

## LA SELECCIÓN MASAL COMO MÉTODO PARA OBTENER LÍNEAS DE ALTA APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA EN MAÍZ

### MASS SELECTION AS A METHOD TO OBTAIN MAIZE LINES WITH HIGH SPECIFIC COMBINING ABILITY

Jesús García Zavala<sup>1\*</sup>, José Molina Galán<sup>1</sup> y Jesús López Reynoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa en Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Fax: 01 (595) 952-0262. Correo electrónico: zavala@colpos.mx <sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 6234.

\*Autor responsable

#### RESUMEN

Con los objetivos de probar que la variedad de maíz (*Zea mays* L.) México Grupo 10, mejorada mediante seis ciclos de selección masal estratificada (C<sub>6</sub>), tiene mayor capacidad que su versión original (C<sub>0</sub>) para producir líneas autofecundadas de alto rendimiento y de alta aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), y de estimar la correlación fenotípica entre el rendimiento *per se* de las líneas y su ACG, se derivaron 30 líneas de tres autofecundaciones (S<sub>3</sub>) de C<sub>0</sub> y 30 líneas S<sub>3</sub> de C<sub>6</sub>, con las cuales se formaron dos conjuntos de 30 mestizos cada uno, utilizando como probador a C<sub>0</sub>. También se obtuvieron 25 cruza simples en cadena (1x2, 2x3,...,25x1) dentro de cada conjunto de líneas. Cada grupo, de 60 líneas S<sub>3</sub>, de 60 mestizos y de 50 híbridos simples, se evaluó durante el ciclo agrícola de 1998, en dos localidades del Estado de México, en condiciones de riego, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que la variedad mejorada C<sub>6</sub>, produjo mayor frecuencia de líneas autofecundadas de alta ACE, y por tanto más híbridos de alto rendimiento, que C<sub>0</sub>. En cambio, la mayor frecuencia de líneas de mayor rendimiento *per se*, aunque no siempre las de más alta ACG, provinieron de C<sub>0</sub>. Por ello resultó un valor de correlación muy bajo ( $r = 0.10$ ) entre el rendimiento y la ACG de las líneas.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., mejoramiento, rendimiento, líneas autofecundadas, aptitud combinatoria general y específica.

#### SUMMARY

The objectives of this work were to prove that the México Grupo 10 maize (*Zea mays* L.) variety, subjected to 6 cycles of stratified mass selection (C<sub>6</sub>), is more capable than its original version (C<sub>0</sub>) to produce inbred lines of high yield and high general and specific combining ability (GCA and SCA), and to estimate the phenotypic correlation between yield *per se* and GCA of inbred lines. In order to accomplish these purposes, 30 S<sub>3</sub> lines were obtained from C<sub>0</sub> and 30 S<sub>3</sub> lines from C<sub>6</sub> to make two groups of 30 topcrosses each using as tester C<sub>0</sub>. It was also obtained 25 single-crosses in chain crosses way (1x2, 2x3,..., 25x1) within each group of inbred lines. The two groups of 60 S<sub>3</sub> lines, 60 topcrosses and 50 single-crosses were evaluated during the spring-summer season in 1998, at two localities in the State of México, under irrigation conditions, in a complete random block design with four replications. Results showed that the improved variety C<sub>6</sub> produced a higher frequency of high yield single-crosses (SCA) than C<sub>0</sub>. On the other hand, the highest frequency of lines of high

yield *per se*, although not always coupled to superior GCA, arose from C<sub>0</sub>. Because of it resulted a very low correlation value ( $r = 0.10$ ) between yield of S<sub>3</sub> lines *per se* and the yield of its respective top crosses as a measure of GCA.

**Index words:** *Zea mays* L., breeding, yield, inbreds, general and specific combining ability.

#### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la especie cultivada más importante en México debido al impacto social que tiene y por ocupar la mayor superficie de cultivo, la cual en 1998 se estimó en 8487.7 miles de hectáreas (SAGAR, 1998).

Actualmente es necesario incrementar la producción de maíz en México para evitar las continuas y voluminosas importaciones, que en 1996 fueron de 1,062.1 millones de dólares (INEGI, 1998), aunque no es una tarea fácil. En el país, es casi nula la posibilidad de aumentar la superficie agrícola y también es difícil mejorar las condiciones de producción del cultivo en el corto plazo, debido al rezago en que se encuentra el sector agrícola, principalmente la agricultura tradicional. La mejor opción es incrementar la productividad mediante el uso eficiente de los recursos disponibles; entre ellos el material genético mejorado ofrece una de las mejores opciones para lograr este propósito.

El maíz es una planta cultivada de gran antigüedad en México y quizá en ningún otro país sea tan grande la gama de variación genética (Wellhausen *et al.*, 1951). La existencia de tal variación permite integrar poblaciones de amplia base genética, las cuales sirven como material base en los programas de mejoramiento genético para mejorar el rendimiento económico y los caracteres agronómicos de las nuevas variedades mejoradas (sintéticos o híbridos).

Los dos grandes sistemas de mejoramiento genético del maíz son la selección y la hibridación. Con la selección se

aprovechan los efectos génicos aditivos, mientras que con la hibridación se capitalizan los efectos génicos no aditivos (Márquez, 1988).

Según Molina (1979), para tener éxito con el método de hibridación, las bases germoplásmicas originales deben ser mejoradas en su rendimiento mediante selección recurrente, y de esta forma elevar su potencial para producir líneas que den origen a híbridos cada vez mejores. Así, mediante varios ciclos de selección recurrente aplicada a poblaciones de maíz, ha sido posible incrementar su capacidad para generar líneas autofecundadas de alto rendimiento y de alta aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) (Betancourt *et al.*, 1974; Russell, 1991; Duvick, 1992; Claire *et al.*, 1993; Reyes, 1995; Oropeza, 1997) y también incrementar el rendimiento de los híbridos entre tales líneas, al aumentar la frecuencia de genes favorables (Dudley *et al.*, 1996).

El proceso de hibridación en maíz requiere de evaluar las líneas autofecundadas para seleccionar las mejores. No obstante, algunos autores consideran que las líneas se pueden seleccionar por su rendimiento *per se* puesto que está positivamente correlacionado con su ACG, con valores frecuentemente superiores a 0.5 (Genter y Alexander, 1966; Duclos y Crane, 1968; González *et al.*, 1990); otros autores opinan lo contrario, porque los valores de correlación resultaron inferiores a 0.5 (Gama y Hallauer, 1977; Jensen *et al.*, 1983; Oropeza, 1997). Los bajos valores de correlación fenotípica se han atribuido a la interacción genética línea por probador cuando éste es de amplia base genética (Genter y Alexander, 1962) y a la presencia de genes recesivos deletéreos en las líneas autofecundadas, los cuales enmascaran el efecto de genes dominantes favorables (Genter y Alexander, 1964).

Los objetivos de este estudio fueron: 1) Comparar el rendimiento de líneas, mestizos y cruza simples derivadas a partir de una población no mejorada de maíz (México Grupo 10) con el de líneas, mestizos y cruza simples generadas de su población mejorada mediante seis ciclos de selección masal (México Grupo 10 SM<sub>6</sub>); 2) Con base en el rendimiento de las líneas, mestizos y cruza simples, inferir sobre la capacidad de cada población para producir líneas de alto rendimiento y alta aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE); y 3) estimar la correlación fenotípica entre el rendimiento y la ACG de las líneas. Al respecto se postula que la población mejorada, con respecto a la no mejorada, es mejor fuente de líneas de alto rendimiento y de alta ACG y ACE, y que el rendimiento de las líneas *per se* está positivamente correlacionado con la ACG de las líneas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético evaluado se derivó de las poblaciones México Grupo 10 Original (C<sub>0</sub>) y México Grupo 10 SM<sub>6</sub> (C<sub>6</sub>). La primera población es un compuesto de 15 colecciones típicas de la raza Chalqueño colectadas en varios municipios del Estado de México, y fue integrada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en 1961. La segunda población fue obtenida en 1968 mediante seis ciclos de selección masal moderna estratificada (Gardner, 1961) en el Programa de Maíz del CIMMYT, en Chapingo, Méx.

Se obtuvieron 30 líneas S<sub>3</sub> de C<sub>0</sub> y 30 líneas S<sub>3</sub> de C<sub>6</sub>; 30 mestizos de cada grupo de líneas, utilizando como probador a C<sub>0</sub>; y 25 cruza simples en cadena (de la forma 1x2, 2x3,..., 25x1) dentro de cada conjunto de líneas. Las líneas S<sub>3</sub>, los mestizos y las cruza simples se formaron en el Campo Agrícola Experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Méx. Las líneas se obtuvieron en 1994 y los mestizos y cruza simples en 1997; la evaluación se hizo en 1998. Los materiales fueron numerados para su identificación como sigue: líneas y mestizos de C<sub>0</sub>, 1 a 30; líneas y mestizos de C<sub>6</sub>, 31 a 60; cruza simples de C<sub>0</sub>, 1 a 25 y cruza simples de C<sub>6</sub>, 26 a 50.

Cada grupo de materiales (60 líneas S<sub>3</sub>, 60 mestizos y 50 cruza simples) fue evaluado en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de un surco de 4.5 m con 10 matas de dos plantas. El espaciamiento entre matas fue de 50 cm y de 80 cm entre surcos. Los tres experimentos se establecieron en condiciones de riego en Montecillo y Tecamac, Méx.

Según García (1988), Montecillo tiene un clima (región de Chapingo) C(w)(w)b(i')g, templado subhúmedo con lluvia en verano; precipitación media anual de 645 mm; temperatura media anual entre 12 y 18° C y una altitud de 2250 m. Tecamac presenta un clima BSk'w(w)(i'), seco con verano fresco y lluvioso; precipitación media anual de 560 mm; temperatura media anual de 14.8° C y una altitud de 2300 m.

El carácter evaluado fue el rendimiento en kilogramos de mazorca a humedad constante (secada en campo por varios días) por parcela, el cual se obtuvo al dividir el peso de todas las mazorcas por parcela entre el número de plantas en la parcela; este resultado se multiplicó por 20 para ajustarlo a 20 plantas. Se utilizó este procedimiento de ajuste porque se sembraron cuatro semillas por golpe para asegurar el número ideal de plantas por parcela y con ello tener el mínimo de fallas. Además, se tuvo mucho cuidado en la conducción de los experimentos, sobre todo en las

labores culturales, reduciéndose al mínimo las fallas en las parcelas de las cuatro repeticiones.

En cada grupo de materiales se hizo un análisis de varianza y comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad, combinando localidades, y se calculó la media de  $C_0$  y la de  $C_6$ , así como la diferencia numérica y porcentual entre dichas medias y su significancia estadística. También se identificaron los 15 materiales de mayor rendimiento en cada grupo de materiales para calcular sus frecuencias tanto en  $C_0$  como en  $C_6$ . Asimismo, se calculó la correlación fenotípica entre el rendimiento *per se* de las líneas y su ACG.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza

Con base en los análisis de varianza combinado y las pruebas de F para líneas, mestizos e híbridos, hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) o altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre localidades para rendimiento (REND) (Cuadro 1). También hubo diferencia entre grupos (líneas, mestizos e híbridos), y dentro de los ciclos cero ( $C_0$ ) y seis ( $C_6$ ) para cada material, habiendo resultado mayor el cuadrado medio (CM) en los materiales de  $C_0$  que en los de  $C_6$ , excepto en los mestizos.

Cuadro 1. Cuadrados medios del carácter rendimiento en el análisis combinado para líneas  $S_3$ , mestizos e híbridos. Montecillo, Méx. 1998.

Fuente de variación	gl	Líneas	Mestizos	Híbridos
Localidades	1	7.56**	33.60**	1.43*
Repeticiones/Loc.	6	0.70	1.70**	1.10
Genotipos <sup>+</sup>	59	3.66**	0.64**	
Híbridos	49			1.57*
Genotipos $C_0$	29	4.48**	0.64**	
Híbridos de $C_0$	24			1.85**
Genotipos $C_6$	29	2.62**	0.66**	
Híbridos de $C_6$	24			1.12**
$C_0$ vs $C_6$	1	10.67**	0.19	3.41**
Genotipos x Loc.	59	0.56**	0.55**	
Híbridos x Loc	49			0.45
Gen. $C_0$ x Loc.	29	0.64**	0.75**	
Híb. $C_0$ x Loc.	24			0.58*
Gen. $C_6$ x Loc.	29	0.51**	0.33	
Híb. $C_6$ x Loc.	24			0.40
$C_0$ vs $C_6$ x Loc.	1	0.092	0.65	0.49
Error	354	0.32	0.34	
Error (Híbridos)	306			0.33
C V (%)		44.70	25.60	22.9

+: Genotipos = Líneas o mestizos; gl = grados de libertad  
 $C_0$  y  $C_6$  : Genotipos provenientes de  $C_0$  y de  $C_6$ , respectivamente.

Entre  $C_0$  y  $C_6$  hubo diferencias altamente significativas entre los grupos de líneas y la de sus respectivos híbridos, mientras que en los mestizos no las hubo, posiblemente debido a alguna interacción genética del probador con las

líneas, pues se observa que la varianza fenotípica entre mestizos de  $C_0$  y  $C_6$  es casi la misma (Cuadro 1).

Respecto a la partición de la interacción global genotipos x localidades, las interacciones líneas de  $C_0$  x localidades y líneas de  $C_6$  x localidades fueron altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), mientras que para mestizos e híbridos únicamente resultó significativa ( $P \leq 0.01$ ) la interacción genotipos (mestizos e híbridos) de  $C_0$  x localidades. Además, en los tres grupos de materiales resultó mayor el cuadrado medio de la interacción genotipos de  $C_0$  x localidades que el cuadrado medio de la interacción genotipos de  $C_6$  x localidades. Los coeficientes de variación fueron elevados, principalmente en las líneas (44.7 %).

Los resultados anteriores indican que las diferencias en el carácter REND entre genotipos y entre conjuntos de  $C_0$  y de  $C_6$ , para cada grupo de material genético, se debieron probablemente a la diferente expresión genotípica de los materiales y por efecto del ambiente, ya que éste es un carácter altamente poligénico. El mayor valor de la interacción para líneas mestizos e híbridos de  $C_0$  x localidades se debió posiblemente a que la varianza fenotípica entre materiales de  $C_0$  fue mayor que el valor respectivo para materiales de  $C_6$ . Ello se atribuye a la mayor variabilidad genética de los materiales de  $C_0$ , pues éste es un compuesto de 15 variedades de la raza Chalqueño colectadas en diferentes localidades del Estado de México; en cambio,  $C_6$  se obtuvo por selección masal moderna estratificada en una sola localidad (Chapingo), lo que posiblemente influyó en la diferente expresión de la interacción antes referida, ya que de acuerdo con Bucio (1966), la interacción genotipo-ambiente es directamente proporcional a las diferencias entre ambientes, aunque también lo es directamente proporcional a las diferencias entre genotipos.

El mayor coeficiente de variación (CV) para REND en las líneas respecto al de los mestizos y al de los híbridos, se debió a que existió mayor variabilidad genética entre líneas respecto a la que hubo en mestizos e híbridos; además, tal como lo señala Márquez (1988), el efecto de endogamia de las líneas (reflejado en su menor rendimiento) hace que interaccionen más con los ambientes que los mestizos y las cruas simples.

### Comportamiento promedio de los materiales

En la comparación del rendimiento promedio de las líneas  $S_3$  *per se* (Cuadro 2), hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre ciclos, resultando mayor el rendimiento promedio de las 30 líneas de  $C_0$  que el de las 30 líneas de  $C_6$ . Estos resultados son contrarios a lo esperado, tal vez debido a que  $C_0$  es una población de amplia base genética con dos ciclos de recombinación y ninguno de

selección, mientras que C<sub>6</sub> es una población resultante de seis ciclos de selección masal para rendimiento efectuada en una sola localidad. Es probable entonces que C<sub>0</sub> tenga mayor adaptabilidad a los ambientes que C<sub>6</sub>; esto podría explicar la mayor variación observada entre líneas de C<sub>0</sub> que entre líneas de C<sub>6</sub> (Cuadro 1), y que el promedio de rendimiento de las líneas de C<sub>0</sub> haya sido mayor que el de las líneas de C<sub>6</sub> (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento promedio de líneas S<sub>3</sub> per se, mestizos e híbridos simples derivados de C<sub>0</sub> y C<sub>6</sub>.

Material	Promedio <sup>+</sup>		Diferencia entre ciclos <sup>+</sup>	
	Ciclo 0	Ciclo 6	Numérica	%
Líneas S <sub>3</sub>	1.426 a	1.132 b	- 0.294**	20.60
Mestizos	2.272 a	2.312 a	+ 0.040	1.76
Híbridos	2.301 b	2.487 a	+ 0.186**	8.10

\*\* : Diferencia significativa al 0.01 de probabilidad, en comparación horizontal.

<sup>+</sup>: Rendimiento en kg de mazorca seca por parcela (20 plantas); <sup>++</sup>: C<sub>6</sub> - C<sub>0</sub>.

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Comparación horizontal.

Aunque no se incluyeron en la evaluación a las poblaciones *per se* C<sub>0</sub> ni C<sub>6</sub>, ni tampoco a la localidad Chapingo, es probable que si las líneas se hubieran evaluado en esta localidad el resultado hubiera sido el esperado, ya que de acuerdo con Betancourt *et al.* (1974) el mejor ambiente de evaluación es aquél donde se hizo la selección del material.

En los mestizos (Cuadro 2), no hubo diferencias significativas entre el rendimiento promedio de C<sub>0</sub> y de C<sub>6</sub>. Esto pudo deberse a la influencia de la interacción mestizos x localidades, la cual a su vez resultó significativa sólo en mestizos de C<sub>0</sub> x localidades (Cuadro 1). Esto atribuible a la mayor variación entre mestizos de C<sub>0</sub> con respecto a los de C<sub>6</sub>. Se esperaba que la media de REND de los mestizos de C<sub>6</sub> fuera significativamente mayor que la de los mestizos de C<sub>0</sub> para el mismo carácter, ya que C<sub>6</sub> fue seleccionada para rendimiento. Podría ser que la selección durante seis ciclos y la evaluación en otros ambientes, sin incluir el de selección ni las poblaciones *per se*, no es suficiente para lograr la superioridad de la población mejorada sobre la original. No obstante, en trabajos donde se han evaluado más de 15 ciclos de selección, las diferencias en rendimiento entre los mestizos de la población original y entre los de la variedad mejorada han sido del orden de 12.5 a 28 %, y altamente significativas (Reyes, 1995; Oropeza, 1997).

Considerando que el rendimiento del mestizo de una línea mide la aptitud combinatoria general (ACG) de ésta (Davis, Jenkins y Brunson, citados por Hallauer y López, 1979), entonces las diferencias de rendimiento entre mesti-

zos estiman las diferencias entre la ACG de sus líneas. El contraste mestizos de C<sub>0</sub> vs mestizos de C<sub>6</sub> resultó no significativo para REND (Cuadro 1), aunque se detectó una ligera superioridad (2 %) del rendimiento de los mestizos de C<sub>6</sub> sobre el de aquéllos de C<sub>0</sub> (Cuadro 2).

En los híbridos, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en el contraste híbridos de C<sub>0</sub> vs híbridos de C<sub>6</sub>, en favor de C<sub>6</sub> para el carácter REND (Cuadro 1). En promedio, los híbridos del C<sub>6</sub> superaron en rendimiento a aquellos del C<sub>0</sub> en 8 % (Cuadro 2). Los resultados también muestran que la población mejorada C<sub>6</sub> produce una mayor frecuencia de líneas de alta ACG y ACE y, por tanto, de híbridos de mayor rendimiento, que la población no mejorada. La superioridad de los híbridos provenientes de C<sub>6</sub> sobre los de C<sub>0</sub>, probablemente se debe a una mayor frecuencia de genes con efectos favorables en C<sub>6</sub> por efecto de la selección, efectos que se expresan vía heterosis en las cruas entre líneas.

### Materiales sobresalientes

Al comparar el rendimiento de las 15 mejores líneas, 15 mejores mestizos y los 15 mejores híbridos, se encontró que doce de las líneas sobresalientes (80 %) fueron derivadas de C<sub>0</sub> y sólo tres (20 %) de C<sub>6</sub> (Cuadro 3); esto explica el mayor promedio obtenido en la población original que en la población C<sub>6</sub> (Cuadro 2). Esto contrasta los resultados de Gómez (1994), Reyes (1995) y Oropeza (1997), quienes al incluir el ambiente de selección en la evaluación del material, encontraron que la frecuencia de líneas de alta ACG para rendimiento fue mayor en los ciclos avanzados de selección que en la población original. De los 15 mestizos de mayor rendimiento, nueve pertenecieron a C<sub>6</sub> y seis a C<sub>0</sub> (Cuadro 3), lo que sugiere que la población C<sub>6</sub> fue mejor fuente de líneas de alta ACG que C<sub>0</sub>, esto concuerda con los resultados de Reyes (1995) y Oropeza (1997), quienes al evaluar materiales con 17 y 18 ciclos de selección, respectivamente, encontraron que las variedades mejoradas fueron mejores fuentes de líneas de alta ACG que su versión no mejorada.

En el caso de los mejores 15 híbridos se encontró que diez de ellos provinieron de líneas derivadas de la población C<sub>6</sub> y cinco de líneas derivadas de C<sub>0</sub> (Cuadro 3), con participación en los diez primeros de 16 líneas progenitoras de C<sub>6</sub> y sólo siete líneas de C<sub>0</sub> en los segundos. Estos resultados confirman que la población mejorada por selección masal es mejor fuente de líneas de alta ACG y ACE para rendimiento, y también de híbridos más rendidores que la población no mejorada. Por tanto, la selección masal estratificada efectuada en la población México Grupo 10 durante seis ciclos, fue efectiva para mejorar la ACG y ACE de la población original, lo que se reflejó en la

mayor capacidad de C<sub>6</sub> para formar híbridos sobresalientes. Es de esperarse que tal efectividad sea incrementada con más ciclos de selección (Claire *et al.* 1993; Reyes, 1995; Oropeza, 1997).

Cuadro 3. Rendimiento promedio de los 15 materiales superiores en cada grupo y su frecuencia en los ciclos evaluados.

Línea <sup>+</sup>	REND <sup>++</sup> (kg)	Mestizo (LxP)	REND <sup>++</sup> (kg)	Híbrido (LxL)	REND <sup>++</sup> (kg)
4	3.02	3	2.90	(36x37)	3.16
7	2.93	55	2.88	(54x45)	3.11
42	2.72	40	2.87	(2x3)	3.08
25	2.71	18	2.83	(?x15)	3.05
21	2.45	53	2.71	(14x?)	3.02
15	2.30	15	2.70	(3x4)	3.02
55	2.16	56	2.67	(39x40)	2.88
43	2.14	43	2.63	(41x42)	2.85
19	2.04	33	2.62	(33x34)	2.81
23	1.98	10	2.62	(31x32)	2.75
30	1.89	35	2.59	(38x39)	2.73
11	1.83	36	2.58	(13x14)	2.70
14	1.81	44	2.54	(43x44)	2.68
12	1.73	21	2.51	(42x43)	2.68
2	1.73	22	2.50	(?x54)	2.66
Frec. (%)	DSH <sup>+++</sup>	Frec. (%)	DSH <sup>+++</sup>	Frec. (%)	DSH <sup>+++</sup>
C <sub>0</sub> = 80.0	1.17	C <sub>0</sub> = 40.0	1.21	C <sub>0</sub> = 33.0	1.15
C <sub>6</sub> = 20.0		C <sub>6</sub> = 60.0		C <sub>6</sub> = 67.0	

<sup>+</sup>: Numeración para líneas y mestizos: de 1 a 30 para C<sub>0</sub> y de 31 a 60 para C<sub>6</sub>. Para híbridos: de 1 a 25 para C<sub>0</sub> y de 26 a 50 para C<sub>6</sub>.

<sup>++</sup>: Rendimiento en kg de mazorca seca (humedad constante) por parcela.

<sup>+++</sup>: Diferencia significativa honesta ( $P \leq 0.05$ ).

L = Línea; P = probador; ? y ?? = Línea de C<sub>0</sub> y línea de C<sub>6</sub>, respectivamente, no incluidas en la evaluación *per se*.

### Correlación línea-mestizo

Los valores de correlación fenotípica línea-mestizo, fueron de 0.10 ( $P \leq 0.05$ ) para los 60 pares de valores; de 0.05 ( $P \leq 0.05$ ) para las líneas y mestizos del C<sub>0</sub>, y de 0.17 ( $P \leq 0.01$ ) para las líneas y mestizos del C<sub>6</sub>. Estos valores son muy bajos e indican ausencia de correlación entre el comportamiento *per se* de las líneas y su ACG para rendimiento. Esta falta de correlación podría atribuirse a la interacción genética línea x probador (Genter y Alexander, 1962) ya que el probador fue de amplia base genética. Esto sugiere usar un probador que tenga el mínimo efecto sobre la expresión de la línea, siendo teóricamente éste un genotipo que contenga todos los genes recesivos para el carácter de interés (Márquez, 1988).

También pudo haber afectado la presencia de genes recesivos, tanto en las líneas de C<sub>0</sub> y de C<sub>6</sub>, con diferente grado de efectos deletéreos, los cuales pueden enmascarar los efectos de sus correspondientes alelos dominantes. Al respecto, conviene tomar en cuenta que las líneas fueron extraídas aleatoriamente de la población y que tenían un bajo número de autofecundaciones (S<sub>3</sub>), por lo que es probable que aún contengan genes recesivos deletéreos. Si bien una línea de alta ACG es la que tiene en su genotipo

una alta dotación de genes dominantes favorables (Genter, 1973), bastaría que esa línea tuviera en condición homocigótica un sólo gene recesivo deletéreo para que su rendimiento resultara disminuido, en una magnitud dependiente del efecto de dicho gen. Es decir, en un conjunto de líneas de alta ACG con variación en número de genes recesivos y grado de efectos deletéreos, no cabría esperar correlación alguna entre rendimiento y ACG (Genter y Alexander, 1964; Genter y Alexander, 1966; Smith, 1986; Oropeza, 1997).

### CONCLUSIONES

La variedad de maíz México Grupo 10, mejorada durante seis ciclos de selección masal moderna estratificada, produjo en mayor frecuencia líneas autofecundadas de mayor aptitud combinatoria específica para rendimiento, que la variedad original. Ello no obstante que la mayor frecuencia de líneas de alto rendimiento provinieron de la variedad original, lo cual motivó una baja correlación fenotípica entre el rendimiento *per se* de las líneas y su correspondiente aptitud combinatoria general. Lo anterior sugiere de que las evaluaciones de líneas *per se* y las pruebas de mestizos se hagan simultáneamente para seleccionar con mayor precisión las líneas prometedoras.

### BIBLIOGRAFÍA

- Betancourt V A, J D Molina G, H Angeles A (1974) Comparación del potencial genético entre variedades de maíz no seleccionadas y mejoradas por selección masal como fuentes de líneas de alta aptitud combinatoria general. *Agrociencia* 16:1-19.
- Bucio A L (1966) Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred Lines. *Heredity* 21:387-405.
- Claire I V T, J D Molina G, S K Vasal, A Martínez G (1993) Aumento del potencial del rendimiento mediante alternancia de selección e hibridación en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 4(2):41-51.
- Duclos L A, P L Crane (1968) Comparative performance of topcrosses and S<sub>1</sub> progeny for improving populations of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 8:191-194.
- Dudley J W, K R Lamkey, J L Gadelman (1996) Evaluation of populations for their potential to improve three maize hybrids. *Crop Sci.* 36:1553-1559.
- Duvick D N (1992) Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydica* 37:69-79.
- Gama E E G, A R Hallauer (1977) Relation between inbred and hybrid traits in maize. *Crop Sci.* 17:703-706.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México. 252 p.
- Gardner C O (1961) An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield corn. *Crop Sci.* 1:241-245.
- Genter C F, M W Alexander (1962) Comparative performance of S<sub>1</sub> progenies and test-crosses of corn. *Crop Sci.* 2:516-519.
- Genter C F, M W Alexander (1964) Recurrent selection based on S<sub>1</sub> line progeny yield in maize. *Amer. Soc. Agron. Abstr.* p. 67.
- Genter C F, M W Alexander (1966) Development and selection of productive S<sub>1</sub> inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 6:429-431.

- Genter C F (1973)** Comparison of  $S_1$  line and test-cross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 13:524-527.
- Gómez M N O (1994)** Efecto del nivel de retrocruzamiento en el mejoramiento convergente de dos líneas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 233 p.
- González G J, J D Molina G, A Martínez G (1990)** Implicación del rendimiento *per se* y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la predicción de cruza simples de alto rendimiento. *Agrociencia* 1(2):29-42.
- Hallauer A R, E López P (1979)** Comparison among testers for evaluating lines of corn. *Proc. Annu. Hybrid Corn Ind. Res. Conf.* 34:57-75.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) (1998)** Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1997. México. 471 p.
- Jensen S, R McConnell, W Kuhn (1983)** Combining ability studies in elite U.S. maize germplasm. *Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf.* 38:87-96.
- Márquez S F (1988)** Genotecnia Vegetal II. Métodos, Teoría, Resultados. AGT Editor. México. 665 p.
- Molina G J D (1979)** Selección familiar de progenies autofecundadas. *Agrociencia* 37:131-138.
- Oropeza R M A (1997)** Aptitud combinatoria de líneas  $S_1$  de maíz Zacatecas 58 original y mejorado por selección masal. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 154 p.
- Reyes L D (1995)** Aptitud combinatoria general (ACG) de maíces originales y mejorados por selección. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduado. Montecillo, México. 68 p.
- Russell W A (1991)** Genetic improvement of maize yield. *Adv. Agron.* 46:245-298.
- SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural) (1998)** Informe de Labores 1997-1998. México. 20 p.
- Smith O S (1986)** Covariance between line *per se* and test cross performance. *Crop Sci.* 26:540-543.
- Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X (1951)** Razas de Maíz en México. Su Origen Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. SAG, México. 237 p.