

DEPRESIÓN POR ENDOCRÍA EN POBLACIONES TROPICALES DE MAÍZ ANTES Y DESPUÉS DE LA SELECCIÓN RECURRENTE DE FAMILIAS DE HERMANOS COMPLETOS

Pedro García¹, Félix San Vicente², Arnoldo Bejarano² y Pablo Quijada³

RESUMEN

Seis poblaciones tropicales de maíz (Suwan-1, Foremaiz-2, La Máquina, Compuesto Thai-1, Tuxpeño RC y Agua Blanca) fueron sometidas a varios ciclos de Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos (SRFHC). Las poblaciones originales (C0), sus ciclos mejorados (Cn) y la generación S1 de las poblaciones originales y mejoradas fueron evaluadas en cinco localidades de Venezuela. El objetivo del estudio fue estimar la depresión por endocría de las poblaciones, antes y después de haber sido sometidas al esquema de mejoramiento intrapoblacional de SRFHC. Las características evaluadas incluyeron el rendimiento de grano (RG), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y floración femenina (FF). La endocría ocasionó una reducción significativa en RG, AP y AM; y un incremento significativo en los días para FF. La depresión por endocría medida sobre RG y AP fue significativamente más alta en las poblaciones mejoradas que en las originales, mientras que las variables AM y FF presentaron porcentajes y tasas de depresión similares en ambas poblaciones. Los resultados sugieren que en las variables RG y AP fueron más favorecidos los efectos de dominancia que en AM y FF. En general, las poblaciones Foremaiz-2 y La Máquina presentaron la mayor depresión por endocría, mientras que la población Agua Blanca registró la menor. Esto sugiere que en esta última población habría existido mayor acumulación de alelos favorables con la selección.

Palabras clave adicionales: Maíz tropical, *Zea mays*, mejoramiento genético

ABSTRACT

Inbreeding depression in tropical maize populations prior and following full-sib recurrent selection

Full-sib recurrent selection (FSRS) was conducted in the following six tropical maize populations: (Suwan-1, Foremaiz-2, La Máquina, Compuesto Thai-1, Tuxpeño RC and Agua Blanca). The original populations (Co), their improved cycles (Cn), and S1 generation of both original and improved populations were evaluated in five locations in Venezuela. The objective of the study was to estimate inbreeding depression of the populations, before and after FSRS. Grain yield (GY), plant height (PH), ear height (EH), and days to silk (DS) were the traits used to estimate inbreeding depression. Inbreeding resulted in a significant reduction in GY, PH and EH and a significant increase in DS. For GY and PH inbreeding depression was significantly higher for the improved than for the original populations, whereas for EH and DS inbreeding depression rate and percentage were similar in both populations. Results suggest that for GY and PH dominance effects were more favored than for EH and DS. In general, Foremaiz-2 and La Máquina showed the highest inbreeding depression, while Agua Blanca showed the lowest. This suggests a greater accumulation of favorable alleles with selection than in Agua Blanca population.

Additional key words: Tropical corn, *Zea mays*, plant breeding

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento en maíz (*Zea mays* L.) es desarrollar líneas altamente endocriadas que puedan tener un uso potencial como parentales de híbridos de excelente comportamiento. Sin embargo, la endocría causa una reducción en el

vigor y productividad, así como también un retardo en la floración (Hallauer, 1989). La reducción en el valor fenotípico promedio con la endocría es un fenómeno genético conocido como depresión por endocría (Benson y Hallauer, 1994).

Teóricamente, la tasa de depresión por endocría es una función de la frecuencia alélica, la dominancia direccional y el número de loci

Recibido: Enero 31, 2003

Aceptado: Noviembre 3, 2003

¹ INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Portuguesa. Apdo. 102. Araure, estado Portuguesa. Venezuela.

² INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2110. Venezuela.

³ Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay 2105. Venezuela.

segregantes (Lamkey y Smith, 1987).

Hallauer y Miranda (1988) en diferentes experimentos de endocría en maíz reportaron una reducción en la media y una relación lineal negativa para los coeficientes de endocría de muchos caracteres de planta y mazorca. Por su parte, San Vicente y Hallauer (1993) estimaron la tasa de depresión por endocría en dos grupos de líneas y encontraron que la depresión fue similar en ambos grupos en nueve de 15 caracteres estudiados.

Helms et al. (1989) sugieren que deben operar dos procesos principales para cambiar la media sobre los ciclos de selección recurrente en una población de tamaño finito: la selección actuando para incrementar la media y la depresión por endocría, debida a la deriva genética, ejerciendo el efecto contrario.

En condiciones tropicales, y particularmente en Venezuela, la información referida a los efectos de la selección recurrente sobre la depresión por endocría en poblaciones de maíz es muy limitada. Este estudio tuvo como objetivo medir los efectos de la depresión por endocría en seis poblaciones tropicales de maíz, antes y después de haber sido sometidas a un esquema de selección recurrente de familias de hermanos completos (SRFHC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material experimental

Dos grupos de germoplasma fueron utilizados: 1) las poblaciones originales (C0) y las mismas poblaciones después de n ciclos de selección recurrente (Cn), y 2) las generaciones S1 de cada población antes y después de la selección recurrente (Cuadro 1). Las poblaciones incluidas en este estudio fueron Suwan-1, Foremaiz-2, La Máquina, Compuesto Thai-1, Tuxpeño RC y Agua Blanca. Estos materiales fueron sometidos a SRFHC durante los años previos y representan algunas de las poblaciones de maíz tropical mejor adaptadas a las condiciones del país. Suwan-1 y Compuesto Thai son de granos amarillos, mientras que las poblaciones restantes son de granos blancos. La procedencia, origen y otras características de las poblaciones fueron presentados por García et al. (1999).

Los ciclos avanzados de mejoramiento de todas las poblaciones fueron originados por SRFHC. Las familias de hermanos completos fueron desarrolladas mediante cruces recíprocos entre

pares de plantas S0 seleccionadas. Las semillas de cada una de las mazorcas de los cruces recíprocos fueron mezcladas para formar las familias. En cada ciclo de selección fueron evaluadas 250 familias, con una intensidad de selección del 30%. Las 250 familias más 6 testigos fueron sembradas en un diseño láttice 16 X 16 en dos ambientes. Los ambientes y criterios de selección de las progenies superiores fueron descritos por García et al. (1999).

Cuadro 1. Poblaciones de maíz, sus respectivos ciclos y generaciones evaluadas

Población	Generación S0	Generación S1
Suwan-1 (SW)	C ₀ , C ₁ , C ₂	C ₀ , C ₁ , C ₂
Foremaiz-2 (FR)	C ₀ , C ₁	C ₀ , C ₁
La Máquina (LM)	C ₀ , C ₁ , C ₂	C ₀ , C ₁ , C ₂
Compuesto Thai-1 (CT)	C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃	C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃
Tuxpeño Resistente a Cogollero (TRC)	C ₀ , C ₁ , C ₂	C ₀ , C ₁ , C ₂
Agua Blanca (AB)	C ₀ , C ₁ , C ₃	C ₀ , C ₁ , C ₃

Semilla de las poblaciones originales (C0) y seleccionadas (Cn) fue sembrada en dos bloques de 150 plantas cada uno. En el primer bloque, las poblaciones fueron incrementadas mediante cruces fraternales, mientras que en el segundo bloque se intentó autofecundar todas las plantas para la obtención de la generación S1. Todas las mazorcas polinizadas fueron cosechadas, secadas y contadas. Un número igual de semillas de cada mazorca fue mezclado para los ensayos de evaluación. De esta manera fue obtenida semilla de un total de 36 tratamientos, 18 entradas no autofecundadas (S0) y 18 entradas constituidas por los mismos genotipos sometidos a una generación de autofecundación (S1).

Diseño experimental y ambientes de evaluación

Los experimentos fueron conducidos en cinco ambientes durante la época de siembra comercial del cultivo (Cuadro 2). Cada experimento fue sembrado en un diseño experimental de bloques completos al azar, con un arreglo en parcelas divididas y 3 repeticiones. Cada parcela principal estuvo representada por el nivel de endocría (S0 o S1). Las subparcelas incluyeron 18 entradas que a su vez correspondieron con los ciclos de las distintas poblaciones. La unidad experimental estuvo representada por una parcela de dos hileras, de

5 m de longitud, utilizando arreglos espaciales de las plantas de 0,8 m entre hileras y 0,5 m entre punto de siembra en la hilera. Se colocaron 3 semillas / punto y posteriormente, a los 15 días, se efectuó un raleo dejando una densidad de población de 50.000 plantas /ha. La información colectada incluyó las siguientes variables: rendimiento de grano al 14% de humedad (RG, t/ha), altura de planta (AP, registrada desde el nivel del suelo al nudo de la hoja bandera, en cm.), altura de mazorca (AM, registrada desde el nivel del suelo al nudo de la última mazorca,

en cm), y días a floración femenina (FF, registrados como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas en la unidad experimental presentaran emisión de estigmas). Todas las variables fueron medidas en las cinco localidades, excepto AM (medida en cuatro localidades) y FF (medida en tres localidades). Todos los experimentos fueron sembrados y cosechados en forma manual, utilizando el manejo agronómico recomendado para el cultivo en cada una de las localidades.

Cuadro 2. Ambientes de prueba de los experimentos

Localidad	Estado	Municipio	Ubicación geográfica	msnm
Maracay	Aragua	Girardot	10° 15'	400
Santa Cruz	Aragua	Santa Cruz	10° 10'	444
La Ceiba	Guárico	El Rastro	9° 00'	150
Agua Blanca	Portuguesa	Agua Blanca	9° 39'	196
La Peña	Yaracuy	Peña	10° 04'	335

Análisis de datos

Los análisis de varianza individual y combinado fueron calculados utilizando la media de cada parcela. En la derivación de la esperanza de los cuadrados medios y para efectuar las pruebas de F, ambientes y repeticiones fueron considerados efectos aleatorios, mientras que genotipos fueron considerados efectos fijos. Previo a la realización de los análisis se comprobaron los supuestos básicos conforme a Steel y Torrie (1988).

Los estimados de la depresión por endocría fueron obtenidos por la comparación de las generaciones S1 con las generaciones no endocriadas, tanto en las poblaciones originales, como en las poblaciones mejoradas, expresada como depresión total en unidades absolutas, como porcentaje de depresión con relación a la S0 y como tasa de depresión con relación a un valor de F = 0,5; tal como se especifica a continuación:

$$DE(C0) = C0(S0) - C0(S1)$$

$$DE(Cn) = Cn(S0) - Cn(S1)$$

$$\%DE(C0) = [C0(S0) - C0(S1) / C0(S0)] \times 100$$

$$\%DE(Cn) = [Cn(S0) - Cn(S1) / Cn(S0)] \times 100$$

$$TDE(C0) = [C0(S0) - C0(S1) / 0,5]$$

$$TDE(Cn) = [Cn(S0) - Cn(S1) / 0,5]; \text{ donde:}$$

DE(C0) = Total de depresión por endocría en la población original, expresada en unidades absolutas.

DE(Cn) = Total de depresión por endocría en la población mejorada, expresada en unidades

absolutas.

%DE(C0) = Porcentaje de depresión por endocría en la población original.

%DE(Cn) = Porcentaje de depresión por endocría en la población mejorada.

TDE(C0) = Tasa de depresión por endocría en la población original.

TDE(Cn) = Tasa de depresión por endocría en la población mejorada.

C0(S0) = Respuesta de la población original en la generación no endocriada (S0).

C0(S1) = Respuesta de la población original en la generación endocriada (S1).

Cn(S0) = Respuesta de la población mejorada en la generación no endocriada (S0).

Cn(S1) = Respuesta de la población mejorada en la generación endocriada (S1).

Se utilizó una prueba de medias pareadas (Steel y Torrie, 1988), para determinar las diferencias en depresión por endocría, dentro y entre poblaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado (no mostrado) reveló que el efecto de la autofecundación sobre las distintas variables, no fue igual en todas las localidades (Figura 1). La endocría originó una reducción altamente significativa ($P \leq 0,01$) de RG, AP y AM y un incremento altamente significativo en FF. Por otro lado, la interacción Nivel de

endocría x Población fue significativa ($P \leq 0,05$) para RG y AM. Finalmente, sólo fue detectado efecto significativo de la interacción Nivel de

endocría x Ciclos/Población para altura de mazorca, lo cual sugiere una mayor variabilidad dentro de las poblaciones para este carácter.

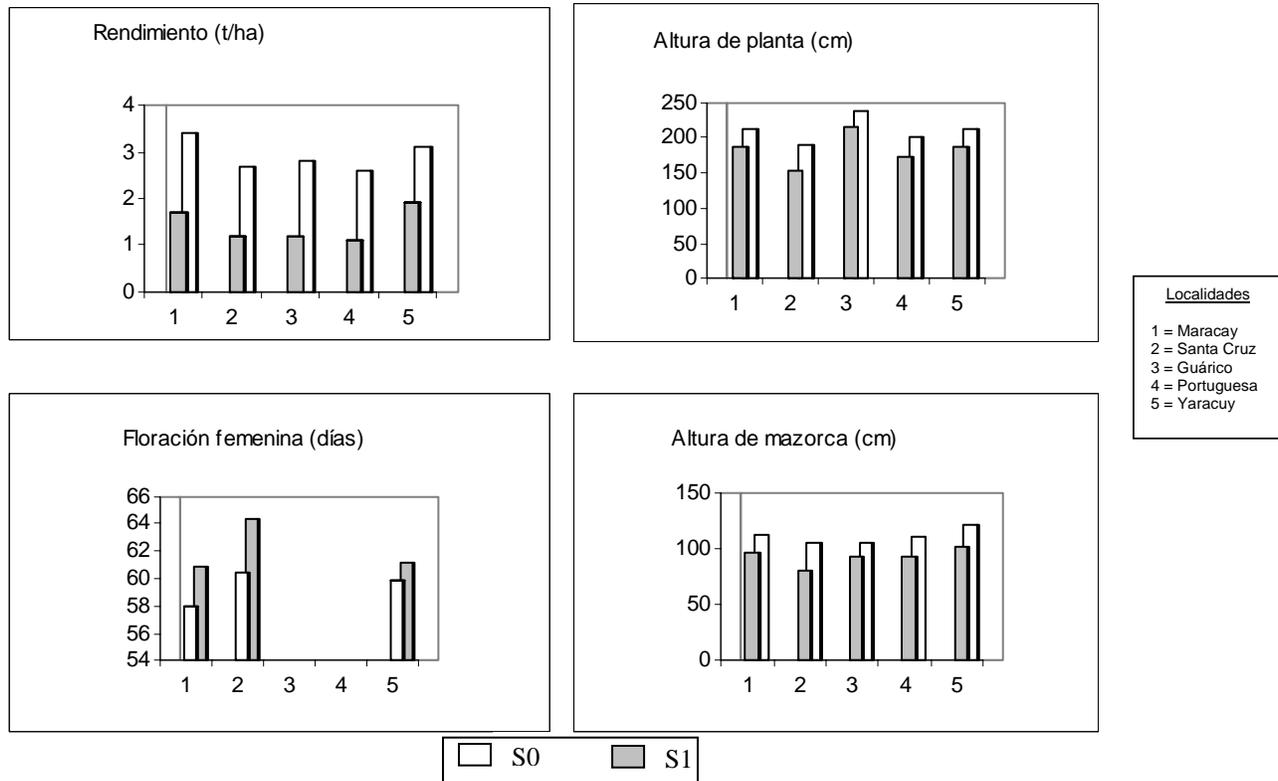


Figura 1. Comportamiento agronómico promedio de poblaciones de maíz bajo dos niveles de endocría (S0 y S1), medido en cuatro variables en diferentes ambientes de Venezuela. Las diferencias estadísticas entre ellos están señaladas en el texto

Todos los materiales mostraron reducción altamente significativa del rendimiento en los diferentes ciclos al ser autofecundados (Cuadro 3). Otros autores también han encontrado reducciones importantes del rendimiento con una generación de endocría en diversas poblaciones de maíz (Vianna et al., 1982, Lima, 1982; Eyherabide y Hallauer, 1991). Los estimados promedios de depresión por endocría fueron de 48,9% para las poblaciones no seleccionadas y 52,2% después de la selección recurrente de FHC. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Rodríguez y Hallauer (1988) y por Vasal et al. (1995), quienes encontraron que la depresión por endocría era menor en las poblaciones mejoradas. El porcentaje de depresión por endocría en las poblaciones originales fue mayor para Foremaíz-2 (59,1%) y menor para Tuxpeño RC (42,5%), lo que pudiera indicar que esta última población manifestó un

menor número de loci heterocigotas o una mayor frecuencia de alelos favorables que el resto de los materiales. En las poblaciones mejoradas, el porcentaje promedio de depresión por endocría fluctuó entre 67,2% (Foremaíz-2) y 37,9% (Agua Blanca) (Cuadro 3).

Las poblaciones La Máquina, Compuesto Thai-1 y Tuxpeño RC presentaron tasas de depresión por endocría significativamente más altas después de la selección en comparación con lo obtenido en las poblaciones originales, mientras que en las poblaciones restantes no hubo cambios significativos en la tasa de depresión con la selección. Estos resultados pudieran indicar que se ha ido incrementando la frecuencia de loci heterocigotas en las poblaciones La Máquina, Compuesto Thai-1 y Tuxpeño RC, lo cual es posible, ya que con el método de SRFH también se favorecen los efectos de dominancia.

Cuadro 3. Depresión por endocría del rendimiento de grano en seis poblaciones de maíz, antes y después de la SRFHC

Población	Rendimiento (t/ha)		Total (t/ha)	Depresión por endocría		Tasa
	S0	S1		C0 (%)	Cn (%)	
Suwan-1 C0	3,75	2,14	1,61**	42,9		0,032
Suwan-1 C2	3,63	2,02	1,61**		44,4	0,032
Promedio	3,8	1,99	1,80	42,9	49,5	0,036
Foremaíz-2 C0	3,74	1,53	2,21**	59,1		0,044
Foremaíz-2 C1	3,88	1,27	2,61**		67,2	0,052
Promedio	3,81	1,40	2,41	59,1	67,2	0,048
La Máquina C0	3,43	1,53	1,90**	55,5		0,038
La Máquina C2	3,48	1,24	2,24**		64,3	0,044
Promedio	3,45	1,41	2,04	55,5	60,9	0,040
Compuesto Thai-1 C0	3,46	1,83	1,63**	47,0		0,032
Compuesto Thai-1 C3	3,85	2,00	1,85**		48,1	0,038
Promedio	3,70	1,95	1,75	47,0	47,3	0,036
Tuxpeño C0	3,20	1,84	1,36**	42,5		0,027
Tuxpeño C2	3,32	1,51	1,82**		54,7	0,036
Promedio	3,28	1,71	1,56	42,5	50,2	0,031
Agua Blanca C0	3,43	1,84	1,59**	46,4		0,032
Agua Blanca C3	3,61	2,09	1,52**		42,2	0,030
Promedio	3,52	2,06	1,42	46,4	37,9	0,028
Promedio Total	3,59	1,75	1,83	48,9	52,2	0,037

** Significación al 1%

Lamkey y Smith (1987) estudiaron el comportamiento y la depresión por endocría de diversas poblaciones representativas de siete décadas de mejoramiento genético en maíz y encontraron que en las décadas más recientes las poblaciones presentaban tasas más altas de depresión por endocría, pero además manifestaban un incremento en el rendimiento, tanto en las generaciones S0, como en la S1. Ellos sugieren que es posible que la frecuencia de alelos favorables estuviera por debajo de 0,5 y haya incrementado en los años más recientes, y/o que las poblaciones de las últimas décadas estaban segregando para un mayor número de loci.

Por otro lado, en las poblaciones Suwan, Foremaíz-2 y Agua Blanca no se observaron diferencias significativas entre las tasas de depresión por endocría antes y después de la selección. Estos resultados son similares a los presentados por Benson y Hallauer (1994) en poblaciones de maíz.

Entre las posibles explicaciones a estos resultados destacan: i) que el rendimiento está influenciado por un número de loci tan grande, que dos o tres ciclos de selección no fueron suficientes para cambiar la frecuencia de alelos

favorables, como para detectar cambios significativos en la tasa de depresión por endocría; ii) que la frecuencia de alelos favorables haya incrementado, pero el número de loci segregantes con desviaciones de dominancia en el rango de dominancia completa a sobredominancia sea menor que los loci segregantes restantes; y iii) la selección para diferentes alelos en cada ciclo de selección.

Además, teóricamente la depresión por endocría es máxima con una frecuencia alélica de 0,5 y tasas similares pueden ocurrir a frecuencias alélicas de 0,1 y 0,9; 0,2 y 0,8; 0,3 y 0,7; 0,4 y 0,6. Por lo tanto, un cambio de estas magnitudes no puede ser detectado en un estudio de esta naturaleza. Sin embargo, no sería lógico pensar que ha ocurrido un cambio en la frecuencia de alelos favorables de la magnitud de 0,3 a 0,7 ó 0,4 a 0,6; porque ninguna de las tres poblaciones presentó incrementos significativos en el rendimiento con la selección. Por tal motivo, es probable que la tasa de depresión por endocría en estas poblaciones no haya cambiado porque no hubo una modificación significativa de la frecuencia de alelos favorables.

Cuadro 4. Depresión por endocría de la altura de planta en seis poblaciones de maíz, antes y después de la SRFHC

Población	Altura de planta (cm)		Depresión por endocría			Tasa
	S0	S1	Total (cm)	C0 (%)	Cn (%)	
Suwan-1 C0	219,1	194,2	24,9**	11,4		0,50
Suwan-1 C2	209,7	183,9	25,8**		12,3	0,52
Promedio	214,0	185,2	28,8**	11,4	14,6	0,58
Foremaíz-2 C0	212,4	184,2	28,2**	13,3		0,56
Foremaíz-2 C1	201,5	167,4	34,1**		16,9	0,68
Promedio	207,0	175,8	31,2**	13,3	16,9	0,62
La Máquina C0	213,9	167,6	46,2**	21,6		0,92
La Máquina C2	212,4	178,6	33,8**		15,9	0,68
Promedio	213,2	180,3	32,9**	21,6	12,4	0,66
Compuesto Thai-1 C0	216,6	189,9	26,7**	12,3		0,53
Compuesto Thai-1 C3	213,7	185,5	28,1**		13,2	0,56
Promedio	214,0	186,9	27,1**	12,3	12,8	0,54
Tuxpeño C0	198,1	184,1	14,0**	7,1		0,28
Tuxpeño C2	200,0	176,1	23,9**		11,9	0,48
Promedio	198,1	177,6	20,5**	7,1	12,0	0,41
Agua Blanca C0	212,7	196,8	15,9**	7,5		0,32
Agua Blanca C3	211,1	186,2	24,9**		11,8	0,50
Promedio	210,5	188,4	21,9**	7,5	11,9	0,44
Promedio Total	209,5	182,4	27,1	12,2	13,4	0,54

**Significación al 1%

Los estimados de depresión por endocría para altura de planta son presentados en el Cuadro 4. Todas las poblaciones presentaron disminuciones altamente significativas en los diversos ciclos de selección al ser endocriadas. La depresión en las poblaciones no mejoradas varió de 7,1% (Tuxpeño RC) a 21,6% (La Máquina), con un promedio de 12,2%, mientras que en las poblaciones seleccionadas el porcentaje incrementó significativamente, oscilando entre 11,9% (Agua Blanca) y 16,9% (La Máquina) con un promedio de 13,7%. En cambio Vasal et al. (1995), trabajando con cuatro poblaciones tropicales de maíz blanco, encontraron que la depresión de la altura de planta disminuyó con la selección, pasando de 15% en las poblaciones originales (C0) a 13% en dos ciclos (C2) de selección.

Los porcentajes más bajos de depresión por endocría en ambas poblaciones (original y mejorada) fueron para Tuxpeño RC y Agua Blanca, lo cual es indicativo de la acumulación de una mayor frecuencia de alelos favorables a este carácter o la presencia de un menor número

de loci en condición heterocigota en estas poblaciones.

Las seis poblaciones en estudio experimentaron una reducción importante en la altura de mazorca al ser autofecundadas (Cuadro 5). Las poblaciones Suwan-1 y La Máquina presentaron un porcentaje de depresión por endocría significativamente más bajo en el ciclo más avanzado que las respectivas poblaciones originales (C0), lo que concuerda con los resultados obtenidos por Benson y Hallauer (1994). La población Foremaíz-2 presentó un porcentaje de depresión por endocría más alto en el ciclo mejorado en comparación con la población original, mientras que el resto de las poblaciones este valor presentó poca variación antes y después de la selección (Cuadro 5). Estos resultados demuestran que la selección fue efectiva en acumular alelos favorables para este carácter en las poblaciones Suwan-1, La Máquina, Compuesto Thai-1 y Agua Blanca.

Los estimados de depresión por endocría antes después de la selección para la floración femenina son presentados en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Depresión por endocría de la altura de mazorca en seis poblaciones de maíz, antes y después de la SRFHC

Población	Altura de mazorca (cm)		Depresión por endocría			
	S0	S1	Total (cm)	C0 (%)	Cn (%)	Tasa
Suwan-1 C0	119,8	102,1	17,7**	14,8		0,35
Suwan-1 C2	113,1	101,7	11,4*		10,1	0,23
Promedio	116,0	101,2	16,8	14,8	14,3	0,34
Foremaíz-2 C0	108,8	95,7	12,9*	11,9		0,26
Foremaíz-2 C1	104,8	85,7	19,1**		18,2	0,38
Promedio	106,7	90,7	16,0	11,9	18,2	0,32
La Máquina C0	112,8	79,9	32,9**	29,1		0,66
La Máquina C2	110,3	87,7	22,5**		20,4	0,45
Promedio	112,7	89,8	23,3	29,1	16,4	0,47
Compuesto Thai-1 C0	118,4	101,5	16,9**	14,3		0,34
Compuesto Thai-1 C3	114,9	96,9	18,0**		15,7	0,36
Promedio	115,6	96,9	18,7	14,3	16,8	0,37
Tuxpeño C0	97,7	90,3	7,3	7,5		0,15
Tuxpeño C2	95,7	86,9	8,7		9,1	0,18
Promedio	97,9	87,1	10,9	7,5	12,8	0,22
Agua Blanca C0	115,8	102,4	13,4*	11,6		0,27
Agua Blanca C3	107,3	93,5	13,9*		12,9	0,28
Promedio	110,2	95,7	15,2	11,6	14,9	0,30
Promedio total	109,9	93,6	16,8	14,9	15,6	0,34

*, ** Significación al 5% y 1%, respectivamente

Cuadro 6. Depresión por endocría en los días a floración en seis poblaciones de maíz, antes y después de la SRFHC

Población	Floración femenina (días)		Depresión por endocría			
	S0	S1	Total (días)	C0 (%)	Cn (%)	Tasa
Suwan-1 C0	59,2	61,6	-2,4**	-4,1		0,048
Suwan-1 C2	58,3	60,3	-2,0**		-3,4	0,040
Promedio	58,6	60,8	-2,2	-4,1	-3,6	0,044
Foremaíz-2 C0	59,7	62,0	-2,3**	-3,4		0,046
Foremaíz-2 C1	58,9	62,4	-3,5**		-6,0	0,070
Promedio	59,3	62,2	-2,9	-3,4	-6,0	0,058
La Máquina C0	61,4	62,5	-1,1	-1,8		0,022
La Máquina C2	61,4	64,7	-3,3**		-5,4	0,067
Promedio	61,4	64,1	-2,7	-1,8	-5,7	0,054
Compuesto Thai-1 C0	60,3	62,5	-2,2**	-3,6		0,044
Compuesto Thai-1 C3	58,6	60,9	-2,3**		-3,8	0,045
Promedio	59,3	61,2	-1,9	-3,6	-3,1	0,038
Tuxpeño C0	59,1	63,4	-4,3**	-7,3		0,086
Tuxpeño C2	59,7	62,7	-3,0**		-5,0	0,060
Promedio	59,5	63,1	-3,6	-7,3	-5,3	0,071
Agua Blanca C0	62,2	63,4	-1,3*	-2,0		0,025
Agua Blanca C3	59,5	61,2	-1,7*		-2,8	0,034
Promedio	60,8	62,1	-1,2	-2,0	-2,0	0,024
Promedio total	59,8	62,2	-2,4	-3,7	-4,3	0,048

*, **Significación al 5% y 1%, respectivamente

Todos los ciclos de las seis poblaciones experimentaron incrementos altamente significativos del número de días a la emisión de estigmas al ser autofecundadas, con excepción del

ciclo 1 de Agua Blanca, donde no se observaron diferencias significativas en ambas generaciones de endocría (S0 y S1). La depresión por endocría en las poblaciones originales tuvo un promedio de -3,8%,

y en las poblaciones mejoradas el promedio fue de -4,4%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Vasal et al. (1995) y Benson y Hallauer (1994), quienes tampoco encontraron reducciones importantes en la depresión por endocria para este carácter.

Las poblaciones Suwan-1 y Tuxpeño presentaron un porcentaje de depresión por endocria menor en las poblaciones mejoradas que el exhibido por sus respectivas poblaciones originales (Cuadro 6), lo cual sugiere que la selección fue efectiva en eliminar alelos deletéreos que incrementan los días a floración en estos materiales. Todo lo contrario ocurrió con Foremaíz-2 y La Máquina. El resto de las poblaciones no presentaron diferencias significativas en la depresión observada en los diferentes ciclos de mejoramiento. Agua Blanca presentó los porcentajes de depresión más bajos en ambas poblaciones (original y mejoradas).

CONCLUSIONES

La endocria ocasionó una reducción significativa en el rendimiento de grano, la altura de planta y de mazorca, y un incremento en la floración femenina en las diferentes poblaciones.

Las variables rendimiento de grano y altura de planta presentaron porcentaje de depresión significativamente mayor en las poblaciones mejoradas que en las poblaciones originales, mientras que altura de mazorca y días a floración femenina presentaron porcentaje de depresión por endocria similar en ambas poblaciones.

Los resultados indican que para rendimiento de grano y altura de planta es posible que hayan sido mayormente favorecidos los efectos de dominancia, mientras que para altura de mazorca y floración femenina es probable que los efectos aditivos hayan sido los más favorecidos.

Las poblaciones Foremaíz-2 y La Máquina presentaron los mayores valores de depresión por endocria en las diferentes características evaluadas.

La población Agua Blanca registró la menor depresión por endocria para las diferentes variables consideradas, lo que sugiere que la selección fue efectiva en incrementar la frecuencia de alelos favorables y en eliminar alelos deletéreos.

LITERATURA CITADA

1. Benson, D. L. y A. R. Hallauer. 1994. Inbreeding depression rates in maize populations before and after recurrent selection. *Journal of Heredity* 85: 122-128.
2. Eyherabide, G. H., and A. R. Hallauer. 1991. Reciprocal full-sib recurrent selection in maize: I. Direct and indirect responses. *Crop Sci.* 31: 952-959.
3. García, P., F. M. San Vicente, P. Quijada y A. Bejarano. 1999. Respuesta a la selección recurrente de familias de hermanos completos en poblaciones tropicales de maíz. *Agronomía Tropical* 49(1): 19 – 40.
4. Hallauer, A. R. 1989. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 35: 1-16.
5. Hallauer, A. R. 1992. Recurrent selection in maize *Plant Breeding Reviews* 9: 115-179.
6. Hallauer, A. R. y J. B. Miranda. 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
7. Helms, T. C., A. R. Hallauer y O. S. Smith. 1989. Genetic drift and selection evaluated from recurrent selection programs in maize. *Crop Sci.* 29: 602-607.
8. Lamkey, K. R. y O. S. Smith. 1987. Performance and inbreeding depression of populations representing seven eras of maize breeding. *Crop Sci.* 27: 695-699.
9. Lima, M. 1982. Introduction of maize (*Zea mays* L.) germplasms as source for downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) resistance. *Maydica* 27: 159-168.
10. Rodríguez, O. A. y A. R. Hallauer. 1988. Effects of recurrent selection in corn populations. *Crop. Sci.* 28: 796-800.
11. San Vicente, F. y A. R. Hallauer. 1993. Inbreeding depression rates of materials derived from two groups of maize inbred lines.

- Rev. Brasil. Genet. 16: 989 – 1001.
12. Steel, R. y J. Torrie 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill/Interamericana. México, D. F.
13. Vasal, S. K., B. S. Dhillon, G. Srinivasan, S. D. Mclean, J. Crossa y S. H. Zhang. 1995. Effect of S3 recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. Crop Sci. 35: 697-702.
14. Vianna, R. T., E. E. Gomes, E. Gama, V. Napolini Filho, J. R. Moro y R. Vencovsky. 1982. Inbreeding depression of several introduced populations of maize (*Zea mays* L.). Maydica 27: 151-157.