

## EFFECTO DE GENERACIONES AVANZADAS EN LA PRODUCCION DE DIFERENTES TIPOS DE HIBRIDOS DE MAIZ

### EFFECT OF ADVANCED GENERATIONS ON THE YIELD OF DIFFERENT TYPES OF MAIZE HIBRIDS

Roberto Valdivia Bernal y Víctor Antonio Vidal Martínez<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El creciente costo en la semilla de maíz, ha obligado a los productores de esta especie, a utilizar semilla de generaciones avanzadas, sin conocer la magnitud del decremento en rendimiento en los actuales híbridos. El objetivo de este estudio fue conocer el efecto en las generaciones avanzadas en diferentes tipos de híbridos de maíz actuales, al comparar las  $F_1$  con sus generaciones  $F_2$  y  $F_3$ . Los tipos de híbridos incluidos fueron: cruza simples, trilineales, dobles e intervarietales. La evaluación se realizó en 1992 en tres regiones temporales del estado de Nayarit, México, a una altura entre 50 a 1000 msnm, bajo buenas condiciones de temporal, encontrándose una reducción media en rendimiento del 45.3% en la  $F_2$  y de 31.5% en la  $F_3$ , en comparación con la  $F_1$ . Los híbridos con mayor reducción fueron los simples con un 50.5% en la  $F_2$  y los de menor los intervarietales con un 39.1%. Los híbridos trilineales y dobles decrecieron su rendimiento en 47.3 y 43.7%, respectivamente. El efecto negativo de las generaciones avanzadas también fue observado en otras importantes características agronómicas, tales como número de días a floración, acame, pudrición de mazorcas y vigor en altura de planta. Se concluye que las generaciones avanzadas tuvieron un efecto negativo importante sobre el rendimiento y otras características agronómicas y por lo tanto no se recomienda su uso a los productores; en casos específicos se aconsejaría el uso de la  $F_2$  en híbridos con mayor número de progenitores.

#### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Híbridos modernos de maíz, híbridos de maíz  $F_2$  y  $F_3$ , rendimiento de grano, características agronómicas.

#### SUMMARY

The increased cost of maize seed hybrid has caused again the commercial usage of advanced generations. The objective of this research was to know the actual reduction in yield in different types of modern maize hybrids.  $F_2$  and  $F_3$  advanced generations were compared to  $F_1$  single, three-way, double and intervarietal hybrids. The evaluation was conducted, during 1992, in three maize growing areas in the Nayarit State of México, 50 to 1000 meters above sea level, under good rainfall conditions. The decrease in yield for the  $F_2$  and  $F_3$  advanced generations was of 45.3% and 31.5%, respectively, with regard to the  $F_1$  original hybrids. The negative effect on the yield was greater for the single hybrids with 50.5% and lesser for the intervarietal hybrids, 39.1%. The three-way and double  $F_2$  hybrids yielded 47.3% and 43.7%, respectively, less than their  $F_1$  hybrids. Negative effects also were observed in others agronomic traits, such as days to silking, lodged plants, ear rot and plant height. The advanced generations in maize hybrids are not suitable for commercial usage still in the actual modern maize hybrids.

#### ADDITIONAL INDEX WORDS

Modern maize hybrids,  $F_2$  and  $F_3$  maize hybrids, grain yield, agronomic traits.

#### INTRODUCCION

La pérdida del vigor híbrido después de autofecundar individuos heterocigóticos, es un fenómeno de importancia práctica para el fitomejorador (Loesch y Zuber, 1971). Fenómeno que ha sido observado en el cultivo del maíz y que ha sido ampliamente analizado recientemente (Márquez, 1988). Los estudios reportados sobre el decremento en

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. Postal 100. C.P. 63300, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

rendimiento en las generaciones avanzadas de híbridos de maíz varían considerablemente. Ramírez *et al.* (1986) encontraron una reducción del 12 al 18% en la  $F_2$  de los híbridos dobles tropicales H-503, H-507 y H-510, formados con generaciones avanzadas sucesivas de las cruza simples progenitoras de  $F_1$  a  $F_5$ . Por otro lado, Espinoza *et al.* (1990) encontraron una reducción en la  $F_2$  del 25% y del 42% en el híbrido simple H-34 y en el híbrido doble H-30, respectivamente, ambos de la región de Valles Altos de México.

Por otro lado, desde los primeros trabajos sobre generaciones avanzadas, reportados en maíz (Neal, 1935; Kiesselbach, 1930) no se ha incluido en un solo estudio el efecto en diferentes tipos de híbridos y particularmente en híbridos comerciales de uso actual. La importancia de este estudio radica en el creciente costo de la semilla híbrida de maíz que ha obligado a una gran parte de productores de Nayarit, estimado en un 20%, a utilizar semilla de segunda y siguientes generaciones. En algunos casos usan mezclas al 50% de semillas  $F_1$  y  $F_2$  del mismo híbrido. Los productores manifiestan que la reducción en rendimiento es mínimo y que de cualquier modo se compensa el costo de semilla. De particular interés fue observar el efecto de una generación avanzada bajo un manejo tecnológico recomendado y otro limitado en su nivel de fertilización. Al respecto, Ruvalcaba (1992) encontró que con el híbrido doble B-840, la reducción en rendimiento de la  $F_2$  con respecto a la  $F_1$  fue de 15% y 10% bajo las condiciones de manejo referidas, respectivamente. Sin embargo, la relación beneficio costo fue 2.52 y 2.41, respectivamente, para el mismo caso; mientras que la  $F_1$  dio una relación de 2.65 y 2.64, respectivamente, para la misma condición. El efecto productivo fue claro pero el económico tendió a equilibrarse. Seguramente este tipo de análisis de producción y productividad la realizan alrededor del 20%

de productores del estado de Nayarit en México, particularmente cuando el insumo semilla es cada vez de mayor costo, donde siembran anualmente 50,000 hectáreas con semilla mejorada de maíz.

El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto productivo, medido a través del rendimiento de grano, y otras características agronómicas, de generaciones avanzadas de maíz de híbridos simples, trilineales, dobles e intervarietales, en comparación con la  $F_1$  correspondiente.

## MATERIALES Y METODOS

En este estudio se utilizaron ocho materiales de maíz que incluyeron los híbridos simples H-422 y H-430; los híbridos trilineales C-343 y P-3288; los híbridos dobles B-840 y B-810; y los híbridos intervarietales HV-313 y 117W. Los niveles de endogamia de los progenitores de los híbridos simples son de tres a cinco generaciones; mientras que las líneas que conforman los híbridos trilineales y dobles son desconocidos, pero se consideran de un nivel similar al de los híbridos simples.

En el ciclo de Primavera-Verano de 1991 se obtuvo la generación  $F_2$  y en el ciclo de Otoño-Invierno de 1991/92, la  $F_3$ ; ambos en Santiago, Ixcuintla, Nay. En cada ciclo se sembraron parcelas de cuatro surcos de 10 m de longitud donde se tuvieron alrededor de 150 plantas por parcela, de donde se polinizaron, en cruzamientos fraternales, de 20 a 30 plantas con polen mezclado de 20 plantas en dos o tres ocasiones.

Los 24 tratamientos se distribuyeron en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela grande agrupó a los híbridos y la parcela chica a sus generaciones. La parcela experimental fue de dos surcos de 5.25 m de longitud, separadas a 80 cm. Un total de 44 plantas por parcela

fueron consideradas para tener una población proporcional a 50,000 plantas por hectárea.

La evaluación se hizo en el ciclo agrícola de Primavera-Verano de 1992, bajo condiciones de buen temporal, esto es, precipitación anual mayor a los 900 mm. Los experimentos se sembraron en San José de Mojarras y en Compostela, estado de Nayarit, México; ambas localidades son representativas de regiones maiceras del Estado, ubicadas entre 800 a 1,000 msnm. Una tercera localidad fue Santiago Ixcuintla en la costa del mismo Estado.

El manejo y conducción de los experimentos se hizo de acuerdo a la tecnología de producción recomendada por el INIFAP (Vidal *et al.*, 1990), la cual incluye como principal variante la fertilización con 100-40-00 para Santiago Ixcuintla, 120-50-00 para San José de Mojarras y 150-70-00 para Compostela.

Las variables analizadas en este estudio fueron el rendimiento (REND) de grano al 14% de humedad, días a floración masculina (FM), altura de planta (AP), por ciento de acame de raíz (PAR) y de tallo (PAT) y por ciento de mazorcas podridas (PMZP) generalmente por enfermedades de la mazorca. Los porcientos fueron transformados por su raíz cuadrada para el análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza combinado de parcelas divididas con las tres localidades, modelo acorde a Martínez (1988), y se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias de las variables.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 1. Se observan diferencias significativas para rendimiento; en las otras variables las diferencias significa-

tivas fueron en mayor número en la parcela grande en comparación a la parcela chica.

En el Cuadro 2 se muestra el efecto sobre el rendimiento, de las generaciones avanzadas de diferentes tipos de híbridos de maíz. En promedio el híbrido de maíz redujo el rendimiento en 45.3% en la segunda generación y de 31.5%, en la tercera generación; esta reducción en rendimiento es relativamente alta respecto a los generalmente reportados en la literatura, los cuales, aunque con diferentes propósitos y condiciones de ambiente y manejo, la mayor parte de las reducciones oscilan entre 15 y 30%. Vázquez (1969) reporta una reducción del 30 y 29% para los híbridos dobles tropicales H-503 y H-507, respectivamente. Este valor es similar a lo observado en este estudio, de 31.5%, pero en la generación  $F_3$ . Espinoza *et al.* (1990) presentan una reducción del 42% en la  $F_2$  en el híbrido H-30. Por otro lado, en una discusión sobre la relación del nivel de heterocigosidad y el comportamiento de genotipos de maíz, Hallauer y Miranda (1981) mencionan que el efecto de una generación avanzada  $F_2$  con respecto al híbrido  $F_1$  es menor en híbridos más recientes; ellos se apoyan en datos presentados por Kiesselbach (1932), quién reportó que las generaciones  $F_2$  tuvieron 46.7% menor rendimiento que las generaciones  $F_1$ ; mientras que Martín y Hallauer (1976) encontraron que las generaciones  $F_2$  tuvieron 30.1% menor rendimiento que las generaciones  $F_1$ . Sin embargo, en el presente estudio se tienen reducciones en rendimiento de 45.3% en  $F_2$  y de 31.5% en  $F_3$ , a pesar de derivarse de híbridos de maíz actuales. La recuperación ligera de la generación  $F_3$ , seguramente se debe a problemas de muestreo, esto es, menos de 100 plantas y efectos parciales de los niveles de endogamia que tienen los progenitores, según es explicado por Márquez (1988). De hecho, el efecto del muestreo y la endogamia ocurrió en la generación  $F_2$ ; la  $F_3$  muestra valores cercanos a los esperados.

Cuadro 1. Análisis de varianza de varios caracteres agronómicos en la comparación de diferentes tipos de híbridos de maíz y sus generaciones avanzadas  $F_2$  y  $F_3$

Cuadros Medios					Factor de		Grados de		libertad	varianción
PMZP	PAT	PAR	AP	FM	REND					
Localidad (L)	2	157 931 314 **	2 391 **	39 198 **	240.0 **	41.0 **	9.2 **	1.1 **	1.0	2.3 **
Rep (L)	9	1 286 121	5	763	3.4 *	1.0	1.1 **	1.0	4.0 **	1.0
Tipos Híbridos (TH)	3	15 940 917 **	139 **	11 593 **	52.0 **	4.0 **	2.3 **	0.7 *	0.6	0.4
L*TH	6	5 773 528 **	5	1 145 *	12.0 **	4.0 **	0.7 *	0.6	0.4	0.5
Rep*TH (L)	27	1 182 478	5	771 **	1.4	0.6	0.7 *	0.6	0.4	0.5
Generaciones (Gen)	2	141 476 515 **	112 **	6 797 **	11.1 **	0.2	6.1 **	0.4	0.9	2.0 **
TH*Gen	6	5 871 883 **	6	1 012	2.1	1.1	0.4	0.9	0.5	2.0 **
L*Gen	4	3 192 705 **	1	6.2	0.5	0.9	2.0 **	0.5	0.9	2.0 **
L*TH*Gen	12	768 797	4	150	1.1	1.1	0.5	0.9	0.5	2.0 **
Error b	216	839 320	4	406	1.4	0.7	0.4	0.9	0.5	2.0 **
Total	287									
Coefficiente de Varianción	24		3	10	53.0	60.0	24.0			
Media	3 888		59	210	2.3	1.4	2.8			

Significancia al 0.05 (\*) y 0.01 (\*\*) de probabilidad.

En el mismo Cuadro 2 y la Figura 1, se puede observar el decremento en rendimiento de las generaciones avanzadas en cada tipo de híbrido. Se observa que los híbridos simples fueron los más afectados con 50.5 y 44.5% de reducción en rendimiento en la  $F_2$  y  $F_3$ , respectivamente. Y así sucesivamente, de mayor a menor afectación, le siguieron los híbridos trilineales (47.3 y 43.8%), los híbridos dobles (43.7 y 17.0%) y los híbridos intervariantes (39.1 y 17.4%). El efecto negativo observado en rendimiento de las generaciones avanzadas está de acuerdo a lo esperado en función al número de progenitores (Neal, 1935; Kimman y Sprague, 1945; Márquez, 1988). Asimismo, la reducción observada en rendimiento de la  $F_2$ , con respecto a los híbridos simples  $F_1$ , es también la esperada (Márquez, 1988). Sin

embargo, la magnitud de la reducción en rendimiento, en la  $F_2$ , de los híbridos trilineales, dobles e intervariantes es mayor a lo reportado por diferentes autores y también de lo esperado de acuerdo al coeficiente de endogamia de los progenitores. Se considera que parte de esta discrepancia puede ser debida a problemas de muestreo y tal vez a falta de adaptación de los progenitores de esos híbridos, los cuales fueron seleccionados en otras regiones, razón por la cual, estos problemas de muestreo, endogamia y adaptación disminuyeron en la generación  $F_3$ .

El efecto de las generaciones avanzadas sobre otras características agronómicas importantes se presentan en el Cuadro 3. Nótese un claro efecto en la  $F_2$  y una

Cuadro 2. Efecto en rendimiento de las generaciones avanzadas  $F_2$  y  $F_3$  en diferentes tipos de híbridos de maíz utilizados en el estado de Nayarit.

Tipos de Híbridos	Rendimiento			% de Reducción respecto a la $F_1$	
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_2$	$F_3$
Cruza simple (x)	4828	2391	2681	50.5	44.5
H-422	4548	2126	2692	53.3	40.8
H-430	5107	2656	2610	48.0	47.7
Cruza trilineal (x)	6270	3307	3515	47.3	43.8
P-3288	6592	3062	3284	53.5	50.2
C-343	5948	3552	3766	40.3	36.7
Cruza doble (x)	5198	2924	4314	43.7	17.0
B-840	5232	2929	4066	44.08	22.3
B-810	5164	2918	4562	43.5	11.7
Cruza intervarietal (x)	4606	2804	3804	39.1	17.4
HV-313	4790	2571	3295	46.3	31.2
117 W	4422	3036	4313	31.3	2.5
Media	5225	2856	3581	45.3	31.5

Tukey  $P \leq 0.05$  Generaciones 290Tukey  $P \leq 0.05$  Tipos de Híbridos 496

recuperación ligera en la  $F_3$ , como sucedió con el rendimiento. Los días a floración masculina tendieron a aumentar, consecuentemente se detectó una correlación negativa con rendimiento. La altura de planta se redujo, esto es, se observó una pérdida de vigor asociada con la reducción de rendimiento. Se observó un mayor acame de raíz y de tallo en las generaciones avanzadas y esta característica estuvo asociada negativamente con rendimiento, aunque sólo el acame de raíz tuvo significancia. Las generaciones avanzadas tuvieron un incremento en mazorcas podridas por lo que se asocia-

ron negativamente con rendimiento. Se observó una menor proporción de mazorcas por planta o prolificidad en las generaciones avanzadas. Estos resultados demuestran que en las generaciones avanzadas también se tuvieron pérdida de calidad y vigor en las características agronómicas estudiadas.

De acuerdo a estos resultados no se aconseja el uso de semilla de generaciones avanzadas de híbridos de maíz actualmente comercializados en Nayarit. Sin embargo, ante el creciente costo de semilla híbrida, si el productor se obliga a sembrar generaciones

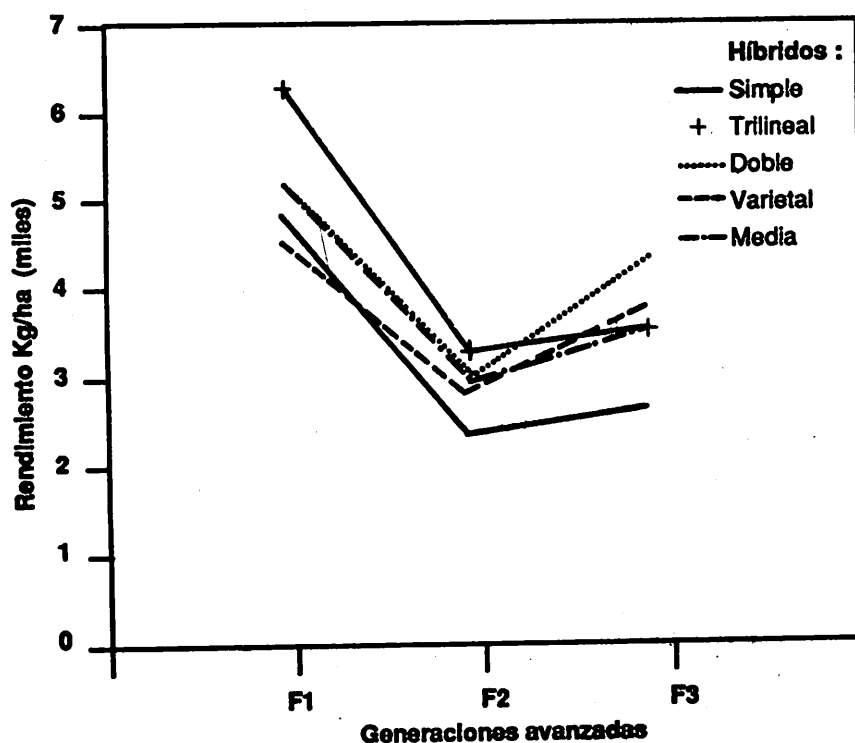


Figura 1. Efecto de las generaciones avanzadas  $F_2$  y  $F_3$  sobre el rendimiento de diferentes tipos de híbridos de maíz.

Cuadro 3. Efecto de las generaciones avanzadas  $F_2$  y  $F_3$  sobre algunas características agronómicas importantes de maíz.

Carácter	Generaciones			Correlación con Rendimiento
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	
Días a floración masculina	58.2	60.3	58.7	- **
Altura de planta (cm)	219.0	202.0	208.0	**
Porcentaje acame raíz	18.3	25.9	19.8	- **
Porcentaje acame tallo	6.8	8.1	7.1	
Porcentaje mazorcas podridas	17.4	27.4	25.5	- **
Prolificidad	0.64	0.51	0.5	**

Significancia al 0.01 (\*\*)

avanzadas convendría que lo hiciera con híbridos de mayor número de progenitores, tales como los híbridos dobles y los intervarietales, particularmente si las condiciones de manejo y ambientales son limitantes.

## CONCLUSIONES

Las generaciones avanzadas de híbridos comerciales actuales de maíz redujeron, en promedio, su rendimiento en 45.3% en la  $F_2$  y en 31.5% en la  $F_3$ , respecto al híbrido original.

Los híbridos simples tuvieron mayor reducción del rendimiento que los híbridos trilineales y dobles en las generaciones avanzadas, con 50.5% en la  $F_2$  y 44.5% en la  $F_3$ . Las cruas intervarietales fueron las menos afectadas con 39.1% en la  $F_2$  y con 17.4% en la  $F_3$ .

La reducción en rendimiento de las generaciones avanzadas tuvo un efecto proporcional al número de progenitores del híbrido; el tipo de híbrido más afectado fue el simple, luego el trilineal, el doble y finalmente el intervarietal.

Los híbridos menos afectados en rendimiento fueron el 117W con 2.5% en la  $F_3$  y el B-810 con 11.7% en la  $F_3$ .

El efecto negativo de las generaciones avanzadas también ocurrió en las otras características agronómicas medidas. Se incrementaron los días a floración, la susceptibilidad al acame de raíz y de tallo, la proporción de mazorcas podridas y disminuyeron la altura de planta y la capacidad de prolificidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Espinoza C., A., M. Tadeo R., y R. Valdivia B. 1990. Capacidad productiva de semilla  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  del híbrido simple de maíz H-34. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Fito-genética. 3-7 de septiembre. Cd. Juárez, Chih. México. p. 371.
- Hallauer, A. R., and J. B. Miranda Fo. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Press. Ames, IA.
- \_\_\_\_\_. 1932. Corn investigations. Nebraska Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 20: 5-151.
- Klesselbach, T. A. 1930. The use of advanced generation hybrids as parents of double cross seed corn. J. Am. Soc. Agron 22: 614-626.
- Kinman, M. L., and G. F. Sprague. 1945. Relation between number of parental lines and theoretical performance of synthetic varieties of corn. J. Am. Soc. Agron. 37: 341-351.
- Loesch, Jr., P. J., and M. S. Zuber. 1971. Influence of population density on the comparative performance of the  $F_1$  and  $F_2$  generations from single crosses of maize (*Zea mays* L.). Z. pflanzenzüchtg. 66:76-86.
- Márquez S., F. 1988. Hibridación y síntesis. Temas complementarios. *EN Genotecnica Vegetal*. Tomo II. Ed. A.G.T. Editor S.A. México. pp. 345-378.
- Martin, J. M., and A. R. Hallauer. 1976. Relation between heterozygosis and yield for four types of maize inbred lines. Egyptian J. Genet. Cytol. 5: 119-135.
- Martínez G., A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. México. pp. 299-314.
- Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. J. Am. Soc. Agron. 27: 666-670.
- Ramírez V., P., Balderas M. y F. Gerón X. 1986. Potencial productivo de las generaciones avanzadas de los híbridos tropicales de maíz H-503, H-507 y H-510. *Fitotecnica* 8: 20-34.

**Ruvalcaba I., B. 1992.** Comparación en la producción de generaciones avanzadas de maíz, en la parte alta del municipio de Compostela, Nayarit. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara, México. 70 pp.

**Vázquez M., A. 1969.** Influencia de las generaciones avanzadas de las cruza simples en el comportamiento de las cruza dobles de maíz tropical. Tesis Profesional Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. pp. 70-95.

**Vidal M., V. A., J. A. Osuna G., M. Trejo S., A. Ríos T. y G. Navarro L. 1990.** Guía para cultivar maíz en Nayarit. Folleto para productores Núm. 7. INIFAP, CIFAP-Nay, SARH. 30 pp.