

EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE MAÍZ FLINT COLORADO POR APTITUD COMBINATORIA¹

GRACIELA NESTARES², EDITH FRUTOS³ y GUILLERMO EYHÉRABIDE⁴

RESUMEN - En las especies que exhiben heterosis, el conocimiento de la aptitud combinatoria del germoplasma en cruzamientos con probadores genéticamente divergentes permite su clasificación según grupos heteróticos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar 48 líneas de maíz (*Zea mays*) flint colorado en base a su comportamiento en cruzamientos de prueba con los probadores dentados sB73 y sMo17 del patrón heterótico Reid x Lancaster y con los probadores flint HP3 y P5L2 del patrón heterótico local HP3 x P5L2 en cuatro ambientes durante la campaña 1991/92. Se realizaron los análisis de variancia por ambiente y en forma combinada a través de ambientes para: rendimiento en grano, altura de inserción de espiga, días a floración masculina, número de hileras de grano, largo y diámetro de espiga, peso de 300 granos y peso hectolítrico. Se estimaron los coeficientes de correlación de Spearman para el rendimiento de los cruzamientos de prueba con cada probador. Las interacciones línea por probador fueron altamente significativas para la mayoría de las variables y no hubo correlación entre el ordenamiento de mérito de las líneas basado en su comportamiento en cruzamientos de prueba. Ello refleja la importancia de efectos génicos no aditivos y la capacidad discriminadora de estos probadores en cruzamientos con las líneas evaluadas.

Términos para índice: *Zea mays*, probadores, cruzamientos de prueba.

COMBINING ABILITY EVALUATION IN ORANGE FLINT LINES OF MAIZE

ABSTRACT - In species that show heterosis, information about combining ability with genetically divergent testers is useful to classify the germplasm in heterotic groups. The objective of this study was to evaluate 48 orange flint maize (*Zea mays*) lines for their combining ability with the testers: sB73 and sMo17 from the Reid x Lancaster pattern and with the flint testers HP3 and P5L2 from the local orange flint pattern during the 1991/92 season at four environments. Analyses of variance were computed for each environment separately and combined across environments for: seed yield, ear height, days to 50% silk, number of ear rows, ear length and diameter, 300 kernels weight, and test weight. Spearman correlation coefficients for grain yield of testcrosses with each tester were computed. Line x tester interactions were highly significant for the majority of the traits and there was no correlation between the merit order of lines based on testcrosses performance. These results suggest the importance of non-additive effects and the ability of the testers to rank the lines.

Index terms: *Zea mays*, testers, testcrosses.

INTRODUCCIÓN

La organización del material genético en programas orientados al desarrollo de germoplasma básico, poblaciones y líneas, es de suma importancia. La información sobre grupos de materiales que exhiben una consistente respuesta heterótica en sus cruzamientos permite asignar mejor los recursos y concentrar esfuerzos en combinaciones híbridas con mayor probabilidad de resultar promisorias (Ordás,

¹ Aceptado para publicación en 6 de octubre de 1998.

Parte de la Tesis de Maestría del primer autor presentada en el Curso de Postgrado en Mejoramiento Genético Vegetal, INTA-UNR.

² Ing. Agr., Cátedra de Genética, Fac. de Cs. Agrarias, UNR, C.C. N° 14, 2123 Zavalla, Argentina. E-mail: gnestare@fcagr.unr.edu.ar

³ Estadístico, EEA INTA Pergamino, C.C. N° 31, 2700 Pergamino, Argentina.

⁴ Ing. Agr., Ph.D., EEA INTA Pergamino.

1991). El conocimiento de la constitución del germoplasma y la comprensión de las relaciones entre las líneas contribuyen al progreso genético (Smith & Smith, 1987). La información sobre aptitud combinatoria y patrones heteróticos de compuestos de base amplia, poblaciones de cría y líneas es esencial para maximizar su uso en el desarrollo de híbridos (Beck et al., 1991).

No obstante su gran importancia en el mejoramiento de maíz, los patrones heteróticos no fueron establecidos en forma sistemática, sino empíricamente relacionando la heterosis observada en cruzamientos con el origen de los progenitores. En el maíz ha sido comprobada (dentro de cierto rango de frecuencias génicas) la relación positiva y lineal entre heterosis y divergencia genética entre los progenitores de híbridos (Moll et al., 1965). El comportamiento de cruzamientos de prueba depende de la habilidad combinatoria general asociada a efectos aditivos y de la habilidad combinatoria específica que depende de diferencias en frecuencias génicas para alelos con dominancia parcial a completa entre el material probado y los probadores. Cuando se utilizan probadores divergentes en la evaluación de líneas estas diferencias pueden reflejarse en la existencia de interacciones línea por probador. Con respecto a la interacción línea por probador, Vencovsky & Barriga (1992) señalan que ésta es indicadora de la existencia de efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas con los probadores y que ponen en evidencia la presencia de dominancia y/o efectos epistáticos que involucran dominancia en el control del carácter en cuestión. Por lo tanto el comportamiento de los cruzamientos con probadores divergentes puede servir de criterio de clasificación del material en distintos grupos de heterosis.

El objetivo del presente trabajo es evaluar un conjunto de líneas de maíz flint colorado en base a su comportamiento en cruzamientos de prueba con un grupo de probadores divergentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron los cruzamientos de prueba de 48 líneas de maíz con los probadores HP3, P5L2, sB73 y sMo17. Los probadores sB73 y sMo17 son sintéticas que

representan al patrón heterótico dentado norteamericano Reid x Lancaster, mientras que HP3 y P5L2 son dos probadores flint colorados resultantes de un programa de selección recurrente recíproca conducido en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Pergamino, Argentina. Las líneas evaluadas son tipo flint colorado y fueron desarrolladas en la EEA INTA Pergamino, con excepción de las líneas norteamericanas dentadas B73 y B87 (Cuadro 1).

Los cruzamientos de prueba de las líneas se realizaron durante la campaña 1990/91 en la EEA INTA Pergamino. Para ello las líneas y probadores se sembraron en condiciones de aislamiento. Previamente a la floración las líneas fueron despanojadas, de modo de ser polinizadas por los probadores. Los 192 cruzamientos resultantes se evaluaron en cuatro ensayos conducidos durante la campaña 1991/92 en las localidades de Arrecifes, Colón y Pergamino (Argentina), en ésta última en dos fechas de siembra (1/10 y 12/11). En lo sucesivo se denominarán los ensayos como ambientes Pergamino primera época de siembra (siembra 1/10), Pergamino segunda época de siembra (siembra 12/11), Arrecifes y Colón. En el ambiente Pergamino primera época de siembra se evaluaron los cruzamientos de prueba de las 48 líneas con los 4 probadores. Debido a la insuficiente en la cantidad de semilla los cruzamientos de prueba de algunas líneas fueron excluidos de la evaluación en algunos ambientes (LP113 en Pergamino segunda época de siembra, Arrecifes y Colón; LP152 y B73 en Arrecifes y Colón). Los caracteres evaluados fueron: (1) rendimiento de grano (kg/ha); (2) altura de inserción de espiga (cm); (3) ciclo desde siembra hasta floración masculina (días); (4) peso de 300

CUADRO 1. Líneas de maíz asignadas a cada grupo. Pergamino primera época de siembra, Pergamino segunda época de siembra, Arrecifes y Colón, Argentina, 1991/92.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
687	LP22	LP68	LP125	P1338
Ax258 ¹	LP662	LP34	LP98	B73
LP152	LP1	LP45	LP113	LP521
ZN6	LP7	LP56	LP117	LP146
LP138	LP140	LP44	LP110	B87
LP123	LP19	LP62	LP122	LP25
LP147	LP33	LP87	LP131	LP134
LP13	LP199	LP38	LP103	LP109
LP153	LP32	LP86	LP128	LP136
LP70	196	LP41	LP108	Ax258 ¹

¹ Materiales excluidos para los análisis estadísticos.

semillas (g); (5) número de hileras de grano; (6) diámetro de espiga (cm); (7) largo de espiga (cm); (8) peso hectolítrico (kg/hL). La variable (1) fue evaluada en todos los ambientes, las variables (2) y (3) en los ambientes Pergamino primera época de siembra y Pergamino segunda época de siembra y las restantes variables solo se evaluaron en el Pergamino primera época de siembra.

El rendimiento de grano se expresó al 15% de humedad. La altura de inserción de espiga se midió sobre cinco plantas tomadas al azar y en competencia completa por parcela y repetición. El ciclo hasta floración masculina se expresó en días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas en competencia completa de la parcela estuvieran liberando polen. Para la determinación de las variables (4) a (8) se tomó de cada parcela y repetición una muestra al azar de 10 espigas. El peso hectolítrico se determinó a partir de una muestra de 500 gramos de semilla limpia y homogeneizada proveniente de las 10 espigas tomadas al azar de cada parcela y repetición. A partir de la misma muestra se realizó el recuento de 300 semillas y se determinó su peso.

El diseño estadístico utilizado fue de bloques incompletos. Dado que fue necesario evaluar un gran número de cruzamientos entre líneas y probadores se agruparon las combinaciones de tratamientos en grupos con repeticiones dentro del grupo, según el procedimiento propuesto por Comstock & Robinson (1948). En el caso de este experimento cada grupo incluyó dos repeticiones de los cruzamientos de prueba de diez líneas por cada uno de los cuatro probadores. Los 40 tratamientos de cada grupo se dispusieron en parcelas divididas donde la parcela mayor incluyó los cuatro cruzamientos de prueba de una misma línea y la parcela menor consistió en cada cruzamiento de prueba. Las líneas fueron asignadas al azar a cada grupo (Cuadro 1). La parcela menor consistió de un surco de 5 metros de largo, distanciado de los surcos vecinos a 0,7 metros (3,5 metros cuadrados).

Se realizaron los análisis de variancia por ambiente y en forma combinada para los cuatro ambientes. Este último se realizó para igual número de líneas en cada grupo resultando un modelo balanceado. En todos los modelos se consideraron línea y probador como factores fijos y grupo, repetición y ambiente como factores aleatorios.

A fin de remover el efecto de los grupos para hacer comparables las medias de cruzamientos de líneas asignadas a diferentes grupos, se realizó un análisis de covariancia utilizando como covariable la media del grupo y se estimaron las medias ajustadas para cada cruzamiento de prueba. Con el fin de comparar el ordenamiento de las líneas según su rendimiento ajustado por la media del grupo en combinación con cada uno de

los cuatro probadores a través de ambientes y en el ambiente de mayor rendimiento (Pergamino primera época de siembra), se estimaron los coeficientes de correlación de Spearman. Se calculó la contribución proporcional de líneas, probadores y de su interacción a la suma de cuadrados de cruzamientos de prueba para las variables analizadas de acuerdo al procedimiento propuesto por Singh & Chaudhary (1977). Todos los análisis estadísticos se realizaron por medio del programa estadístico del SAS Institute (1982, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los análisis de variancia para rendimiento en el ambiente de mayor rendimiento medio (Pergamino primera época de siembra) y a través de ambientes. Las significancias estadísticas observadas para el efecto de probador indica que los probadores difieren en su habilidad combinatoria general (ACG).

CUADRO 2. Análisis de variancia para la variable rendimiento (kg/ha). Pergamino primera época de siembra, 1991/92.

Fuente de variación	G.L.	C.M.
Grupo	4	9378041,840
Rep/grupo	5	2781628,900
Lin/grupo	43	3469177,888 ^{ns}
Lin./grupo 1	8	1293055,031 ^{ns}
Lin./grupo 2	9	5729656,117*
Lin./grupo 3	9	5932065,234*
Lin./grupo 4	9	1803461,056 ^{ns}
Lin./grupo 5	8	2205445,920 ^{ns}
E (a)	43	2222340,920
Probador	3	15848990,420**
Prob.x grupo	12	1750476,980
Lin.xprob./grupo	129	1907876,762**
Lin.x prob./grupo 1	24	1591806,156**
Lin.x prob./grupo 2	27	2681480,102**
Lin.x prob./grupo 3	27	1119025,152*
Lin.x prob./grupo 4	27	940801,178 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 5	24	3329061,702**
E (b)	144	718308,569
Media		8615,523
C.V. (a) (%)		17,303
C.V. (b) (%)		9,837

* y ** Significativo al nivel de 5% y 1% de probabilidad respectivamente.
^{ns} No significativo.

CUADRO 3. Análisis de variancia para las variables rendimiento, altura de inserción de espiga (cm) y días a floración masculina (DAF) (días). Combinado a través de ambientes, 1991/92.

Fuente de variación	Rendimiento		Altura		DAF
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	C.M.
Ambiente	3	739683324,300	1	33201,740	54479,400
Grupo	4	9136363,557	4	474,277	46,510
Ambiente x grupo	12	5979160,128	4	282,360	22,277
Rep(amb.x grupo)	20	2905903,871	10	260,269	9,618
Lin./grupo	35	3926154,37 ^{ns}	40	535,310 ^{**}	18,885 ^{**}
Lin./grupo 1	7	2607541,881 ^{ns}	8	603,255 ^{**}	26,188 ^{**}
Lin./grupo 2	7	8950263,948 ^{**}	8	386,671 ^{ns}	34,781 ^{**}
Lin./grupo 3	7	1810853,878 ^{ns}	8	548,636 ^{**}	11,017 ^{**}
Lin./grupo 4	7	1941731,737 ^{ns}	8	495,133 ^{**}	8,625 ^{**}
Lin./grupo 5	7	4320380,428 ^{ns}	8	642,853 ^{**}	13,812 ^{ns}
Amb.x lin./grupo	105	2697215,012 ^{ns}	40	153,080 ^{ns}	2,532 ^{ns}
Amb.x lin./grupo 1	21	2802722,520 ^{ns}	8	50,461 ^{ns}	1,251 ^{ns}
Amb.x lin./grupo 2	21	2850664,797 ^{ns}	8	231,191 [*]	0,892 ^{ns}
Amb.x lin./grupo 3	21	3520072,292 ^{ns}	8	163,005 ^{ns}	2,391 ^{ns}
Amb.x lin./grupo 4	21	2149938,359 ^{ns}	8	114,437 ^{ns}	1,406 ^{ns}
Amb.x lin./grupo 5	21	2162677,096 ^{ns}	8	206,308 ^{ns}	6,718 ^{**}
E (a)	140	2247340,833	80	110,504	2,439
Prob	3	17396124,87 [*]	3	2683,260 ^{**}	69,196 ^{**}
Prob.x grupo	12	1081854,181 ^{ns}	12	137,791 ^{**}	3,536 ^{**}
Lin.x prob./grupo	105	2050815,072 ^{**}	120	136,204 ^{**}	2,134 ^{**}
Lin.x prob./grupo 1	21	2469213,862 ^{**}	24	166,665 ^{ns}	1,892 [*]
Lin.x prob./grupo 2	21	2226273,068 ^{**}	24	41,820 ^{ns}	1,982 [*]
Lin.x prob./grupo 3	21	1457580,093 ^{ns}	24	79,813 [*]	1,422 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 4	21	978168,608 ^{ns}	24	190,340 ^{**}	1,668 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 5	21	3122839,732 ^{**}	24	202,384 ^{**}	3,705 ^{**}
Amb.x prob.	9	4191308,615 ^{**}	3	120,516 ^{**}	0,703 ^{ns}
Amb.x grupo x prob.	36	915898,374 ^{ns}	12	19,162 ^{ns}	0,708 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo	315	1083800,934 ^{ns}	120	54,290 ^{ns}	1,081 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo 1	63	865210,875 ^{ns}	24	122,077 ^{**}	0,487 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo 2	63	1525567,769 ^{ns}	24	48,661 ^{ns}	1,028 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo 3	63	836015,792 ^{ns}	24	23,764 ^{ns}	1,366 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo 4	63	1083804,629 ^{ns}	24	42,353 ^{ns}	1,070 ^{ns}
Amb.x lin.x prob./grupo 5	63	1108405,605 ^{ns}	24	34,595 ^{ns}	1,454 ^{ns}
E (b)	480	1258619,400	270	45,475	1,122
Media		6428,165		116,990	78,690
C.V. (a) (%)		23,32		8,985	1,985
C.V. (b) (%)		17,453		5,764	1,346

* y ** Significativo al nivel de 5% y 1% de probabilidad respectivamente.
^{ns} No significativo.

Las interacciones significativas de línea por probador observadas en Pergamino primera época de siembra y en el análisis combinado (Cuadros 2 y 3) reflejan la existencia de diferencias para los efectos de ACE de los cruzamientos, debida a efectos gené-

uticos no aditivos conforme señalan Vasal et al. (1992a, 1992b) y Vencovsky & Barriga (1992). En el presente estudio los efectos no aditivos expresados en los cruzamientos resultaron importantes. Esto se refleja además en la contribución proporcional de las

distintas fuentes de variación a la suma de cuadrados de cruzamientos de prueba. La interacción línea por probador presenta la mayor contribución proporcional a la suma de cuadrados de cruzamientos para la variable rendimiento. Las interacciones significativas de línea por probador y la magnitud de la contribución proporcional de las mismas a la suma de cuadrados de cruzamientos de prueba indicarían que los probadores utilizados son aptos para discriminar entre los materiales evaluados.

Los cruzamientos de prueba de sB73 a través de grupos fueron los de mayor rendimiento en Pergamino primera época de siembra y a través de ambientes (Cuadro 4), seguidos en varios grupos por los cruzamientos de sMo17. En general, las medias de los cruzamientos de probadores dentados superaron significativamente a las de los probadores del patrón flint local. Este comportamiento es explicable por la circunstancia de que la mayoría de las líneas evaluadas son de tipo flint colorado desarrolladas localmente, y por lo tanto tendrían mayor divergencia genética con los probadores dentados norteamericanos que con los flint locales. Estos resultados coinciden con los de Godshalk & Kauffmann (1995) quienes evaluaron líneas de los grupos ETO, Tuxpeño y flint Argentinas en

cruzamientos de prueba con cuatro probadores (las líneas B37, B73, OH43 y Mo17). Estos investigadores observaron que los mejores rendimientos de las líneas flint Argentinas se obtuvieron en cruzamientos de prueba con B73 y concluyeron que estas líneas presentan potencial para mejorar el germoplasma templado del tipo Lancaster.

Cuando el objetivo es detectar grupos de líneas similares en cuanto a su respuesta heterótica se requiere que los probadores utilizados, además de representar a diferentes patrones heteróticos, otorguen méritos diferentes al germoplasma evaluado en función de sus diferencias en frecuencias génicas. Si bien la prueba de Spearman (Cuadro 5) detectó correlaciones significativas entre sB73 y sMo17 en Pergamino primera época de siembra y entre HP3 y sB73 en el análisis combinado, la magnitud de los coeficientes (0,39 y 0,42 respectivamente) fue reducida y no alcanza a tener valor predictivo. Las bajas correlaciones o la ausencia de éstas en la prueba de Spearman en Pergamino primera época de siembra y a través de ambientes reflejan la capacidad diferencial de los probadores para calificar las líneas. Esto es coherente con las significancia de las interacciones línea por probador detectadas en los análisis de variancia.

CUADRO 4. Medias de rendimiento (kg/ha) de los cruzamientos de prueba a través de probador en los grupos 1 al 5 de Pergamino primera época de siembra y en forma combinada a través de ambientes, 1991/92.

Grupo	HP3	P5L2	sB73	SMo17	DMS $\alpha=0,05$
Pergamino primera época de siembra					
Grupo 1	8734	8533	9704	9492	617
Grupo 2	8096	8646	8794	8195	572
Grupo 3	7898	7827	9043	8364	594
Grupo 4	8113	7914	8894	8819	390
Grupo 5	8836	8316	9042	9361	612
Media G1-G5	8335	8247	9095	8846	-
Combinado a través de ambientes					
Grupo 1	6697	6636	6859	7063	377
Grupo 2	6216	6212	6390	6380	391
Grupo 3	6215	5963	6645	6241	399
Grupo 4	6416	6124	6687	6607	422
Grupo 5	6411	5936	6553	6581	382
Media G1-G5	6391	6174	6627	6574	-

CUADRO 5. Prueba de correlación de Spearman para la variable rendimiento (kg/ha). Pergamino primera época de siembra por encima de la diagonal; análisis combinado por debajo de la diagonal, 1991/92.

Rendimiento	HP3	P5L2	sB73	sMo17
HP3	-	0,15 ^{ns}	-0,001 ^{ns}	0,19 ^{ns}
P5L2	0,20 ^{ns}	-	0,18 ^{ns}	0,13 ^{ns}
sB73	0,42 ^{**}	0,07 ^{ns}	-	0,39 ^{**}
sMo17	0,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,003 ^{ns}	-

* y ** Significativo al nivel de 5% y 1% de probabilidad respectivamente.
^{ns} No significativo.

En el análisis de variancia combinado para rendimiento (Cuadro 3) se puede observar que la interacción genotipo por ambiente en general no revistió importancia ya que de los componentes de dicha interacción sólo fue significativo el correspondiente a probador por ambiente.

Los caracteres altura de inserción de espiga y días a floración presentaron efectos de línea y de probador altamente significativos en los dos ambientes evaluados y en el análisis combinado (Cuadro 6). Esto indicaría que existen diferencias de ACG entre líneas y entre probadores. La significancia de las interacciones línea por probador detectadas para estos dos caracteres sugieren la

CUADRO 6. Análisis de variancia para las variables altura de inserción de espiga (cm) y días a floración masculina (DAF). Pergamino primera época de siembra (PI) y Pergamino segunda época de siembra (PII), 1991/92.

Fuente de variación	G.L.	C.M.			
		PI		PII	
		Altura	DAF	Altura	DAF
Grupo	4	751,207	35,370	56,717	30,255
Rep./grupo	5	352,996	3,040	236,894	16,972
Lin./grupo	42	398,862 ^{**}	13,039 ^{**}	335,381 ^{**}	8,241 ^{**}
Lin./grupo 1	8	402,518 [*]	16,656 ^{**}	251,197 ^{**}	10,783 ^{**}
Lin./grupo 2	9	339,384 [*]	17,227 ^{**}	473,204 ^{**}	14,956 ^{**}
Lin./grupo 3	9	226,724 ^{ns}	4,605 [*]	418,485 ^{**}	8,056 ^{**}
Lin./grupo 4	8	459,413 ^{**}	9,244 ^{**}	244,895 ^{**}	4,531 ^{ns}
Lin./grupo 5	8	587,656 ^{**}	18,468 ^{**}	261,506 ^{**}	2,063 ^{ns}
E (a)	42	142,066	2,166	70,257	2,672
Prob.	3	1552,846 ^{**}	31,770 ^{**}	1466,800 ^{**}	34,593 ^{**}
Prob.x grupo	12	61,746	2,037	79,055	2,423
Lin.x prob./grupo	126	112,781 ^{**}	1,346 ^{ns}	87,663 ^{**}	2,035 ^{**}
Lin.x prob./grupo 1	24	206,060 ^{**}	1,317 ^{ns}	82,682 ^{**}	1,062 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 2	27	79,807 [*]	1,024 ^{ns}	72,473 [*]	2,560 ^{**}
Lin.x prob./grupo 3	27	62,657 ^{ns}	1,536 ^{ns}	55,394 ^{ns}	1,549 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 4	24	111,670 ^{**}	1,266 ^{ns}	110,620 ^{**}	1,452 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 5	24	114,235 ^{**}	1,612 ^{ns}	123,077 ^{**}	3,548 ^{**}
E (b)	141	50,615	0,875	39,937	1,087
Media		124,025	87,424	109,818	70,034
C.V. (a) (%)		9,610	1,683	7,632	2,334
C.V. (b) (%)		5,736	1,069	5,754	1,489
Contribución lin. (%)		47,20	67,60	47,70	49,00
Contribución prob. (%)		12,80	11,50	14,90	14,70
Contribución lin.x prob. (%)		40,00	20,90	37,40	36,30

* y ** Significativo al nivel de 5% y 1% de probabilidad respectivamente.
^{ns} No significativo.

existencia de diferencias entre los efectos de ACE de los cruzamientos. Similares resultados fueron encontrados por Vasal et al. (1992a, 1992b) para éstos dos caracteres evaluando líneas tropicales y subtropicales en cruzamientos de prueba. Si se observan las contribuciones porcentuales de las líneas, los probadores y sus interacciones a la suma de cuadrados de cruzamientos de prueba se deduce que en general para ambos caracteres la mayor contribución corresponde a las líneas, seguida por la contribución de la interacción línea por probador. La interacción genotipo por ambiente, al igual que para rendimiento fue de poca relevancia ya que resultó significativa únicamente para los componentes probador por ambiente en el carácter altura, línea

por ambiente en un solo grupo para ambos caracteres y línea por probador por ambiente en un grupo para el carácter altura de inserción de espiga.

En los análisis realizados para peso de 300 granos, número de hileras de grano, largo de espiga, diámetro de espiga y peso hectolítrico (Cuadro 7) se detectó que los probadores interactúan con las líneas en forma significativa lo que demuestra, al igual que para la variable rendimiento, su capacidad de discriminar entre los materiales evaluados. Las significancias observadas de los efectos de probador y de línea indicarían que existen diferencias de ACG para líneas y probadores. Para todas éstas variables la contribución proporcional de líneas es mayor que las contribuciones de probador y de la interacción.

CUADRO 7. Análisis de variancia para las variables peso de 300 granos (P300) (g), número de hileras de grano (HIL), largo de espiga (LAR) (cm), diámetro de espiga (DIAM) (cm) y peso hectolítrico (PHEC) (kg/hL). Pergamino primera época de siembra, 1991/92.

Fuente de variación	G.L.	C.M.				
		P300	HIL	LAR	DIAM	PHEC
Grupo	4	714,385	7,705	10,370	0,635	29,932
Rep./grupo	5	58,792	0,300	1,974	0,054	1,720
Lin./grupo	43	305,775**	7,552**	6,974**	0,290**	6,956**
Lin./grupo 1	8	287,687**	8,267**	7,290**	0,396**	6,957**
Lin./grupo 2	9	299,393**	5,000**	3,407**	0,206**	7,642**
Lin./grupo 3	9	192,464**	3,530**	11,104**	0,324**	5,344*
Lin./grupo 4	9	375,042**	6,930**	6,764**	0,214**	3,003 ^{ns}
Lin./grupo 5	8	380,593**	14,935**	6,263**	0,331**	12,446**
E (a)	43	39,589	0,430	0,866	0,024	2,404
Prob.	3	32,940 ^{ns}	78,853**	26,443**	2,353**	50,546**
Prob.xgrupo	12	39,536	0,635	1,107	0,030	1,436
Lin.xprob./grupo	129	33,074*	0,565**	1,258**	0,028**	1,937**
Lin.x prob./grupo 1	24	42,342*	0,801**	2,222**	0,039**	0,871 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 2	27	35,949*	0,729**	0,882 ^{ns}	0,024*	1,567 ^{ns}
Lin.x prob./grupo 3	27	25,547 ^{ns}	0,313 ^{ns}	0,742 ^{ns}	0,027**	2,306**
Lin.x prob./grupo 4	27	15,894 ^{ns}	0,422*	0,821 ^{ns}	0,016 ^{ns}	3,630**
Lin.x prob./grupo 5	24	48,369**	0,589**	1,790**	0,037**	1,099 ^{ns}
E (b)	144	22,683	0,257	0,618	0,013	1,093
Media		91,124	14,235	17,185	4,597	77,940
C.V. (a) (%)		6,904	4,606	5,415	3,370	1,989
C.V. (b) (%)		5,226	3,561	4,574	2,480	1,341
Contribución lin. (%)		75,00	51,20	55,40	53,85	42,70
Contribución prob. (%)		0,56	37,30	14,60	30,40	21,60
Contribución lin.x prob. (%)		24,44	11,50	30,00	15,75	35,70

* y ** Significativo al nivel de 5% y 1% de probabilidad respectivamente.

^{ns} No significativo.

Para número de hileras de granos y diámetro de espiga le sigue en magnitud la contribución de probadores, mientras que para el resto de las variables es la interacción línea por probador la que sigue en cuanto a la contribución proporcional. Si bien para largo de espiga y peso hectolítrico la contribución de las interacciones línea por probador no superan a la de líneas, su magnitud es relativamente importante.

CONCLUSIONES

1. Se detectaron interacciones línea por probador altamente significativas para la mayoría de las variables evaluadas, lo cual demuestra la capacidad de los probadores para discriminar estos materiales flint.

2. Los probadores presentan capacidad diferencial para discriminar las líneas dado la ausencia de correlaciones significativas de la prueba de Spearman.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Sección Maíz y de la Sección Estadística de la EEA INTA Pergamino por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- BECK, L.D.; VASAL, S.K.; CROSSA, J. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germoplasm. **Crop Science**, Madison, v.31, p.68-73, 1991.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, Raleigh, v.4, p.254-266, 1948.
- GODSHALK, E.B.; KAUFFMANN, K.D. Performance of Exotic x Temperate Single-Cross Maize Hybrids. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1042-1045, 1995.
- MOLL, R.H.; LONQUIST, J.H.; VELEZ FORTUNO, J.; JOHNSON, E.C. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. **Genetics**, v.52, p.139-144, 1965.
- ORDÁS, A. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. **Crop Science**, Madison, v.31, p.931-935, 1991.
- SAS INSTITUTE. **Procedures guide**. Version 6, 3.ed. Cary, NC, 1988. 558p.
- SAS INSTITUTE. **User's guide**: Statistics. Cary, NC, 1982. 584p.
- SINGH, R.K.; CHAUDHARY, B.D. **Biometrical methods in quantitative genetics analysis**. New Delhi, Ludhiana: Kalyani Publishers, 1977. 288p.
- SMITH, J.S.; SMITH, O.S. Associations among inbred lines of maize using electrophoretic, chromatographic and pedigree data. Multivariate and cluster analysis from 'Lancaster Sure Crop' derived lines. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.73, p.654-664, 1987.
- VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G.; HAN, G.C.; GONZALEZ, C.F. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. **Maydica**, Bergamo, v.37, p.319-327, 1992a.
- VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G.; PANDEY, S.; CORDOVA, H.S.; HAN, G.C.; GONZALEZ, C.F. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. **Maydica**, Bergamo, v.37, p.259-270, 1992b.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.