

Incidencia de la introgresión de germoplasma exótico en una población adaptada de maíz (*Zea mays* L.)

De Marchi, V. y C. A. Biasutti

RESUMEN

El éxito en los programas de mejoramiento genético de maíz está sujeto principalmente a la existencia de variabilidad genética en el material de partida o fundacional. La introgresión de germoplasma es uno de los métodos más utilizados para aumentar la variabilidad para características de herencia cuantitativa. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las poblaciones resultantes de la cruce de un material adaptado, con tres poblaciones introducidas que difieren en su adaptación y características agronómicas. A partir de estos materiales se obtuvieron las F1 y F2 de la población adaptada x exótica, y las retrocruzas con el padre adaptado, obteniéndose poblaciones con distinto porcentaje de germoplasma exótico: 100%, 50%, 25% y 0%. Las poblaciones se evaluaron en ensayos en dos ambientes durante los ciclos 1994 y 1995, en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Las retrocruzas manifestaron superioridad sobre las F2. Existió un incremento del comportamiento de los materiales cruzados por el cultivar adaptado con respecto a los materiales exóticos *per se*, por lo que puede indicar que la población adaptada contiene una alta concentración de alelos favorables para las características evaluadas.

Palabras clave: germoplasma exótico, introgresión, evaluación, fecha de siembra, maíz.

De Marchi, V. y C. A. Biasutti, 1999. Exotic germplasm introgression incidence on an adapted maize (*Zea mays* L.) population. Agriscientia XVI : 37-42,

SUMMARY

The success of crop breeding in maize is related to the existence of genetic variability in the foundation population. Introgression of exotic maize germplasm into adapted breeding populations has been proposed as a means for increasing genetic variability of quantitatively inherited traits. The objective of this work was to evaluate the performance of the populations resulting from crosses of adapted x exotic materials, using three populations that differ in their degree of adaptation and in agronomic characteristics. The crosses, F1, F2 and backcrosses (RC) resulted in populations with different percentages of exotic material: 100%, 50%, 25% and 0%. All the populations were evaluated in trials conducted in two environments during 1994/95 at the Campo Escuela of the Facultad de Ciencias Agropecuarias of the U.N.C. The performance of RC was superior to that of the

F2 populations. There was an increase in the performance of the adapted x exotic crosses with respect to exotic *per se* materials, which is an indication of the existence of a higher concentration of favorable alleles for the traits considered in the adapted population.

Key words: exotic germplasm, introgression, evaluation, sowing date, maize.

De Marchi, V. y C. A. Biasutti. Mejoramiento Genético Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, C.C. 509, 5000 Córdoba. Fax: 0351 4334117, e-mail: biasutti@agro.uncor.edu

INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos empleados para aumentar la diversidad genética de cultivares adaptados es la introgresión de germoplasma exótico. La metodología de implementación ha sido materia de varios estudios y no está aún resuelta. Una de las varias dificultades en la introducción del germoplasma exótico en poblaciones adaptadas han sido los bajos valores medios de características agronómicas observados en las poblaciones F2 resultantes (Bridges & Gardner, 1987), debido a la falta de adaptación del material exótico. Estos autores, a través de estudios teóricos de simulación, concluyeron que las poblaciones F2 son superiores a las retrocruzas si el germoplasma adaptado y el no adaptado tienen igual comportamiento, y las retrocruzas son superiores como poblaciones de fundación si la población adaptada posee un comportamiento superior, especialmente para la obtención de mejores cultivares, en un menor tiempo. El ambiente de evaluación ha sido motivo de experimentación dada la influencia del fotoperíodo sobre la expresión de la variabilidad existente en los materiales tropicales y sus cruzas (Castillo-González & Goodman, 1989). Varios autores han efectuado cruzas entre germoplasma adaptado y no adaptado, pero utilizando fuentes de material no adaptado, previamente mejorado y de buenas características agronómicas (Albrecht & Dudley, 1987; Crossa & Gardner, 1987) o bien material exótico seleccionado por adaptación (Michellini & Hallauer, 1993). Pocos estudios han reportado la introducción de germoplasma con características contrastantes de adaptación y han evaluado esa introgresión en ambientes marcadamente diferentes en zonas marginales.

El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de las poblaciones resultantes de la cruce de un material adaptado, con tres poblaciones introducidas que difieren en su adaptación y características agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Las poblaciones utilizadas en este estudio fueron: MPB-FCA 856, (MPB) población de grano colorado duro, obtenida a partir de familias de medios hermanos evaluadas y seleccionadas por su adaptación a la zona centro-norte de la provincia de Córdoba, (Peiretti *et al.*, 1988; Maldonado *et al.*, 1990). AMX, población formada por la cruce de 8 variedades de madurez temprana a intermedia de grano amarillo y adaptación subtropical, introducidas del CIMMYT (Biasutti *et al.*, 1987). CMX, población formada por la cruce de 14 variedades de madurez tardía de grano amarillo y adaptación tropical, introducidas del CIMMYT (Barrandeguy *et al.*, 1987). AND, población introducida, no mejorada, formada por la cruce de poblaciones originarias de las provincias del noroeste Argentino (Biasutti 1990, datos no publicados).

Obtención de poblaciones

A partir de estos materiales se obtuvieron las cruces F1 y F2 (por apareamiento al azar dentro de cada F1), de la población adaptada x exótica, y las retrocruzas (RC) con el padre adaptado. Las cruces se efectuaron mezclando polen de aproximadamente 150 plantas de una población y polinizando los estigmas de 150 plantas de la otra población. De esta manera se obtuvieron poblaciones con distinto porcentaje de germoplasma exótico introducido: 100% exótico: AMX, CMX y AND, 50% exótico: F2 (MPB-FCA 856 x AMX), F2 (MPB-FCA 856 x CMX), F2 (MPB-FCA 856 x AND), 25% exótico: RC (MPB-FCA 856 x AMX) x MPB-FCA 856, RC (MPB-FCA 856 x CMX) x MPB-FCA 856, RC (MPB-FCA 856 x AND) x MPB-FCA 856, 0% exótico: MPB-FCA 856.

Variables evaluadas y diseño experimental

Se incluyeron dos híbridos comerciales como testigos, Dekalb DK 4F37 y Dekalb DK 821 (Testigos 1 y 2, respectivamente). Las poblaciones se dispusieron en bloques completos al azar con 3 repeticiones

en 2 ambientes: siembra temprana (1ra quincena de octubre) y siembra tardía (2da quincena de diciembre) durante los años 1994 y 1995. Los ensayos se sembraron en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, a 25 km de la ciudad de Córdoba, Argentina (31° 29' S; 64° 00' W), comprendido dentro de la Zona Marginal IV para el cultivo del maíz (INTA, 1980). El tamaño de parcela fue de un surco de 7 m de largo, distancia entre golpes de 0,3 m. Se sembraron 2 semillas por golpe en forma manual, raleándose luego a una planta por golpe. La separación entre surcos fue de 0,7 m. Se recolectaron datos sobre 10 plantas elegidas al azar, en competencia perfecta, en cada parcela de cada ensayo, de las siguientes características: 1) Días a 50% de plantas con derrame de polen, 2) Altura de planta hasta la primera ramificación de la panoja, 3) Prolificidad, número de espigas por parcela, 4) Longitud de Espiga, 5) Perímetro de Espiga, 6) Peso de 100 cariopses, 7) Rendimiento, en qq/ha ajustado a 14% de humedad.

Se realizó el análisis de varianza individual para cada experimento y combinado a través de cada

ambiente entre años para cada carácter. Se efectuó un análisis de regresión para cada carácter sobre el porcentaje de germoplasma exótico introducido, con el propósito de observar si existió alguna asociación con relación al contenido de germoplasma no adaptado de cada población. Para ello se emplearon los datos obtenidos a partir de los valores medios para cada característica en cada ambiente y en cada año como variable dependiente y el porcentaje de germoplasma exótico con variable independiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los ambientes, así como entre las distintas poblaciones para las características evaluadas, siendo la interacción época x población altamente significativa en todos los caracteres (datos no mostrados).

Los cultivares testigos manifestaron una superioridad significativa para rendimiento en el primer ambiente (siembra temprana) sobre las demás poblaciones (tabla 1). Las retrocruzas (RC) no se diferenciaron del cultivar adaptado MPB. Las F2, si bien presenta-

Tabla 1. Valores medios para rendimiento en 2 ambientes y promedio a través de ambos para 12 genotipos de maíz evaluados durante dos años.

Poblaciones	Rendimiento		Promedio ambientes
	Ambiente 1	Ambiente 2	
AND	390,5	107,0	248,7
F2MPBxAND	4228,6	2004,8	3116,7
RC(MPBxAND)xMPB	5431,3	3966,7	4694,0
b			-28,31*
CMX	4398,0	3931,4	4164,7
F2MPBxCMX	4625,2	1648,6	3136,9
RC(MPBxCMX)xMPB	4701,4	4963,8	4832,6
b			-11,78
AMX	2520,4	2353,3	2436,9
F2 MPBxAMX	3581,6	3153,3	3367,5
RC(MPBxAMX)xMPB	4201,5	4890,2	4545,8
b			-28,59*
MPB	5752,4	4656,2	5204,3
Testigo 1	7970,7	3386,7	5678,7
Testigo 2	8987,1	4625,7	6806,4
Media	4732,3	3307,30	4019,43
DMS(0,05)	1732	1919	1438

DMS: Diferencia mínima significativa, b : coeficiente de regresión, * Significante a 0,05.

ron un rendimiento menor que las RC, no difirieron significativamente de éstas a excepción de la F2 MPB-xAMX, que fue superada por la RC (MPBxAND)xMPB.

En el segundo ambiente, de media inferior para rendimiento, las tres RC no difirieron significativamente de los testigos y del cultivar MPB. En este ambiente, en el cual las poblaciones fueron expuestas a condiciones distintas de fotoperíodo, se pudo identificar poblaciones que no se diferenciaban en el primer ambiente. Esto acuerda con Castillo-González & Goodman (1989) y Goodman (1985), quienes argumentaron que el comportamiento de materiales de origen subtropical y tropicales bajo condiciones de días largos (siembra temprana) puede ser confuso debido a que parte de la variabilidad existente no se manifiesta. La población CMX mostró un rendimiento alto y estable en los ambientes evaluados. Claramente se observa que la población AND fue la de peor comportamiento teniendo en cuenta el rendimiento.

Las RC manifestaron un comportamiento destacable en ambos ambientes, particularmente en el segundo ambiente (siembra tardía) donde superaron a las F2 y no se diferenciaron de los testigos. De acuerdo a los valores medios, a través de los dos

años las RC también manifestaron su superioridad sobre las F2, no diferenciándose del testigo 1 ni del cultivar MPB. Lo anterior es válido para el caso de similar rendimiento de la MPB y la exótica CMX, donde también se reflejó la superioridad de la RC sobre la F2 en contraposición a la tendencia general hallado por Bridges & Gardner (1987).

Para días a 50% de plantas con polen existió una reducción significativa solamente en las cruzas con AND, con lo cual la F2 y la RC presentaron un ciclo similar a la población MPB y a los testigos (tabla 2). La altura de planta mostró una reducción significativa ($b: -0,3^*$) con la introgresión de germoplasma exótico. En todos los casos se manifestó un incremento significativo de la prolificidad en las F2 y RC con respecto a los materiales exóticos; los valores observados en las RC igualaron al cultivar MPB. La longitud de espiga se incrementó significativamente en la F2 y RC con AND, alcanzando los valores de los testigos y la población adaptada. En este carácter el porcentaje de germoplasma introducido no influyó en el caso de las poblaciones CMX y AMX. Para días a 50% de floración masculina, longitud de espiga, peso de 100 granos y perímetro de espiga,

Tabla 2. Valores medios para siete características morfológicas en poblaciones de maíz con diferente proporción de germoplasma exótico introducido evaluadas en 2 ambientes durante 2 años.

Caracteres

Poblaciones	Porcentaje de Germoplasma Exótico (%)	Días a 50% Polen	Altura de Planta cm	Prolificidad	Longitud de Espiga cm	Peso de 100 Granos g	Perímetro de Espiga cm
AND	100	87,3	190	0,5	7,3	9,4	4,9
F2	50	68,2	220	1,3	17,9	28,2	13,6
RC	25	68,0	230	1,5	18,1	29,0	13,8
CMX	100	68,0	190	1,3	18,1	32,3	14,8
F2	50	69,0	200	1,9	16,8	30,3	13,6
RC	25	70,5	200	1,7	18,0	29,2	14,3
AMX	100	67,8	180	1,3	17,7	34,5	15,3
F2	50	68,2	200	1,5	17,8	31,7	14,7
RC	25	67,3	190	1,6	17,7	32,3	14,5
MPB	0	66,7	220	1,5	18,3	31,3	14,6
b		0,078	-0,30*	-0,006	-0,041	-0,062	-0,032
Testigo 1		68,0	220	1,8	17,4	27,7	13,9
Testigo 2		72,0	230	1,7	18,3	32,4	14,9
DMS(0,05)		3,39	0,18	0,24	1,07	2,57	0,62
CV (%)		4,47	7,98	16,07	5,95	8,39	4,33

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación, b: coeficiente de regresión. *: significativo a 0,05.

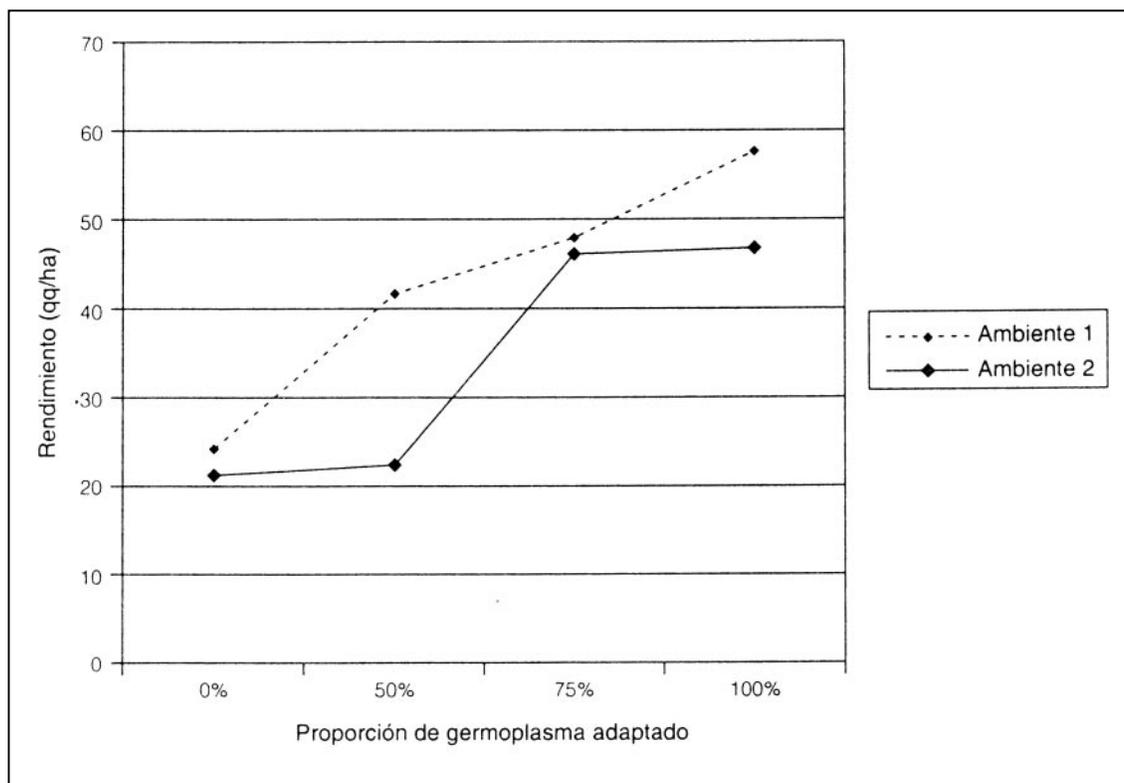


Figura 1. Variación del rendimiento medio de poblaciones adaptadas (100%), F2 (50%), retrocruzas (75%) y no adaptadas (0%) de maíz evaluadas en 2 ambientes durante 2 años.

la pendiente de regresión b indica que no se produjeron cambios substanciales al incorporar germoplasma no adaptado al cultivar MPB.

Los caracteres peso de 100 granos y perímetro de espiga manifestaron cambios significativos en las F2 y RC entre MPB y AND, sin cambios mayores en las otras dos cruas. Si bien existió una disminución en el peso de los 100 granos en las F2 y RC, el aumento de la prolificidad contribuyó a un incremento en los rendimientos de las respectivas F2 y RC de las poblaciones AMX y CMX.

En el primer ambiente existió un incremento de los rendimientos a medida que aumentó la proporción de germoplasma adaptado (figura 1). Sin embargo en el segundo ambiente, el nivel de rendimiento de las retrocruzas fue similar al del germoplasma adaptado. En el rendimiento de las retrocruzas el cambio de ambientes no influyó sobre él como aconteció con el germoplasma adaptado y las F2, lo que estaría indicando mayor estabilidad de las RC en los ambientes estudiados. En el primer ambiente no existieron marcadas diferencias entre los niveles de rendimiento de las RC y las F2, las que

si se notaron en el segundo ambiente (tabla 1 y figura 1). El contraste entre las poblaciones analizadas para rendimiento reforzó el poder discriminante del carácter rendimiento con respecto a la adaptación de las poblaciones introducidas y sus cruas (Miranda Filho, 1992).

De este trabajo se evidencia que una proporción de introgresión de germoplasma exótico del 25% tiene efectos positivos sobre el rendimiento, notándose una estabilidad del carácter en los ambientes estudiados (Crossa & Gardner, 1987) y la importancia del ambiente de evaluación de los materiales con distinto porcentaje de germoplasma no adaptado. Una posible explicación al mejor comportamiento de las RC sobre las F2 sería que en estas últimas actúan genes responsables de la no adaptación de los materiales, impidiendo la expresión de los genes favorables presentes en el germoplasma no adaptado (Lonnquist, 1974).

Las poblaciones con 25% de germoplasma exótico (RC) parecen representar una vía conveniente para la combinación de alelos deseables desde una fuente exótica con un complemento

genético favorable de una población adaptada nativa. Sobre la base del comportamiento de las retrocruzas (Dudley, 1982), se puede inferir que la población MPB contiene una alta concentración de alelos favorables para las características evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) por la cesión de los materiales originales empleados en la formación de las poblaciones CMX y AMX. Este trabajo fue parcialmente financiado por subsidios de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, B. and J. W. Dudley, 1987. Evaluation of four maize populations containing different proportions of exotic germplasm. *Crop Sci*: 27: 480-486.
- Barrandeguy, M.A., C.A. Biasutti y D.A. Peiretti, 1987. EVT 13 CIMMYT International Maize Testing Program. 1987. Final Report, pp 110.
- Biasutti C.A., M. A. Barrandeguy y D.A. Peiretti, 1987. EVT 16A CIMMYT International Maize Testing Program. 1987. Final Report, pp 173.
- Bridges, W.C. and C.O. Gardner, 1987. Foundation populations for adapted by exotic crosses. *Crop Science* 27: 501-506.
- Castillo-González, F. and M.M. Goodman, 1989. Agronomic evaluation of Latin American maize accessions. *Crop Science* 29: 853-861.
- Crossa, J. and C.O. Gardner, 1987. Introgression of an exotic germplasm for improving an adapted maize population. *Crop Science* 27: 187-190.
- Dudley, J.W., 1982. Theory for transfer of alleles. *Crop Science* 22: 631-637.
- Goodman, M.M., 1985. Exotic maize germplasm: Status, prospects and remedies, *Iowa State Journal of Research*, vol. 59 No 4: 497-527.
- INTA, 1980. El cultivo del maíz. Colección Principales Cultivos de la Argentina. Buenos Aires, INTA, pp. 163
- Lonnquist, J.H., 1974. Considerations and experiences with recombinations of exotic and Corn Belt maize germplasm, In: *Proceedings 29th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference*, Chicago, IL, ASTA. Washington, DC, pp. 102-117.
- Maldonado, F.D., C.A. Biasutti, y D.A. Peiretti, 1990. Caracterización agronómica y estabilidad fenotípica en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). III Jornadas de Investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Univ. Nac. de Córdoba. Resúmenes, pp 44.
- Michelini, L.A. and A.R. Hallauer, 1993. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. *Maydica* 38: 275-282.
- Miranda Filho, J.B. De, 1992. Exotic germplasms introduced in a brazilian maize breeding program. *Brazilian Journal of Genetics* 15 (3): 631-642.
- Peiretti, D.A., M.A. Barrandeguy y C.A. Biasutti, 1988. MPB-FCA 856, Variedad experimental de maíz para la zona centro norte de la provincia de Córdoba. IV Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, Buenos Aires, pp 64-69.

