

# DETERMINACION DEL PATRON HETEROTICO DE 30 LINEAS DE MAIZ DERIVADAS DE LA POBLACION 43SR DEL CIMMYT<sup>1</sup>

*Arturo Terron<sup>2</sup>, Ernesto Preciado<sup>2</sup>, Hugo Córdova<sup>3</sup>, Harold Mickelson<sup>3</sup>, Raymundo López<sup>3</sup>*

## RESUMEN

**Determinación del patrón heterótico de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43SR del CIMMYT.** Se cruzaron treinta líneas seleccionadas de la Población 43SR con los probadores CML-320 (Grupo heterótico "A") y CML-321 (Grupo heterótico "B") que dieron origen a 60 combinaciones híbridas línea x probador; la evaluación se realizó en cuatro localidades del subtrópico de México. Los resultados obtenidos indican que los componentes de variación para aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) mostraron diferencias significativas en el análisis combinado de rendimiento. Los valores significantes de ACE permitieron separar a las líneas en grupos heteróticos opuestos de acuerdo con su comportamiento en las cruza de prueba; con base en esta variable, siete líneas integraron el sintético de los grupos heteróticos "A" y "B". Nueve cruza simples superaron en rendimiento de grano al testigo comercial. El mayor rendimiento fue de 9,48 t/ha, es decir 15,6% más que el testigo. El rendimiento medio de grano obtenido fue de 7,1, 3,8, 11,1 y 9,0 t/ha, para Tlaltizapán, Tlajomulco, Celaya y Pabellón, respectivamente, con una variación desde 15,48 t/ha en Celaya, Gto., hasta 2,40 t/ha en Tlajomulco, Jal. Seis líneas presentaron ACG significativa y positiva. El rango de efectos de ACG varió entre 1,18 y -2,19. Estas líneas pueden usarse efectivamente en los proyectos de hibridación de los programas nacionales o en compañías privadas.

## ABSTRACT

**Heterotic patterns of 30 maize lines derived from CIMMYT's population 43 SR.** Observed 30 selected lines were crossed to two testers: CML-320 (heterotic group "A") and CML-321 (heterotic group "B"). The 60 line x tester combinations were evaluated at four location in the subtropical region of Mexico. In the combined analysis across locations the variance components for the GCA and SCA were significant for grain yield. Significant SCA values allowed the separation of the inbred lines into two opposite heterotic groups based on the performance of the test crosses. On the basis of this information, two synthetics were formed with 7 inbred lines each defined as heterotic groups "A" and "B". Nine single crosses outyielded the commercial check hybrid. Across locations the top yielder hybrid produced 9.48 t/ha which was 15.6% higher than the check. Average yield by location was 7.1, 3.8, 11.1 and 9.0 t/ha at Tlaltizapán, Tlajomulco, Celaya and Pabellón, respectively. Positive and significant GCA values were observed in six inbred lines. The GCA effects ranged from 1.18 to -2.19. The inbred lines from this study can effectively be used in hybridization programs.

---

## INTRODUCCION

El fenómeno conocido como heterosis que se presenta principalmente en las plantas, ha permitido en el cultivo de maíz desarrollar técnicas de mejoramiento, para aprovechar la manifestación del vigor híbrido para obtener mayor rendimiento de grano, madurez más temprana, mayor resistencia a plagas, enfermedades, sequía, entre otras características de interés agronómico.

La utilización de patrones heteróticos en un proyecto de formación de híbridos de maíz, constituye una estrategia que permite explotar y capitalizar la heterosis, asimismo usar en forma eficiente el germoplasma disponible para la generación de combinaciones híbridas superiores.

Los patrones heteróticos han sido identificados con base en cruza de líneas provenientes de diversas

---

<sup>1</sup> Presentado en la XLII Reunión anual del PCCMCA en El Salvador, Centroamérica. 18 al 22 de marzo, 1996.

<sup>2</sup> Investigadores del Programa de Maíz en el Campo Experimental Bajío, INIFAP. km 6,5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende. Apdo. Postal 112, 38000 Celaya, Gto., México.

<sup>3</sup> Coordinador del Subprograma, Posdoctorado del Subprograma, Investigador del Subprograma, de Maíz Subtropical del CIMMYT, Apdo. 6-641, 06600 México, D.F., México.

fuentes. Hallauer, Rusell y Lamkey (1988) y Hallauer (1990), comentan que no obstante que los patrones heteróticos son de gran importancia para los mejoradores, éstos no han sido establecidos de manera sistemática, ni han sido desarrollados en forma evolutiva; sin embargo, los patrones heteróticos ocurren debido a la selección tanto natural como dirigida, que ha sucedido en el desarrollo de criollos y de variedades de polinización libre. Los patrones heteróticos fueron establecidos al relacionar la heterosis observada en cruza con el origen de sus progenitores incluidos en las cruza.

La importancia de los patrones heteróticos presentada por Hallauer y co-autores, Hallauer y Miranda (1988); Hallauer, Russell y Lamkey (1988); Hallauer (1990) y Eyherabide y Hallauer (1991) se resume en los siguientes puntos:

- El establecimiento de patrones heteróticos entre variedades es un factor clave en todos los programas de mejoramiento para seleccionar líneas endo-gámicas progenitoras de híbridos de alto potencial de rendimiento.
- Las líneas derivadas de fuentes con patrones heteróticos definidos tienden a complementarse una con otra maximizando la respuesta heterótica del híbrido.
- También los mejoradores pueden aprovechar el conocimiento de la genealogía y su relación entre líneas al evaluar cruza experimentales con líneas derivadas de patrones heteróticos definidos.
- Después de haber establecido patrones heteróticos en un programa de mejoramiento, es posible optimizar e incrementar la respuesta heterótica a través de selección.
- Los patrones heteróticos tienen fuerte impacto al ser considerados en esquemas de selección convencionales.

El uso de patrones heteróticos en los programas nacionales de mejoramiento genético de maíz en Mesoamérica no es generalizado, debido principalmente al poco uso de híbridos. El CIMMYT a partir de 1984 tomó la decisión de empezar con la investigación en maíces híbridos. Los primeros trabajos que se realizaron bajo este nuevo enfoque fueron para obtener información sobre la heterosis y habilidad combinatoria de las poblaciones y pools de maíz tropical.

Crossa, Vassal y Beck (1990); Beck, Vasal y Crossa (1990) y Beck, Vasal y Crossa (1991) en sus cruzamientos dialélicos entre poblaciones de CIMMYT encontraron bajos niveles de respuesta heterótica, concluyendo que dicha respuesta se debió al énfasis que tenía CIMMYT en desarrollar poblaciones y pools de amplia base genética, con el objetivo principal de combinar caracteres deseables para diversas situaciones ecológicas. Por lo tanto, las cruza de materiales de amplia base genética a nivel poblacional condujeron a la reducción de efectos heteróticos.

Sin embargo, las poblaciones y pools del CIMMYT por su constitución genética poseen una amplia base genética, la cual representa un potencial considerable para derivar líneas y formar híbridos intra poblacionales (Han, Vasal, Beck, , 1991; Vasal y Srinivasan, 1991).

Posteriormente se han llevado a cabo estudios basados en la habilidad combinatoria para establecer y formar grupos por patrón heterótico de líneas de maíz tropical y subtropical de CIMMYT (Vasal, Srinivasan, Han, González 1992c; 1992b) derivadas de diferentes poblaciones y pools. Como resultado de esos trabajos se ha identificado una serie de líneas sobresalientes que el CIMMYT ha liberado y puesto a disposición del público como CML's. Dos de estas líneas, CML 320 Y CML 321, son actualmente empleadas como probadores por el subprograma de maíces subtropicales, para determinar y agrupar por patrón heterótico las nuevas líneas desarrolladas por reciclaje o derivadas de poblaciones y pools.

Específicamente en la población 43SR, que presenta gran variabilidad genética y heterosis intrapoblacional, se consideró importante separarla por patrones heteróticos para esquematizar en el futuro programas de hibridación con líneas derivadas de esta población.

Los objetivos de este estudio fueron:

- 1) determinar el patrón heterótico de 30 líneas S7 derivadas de la Población 43SR, formadas por el subprograma de maíces subtropicales del CIMMYT,
- 2) identificar cruza simples sobresalientes,
- 3) seleccionar líneas con buena aptitud combinatoria general,
- 4) formar sintéticos integrados por líneas de acuerdo con su respuesta al patrón heterótico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se usaron 30 líneas de ciclo vegetativo tardío de endospermo blanco, con un nivel de endogamia S7, derivadas de la población 43SR, (Cuadro 1) las cuales se cruzaron con los probadores CML-320, grupo heterótico "A", y CML-321, grupo heterótico "B", identificados por el subprograma de maíces subtropicales del CIMMYT, que dieron origen a 60 combinaciones híbridas línea x probador.

Los experimentos se establecieron en cuatro localidades subtropicales de México, cuyas alturas sobre el nivel del mar y clima se presentan en el Cuadro 2.

Los experimentos se sembraron en el ciclo Primavera-Verano de 1995, bajo condiciones de riego, excepto en la localidad de Tlajomulco, Jal. donde solamente se dio un

riego para germinación, por lo que el cultivo se desarrolló en condiciones de temporal. El manejo de los experimentos se realizó de acuerdo con las prácticas de cultivo recomendadas para cada localidad.

El diseño experimental fue un Alpha Látice 8 x 8 con dos repeticiones; se incluyeron dos testigos comunes, la cruz de los dos probadores y un testigo comercial A7520 de Asgrow. Asimismo se dejaron dos entradas libres para que en cada localidad el dueño de la parcela incluyera los dos mejores testigos de la región.

La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo, separados a 0,76 m. La distancia entre plantas

**Cuadro 1.** Genealogías de las 30 líneas derivadas de la población 43SR.

Línea	Genealogía
1	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-1
2	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-2
3	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-3
4	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-1
5	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-3
6	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-1
7	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-3
8	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-1
9	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-2
10	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-3
11	P43Cameroon-4-1-2-1-1-4-3
12	P43Cameroon-59-1-2-4-1-5-1
13	P43Cameroon-68-2-1-1-2-2-3
14	P43Cameroon-86-1-1-1-1-1-1
15	P43Cameroon-86-1-1-1-1-2-3
16	P43Cameroon-86-1-1-1-1-5-3
17	P43Cameroon-111-2-1-2-1-3-1
18	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1
19	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-2
20	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-3
21	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3
22	P43Cameroon-177-1-1-1-1-3-1
23	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-1
24	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-2
25	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-3
26	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-2
27	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-3
28	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-1
29	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-2
30	P43Cameroon-177-1-1-2-1-6-1

**Cuadro 2.** Alturas sobre el nivel del mar y clima de las localidades donde se establecieron los experimentos.

Localidad	Altura (msnm)	Clima
Tlaltizapán, Morelos.	940	Aw"o(w)(e)
Tlajomulco, Jalisco.	1500	(A)C(wo)(w)a(i')
Celaya, Guanajuato.	1764	BS1kw(w)(e)g
Pabellón, Aguascalientes.	1912	BS1kw(w)(e)

fue variable entre las localidades: Tlaltizapán 0,25 m., Tlajomulco 0,22 m., Celaya 0,165 m. y Pabellón 0,20 m., con densidades de plantas de 53.000, 60.000, 80.000 y 66.000 plantas por hectárea, respectivamente.

Los datos recabados en campo fueron: floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, acame de raíz y de tallo, aspecto de planta y de mazorca, cobertura y pudrición de mazorca, y de las enfermedades *Ustilago maydis*, *Fusarium* spp., *Sphacelotheca reiliana*, *Physoderma maydis*, *Exsolorium turcicum* y *Puccinia sorghi*, que fueron las que se presentaron durante el ciclo del cultivo. La estimación de rendimiento se hizo considerando una humedad del 15% y un porcentaje de grano de 80%.

La información de todas las variables se analizó individualmente para cada localidad y posteriormente se hizo en forma combinada a través de los cuatro ambientes. Con las medias ajustadas de la variable rendimiento se hicieron los análisis de varianza por localidad y combinado para estimar Aptitud combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza individuales de la variable rendimiento para estimar ACG y ACE (Cuadro 3) mostraron significancia en la fuente de variación de ACG para probadores en las localidades de Tlaltizapán, Tlajomulco y Pabellón, excepto en Celaya, debido a que los dos probadores tuvieron un comportamiento similar al presentar buenos rendimientos con las líneas. También mostraron significancia en la fuente de variación de ACG para líneas en todas las localidades, lo que indica diferencias en la capacidad de combinación de las líneas con los probadores. Asimismo mostraron significancia para ACE en las localidades de Tlaltizapán y Celaya, no así en Tlajomulco, localidad que fue prácticamente de temporal donde las cruces no expresaron buen rendimiento, y Pabellón, localidad que presentó rendimientos altos y similares de los cruzamientos.

El análisis combinado de rendimiento (Cuadro 4) mostró significancia en las fuentes de variación para ACG Y ACE de las líneas, lo cual indica que poseen diferente capacidad de combinación con los probadores. Tal característica permite separar líneas en grupos heteróticos opuestos de acuerdo con su comportamiento en las cruza de prueba. Con respecto a la falta de significancia de la fuente ACG para probadores, ésta se debió a que los dos probadores presentaron buenos rendimientos con las líneas a través de las localidades.

### Grupos heteróticos

En estudios anteriores Vasal *et al.* 1992d, encontró que líneas provenientes de la población 43SR se clasificaron

como grupo heterótico "A", razón por lo cual se esperaba que la mayor parte de estas 30 nuevas líneas S7 se ubicara en este grupo heterótico (g.h.). Sin embargo, el comportamiento a través de las diferentes localidades fue muy diverso al observar la significancia de la ACE por localidad (Cuadro 5), de tal forma que en Tlaltzapán el 13,3% de las líneas se ubicó en g.h. "A" y el 10% en g.h. "B"; en Tlajomulco el 3,3% en g.h. "A" y el 6,6% en g.h. "B"; en Celaya el 6,6% en g.h. "A" y el 16,6% en g.h. "B"; en Pabellón el 6,6% en g.h. "A" y el 3,3% en g.h. "B".

Estos resultados, muestran que la adaptación y estabilidad de los probadores a través de los ambientes de prueba son importantes para realizar una buena determinación del grupo heterótico a que pertenecen las

**Cuadro 3.** Significancia de los cuadrados medios de los análisis de varianza individuales y combinado de rendimiento para estimar ACG y ACE.

Fuente	G.L.	Cuadrado medio			
		Tlaltzapán	Tlajomulco	Zelaya	Pabellón
Repetición	1	9,74**		12,85**	7,28**
Block	14	2,09**		2,44**	3,10**
Cruzas y testigos	63	2,48**	1,33**	6,02**	2,50**
Cruzas	59	2,38**	0,96**	6,27**	2,10**
ACG Probadores	1	53,70**	13,90**	2,53	5,74**
ACG Líneas	29	1,42**	0,94**	9,82**	3,18**
ACE	29	1,56**	0,54	2,85**	0,89
Error	49	0,68	0,39	0,99	0,83
Total	127	1,80	3,74	3,74	1,96

**Cuadro 4.** Significancia de los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de rendimiento para estimar ACG y ACE a través de localidades.

Fuente	Grados de libertad	Cuadrado medio
Localidad	3	1221**
Cruzas y testigos	63	4,21**
Cruzas	59	4,31**
ACG Probadores	1	4,86
ACG Líneas	29	5,45**
ACE	29	3,14
Cruzas y testigos x localidad	189	2,45**
Cruzas x localidad	177	2,47**
ACG (Probadores) x localidad	3	23,7**
ACG (Líneas) x localidad	87	3,31**
ACE x localidad	87	0,90
Error	188	0,73

líneas. Es decir, en Tlaltizapán el probador CML-321 g.h. "B" mostró una media de rendimiento de sus cruzas mayor en 1.34 t/ha que el probador CML-320 g.h. "A" (Cuadro 6). Esta situación se invirtió en Tlajomulco, ya que el probador CML-320 g.h. "A" presentó una media de rendimiento de sus cruzas mayor en 0,68 t/ha que el probador CML-321 g.h."B". Este comportamiento puede atribuirse a un exceso de humedad por inundación del cultivo, que aunado a una mayor susceptibilidad a pudrición de tallo por *Fusarium spp* de la CML-321, estos cruzamientos fueron los más afectados. En Celaya el probador CML-320 también mostró una media de rendimiento de sus cruzas mayor en 0,29 t/ha que la CML-321 g.h. "B", pues se observó que las cruzas con el probador "B" presentaron más susceptibilidad a

pudrición de tallo por *Fusarium spp* que las del probador "A". Para el caso de Pabellón, donde la media de rendimiento de las cruzas del probador "B" supera a la del probador "A" en 0,44 t/ha, se debió principalmente a que la incidencia de pudrición de tallo en las cruzas con el probador "B" fue menor que en Tlajomulco y Celaya.

Al examinar los datos para ACE del análisis combinado (Cuadro 7) las líneas 1, 5, 7, 17, 18 y 19 presentaron valores positivos y significativos con el probador CML-321 g.h. "B", por lo cual se clasificaron como grupo heterótico "A". Asimismo las líneas 11, 16, 22, 25, 28 y 29 mostraron valores positivos y significativos con el probador CML-320 g.h. "A", por lo que se catalogaron como grupo heterótico

**Cuadro 5.** Significancia de la aptitud combinatoria específica por localidad.

Línea	Genealogía	Tlaltizapán		Tlajomulco		Celaya		Pabellón	
		CML 320	CML 321	CML 320	CML 321	CML 320	CML 321	CML 320	CML 321
1	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-1	-0,20	0,20	-0,30	0,30	-0,95	0,95	-0,91	0,91*
2	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-2	-0,24	0,24	-0,13	0,13	-0,55	0,55	-0,10	0,10
3	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-3	0,19	-0,19	0,10	-0,10	-0,66	0,66	-0,54	0,54
4	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-1	-0,15	0,15	-0,11	0,11	-0,01	0,01	0,21	-0,21
5	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-3	-0,39	0,39	-0,76	0,76*	-1,83	1,83*	-1,05	1,05*
6	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-1	0,09	-0,09	0,41	-0,41	-0,51	0,51	-0,38	0,38
7	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-3	-0,32	0,32	-0,12	0,12	-0,95	0,95	-0,32	0,32
8	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-1	-1,19	1,19*	0,18	-0,18	-0,17	0,17	0,06	-0,06
9	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-2	0,38	-0,38	0,19	-0,19	-0,15	0,15	0,17	-0,17
10	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-3	0,15	-0,15	-0,53	0,53	-0,29	0,29	-0,04	0,04
11	P43Cameroon-4-1-2-1-1-4-3	0,70	-0,70	-0,04	0,04	0,49	-0,49	0,65	-0,65
12	P43Cameroon-59-1-2-4-1-5-1	0,11	-0,11	0,32	-0,32	-0,09	0,09	-0,39	0,39
13	P43Cameroon-68-2-1-1-2-2-3	-0,21	0,21	-0,52	0,52	-0,44	0,44	-0,39	0,39
14	P43Cameroon-86-1-1-1-1-1-1	0,01	-0,01	-0,56	0,56	0,80	-0,80	0,90*	-0,90
15	P43Cameroon-86-1-1-1-1-2-3	-0,36	0,36	-0,32	0,32	1,36*	-1,36	0,87	-0,87
16	P43Cameroon-86-1-1-1-1-5-3	1,09*	-1,09	0,76*	-0,76	1,34*	-1,34	0,08	-0,08
17	P43Cameroon-111-2-1-2-1-3-1	-0,63	0,63	0,21	-0,21	-1,07	1,07*	-0,47	0,47
18	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1	-0,97	0,97*	-0,47	0,47	-0,52	0,52	0,12	-0,12
19	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-2	-0,88	0,88*	-0,01	0,01	-0,84	0,84	-0,22	0,22
20	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-3	-0,62	0,62	-0,25	0,25	-0,67	0,67	0,11	-0,11
21	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3	0,45	-0,45	-0,17	0,17	-0,50	0,50	0,26	-0,26
22	P43Cameroon-177-1-1-1-1-3-1	0,08	-0,08	0,35	-0,35	1,06*	-1,06	0,20	-0,20
23	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-1	0,35	-0,35	-0,17	0,17	-0,25	0,25	0,20	-0,20
24	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-2	-1,25	1,25*	0,17	-0,17	0,73	-0,73	0,73	-0,73
25	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-3	0,75	-0,75	0,61*	-0,61	1,61*	-1,61	0,40	-0,40
26	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-2	0,44	-0,44	0,47	-0,47	0,13	-0,13	-0,16	0,16
27	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-3	0,27	-0,27	0,23	-0,23	0,57	-0,57	-0,04	0,04
28	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-1	1,22*	-1,22	0,28	-0,28	1,29*	-1,29	0,30	-0,30
29	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-2	0,83*	-0,83	0,17	-0,17	0,61	-0,61	0,24	-0,24
30	P43Cameroon-177-1-1-2-1-6-1	0,25	-0,25	-0,03	0,03	0,41	-0,41	-0,52	0,52
Error estándar		0,41		0,31		0,49		0,45	

**Cuadro 6.** Medias de rendimiento en t/ha de cruzas por probador y localidad.

Probador	Tlaltizapán	Tlajomulco	Celaya	Pabellón
CML-320 g.h. "A"	6,46	4,06	11,32	8,72
CML-321 g.h. "B"	7,80	3,38	11,03	9,16
Diferencia	1,34	0,68	0,29	0,44

"B". Estos resultados corroboran lo expuesto por Han *et al.* (1991); Vasal y Srinivasan (1991) de que es posible derivar líneas y formar híbridos intra poblacionales de las poblaciones y pools del CIMMYT, que por su constitución genética poseen una amplia base genética.

### Cruzas simples sobresalientes

En el análisis combinado a través de ambientes, de las 60 cruzas línea x probador, nueve cruzas simples superaron en rendimiento de grano al testigo comercial A7520. El

mayor rendimiento lo presentó la entrada 48 con 9,48 t/ha, es decir 15,6% m·s que el testigo (Cuadro 8).

Es importante señalar que los rendimientos en cada localidad fueron diferentes, debido principalmente al ambiente, presencia de enfermedades y manejo de los experimentos de tal forma que el promedio de rendimiento de grano por localidad (Cuadro 9) fue de 7,1, 3,8, 11,1 y 9,0 t/ha, para Tlaltizapán, Tlajomulco, Celaya y Pabellón, respectivamente. El rendimiento de grano varió desde 15,48 t/ha, que produjo la entrada 48 en la localidad de Celaya,

**Cuadro 7.** Significancia de la ACE del análisis combinado de rendimiento.

Línea	Genealogía	ACE	
		CML 320	CML 321
1	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-1	-0,59	0,59*
2	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-2	-0,25	0,25
3	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-3	-0,23	0,23
4	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-1	-0,02	0,02
5	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-3	-1,01	1,01*
6	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-1	-0,10	0,10
7	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-3	-0,43	0,43*
8	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-1	-0,28	0,28
9	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-2	0,15	-0,15
10	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-3	-0,18	0,18
11	P43Cameroon-4-1-2-1-1-4-3	0,45*	-0,45
12	P43Cameroon-59-1-2-4-1-5-1	-0,01	0,01
13	P43Cameroon-68-2-1-1-2-2-3	-0,39	0,39
14	P43Cameroon-86-1-1-1-1-1-1	0,29	-0,29
15	P43Cameroon-86-1-1-1-1-2-3	0,39	-0,39
16	P43Cameroon-86-1-1-1-1-5-3	0,82*	-0,82
17	P43Cameroon-111-2-1-2-1-3-1	-0,49	0,49*
18	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1	-0,46	0,46*
19	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-2	-0,48	0,48*
20	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-3	-0,36	0,36
21	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3	0,01	-0,01
22	P43Cameroon-177-1-1-1-1-3-1	0,42*	-0,42
23	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-1	0,03	-0,03
24	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-2	0,09	-0,09
25	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-3	0,84*	-0,84
26	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-2	0,22	-0,22
27	P43Cameroon-177-1-1-2-1-3-3	0,26	-0,26
28	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-1	0,77*	-0,77
29	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-2	0,46*	-0,46
30	P43Cameroon-177-1-1-2-1-6-1	0,03	-0,03
Error estándar		0,21	

donde se empleó una densidad de población de 80,000 plantas por ha, hasta 2,4 t/ha, que produjo la entrada 46 en la localidad de Tlajomulco, donde el cultivo tuvo un exceso de agua por inundación y la condición de humedad que prevaleció fue de temporal.

### Líneas con buena aptitud combinatoria general

Con respecto al comportamiento de combinación de las 30 líneas con los dos probadores, 17 presentaron una ACG positiva pero no significativa, no obstante, se considera que seis líneas (Cuadro 10) poseen buena capacidad de combinación por presentar valores altos de ACG y buen rendimiento con los dos probadores. Por lo que estas líneas

pueden usarse efectivamente en los proyectos de hibridación de los programas nacionales o en compañías privadas. El rango de efectos de ACG varió entre el valor más alto de 1,18 y el menor de -2,19.

### Formación de sintéticos

La integración de los sintéticos de cada grupo heterótico se hizo seleccionando las líneas con base a su promedio de rendimiento dentro de cada patrón heterótico y que presentaran valor positivo en los efectos para ACG, también se incluyeron líneas con buena ACG, que presentaron con su probador correspondiente valores bajos y positivos en ACE. De tal forma que para cada sintético se seleccionaron siete líneas, las cuales se presentan en el Cuadro 11.

**Cuadro 8.** Cruzas simples sobresalientes por rendimiento a través de localidades.

Orden	Entrada	Genealogía	Rend. (t/ha)	Floración masculina	Altura planta	% testigo	Patrón heterótico
1	48	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1 x CML-321	9,48	76	264	115,6	A*
2	49	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-2 x CML-321	8,94	77	261	109,0	A*
3	51	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3 x CML-321	8,68	78	259	105,9	ACG
4	50	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-3 x CML-321	8,65	77	262	105,5	A
5	21	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3 x CML-320	8,50	75	252	103,7	ACG
6	25	P43Cameroon-177-1-1-1-1-6-3 x CML-320	8,49	73	247	103,5	B*
7	37	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-3 x CML-321	8,48	75	244	103,4	A*
8	33	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-3 x CML-321	8,45	74	252	103,1	A
9	35	P43Cameroon-4-1-1-1-1-3-3 x CML-321	8,45	74	243	103,1	A*
10	16	P43Cameroon-86-1-1-1-1-5-3 x CML-320	8,39	76	238	102,3	B*
11	40	P43Cameroon-4-1-2-1-1-1-3 x CML-321	8,37	74	235	102,1	A
12	18	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1 x CML-320	8,36	75	2,42	102,0	A*
13	36	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-1 x CML-321	8,34	74	243	101,7	ACG
14	28	P43Cameroon-177-1-1-2-1-5-1 x CML-320	8,33	73	247	101,6	B*
15	32	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-2 x CML-321	8,29	74	253	101,1	A
16	31	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-1 x CML-321	8,27	75	241	100,8	A*
17	47	P43Cameroon-111-2-1-2-1-3-1 x CML-321	8,20	76	246	100,0	A*
18	62	Asgrow A7520	8,20	71	238	100,0	

**Cuadro 9.** Medias de rendimiento y coeficiente de variación por localidad.

	Tlaltizapán	Tlajomulco	Celaya	Pabellón
Media de rendimiento	7,10	3,82	11,11	9,00
Coefficiente de variación	11,60	16,30	8,90	10,10

**Cuadro 10.** Líneas con buena aptitud combinatoria general.

Orden	Línea	Genealogía	Rendimiento Promedio t/ha	ACG
1	18	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-1	8,92	1,18
2	21	P43Cameroon-139-1-2-3-2-3-3	8,59	0,85
3	19	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-2	8,35	0,62
4	20	P43Cameroon-139-1-2-2-1-4-3	8,19	0,45
5	6	P43Cameroon-4-1-1-2-1-3-1	8,14	0,40
6	3	P43Cameroon-4-1-1-1-1-1-3	8,13	0,38
Error estándar = 0,63				

**Cuadro 11.** Líneas seleccionadas por patrón heterótico para formación de sintéticos.

Patrón heterótico "A"							
Orden	Línea	Genealogía	CML-321 Rend. t/ha	ACE	ACG	Floración masculina	Altura planta
1	3	P43 Cameroon-4-1-1-1-1-1-3	8,45	0,23	0,38	73	236
2	6	P43 Cameroon-4-1-1-2-1-3-1	8,34	0,10	0,40	74	233
3	7	P43 Cameroon-4-1-1-2-1-3-3	8,48	0,43*	0,21	74	232
4	10	P43 Cameroon-4-1-2-1-1-1-3	8,37	0,18	0,35	73	227
5	18	P43 Cameroon-139-1-2-2-1-4-1	9,48	0,46*	1,18	76	253
6	19	P43 Cameroon-139-1-2-2-1-4-2	8,94	0,48*	0,62	76	244
7	20	P43 Cameroon-139-1-2-2-1-4-3	8,65	0,36	0,45	76	251
Patrón heterótico "B"							
Orden	Línea	Genealogía	CML-321 Rend. t/ha	ACE	ACG	Floración masculina	Altura planta
1	16	P43 Cameroon-86-1-1-1-1-5-3	8,39	0,82*	-0,07	73	236
2	21	P43 Cameroon-139-1-2-3-2-3-3	8,50	0,01	0,85	74	233
3	22	P43 Cameroon-177-1-1-1-1-3-1	8,15	0,42*	0,09	74	232
4	25	P43 Cameroon-177-1-1-1-1-6-3	8,49	0,84*	0,00	73	227
5	26	P43 Cameroon-177-1-1-2-1-3-2	8,19	0,22	0,32	76	253
6	27	P43 Cameroon-177-1-1-2-1-3-3	8,19	0,26	0,29	76	244
7	28	P43 Cameroon-177-1-1-2-1-5-1	8,65	0,36	0,45	76	251

**LITERATURA CITADA**

- BECK, D. L; VASAL, S. K; CROSSA, J. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYTs tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* K.) germplasm. *Maydica* 35(3):279-285.
- BECK, D. L; VASAL, S. K; CROSSA, J. 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 31: 68-73.
- CROSSA, J; VASAL, S. K; BECK, D. L. 1990. Combining ability study in diallel crosses of CIMMYTs tropical late yellow maize germplasm. *Maydica* 35(5):273-278.
- EYHERABIDE, C. H; HALLAUER, A. R. 1991. Reciprocal full-sib recurrent selection in maize: II Contribution of additive, dominance and genetic drift effects. *Crop Sci.* 31:1442-1448.
- HALLAUER, A. R. 1990. Methods using in developing maize inbreds. *Maydica* 35:1-16.
- HALLAUER, A. R; MIRANDA Fco, J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, 468p.
- HALLAUER, A. R; RUSSELL, W. A; LAMKEY, K. R. 1988. Corn breeding, p.453-564. *In: Corn and corn improvement*, 3rd. edición, G.F. Sprague y J.W. Dudley (eds.). Agron. Monogr: No. 18 ASSA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
- HAN, G. C; VASAL, S. K; BECK, D. L; ELIAS, E. 1991. Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Maydica* 36:57-64.
- VASAL, S. K; BECK, D. L; CROSSA, J. 1987. Studies on the combining ability of CIMMYT maize germplasm. CIMMYT Research Highlights. CIMMYT, El Batán, México.
- VASAL, S. K; SRINIVASAN, G. 1991. Performance of intra and interpopulation interline maize hybrids. *Agronomy Abstracts*, p119. Paper presented at the ASA-CSSA- SSSA 1991 Annual Meetings, 27 Oct.-1 Nov., Denver, CO, USA.
- VASAL, S. K; SRINIVASAN, G; CROSSA, J.; BECK, D. L. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYTs subtropical and temperate early-maturity maize germ-plasm. *Crop Science* 32: 884-890.
- VASAL, S. K.; SRINIVASAN, G; GONZALEZ, F.; HAN, G. C.; PANDEY, S.; BECK, D.L. 1992b. Heterosis and combining ability of CIMMYTs tropical x subtropical maize germplasm. *Crop Science* 32:1483-1489.
- VASAL, S. K; SRINIVASAN, G; HAN, G. C; GONZALEZ, F. 1992c. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:319-327.
- VASAL, S. K; SRINIVASAN, G; PANDEY, S; CORDOVA, H. S.; HAN, G. C; GONZALEZ, F. 1992d. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:259-270.