

# HÍBRIDOS DOBLES DE MAÍZ DE BAJA DEPRESIÓN ENDOGÁMICA EN F<sub>2</sub><sup>1</sup>

*Humberto de León<sup>2</sup>; Arcenio Jaramillo<sup>2</sup>; Gaspar Martínez<sup>2</sup>; Sergio Rodríguez<sup>2</sup>*

## RESUMEN

**Híbridos dobles de maíz de baja depresión endogámica en F<sub>2</sub>.** Con el objetivo de evaluar el grado de abatimiento del rendimiento de grano, ocasionado por el avance generacional y detectar híbridos sin depresión endogámica, se evaluaron la primera y segunda generación (F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>) de 33 híbridos dobles de maíz. Se evaluaron también los efectos de la depresión endogámica sobre los días a floración (DF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), acame de raíz (AR) y de tallo (AT), mala cobertura (MC) y pudrición de mazorca (MP). Fue posible obtener híbridos dobles con alto rendimiento en F<sub>1</sub> y sin endogamia en F<sub>2</sub>, en porcentajes del seis al nueve, dependiendo del ambiente de evaluación, lo cual es un indicador de efectos insignificantes de endogamia.

## ABSTRACT

**Double hybrids of low in breeding depression corn in F<sub>2</sub>.** The first and second generations (F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub>) of 33 double hybrids of corn were studied in order to evaluate grain yield decrease caused by generational advance, and to detect hybrids with a low inbreeding depression. Effects of inbreeding depression were also evaluated according to flowering days (FD), plant height (PH), ear height (EH), root lodging (RL), and stem height (SH), bad coverage (BC), and rotten ears (RE). Double hybrids with a high yield were obtained in F<sub>1</sub>, and without inbreeding in F<sub>2</sub> at a rate of six to nine percent, depending on the evaluation environment, indicating insignificant inbreeding effects.



## INTRODUCCIÓN

En México el mejoramiento genético del maíz, se ha realizado con mayor importancia en las áreas de riego y de buen temporal, por lo que se ha puesto poca atención a las áreas de temporal deficiente. Entre las regiones productoras de maíz más importantes se encuentra el Bajío Mexicano, que se localiza a una altura entre 1.000 y 1.800 msnm, sin embargo, la poca disponibilidad de semilla de alta calidad física y genética ha obligado a los productores a buscar alternativas al uso de semilla mejorada, por lo que una práctica muy extendida en algunas zonas del país, ha sido el uso de generaciones avanzadas de híbridos comerciales, los cuales ha superado en calidad y rendimiento a los materiales nativos de la región. Los productores de temporal en la mayoría de los casos, usan un remanente de cada ciclo agrícola anterior por ser muy elevado el costo de la semilla mejorada original y certificada.

Con la finalidad de obtener materiales que se puedan recomendar por varios ciclos de siembra en áreas de poca disponibilidad de humedad, en el Instituto Me-

xicano del Maíz se han formado un amplio número de híbridos dobles, de los cuales se pretende obtener algunos que reduzcan en menor proporción su rendimiento al sembrar semilla F<sub>2</sub> y que puedan ser recomendados al productor para ser sembrados por varios ciclos de siembra. Lo anterior es teóricamente posible si el vigor híbrido está determinado por la acción equilibrada de genes codominantes y semidominantes (Fasoulas, 1986) y si existe suficiente diversidad genética entre los progenitores (Hernández; Reyes, 1986).

Fasoulas (1986) define al vigor híbrido como la superioridad que presentan la progenies con respecto a los progenitores, asociado con el incremento de la heterocigosis que se genera con mayor frecuencia después de un cruzamiento; además, expone que el vigor y la endogamia pueden estar asociados con el tipo de reproducción y de acción genética que se presente, por lo que cuando existen loci codominantes en mayor número que los semidominantes el vigor híbrido está en función de la heterocigosis, mientras que cuando los semidominantes están en mayor proporción el vigor es obtenido por la homocigosis.

<sup>1</sup> Presentado en la XLIII Reunión Anual del PCCMCA en Panamá, 1997.

<sup>2</sup> Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Cuando los loci codominantes y semidominantes están en igual proporción, el vigor es originado equitativamente por heterocigosis y homocigosis; además, los genes dominantes no son tan afectados por la homocigosis ni por la heterocigosis, porque una dosis simple es capaz de desarrollar la misma expresión al igual que cuando presenta doble dosis. Sin embargo, Busbice (1970) determinó que existe una relación lineal entre rendimiento y heterocigosis y esta relación puede ser aprovechada convenientemente mediante dos vías: a) escogiendo progenitores que muestren menor depresión por endogamia y b) escogiendo como progenitores a aquellas líneas que muestren mayor porcentaje de heterocigosis cuando son apareados con otras.

Hernández; Reyes (1986) realizaron cruzamientos entre variedades de polinización libre por dos generaciones y encontraron que el método de mejoramiento fue efectivo al obtener, de esta forma, genotipos de mayor rendimiento en  $F_1$  y  $F_2$  que cualquiera de sus progenitores, lo cual se atribuyó básicamente a la diversidad genética de sus poblaciones progenitoras.

## MATERIALES Y METODOS

El germoplasma utilizado en este estudio fue la semilla  $F_1$  y  $F_2$  de 33 híbridos dobles experimentales, los cuales fueron formados de cruza simple entre líneas precoces que han sido seleccionadas de diferentes ambientes. Las líneas de las cruza simple se derivaron de un germoplasma complejo formado por el cruzamiento de 16 líneas élite tropicales tardías de la Raza Tuxpeño, adaptadas a El Bajío Mexicano, con tres donadores de precocidad: Zacatecas-58 (Raza Cónico Norteño), VS-201 (Raza Bolita) y Cafime (Una versión seleccionada de VS-201). Se incluyeron como testigos los híbridos AN-447 y AN-450. El experimento se estableció en las localidades de Celaya, Gto. y Sandia, N.L. bajo condiciones de riego y en Celaya, Gto. y Nochistlán, Zac. en condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano de 1994. La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 4,2 m de longitud y 0,75 m de ancho, obteniéndose una parcela útil de 6,3 m<sup>2</sup>, y 21 plantas por surco, para una densidad de población de 66.666 plantas por hectárea.

Se aplicó la fórmula fertilizante 180-90-00 la cual se distribuyó en dos partes; la primera aplicación al momento de la siembra (90-90-00) y la segunda (90-00-00) en el primer cultivo. El número de riegos que se aplicaron fue variable, ya que estuvo en función de los requerimientos de cada localidad, mientras que en las localidades que fueron sembradas en condiciones de temporal, las siembras se realizaron con el inicio de las primeras precipitaciones.

Los caracteres considerados fueron: días para floración macho (FM): se midió en días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas en la parcela mostraron espigas masculinas despersando polen, días para floración hembra (FH): se midió en días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas en la parcela mostraron espigas femeninas con estigmas visibles, altura de planta (AP): se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta la base de la espiga masculina, después de la madurez de la planta, altura de mazorca (AM): se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la espiga femenina, después de la madurez de la planta, acame de raíz (AR): se midió en porcentaje de plantas en la parcela con una inclinación respecto de la vertical, mayor a 30 grados angulares, acame de tallo (AT): se midió en porcentaje de plantas en la parcela con quebraduras del tallo, mala cobertura (MC): se midió en porcentaje de plantas en la parcela con mazorcas con semillas descubiertas, mazorcas podridas (MP): se midió en porcentaje de plantas en la parcela con mazorcas con algún tipo de pobredumbre y rendimiento de grano (RE): se midió en kilogramos de grano por parcela al momento de la cosecha. Posteriormente se corrigió por contenido de humedad para igualar las diferentes parcelas a 15,5% y finalmente se transformó el peso por parcela a toneladas por hectárea.

Las variables AR, AT, MC y MP anteriores, se transformaron para darles normalidad mediante la ecuación angular:  $\arcsen(\sqrt{\frac{X}{0,05+X}})$  dada por (Steel y Torrie 1960).

Se realizaron análisis de varianza, con base a las medias de parcela para cada carácter en estudio, individual por localidad y combinado, utilizando un diseño de bloques completos al azar.

Los criterios de selección se basaron en identificar los genotipos que presentan las medias de rendimiento superiores en la segunda generación, las cuales posteriormente se compararon con su respectiva  $F_1$ , tanto en rendimiento como para las demás características evaluadas y con los testigos establecidos, esta metodología se aplicó tanto para los ambientes de riego como los de temporal y en forma combinada.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza individuales mostraron a los híbridos 9 y 10, con rendimientos numéricamente superiores en la segunda generación en las evaluaciones de riego, y estuvieron entre los 10 mejores en las de temporal.

En las evaluaciones de temporal, los tratamientos 33 y 32 mostraron rendimientos numéricamente superiores en la segunda generación, con porcentajes de 18,68 y 22,30 respectivamente.

La mayoría de los materiales presentaron diferencias en rendimiento entre ambas generaciones, siendo mayor en la F<sub>1</sub> que en la F<sub>2</sub>, pero al obtener la media de ambas generaciones, superan en algunos casos a las medias de otros tratamientos que presentan rendimientos más altos en la F<sub>2</sub>, por lo que dichos materiales deberían ser evaluados a través de más generaciones, para observar si su comportamiento superior se sostiene con el avance generacional posterior.

Los resultados del análisis de varianza combinado para los diferentes caracteres en estudio (Cuadro 1) mostraron diferencias altamente significativas entre genotipos para todos los caracteres considerados, lo que revela que el germoplasma evaluado, contiene amplia variabilidad. Del mismo modo, hubo diferencias altamente significativas entre las generaciones F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> como era de esperarse, excepto para AT y MC, lo que puede ser interpretado como un efecto de la endogamia generada por la autofecundación.

En el Cuadro 2 se muestran las medias de rendimiento de los mejores diez híbridos con base en su comportamiento F<sub>2</sub> respecto a F<sub>1</sub>, combinando los ambientes de riego y temporal.

Los tratamientos 10, 9 y 33 mostraron rendimientos superiores en la segunda generación, con valores de 2,79; 6,22 y 10,96 por ciento respectivamente. Estos tratamientos superaron la media general en esta generación F<sub>2</sub>. La superioridad de estos híbridos experimentales, puede originarse de un efecto de complementación semidominante entre alelos (Fasoulas 1978), y, de ser así, pudiera ser aprovechada como efectos genéticos fijables en generaciones híbridas avanzadas.

Así mismo, los resultados revelaron que hubo otros tratamientos como el 6, 16, 17, 18 y 26 con medias de rendimiento menor en la F<sub>2</sub> respecto a F<sub>1</sub> pero que superaron a la media general de la generación F<sub>2</sub>. Con respecto a la floración, los híbridos experimentales fueron más precoces que los testigos y en altura muy similares al AN-447. En cuanto al acame de raíz, acame de tallo y mala cobertura, los porcentajes fueron relativamente más altos que los testigos, no así para el carácter mazorcas podridas que fue similar.

De 33 híbridos evaluados, solo dos (6,1 %) mostraron rendimientos superiores en la generación F<sub>2</sub> en la evaluación de riego; dos en la de temporal y tres (9,1 %) combinando los datos de las evaluaciones de riego y temporal.

Fue posible obtener híbridos dobles sin depresión endogámica en la generación F<sub>2</sub>, en porcentajes que van de seis hasta nueve por ciento, dependiendo del ambiente de evaluación.

**Cuadro 1.** Cuadros medios de los análisis de varianza combinados del rendimiento y otras características, de los híbridos experimentales evaluados en su primera y segunda generación, bajo los experimentos de riego y temporal. México 1994.

Fuente de variación	Grado libertad	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MC	MP	RE
Loc.	3	3.265,97**	5.475,52**	64.629,10**	27.670,77**	02,76**	68,85* *	77 ,46**	88,95**	162,15**
Rep/Loc	4	15,22	6,66	2.646,49**	1.980,49**	6,21**	1,18	11,00**	1,02	35,37**
Híbridos	65	28,37**	23,94**	583,64**	409,61*	2,33**	1,87**	3,13**	2,15**	5,34**
F1	32	43,20**	31,08**	491,23	246,46	0,67	1,34**	2,05**	1,25	3,48**
F2	32	13,39**	17,27**	666,11 **	524,31 **	2,66**	2,37**	4,32**	2,87**	4,14**
F1 Vs F2	1	33,50**	9,01 **	901,70**	1.720,09**	44,91**	2,73	2,88	7,75**	103,30**
Híbr x Loc	195	19,52**	12,60**	358,55	385,96**	1,05**	0,89**	1,38**	0,77	2,69**
F1 x Loc	96	33,24**	18,71 **	378,76	374,24**	0,78	0,88	1,67**	0,82	2,93**
F2 x Loc	96	4,40	5,50	299,81	328,66*	1,24**	0,79**	1,07**	0,71	1,76**
F1 Vs F2 x Loc	3	64,55**	44,22**	3832,13**	2.613,68**	3,36*	4,58**	2,38	1,42	4,91 **
Error	260	11,56	5,00	385,15	280,19	0,71	0,67	0,99	0,79	1,92
Total	527	35,28	41,31	782,67	503,66	1,66	1,30	1,91	1,45	3,79
CV(%)			4,63	3,00	10,36	18,21	35,62	35,18	26,95	30,54
18,98										
Media			72,70	74,48	189,41	91,91	2,37	2,33	3,69	2,92
7,30										

\*, \*\* Significativo al 0,05 y 0,01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 2.** Combinado de medias de rendimiento y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F2, comparado con su F1 y los testigos, para los ambientes de riego y temporal. México 1994.

Mat.		FM días	FH días	AP cm.	AM cm.	AR%	AT%	MC%	MP%	RE t/ha	Difer%
10	F2	74	75	188	115	4	2	9	2	8,307	2,79+
	F1	73	74	192	101	4	5	12	9	8,081	
9	F2	72	73	190	89	16	9	17	9	8,107	6,22+
	F1	73	74	185	89	4	10	15	9	7,632	
14	F2	73	75	200	100	9	4	12	7	7,781	6,40-
	F1	71	73	194	100	2	4	10	2	8,313	
6	F2	76	77	205	105	13	4	17	9	7,634	10,62-
	F1	73	74	205	106	2	4	17	6	8,541	
33	F2	74	76	195	94	9	7	20	10	7,624	10,96+
	F1	72	74	191	88	2	4	16	8	6,871	
18	F2	72	73	177	80	2	2	9	13	7,366	16,62-
	F1	71	73	177	81	4	2	9	7	8,835	
22	F2	73	74	192	84	4	10	21	16	7,309	1,06-
	F1	74	76	196	102	2	6	10	9	7,387	
17	F2	75	77	193	97	10	8	17	9	7,215	11,50-
	F1	73	75	175	91	2	3	12	6	8,153	
26	F2	74	76	195	99	7	7	10	7	7,209	11,58-
	F1	73	75	175	91	2	3	12	6	8,153	
16	F2	76	77	202	95	10	7	11	10	7,208	11,73-
	F1	75	76	203	99	2	7	15	7	8,166	
Media:										F2=6,950/F1 =8, 119	
AN -44 7		86	88	195	95	5	0	2	15		10,01
AN-450		88	90	213	109	2	0	10	10		12,38

La baja depresión endogámica puede ser atribuida a que los progenitores provienen de distintas bases germoplásmicas y probablemente a que tienen bajos niveles de endogamia ( $S_2$  y  $S_3$ ).

### LITERATURA CITADA

- BUSBICE, T. H. 1970. Predicting yield of synthetic varieties. *Crop Sci.* 10: 265-269.
- FASOULAS, A. 1986. The application of genetics to plant breeding. Pub. No 8. Dept. Gen. Plant Breeding. Aristotelian Univ. of Thessaloniki, Greece. pp. 23-25.
- HERNÁNDEZ, A. J.; REYES C., P. 1986. Estudio de las generaciones F1 y F2 de cruces intervarietales de maíz con genes de enanismo. Memorias del XI Congreso Nacional de Fitogenética. p 230.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, I. H. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Co., New York, p. 158.