente con las medias ajustadas por el diseño, se realizó el análisis conjunto de ambos años.

El material genético empleado estuvo constituido por cuatro grupos de genotipos:

- líneas originales, que consisten en una serie de líneas experimentales avanzadas de ciclo intermedio-precoc, provenientes de diversas fuentes de germoplasma. Estas líneas son parte de la porción élite del programa de maíz del INIF AP en la región subtropical de México, y son progenitoras de híbridos experimentales en etapa de validación y/o liberación. Dichas líneas se agruparon con base en la fuente de germoplasma de donde provienen, asumiendo cierto grado de parentesco en las líneas provenientes de fuentes similares (Cuadro 1).
- progenitores modificados, (cruza de líneas emparentadas) formados durante el ciclo Primavera-Verano 1993 en el CEBAJ mediante las cruza posibles dentro de los grupos de líneas con cierto grado de parentesco provenientes de fuentes de germoplasma similares.
- híbridos originales de cruza simple en proceso de liberación identificados como superiores a través de

**Cuadro 1.** Fuentes de germoplasma y líneas élite del programa de mejoramiento del INIFAP en la Región Subtropical de México.

Fuente	Líneas
P 20	LPC 1
	LPC 7
	LPC 12
BD 2	LPC 3
	LPC 5
	LPC 6
Pool 19 x LB	LPC 4
	LPC 9
	LPC 10
	LPC 13
	LPC 14

años y localidades por el programa de mejoramiento genético de la región subtropical. El nombre experimental, la genealogía y la fuente de germoplasma de donde provienen se describe en el Cuadro 2.

- d) cruza simple emparentadas, formadas en Zacatepec, Morelos, México, durante el ciclo otoño-invierno 93-94 a partir de los progenitores modificados descritos anteriormente.

Los cuatro grupos de genotipos descritos anteriormente, se evaluaron en campo los ciclos P-V 1994 y P-V 1995. La comparación entre progenitores originales y modificados y las cruza originales y modificadas permitirá identificar los progenitores modificados que superen a las líneas originales en rendimiento y características agronómicas, y las combinaciones en las que se mantenga el rendimiento de las cruza simples originales.

**Variabes estudiadas.** Se tomaron datos de días a floración masculina y femenina, altura de planta y de

mazorca, número total de plantas y mazorcas, sanidad de planta y de mazorca, porciento de humedad a la cosecha y peso de grano por parcela.

El manejo agronómico de los experimentos fue de acuerdo con las recomendaciones técnicas específicas del CEBAJ, con una dosis de fertilización de 200-60-00, y una densidad de población de 70,000 pl/ha, conducidos bajo condiciones de riego.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan valores medios del rendimiento y características agronómicas de las líneas progenitoras originales a través de años. En general el promedio de rendimientos de las líneas fue más bajo de lo normal, debido a dos factores que afectaron el experimento de 1994: 1) el experimento se sembró en una fecha tardía, lo que evitó que el potencial de rendimiento

**Cuadro 2.** Genealogía y fuentes de germoplasma de los híbridos de crusa simple originales identificados a través de años y localidades en las regiones subtropicales de México.

Nombre Experimental	Genealogía	Fuentes de Germoplasma
SIG 1	LPC 1 x LPC 4	Pool 20 x (Pool 19 x Lucio Blanco)
REMACO 3	LPC 4 x LPC 5	Pool 20 x (Pool 19 x Lucio Blanco)
SIG 2	LPC 1 x LPC 13	Bco. Dent. 2 x (Pool 19 x Lucio Blanco)
REMACO 8	LPC 1 x LPC 3	Pool 20 x Blanco Dentado 2
REMACO 10	LPC 1 x LPC 6	Pool 20 x Blanco Dentado 2

**Cuadro 3.** Rendimiento y características agronómicas de las líneas progenitoras originales, promedio a través de años, Campo Experimental Bajío (INIFAP), Guanajuato, México, 1994 y 1995.

Línea	Rendimiento kg/ha	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura de Mazorca (cm)
LPC 13	1.544	75	77	196	81
LPC 5	1.288	79	81	162	45
LPC 4	1.054	77	80	170	60
LPC 9	1.038	77	79	176	77
LPC 10	1.038	78	80	193	79
LPC 14	0.986	80	82	178	74
LPC 1	0.937	81	83	160	70
LPC 12	0.761	81	83	177	81
LPC 3	0.532	81	82	117	47
LPC 6	0.380	85	87	135	72
LPC 7	0.374	77	81	149	61
MEDIA	0.903	79	81	165	63
DESV. EST	2,61	2,42	22,82	17,78	

de los genotipos se expresara al máximo, y 2) el tamaño de parcela de los progenitores originales fue similar al de los híbridos, y con la aleatorización se llegó a tener líneas de porte bajo entre dos cruzas de porte alto, lo cual provocó un sombreamiento de las primeras con las segundas. En el experimento de 1995 en las líneas originales este problema se controló al sembrar parcelas de tres surcos para cosechar el surco central. Sin embargo, en el experimento de 1995, también se presentaron factores adversos, como fue la presencia de granizo en una etapa temprana del experimento, así como algunos efectos residuales de herbicida aplicado en el cultivo anterior, que también evitó la expresión máxima del potencial de rendimiento. No obstante los problemas anotados, la información obtenida es valiosa porque permite comparar los cuatro grupos genéticos involucrados en esta investigación, los cuales estuvieron sometidos a las mismas condiciones.

Al comparar la información del Cuadro 3 con la del Cuadro 4, donde se presentan los valores medios del rendimiento y características agronómicas de los progenitores modificados a través de años (cruzas de líneas emparentadas), se puede ver que la craza LPC 1 x LPC 12 rindió 3,20 t/ha, mientras que las líneas per se LPC 1 y LPC 12 rindieron 0,94 y 0,76 t/ha respectivamente, obteniendo una respuesta heterótica de 375%, calculada a partir de la media de los progenitores. Un caso si-

milar se puede observar en las cruzas LPC 7 x LPC 12 y LPC 1 x LPC 7, que provienen de líneas derivadas de Pool 20, las cuales ocuparon el segundo y sexto lugar en rendimiento, respectivamente. Esta información ilustra la presencia de efectos heteróticos intrapoblacionales, que también estuvieron presentes aunque en menor magnitud, en las otras dos fuentes de germoplasma Blanco Dentado 2 y Pool 19 x Lucio Blanco.

Al comparar los valores de las características agronómicas de los Cuadros 3 y 4, se puede observar que las líneas progenitoras originales fueron en promedio tres días más tardías a la floración masculina y femenina, y con menos altura de planta y de mazorca.

Al comparar los valores medios de los genotipos del Cuadro 3 con los genotipos del Cuadro 4, se puede corroborar la primera parte de la hipótesis planteada en este trabajo, respecto a la presencia de efectos heteróticos provenientes de la misma fuente de germoplasma. Estos pueden ser aprovechados como progenitores al manifestar un vigor híbrido en la craza, lo cual repercutirá en menores costos de producción, de acuerdo con lo anotado por Hallauer y Miranda (1988), Halauer, Russell, Lamkey (1988) y Jugenheimer (1981).

Para comparar el rendimiento de las cruzas simples originales con las cruzas simples emparentadas, en la

**Cuadro 4.** Medias de rendimiento y de características agronómicas de los progenitores modificados, a través de los años. Campo Experimental Bajío (INIFAP), Guanajuato, México, 1994 Y 1995.

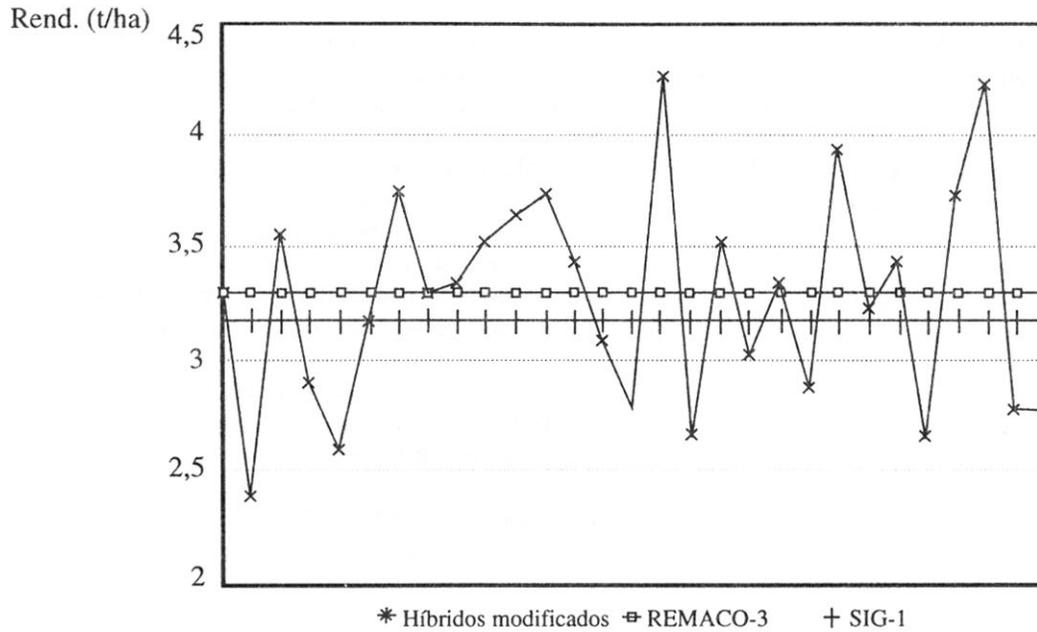
Línea	Rendimiento kg/ha	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura de Mazorca (cm)
LPC 1 x LPC 12	3.203	77	78	209	104
LPC 7 x LPC 12	2.992	73	75	206	90
LPC 9 x LPC 10	2.769	76	78	206	96
LPC 10 x LPC 13	2.739	74	77	228	95
LPC 3 x LPC 5	2.520	77	77	180	75
LPC 1 x LPC 7	2.415	75	77	201	89
LPC 3 x LPC 6	2.407	78	79	139	78
LPC 5 x LPC 6	2.394	79	80	209	93
LPC 4 x LPC 14	2.393	76	79	189	78
LPC 9 x LPC 13	2.348	74	77	214	93
LPC 4 x LPC 13	2.263	74	77	197	80
LPC 4 x LPC 9	2.036	75	78	192	72
LPC 10 x LPC 14	1.868	77	79	199	86
LPC 9 x LPC 14	1.645	76	77	199	75
LPC 4 x LPC 10	1.570	78	79	201	81
LPC 13 x LPC 14	1.258	76	78	196	85
MEDIA	2.301	76	78	199	86
DESV. EST.	0,506	1,60	2,42	14,65	8,81

Figura 1 se puede observar el rendimiento medio a través de años, de las cruza simples originales SIG 1 y REMACO 3 en comparación con los híbridos modificados que representan cruzamientos con líneas derivadas de Pool 20 por líneas derivadas de Pool 19 x Lucio Blanco.

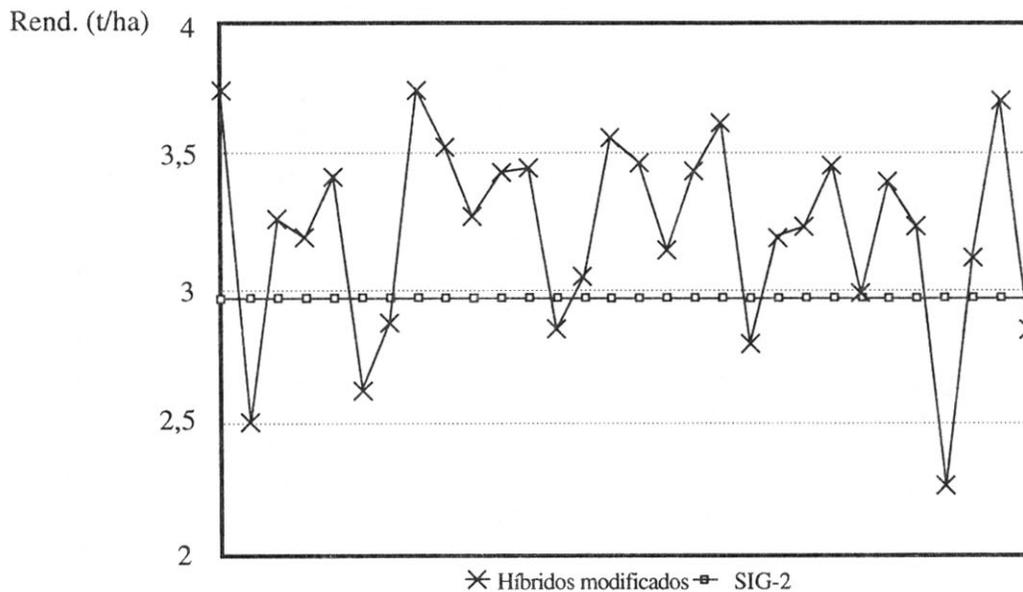
En la Figura 2, se hace una comparación del rendimiento medio de las cruza simples emparentadas

con la cruz simple SIG 2, que representan cruzamientos con las líneas derivadas de Blanco Dentado 2 por líneas derivadas de Pool 19 x Lucio Blanco.

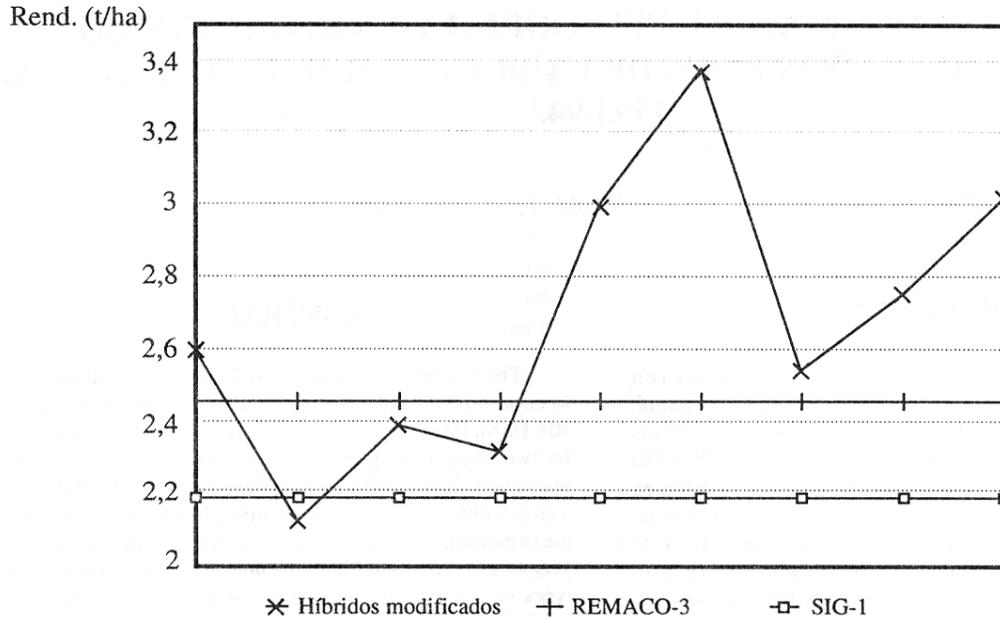
En la Figura 3, se hace una comparación del rendimiento medio de los híbridos emparentados que involucran cruzamientos de líneas derivadas de Pool 20, por las líneas derivadas de Blanco Dentado 2, que modifican



**Fig. 1.** Rendimiento de las cruza simples originales REMACO-3 y SIG-1 en comparación con los híbridos modificados de Pool 20 x (Pool 19 x Lucio Blanco), promedio de los años 1994 y 1995. Guanajuato, México.



**Fig. 2.** Rendimiento de la cruz simple original SIG-2 en comparación con los híbridos modificados de Blanco Dentado 2 x (Pool 19 x Lucio Blanco), promedio de los años 1994 y 1995. Guanajuato, México.



**Fig. 3.** Rendimiento de las cruza simples originales REMACO-8 y REMACO-10, en comparación con los híbridos modificados de Pool 20 x Blanco Dentado 2, promedio de los años 1994 y 1995. Guanajuato, México.

a las cruza simples originales REMACO 8 y REMACO 10. Este grupo de cruzamientos en particular mostraron un bajo potencial de rendimiento en el sitio de evaluación, debido a que ambas fuentes tienen una gran proporción de germoplasma tropical.

Al interpretar de manera global la información contenida en las Figuras 1, 2, y 3, se puede observar que existen cruzamientos modificados superiores o similares a los híbridos de cruza simple originales, por lo que la segunda parte de la hipótesis de este trabajo se comprueba al mantener el rendimiento de los híbridos que fueron modificados.

## LITERATURA CITADA

- HALLAUER, A.R; MIRANDA, B.J. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. 468p.
- HALLAUER, A.R; RUSSELL, W.A; LAMKEY, K.R. 1988. Corn breeding. In: G.F. Sprague, y J.W. Dudley (eds.). Corn and Corn improvement. 3rd. de. Agron. Monogr: No. 18 ASA, CSSA, and SSA. Madison, WI. pp. 453-564
- JUGENHEIMER, R. W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa, México. 841p.