

## SELECCION MASAL DIVERGENTE POR PROLIFICIDAD EN MAIZ Y SUS EFECTOS EN LAS CARACTERISTICAS DE LA ESPIGA

ORLANDO MARTÍNEZ<sup>1</sup> HERMES ARAMENDIS<sup>2</sup> MANUEL TORREGROZA C.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Uno de los caracteres más importantes en maíz, es la prolificidad, medida como el número de mazorcas por planta, puesto que es uno de los principales componentes del rendimiento. Se espera que a mayor prolificidad corresponda mayor productividad. Este estudio se realizó con el propósito de evaluar la respuesta directa debida a la selección masal divergente por número de mazorcas por planta en maíz y su efecto indirecto sobre las características de la espiga. La población original correspondió a la variedad sintética de maíz, Harinoso Mosquera I. Sin.2, y sus últimos 9 de 22 ciclos de selección masal divergente. La presente investigación se desarrollo en el Cl.Tibaitatá, ubicado en el municipio de Mosquera, a 2543 m.s.n.m., una temperatura promedio de 14° C y precipitación promedio anual de 750 mm. La selección resultó de un incremento de 1.06 a 1.70 mazorcas por planta (2,32% por ciclo) cuando la selección fue en favor de la prolificidad y una reducción de 1.06 a 0.92 mazorcas por planta (-4,46% por ciclo) cuando fue contraria. El rendimiento estuvo positiva y altamente correlacionado ( $r=0,87^{**}$ ) con prolificidad. El efecto colateral de la selección divergente, no se manifestó en la longitud de la espiguilla (centro y ramificaciones) y el índice de condensación. Se

plantea la utilidad de estas características para la clasificación de las razas de maíz

**Palabras Claves:** Zea mays, ciclos de selección, evolución, respuesta indirecta.

### DIVERGENCE MASS SELECTION FOR PROLIFICACY IN MAIZE AND THEIR EFFECTS OVER THE TASSEL CHARACTERISTICS

#### ABSTRACT

The number of ears per plant or prolificacy is one of the most important traits in maize, since it is one of the mayor yield components. It is expect that to a higher number of ears per plant it would correspond a higher yield. This study was conducted with the purpose of evaluating both the direct response due to divergence mass selection per prolificacy and the correlated response over the male inflorescence. The base population was the synthetic Harinoso Mosquera I Sin. 2, and the last 9 of 22 cycles of divergence mass selection. The study was conducted at the C.N.I. Tibaitatá located in Mosquera, at 2543 m.a.s.l. with an average temperature of 14°C and annual rainfall of 750 m.m. Selection in favor of the trait increased the number of ears per plant from, 1.06 to 1,70 (2,32% per cycle) while selection against the trait reduced it from 1,06 to 0,92 (-0,46% per cycle). Yield was significant and positively associated with the number of ears per plant ( $r=0,87^{**}$ ). There was not found a correlated response with the length spikelet (central and

1. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

2. Programa de Algodón C.I. Motilonia.

3. Ciba-Geigy

ramifications) and the condensation index. It was stated the usefulness of those traits on the classification of the races of corn.

## INTRODUCCION

La selección masal divergente es un método de mejoramiento genético que permite evaluar en una población el efecto de selección en sentidos opuestos, cuando existe suficiente variancia genética aditiva, obteniéndose al final dos poblaciones con diferentes frecuencias de genes determinantes de la característica de interés. Este método es eficaz para medir la respuesta a varios ciclos de selección, al evaluarse simultáneamente y en un mismo experimento las dos subpoblaciones producidas.

En 1960, Torregroza (1974), comenzó un proyecto sobre selección masal divergente por mazorcas/planta en la variedad sintética de maíz, Harinoso Mosquera I Sin.2. Este método de mejoramiento se ha venido evaluando para determinar su efecto sobre varias características de las mazorcas y las plantas, habiéndose obtenido serias modificaciones, en el número de nudos, longitud y tamaño de los entrenudos del tercio medio de la subpoblación prolífica con relación a la no prolífica. Torregroza (1974).

Cárdenas (1979), al determinar el efecto de la selección masal divergente para mazorcas por planta en caracteres, como número de mazorcas por planta, longitud, diámetro y peso de las mazorcas, número de granos por hilera, diámetro y peso de la tusa, grosor, longitud y ancho de los granos por planta de maíz, Harinoso Mosquera I Sin.2, comprobó que ésta fué efectiva para lograr cambios colaterales en algunas características, siendo mayor en unas que otras.

Torregroza (1974), realizó un estudio con el objeto de determinar los efectos sucedidos

en el rendimiento y en el número de mazorcas por planta al cabo de ocho ciclos de selección masal divergente en la variedad sintética de maíz, Harinoso Mosquera I Sin.2, observando que el método fue efectivo para aumentar el rendimiento y el número promedio de mazorcas por planta en los diferentes ciclos de selección de las plantas pertenecientes a la población prolífica; en tanto que, en las plantas de la población no prolífica, sólo se afectó la prolificidad, permaneciendo constante productividad.

La sombra en las hojas debido a las espigas de la plantas de maíz, probablemente reduce la fotosíntesis en la comunidad y por ende en la producción de granos. El efecto del sombreado es pequeño en una densidad de plantas bajas, pero se incrementa con una mayor densidad. El tamaño de las espigas varía con la población de las plantas y la variedad. Duncan *et al* (1967).

Moreno *et al* (1981) al evaluar el efecto de la endogamia en líneas  $S_1$  de la variedad sintética de maíz Blanco Rubí (G) III Sin.3, encontraron que la longitud de la parte ramificada de 14,2 por ciento y el número de ramificaciones de la espiga de 8,9 por ciento con la relación a la variedad parental. Así mismo, Mock y Shuetz (1974) estudiaron el número de ramificaciones de las espigas en generaciones  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  y sus padres, concluyendo que la endogamia fué la responsable de la disminución de estas ramificaciones.

El propósito del presente estudio, fué evaluar los efectos colaterales de la selección masal divergente por número de mazorcas por planta sobre las características de las espigas de maíz y establecer su utilidad en el proceso evolutivo de este cereal.

## MATERIALES Y METODOS

En la presente investigación se utilizaron, como material de estudio, los últimos nueve de 22 ciclos de selección masal divergente por prolificidad en la variedad sintética de maíz Harinoso Mosquera y Sogamoseño, como testigos (Cuadro 1).

Los ciclos estudiados se formaron por selección en cada subpoblación prolífica y no prolífica, sembradas en sendos lotes aislados de iguales dimensiones, utilizándose para la siembra de los posteriores ciclos de selección en dirección opuesta, la semilla proveniente de mezcla mecánica de igual número de granos de las mazorcas seleccionadas. En los diferentes ciclos de selección se aplicó una intensidad de selección del 15 por ciento en la variedad Harinoso Mosquera I Sin.2 Sus ciclos se caracterizan por poseer plantas e inserción de las mazorcas altas, tallos de coloración púrpura; mazorcas de tamaño mediano, forma cilíndrica e hileras irregulares; granos en forma redonda y tamaño mediano de color amarillo y textura harinosa. Maduran aproximadamente a los 20 días y su adaptación es para tierras frías, comprendidas entre 2.400 y 2.800 metros de altitud.

El material genético se evaluó en 1981, en un diseño de bloques completos al azar, con diez repeticiones y veintidos tratamientos. Cada unidad experimental constaba de dos surcos de diez sitios cada uno, con una separación de 0,92 metros entre y dentro de los surcos. El área de las parcelas fue de 18,40 metros cuadrados y 40 plantas por cada surco.

La información obtenida se basó en 10 plantas tomadas al azar en cada una de las parcelas. Las características medidas fueron las siguientes: número de mazorcas por planta, (No.); longitud del pedúnculo (cm), longitud de las ramificaciones de la

espiga (cmi), longitud central de la espiga (cm), índice de condensación, longitudes de las espiguillas de las ramificaciones primarias y secundarias; número de ramificaciones primarias, secundarias y terciarias. Los datos fueron sometidos al análisis de variancia, según el diseño de bloques completos al azar, haciéndose además una descomposición de los grados de libertad. Se realizó también un análisis de regresión lineal para estimar el cambio por ciclo debido al proceso de selección divergente.

## RESULTADOS

La Cuadro 2, muestra los cuadrados medios del análisis de variancia para el número de mazorcas por planta y las características de la espiga. Relativo al número de mazorcas por planta, tanto entre ciclos prolíficos como no prolíficos, se observaron diferencias altamente significativas. La prolificidad se incrementó de 1,06 (ciclo 0) a 1,70 mazorcas por planta (ciclo 22), cuando la selección fue en favor de tal característica y el porcentaje de incremento por ciclo con respecto a la población base fue de 2,32% (Cuadro 3). Cuando la selección fue en contra de la prolificidad, ésta se redujo de 1,06 (ciclo 0) a 0,92 (ciclo 16) y el porcentaje de disminución por ciclo fue de -0,46% (Cuadro 4).

En cuanto a las características de la espiga, en general se encontró (Cuadro 2) que entre los materiales prolíficos no hubo diferencias estadísticas para las longitudes del pedúnculo y de la porción ramificada, igual que para el índice de condensación y la longitud de las espiguillas de las ramificaciones primarias y de la parte central; es decir, no hubo, al menos en este estudio, efectos colaterales de la selección por prolificidad sobre las características mencionadas de la espiga. Este hecho se corrobora, cuando se estimó el porcentaje

de cambio mínimo cuadrático por ciclo de selección en la población prolífica y referenciado al ciclo 0. En la Cuadro 3, se observan solamente diferencias para este cambio, en el número de ramificaciones primarias y secundarias, las cuales fueron de 1,95 (%) y 5,53(%).

Los resultados anteriores no aparecieron tan consistentes, cuando la presión de selección fué en contra de la prolificidad. En este caso se hallaron diferencias altamente significativas para la longitud de la espiga, tanto en la parte ramificada como en la central y notándose además diferencias ( $P < 0,01$ ) para el número de ramificaciones terciarias. Nuevamente la estimación mínima cuadrática, del porcentaje de cambio por ciclo, corrobora el resultado anterior, en el caso de la longitud de la parte central de la espiga (Cuadro 4).

Otro resultado sobresaliente, que se consigna en la Cuadro 2, es la comparación entre el grupo prolífico y no prolífico. Se anota que para todas las características de la inflorescencia masculina, con excepción de las longitudes de la espiguilla y el índice de condensación, las significancias estadísticas fueron del nivel 1%. En cuanto a resultados, finalmente se puede observar que todos los coeficientes de variación (Cuadro 2) fueron bajos, inferiores al 10%, excepto para el número de ramificaciones terciarias, expresado así la buena técnica de campo y conducción del ensayo, para evaluar la selección divergente por prolificidad y su incidencia sobre la inflorescencia masculina.

## DISCUSION

La respuesta lineal a la selección para aumentar el número de mazorcas por planta, positiva y altamente significativa indica en primer lugar, la efectividad de la selección por prolificidad y de otra parte la exis-

tencia de variancia genética en este carácter. Resultados similares, los registraron Cárdenas (1979), Pineda (1983) y Torregroza (1974). El incremento lineal positivo 2,32(%) por ciclo en el número de mazorcas por planta sugiere que después de 22 ciclos de selección, aún existe suficiente variabilidad genética continúa siendo evidente. Así lo confirma la significancia estadística ( $P < 0,01$ ) entre los ciclos prolíficos. Moshi (1982) y Johnson *et al* (1986) han confirmado la existencia de suficiente variabilidad genética en poblaciones de maíz, después de 18 y 15 ciclos de selección, respectivamente, aun cuando estos investigadores seleccionaron por altura de planta y no por prolificidad, como es el caso del presente estudio. Sin embargo, las poblaciones utilizadas correspondían a maíces tropicales.

La selección para incrementar la prolificidad se tradujo también en el rendimiento, como lo comprueba la correlación positiva y altamente significativa (0,87\*\*) entre el número de mazorcas por planta y los kilogramos por hectárea. Torregroza y Arias (1970) citan a Lonquist, quien indica que la prolificidad en maíz puede considerarse como una demostración de mayor-vigor de las plantas. La presencia en una planta de maíz de dos o más mazorcas, potencialmente aptas para formar granos, resulta en una máxima utilización del producto fotosintético, el cuál después de haberse formado en el área foliar y los tallo, se mueve hacia diferentes órganos de almacenamiento como son las mazorcas. A este respecto, Norato (1981) encontró que en las poblaciones prolíficas de maíz, el índice de llenado de granos resultó significativamente superior que en las no prolíficas.

En cuanto a la selección por no prolificidad, se obtuvo en general resultados similares. Esto sugiere la existencia de variabilidad

genética: significancia estadística en el cambio mínimo cuadrático por ciclo de selección (-0,46%) y el cuadrado medio de la fuente de variación no prolífico altamente significativo.

La respuesta a la selección divergente que se manifestó en este estudio, en parte se podría explicar porque en el pasado, como ahora, el aborigen americano ha utilizado el maíz para consumir en choclos. Por tanto se esperaría que sus variedades en general tuviesen la característica de poseer más de una mazorca por planta, como resultado de escoger para semillas las plantas más prolíficas. Sin embargo, esta forma de consumo del cereal tan sólo la practicaban los asentamientos de las zonas altas y no los localizados en los valles interandinos y costas marinas. La población original aquí estudiada, Harinoso Mosquera, es una variedad de maíz de granos harinosos pertenecientes a la raza Sabanero, la cual hace más de 20 años era la que más sembraba en la Sabana de Bogotá. En cuanto al efecto colateral de la selección divergente, en general existió para todos los caracteres de la inflorescencia masculina, excepto para la

longitud de las espiguillas y el índice de condensación ya que ninguna de las comparaciones ortogonales que expresan variabilidad genética fue significativa. Este resultado es relevante desde el punto de vista evolutivo del cereal, porque implica que el índice de condensación y los caracteres de la espiguilla han permanecido estables ante la presión de selección por número de mazorcas por planta. Para los evolucionistas en especies vegetales, es de importancia identificar características que sean estables, bien en condiciones ambientales o que se expresen consistentemente en el tiempo, como ocurre con el índice de condensación y la longitud de las espiguillas. La consistencia en la expresión de un carácter o variable en el tiempo y el espacio o al ambiente en general, es de importancia para la identificación o clasificación botánica del material en estudio; en este caso, para las razas de maíz de las Américas. Previamente, cuando se clasificaron las razas de maíz en Colombia, Roberts *et al* (1957), habían señalado el índice de condensación, como un carácter bastante estable a condiciones ambientales variables.

**Cuadro 1.** CICLOS DE SELECCION Y TESTIGOS EVALUADOS POR EFECTO DE LA SELECCION MASAL DIVERGENTE POR MAZORCAS POR PLANTA EN HARINOSO MOSQUERA I Sin.2. C.N.I. TIBAITATA, 1981.

No. CICLOS PROLIFICOS	No. CICLOS NO PROLIFICOS	No. TESTIGOS
1 H.M.I Sin.14 (2MXIII)	10 H.M. I Sin.14 (1MXIII)	19 ICA V 505
2 H.M.I Sin.16 (2MXV)	11 H.M. I Sin.16 (1MXV)	20 ICA V 506
3 H.M.I Sin.17 (2MXVII)	12 M.M. I Sin.17 (1MXVI)	21 Hso. Mosquera
4 H.M.I Sin.18 (2MXVIII)	13 H.M. I Sin.18 (1MXVII)	22 Sogamoseño
5 H.M.I. Sin.19(2MXVIII)	14 H.M. I Sin.19 (1MXVIII)	
6 H.M.I. Sin.20 (2MXIX)	15 H.M. I Sin.20 (1MXIX)	
7 H.M.I. Sin.21 (2MXX)	16 H.M. I Sin.21 (1MXX)	
8 H.M.I. Sin.22 (2MXXI)	17 H.M. I Sin.22 (1MXXI)	
9 H.M.I. Sin.23 (2MXXII)	18 H.M. I Sin.23 (2MXXII)	

H.M. = Harinoso Mosquera

Sin.= Indica generaciones de recombinación

1 M = Selección por una mazorca/planta

2 M = Selección por dos o más mazorcas por planta.

Números romanos = Ciclos de selección por mazorcas por planta.

**TABLA 2. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO DE MAZORCAS POR PLANTA Y LOS CARACTERES DE LA ESPIGA. C.N.I. TIBAITATA, 1981.**

F. de V.	G.L.	Mazorcas por planta	Longitud Espiga			Índice de Condensación	Long. Espiguillas Ramificaciones			Número ramificaciones		
			Pedúnculo	Ramificación cada	Central		Prim.	Central	Primarias	Secundarias	Tercarias	
Repetición	9	49,1**	7,97**	9,04**	6,73**	0,003	0,03**	0,05**	8,08**	11,7**	0,42	
Genotipos	21	298,0**	5,21**	10,61**	15,51**	0,0006	0,001	0,003	32,07**	155,9**	5,46**	
Prolíficos	8	49,5**	3,62	2,77	4,57**	0,0004	0,00	10,003	13,35**	70,85**	7,20	
No prolíficos	8	12,0**	0,96	3,69**	4,20*	0,0004	0,001	0,003	2,38	3,86	3,50**	
P. vs. NP	1	3948,1**	40,51**	105,34**	243,83**	0,0008	0,005	0,006	135,89**	2247,2**	18,81**	
Resto	4	454,2	8,07	16,42	2,92	0,001	0,004	0,001	102,94	107,05	2,57	
Error	189	8,4	2,48	1,43	1,63	0,0005	0,002	0,002	2,02	2,2	0,29	
C.V. (%)		2,1	8,10	7,59	6,44	2,30	5,25	5,07	6,08	9,80	14,35	

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo 1%

CUADRO 3. PROMEDIOS PARA EL NÚMERO DE MAZORCAS POR PLANTA Y LOS CARACTERES DE LA ESPIGA, PARA LA SELECCIÓN POR PROLIFICIDAD EN LOS NUEVE CICLOS DE SELECCIÓN, CNI TIBAITATÁ, 1981.

Ciclos de Selección	Mazorca por planta	Longitud espigas (cm)			Índice de Central condensac.	Long. espiguillas (cm)			Número Ramificaciones		
		Pedúnculo	Ramificada	Porción		Central	Ramificaciones		Primarias	Secundarias	Tercias
							Primarios	Central			
0	1,06	19,4	15,3	19,4	1,00	0,86	0,91	17,8	9,8	3,03	
13	1,46	19,3	15,8	20,1	1,02	0,90	0,93	21,9	14,0	2,63	
15	1,61	18,5	16,5	19,5	1,04	0,89	0,90	24,0	16,9	3,69	
16	1,51	18,7	16,0	18,8	1,02	0,87	0,90	25,3	17,4	4,13	
17	1,50	18,8	16,3	18,1	1,02	0,88	0,94	25,3	18,9	4,29	
18	1,52	19,0	16,9	18,3	1,03	0,88	0,92	24,9	21,1	3,81	
19	1,56	20,3	16,6	18,6	1,03	0,90	0,92	24,9	20,3	4,23	
20	1,57	18,7	16,7	18,8	1,03	0,80	0,93	25,0	18,2	5,69	
21	1,70	18,6	17,5	17,9	1,03	0,90	0,96	24,4	21,8	4,90	
22	1,61	18,2	17,1	18,8	1,01	0,89	0,91	26,0	22,2	3,73	

Cambio mínimo

cuadrático por

ciclo (%) &

2,32\*\*

-0,15

0,57

0,10

0,05

0,10

1,95\*\*

5,53\*\*

2,64

\* Significativo al 5%\*\* Significativo al 1%& Con base en C.U.

**CUADRO 4. PROMEDIOS PARA EL NÚMERO DE MAZORCAS POR PLANTA Y LOS CARACTERES DE LA ESPIGA, PARA LA SELECCIÓN POR NO PROLIFERIDAD EN LOS NUEVE CICLOS DE SELECCIÓN, C.N.I. TIBAITATÁ, 1981.**

Ciclos de Selección	Mazorcas por planta	Longitud espigas (cm)			Índice de Conden.	Long. espiguillas (cm)			Número Ramificaciones		
		Pedúnculo	Rami-ficada	Central		Primarias	Central	Primarias	Secunda-rias	Terciarias	
00	1,06	19,4	15,3	19,4	1,00	0,86	0,91	17,8	9,8	3,03	
13	1,02	19,9	15,5	19,8	1,02	0,90	0,93	22,3	12,5	3,09	
15	1,00	20,2	15,8	20,9	1,03	0,88	0,90	23,1	12,8	4,57	
16	0,92	20,0	14,8	21,5	1,04	0,91	0,95	23,3	11,1	3,78	
17	0,93	19,8	15,5	21,2	1,03	0,90	0,93	23,3	11,3	4,29	
18	1,01	20,0	15,7	21,4	1,02	0,88	0,92	22,9	12,0	3,23	
19	0,93	19,4	14,5	21,8	1,03	0,91	0,94	22,4	11,9	3,12	
20	0,95	20,0	14,1	20,9	1,02	0,89	0,92	23,3	11,1	2,98	
21	0,95	19,9	15,3	21,6	1,03	0,91	0,91	23,6	12,1	3,09	
22	0,98	19,3	14,6	20,3	1,02	0,90	0,94	22,9	12,2	3,13	

Cambio mínimo

cuadrático por

ciclo (%) &

-0,46\*\*

0,05

-0,21

0,43\*\*

0,11\*

0,21\*

0,08

1,33\*\*

0,84

0,08

\* Significativo al 5%\*\*\* Significativo al 1%& Con base en C.O.



## LITERATURA CITADA

1. CARDENAS G.O. Efecto de la selección divergente para mazorca por planta en varios caracteres de la mazorca de maíz (*Zea mays* L. ). Bogotá, UNC-Ica, 162 p. (Tesis Mag. Sci). 1979.
2. DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S. Tassels and the productivity of maize. *Crop Science* (Estados Unidos) V.7 No.1, p.37-39. 1967.
3. JOHNSON, E.C.; FISHER, K. S.; EDNEADES. G.O. and PALMER, A.F.E. Recurrent selection for reduced plant height in lowland tropical maize. *Crop Science* (Estados Unidos) V.14 No.6 p. 253-260. 1986.
4. MOCK, J.J.; SCHUETZ, S.J. Inheritance of tassel branch number in maize. *Crop Science* (Estados Unidos) V.14 No.6 p.885-888. 1974.
5. MORENO, J.D.; MENDOZA, A.M.; TORREGROZA, C.M. Efecto de la endogamia en líneas S, de la variedad de maíz Blanco Rubí (G) III Sin.3, *Revista ICA* (Colombia) V.16 No.1 p.1-10. 1981.
6. MOSHI, A. Effects of selection for reduced plant height in tropical maize population. Ph. D. diss. Univ. of Minnesota, St. Paul (Diss Abstr 43/08-B: 2412). 1982.
7. NORATO, J.A. Estudio comparativo del crecimiento y desarrollo en variedades prolíficas de maíz (*Zea mays* L.) Bogotá, UNC-ICA, 178p. (Tesis Mag. Sci.). 1981.
8. PINEDA, C.R. Evaluación de 19 ciclos de selección masal divergente por mazorcas por planta de maíz Harinoso Mosquera, Bogotá, UNC-ICA, 143p. (Tesis Mag. Sci.). 1983.
9. ROBERTS, L.M.; GRANT, U.J.; RAMIREZ, R.; HATHEWAY, W.H. and SMITH, D.L., with MANGELSDORF, P.C. Races of maize in Colombia. *Natl. Acad. of Sci. - Natl. Res. Council Publ.* 510. Washington, D.C. 153p. 1957.
10. TORREGROZA, C.M.; ARIAS. F.E. Selección masal por prolificidad y rendimiento en la variedad de maíz. *Fitotécnia Latinoamericana* (Costa Rica) V.2 No.7, p.55-70. 1970.
11. \_\_\_\_\_ Ocho ciclo de selección masal divergente por mazorcas por planta en una variedad sintética de maíz. *Revista Facultad de Agronomía, Medellín* (Colombia) v.24 No.2, p.3-24. 1974.
12. TORREGROZA, C.M. DIAZ, C.; ARIAS, E. Tres artículos científicos sobre métodos de mejoramiento genético y estabilidad fenotípica en maíz. Bogotá, ICA. Programa de maíz y Sorgo 25p. 1974.