

Efecto de la Selección Masal Divergente por Proliferación en Maíz sobre el Diagrama de Entrenudos

MANUEL TORREGROZA C.¹, ORLANDO MARTINEZ W.¹, ISAIAS PULIDO² y G. JIMENEZ³

Resumen. Con el propósito de evaluar el efecto de la selección masal divergente por mazorcas por planta sobre el diagrama de entrenudos en dos subpoblaciones derivadas de la variedad sintética Harinoso Mosquera I Sin.2, se realizó esta investigación en el C.N.I. Tibaitatá en 1980. Los resultados de este trabajo corresponden a los ciclos de selección 12 a 20 de cada subpoblación. Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con 22 tratamientos y diez repeticiones. De cada parcela se tomó una muestra de diez plantas, a cada una de las cuales se les tomó las siguientes características: número total y longitud de los entrenudos, número de entrenudos por debajo y encima de la mazorca superior. Los diagramas de entrenudos por debajo y encima de la mazorca superior. Los diagramas de entrenudos permitieron analizar de una manera integral, las modificaciones en los caracteres medidos. Las plantas de la subpoblación prolífica resultaron más altas, puesto que tuvieron mayor número de entrenudos y más largos que la subpoblación no prolífica. El aumento del número de entrenudos ocurrió por debajo de la mazorca superior. Se observó también que el diagrama de entrenudos de los ciclos de selección de la subpoblación no prolífica fue similar al de la variedad original. Por tanto el efecto directo de la selección masal para incrementar la prolificidad en la población estudiada estuvo acom-

pañada de respuestas colaterales en el número total y longitud de los entrenudos.

Palabras claves adicionales: Métodos de mejoramiento, respuesta colateral, selección directa, selección individual.

DIVERGENT MASS SELECTION FOR PROLIFICACY IN MAIZE AND ITS EFFECT ON THE INTERNODE PATTERN

Summary. This study was conducted at the C.N.I. Tibaitatá in 1980, to determine the effect of divergent mass selection for ears per plant on internode pattern of two subpopulations derived from the synthetic Harinoso Mosquera I Sin.2. The results corresponded to the selection cycles from 12 to 20 of each subpopulation. A randomized complete block design with 22 treatments, 10 blocks was used. From each plot a random sample of ten plants were taken and the following characteristics were measured: number of internodes, internode length and number of internodes above and below the upper ear. The internode patterns allowed to analyze in a integral way, the changes in the characteristics considered: the plants of the prolific subpopulation were higher because they had more and longer internodes than the non-prolific population. The increase of the internode number occurred below the upper ear. It was also observed that the internode patterns of the non prolific population, were similar to the original variety. Therefore, the response to mass selection to increase prolificacy, was accompanied with a collateral response in the number and length of the internodes.

¹ Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

² Sección de Cultivos Asociados, C.E. El Arsenal, Instituto Colombiano Agropecuario.

³ Anteriormente, estudiante de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Additional index words: Breeding methods, correlated response, direct selection, individual selection.

INTRODUCCION

La selección masal es el método de mejoramiento genético más antiguo usado en maíz (*Zea mays* L.). En este caso se escogen plantas por la característica de interés y la base de selección es el valor fenotípico de los individuos; es decir, no existe prueba de progenie alguna para evaluar el comportamiento de los padres que originarán la siguiente generación o ciclo de selección.

Torregroza (1974) inició en 1960 un sistema de selección masal divergente por mazorcas por planta, o sea la selección por prolificidad y no prolificidad, utilizando como material básico la variedad sintética de maíz Harinoso Mosquera I Sin.2. Los resultados de este proyecto de mejoramiento han sido presentados en numerosas publicaciones (Torregroza 1974, Torregroza y Harpstead 1967, Torregroza y Arboleda 1966, Cárdenas 1979, Gaitán y López 1981, Norato y Camacho 1978). En estos escritos se han señalado los efectos directos de la selección para incrementar o disminuir la prolificidad según el caso, así como los efectos colaterales positivos en el rendimiento y sus componentes.

Según Anderson (1949), cada clase de maíz tiene su diagrama característico de entrenudos. Por lo que éste se ha utilizado en la clasificación de las razas de maíz de la América Latina y el Caribe.

El uso del diagrama de entrenudos en fitomejoramiento de maíz, lo ha registrado Muchena *et al.* (1979) en un estudio para determinar en qué punto la selección para reducir la altura de las plantas y la mazorca superior habían modificado el diagrama de entrenudos en dos poblaciones de maíz. Dichas investigaciones encontraron que las plantas de los ciclos avanzados de selección presentaron menor número de entrenudos y más cortos debajo de la mazorca superior que la población original. Además observaron que los diversos ciclos de selección resultaron con diferente diagrama de entrenudos, con relación a la variedad parental.

Los diagramas fueron construidos confrontando la longitud de los entrenudos sucesivos contra el orden de los entrenudos de la base hacia arriba, según la metodología propuesta por Anderson (1949).

El propósito de este trabajo fue el de evaluar los efectos colaterales de la selección masal divergente por número de mazorcas por planta sobre el diagrama de entrenudos de una variedad sintética de maíz, adaptado a clima frío, Harinoso Mosquera I Sin.2. El estudio se realizó en el CNI Tibaitatá, durante 1980.

MATERIALES Y METODOS

Los materiales utilizados en esta investigación corresponde a nueve ciclos (12 al 20) de la selección masal divergente por prolificidad y no prolificidad en la variedad sintética de maíz Harinoso Mosquera I Sin.2, las variedades mejoradas ICA V 505, ICA V 506 y las nativas Harinoso Mosquera y Sogomoseño, como testigos.

La variedad original pertenece a la raza colombiana Sabanero, la cual se encuentra ampliamente distribuida en las zonas altas de Colombia. Esta y sus diferentes ciclos, se caracterizan por poseer plantas e inserción de las mazorcas altas; tallos de coloración púrpura, mazorcas de tamaño mediano, de forma cilíndrica e hileras irregulares. Maduran aproximadamente a los 290 días y su adaptación es para clima frío comprendido entre 2400 y 2800 metros de altitud con una productividad promedio de 3,5 toneladas por hectárea.

El material se sembró en un diseño de bloques completos al azar, con diez repeticiones y veintidós tratamientos. Cada parcela constaba de dos surcos de diez sitios cada uno y cuatro plantas por sitio, con una separación de 92 centímetros entre surcos y sitios. Las características estudiadas se midieron cuando el material estaba fisiológicamente maduro y correspondientes a 10 plantas normales tomadas al azar, en competencia en todas direcciones, y fueron las siguientes: número de entrenudos por planta, a partir de la base del tallo hasta el último entrenudo; número total de entrenudos por debajo y por encima de la mazorca superior; longi-

tud de todos los entrenudos (cm), desde el primer entrenudo por encima del cuello de la planta hasta el último entrenudo del tallo.

La metodología utilizada para elaborar el diagrama de entrenudos correspondió a la propuesta por Anderson (1949), la cual presenta las longitudes de los entrenudos y la porción de la mazorca más alta de la planta. Los números de la escala vertical representan las longitudes de cada entrenudo en centímetros. Los números de la horizontal, el número de entrenudos de la base hacia arriba.

RESULTADOS Y DISCUSION

Número Total de Entrenudos por Planta. En el Cuadro 1 se presentan los promedios para el total de entrenudos por planta de los ciclos de selección en estudio. La variedad original tuvo un promedio de 11,59 siendo el de las poblaciones prolíficas y no prolíficas,

Cuadro 1. Promedios para el número total de entrenudos en los nueve ciclos de selección. C.N.I. Tibaitatá, 1980.

Ciclos de selección	Poblaciones	
	Prolífica	No Prolífica
Centímetros		
C12	13,21	11,96
C13	13,14	12,07
C14	13,40	11,92
C15	13,64	11,91
C16	13,44	12,15
C17	13,38	11,96
C18	13,44	12,23
C19	13,29	11,97
C20	13,97	12,29
Promedio	13,43	12,05
Co	11,59	

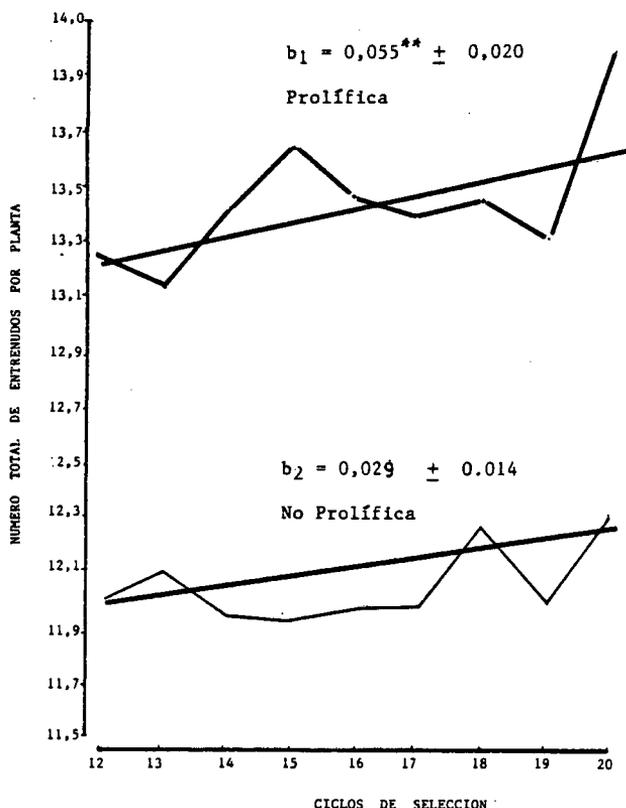


Figura 1. Respuesta en el número total de entrenudos por planta en Harinoso Mosquera a la Selección masal divergente por mazorcas por planta. C.N.I. Tibaitatá, 1980.

de 13,45 y 12,05 respectivamente. Se observó además, una menor variación entre los ciclos no prolíficos que en los prolíficos. Los valores menores y mayores en los no prolíficos fueron de 11,91 y 12,29, mientras que en los prolíficos a 13,14 y 13,97.

La Figura 1, representa el comportamiento y tendencia del número total de entrenudos a través de los nueve ciclos de selección. Los coeficientes de regresión fueron en su orden de 0,055 y 0,029 para la población, prolífica y no prolífica. Solo el primer valor fue estadísticamente significativo ($P < 0,01$), indicativo del efecto colateral de la selección por prolificidad sobre el número total de entrenudos por planta. Al estimar la ecuación de regresión, incluyendo la variedad original (Co), los coeficientes de regresión fueron 0,102 y 0,009 para los prolíficos y no prolíficos, en su orden. El primero continuó siendo significativo ($P < 0,01$) mientras que el segundo no lo fue. Estos resultados se interpretan para la población

prolífica como un incremento de 0,10 entrenudos con ciclo en 20 generaciones de selección, mientras que para la población no prolífica de la selección no afectó el número total de entrenudos de las plantas. De acuerdo con la evaluación de los 8 primeros ciclos de selección de este material, Torregroza (1974) concluyó que al seleccionar por prolificidad, se incrementaba no sólo el número de mazorcas por planta, sino también el rendimiento y no así cuando se seleccionaba en sentido opuesto.

El Cuadro 2 contiene el porcentaje de plantas con diferente número de entrenudos. Se nota que mientras en los ciclos de selección por prolificidad, la porción de plantas con más entrenudos aumentaba considerablemente, en el no prolífico tendía a permanecer constante y similar a la variedad original. Al considerar el mayor porcentaje de plantas con igual número de entrenudos, se encontró que en la población prolífica había trece entrenudos, en cambio en la no prolífica doce.

También se notó que en los prolíficos las frecuencias para los entrenudos 15 y 16 tendían a aumentar, en contra de ningún registro de frecuencia en la variedad original y sólo dos plantas con quince en promedio en los ciclos no prolíficos. En cuanto al entrenudo 10 fue el de menor frecuencia en los prolíficos, si se establece que tan sólo se encontraron 2 plantas con diez entrenudos, mientras que para este mismo entrenudo, resultó un mayor número de plantas en el material no prolífico.

En promedio, las mayores frecuencias sobre el total de 100 plantas, correspondieron a la siguiente forma: para los prolíficos 34 plantas con 13 entrenudos, para los no prolíficos 43 plantas con 12 entrenudos. Estos resultados y los anteriores registrados en el Cuadro 2, corroboran la tendencia expresada por las ecuaciones de regresión de que en la población prolífica hay un incremento significativo del número total de entrenudos por planta, mientras que en los no

Cuadro 2. Frecuencia y distribución de plantas con diferente número de entrenudos en los ciclos de selección. C.N.I. Tibaitatá, 1980:

Ciclos de Selección	NUMERO DEL ENTRENUDO							
	9	10	11	12	13	14	15	16
Prolíficos								
C12			8	20	31	28	9	4
C13			4	23	40	25	4	4
C14		1	2	13	39	33	9	3
C15		1	3	14	25	34	16	7
C16			2	14	35	37	11	1
C17				16	35	31	11	2
C18				19	35	27	17	2
C19			2	11	37	29	18	3
C20			1	6	28	32	25	8
\bar{X}		1	3	15	34	30	13	4
No prolíficos								
C12		4	35	29	25	7		
C13		4	25	38	26	7		
C14		2	26	51	15	5	1	
C15		4	27	44	21	4		
C16		1	18	47	33	1		
C17		2	23	53	20	2		
C18		2	15	48	30	5		
C19		6	24	36	32	2		
C20		2	14	45	31	6	2	
\bar{X}		3	23	43	26	4	2	
Co	2	10	30	44	14			

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el total de entrenudos. C.N.I. Tibaitatá, 1980.

F. de V.	G.L.	C.M.
Bloques	9	0,37**
Tratamientos	21	5,29**
Prolíficos (P)	8	0,61*
No Prolíficos (NP)	8	0,19*
P vs. NP	1	88,90**
Co. vs. P	1	30,61**
Co. vs. (NP)	1	1,73**
Resto	2	1,78**
Error	189	0,15
C. V. (%o)	3,15	

** Significativo con $P = 0,05$

* Significativo con $P = 0,01$

prolíficos la tendencia fue no aumentar y más bien permanecer similar a la variedad original.

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 3. Los cuadrados medios correspondientes a bloques, tratamientos y las comparaciones que incluyen la variedad original, resultaron estadísticamente significativos al nivel del uno por ciento de probabilidad. Con respecto a cada subpoblación fueron significativas al cinco por ciento de probabilidad. El cuadrado medio menor (0,19) provino de la subpoblación no prolífica, indicando así la estabilidad de ésta a las modificaciones del número de entrenudos. El cuadrado medio mayor correspondió al contraste entre prolíficos versus no prolíficos (88,90), lo cual indica la gran divergencia entre las dos subpoblaciones en el número total de entrenudos.

Con base en el análisis estadístico y la discusión de los resultados, la selección masal divergente por prolificidad y no prolificidad aplicada a Harinoso Mosquera I Sin.2, después de 20 ciclos de selección, ha modificado colateralmente el número de entrenudos por planta en la subpoblación prolífica, no así en la subpoblación no prolífica, la cual ha mostrado pocas variaciones con respecto a la variedad original.

Diagrama de Entrenudos. Después de haber escogido el mayor número de plantas con

igual número de entrenudos (Cuadro 2), se constituyeron los diagramas de entrenudos para cada ciclo de selección y población. Los promedios para los diferentes entrenudos se presentan en el Cuadro 4, los triángulos representan el sitio y el número de mazorcas que poseen las plantas. De acuerdo con los resultados del Cuadro 4 se obtuvo que la subpoblación prolífica presentó 13,3 entrenudos en promedio, la no prolífica 11,8 y la variedad original 12,0, dato similar al encontrado cuando se analizó el número total de entrenudos. La subpoblación prolífica ocho y la variedad original ocho, indicando que el incremento de un entrenudo de la población prolífica ocurrió por debajo de la mazorca superior y como consecuencia de un efecto colateral de la selección masal divergente por número de mazorcas por planta. En cuanto al número de entrenudos por encima de la mazorca superior, las diferencias fueron mínimas, pues la variedad original y la subpoblación no prolífica produjeron cuatro entrenudos en promedio, en cambio la prolífica resultó con 4,33.

Los datos relativos a la longitud de cada uno de los entrenudos anotados en el Cuadro 4 muestran, en general, que la subpoblación prolífica originó entrenudos más largos que la no prolífica; en especial, de los entrenudos cinco a diez. Estos resultados y los del análisis de la longitud de los entrenudos registrados por Jiménez y Pulido

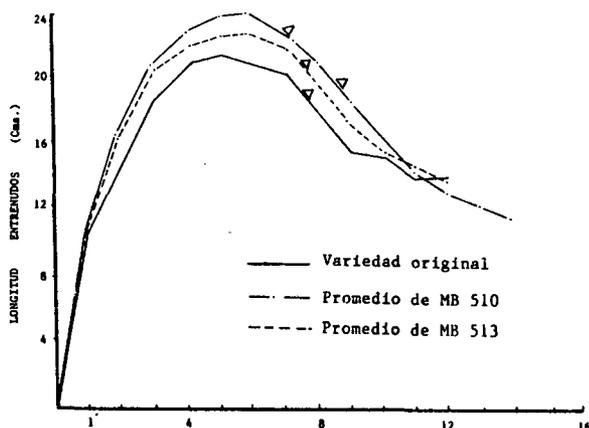


Figura 2. Diagrama de entrenudos correspondiente a los promedios de la variedad original, la subpoblación prolífica y la no prolífica. C.N.I. Tibaitatá, 1980.

Cuadro 4. Longitud (Centímetros) de los entrenudos correspondientes a los diagramas de entrenudos para los ciclos de selección masal divergente por prolificidad. C.N.I. Tibaitatá, 1980.

Ciclo de selección	N U M E R O E N T R E N U D O																
	f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Prolíficos																	
Co	44	10,6	15,2	18,7	20,7	21,4	20,7	21,2	18,1	▽	15,6	▽	15,1	14,2	14,2		
C ₁₂	31	10,5	15,8	19,8	22,7	24,3	24,0	22,1	19,9	▽	17,2	▽	15,8	13,8	12,6	12,4	
C ₁₃	40	10,9	16,2	21,2	22,8	24,4	24,1	22,5	21,4	▽	18,1	▽	15,9	14,3	13,3	13,0	
C ₁₄	39	11,1	16,6	20,7	23,1	23,7	24,3	23,6	21,4	▽	19,8	▽	16,7	15,3	13,7	12,4	
C ₁₅	34	10,2	15,8	20,7	23,3	24,7	24,5	23,7	21,1	▽	18,8	▽	16,1	14,1	12,8	12,3	11,6
C ₁₆	37	10,8	17,2	21,1	22,9	23,8	24,0	23,1	21,9	▽	19,3	▽	16,8	14,7	13,1	12,2	11,1
C ₁₇	35	9,8	17,2	20,1	22,2	23,0	23,3	21,9	20,4	▽	18,6	▽	16,4	14,0	12,7	12,0	
C ₁₈	35	11,4	18,7	22,0	23,9	24,6	24,6	23,1	21,2	▽	19,1	▽	16,3	14,3	13,0	11,9	
C ₁₉	37	11,2	17,4	21,5	23,3	24,3	24,2	23,1	21,2	▽	18,7	▽	16,5	14,6	13,3	11,7	
C ₂₀	32	10,6	15,7	19,3	21,8	23,5	23,7	22,8	21,1	▽	19,5	▽	16,6	14,4	12,8	12,2	11,5
\bar{X}		10,7	16,7	20,7	22,9	24,0	24,1	22,9	21,1	▽	18,7	▽	16,1	14,4	13,0	12,2	11,4

f : Mayor frecuencia de plantas con igual número de entrenudos.

▽ : Posición de la(s) mazorca(s).

Ciclo de selección	N U M E R O E N T R E N U D O														
	f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
No Prolíficos															
C ₁₂	35	11,4	17,4	21,1	22,7	23,6	23,3	21,5	18,7	▽	16,8		14,2	14,0	
C ₁₃	36	9,8	15,6	19,5	21,3	21,6	23,2	21,6	20,4	▽	18,1		15,8	15,2	13,9
C ₁₄	51	11,4	16,5	20,4	21,3	22,3	22,3	22,2	19,9	▽	16,6		16,1	15,6	14,5
C ₁₅	44	10,2	16,2	20,4	22,1	22,3	23,5	22,6	20,1	▽	16,6		15,8	15,2	14,0
C ₁₆	47	10,3	16,1	20,4	22,4	22,9	23,0	22,0	19,6	▽	16,7		15,2	13,5	12,3
C ₁₇	53	10,8	16,7	20,4	21,9	22,1	22,8	21,5	19,5	▽	16,5		14,3	13,8	13,1
C ₁₈	49	10,1	15,8	20,4	22,2	22,7	22,8	22,9	20,7	▽	17,6		16,0	15,7	15,0
C ₁₉	41	11,3	17,0	21,0	23,0	22,7	22,4	21,7	19,3	▽	16,7		15,7	14,3	14,0
C ₂₀	45	10,7	16,6	21,3	21,4	22,7	22,1	22,0	19,4	▽	17,4		16,0	14,7	14,0
\bar{X}		10,6	16,4	20,5	22,0	22,5	22,7	22,0	19,7	▽	17,0		15,4	14,7	13,8

f : Mayor frecuencia de plantas con igual número de entrenudos.

▽ : Posición de la mazorca.

(1982) corroboran el hecho de que los mayores incrementos provienen de dichos entrenudos.

Una visión gráfica de las modificaciones acontecidas, se puede captar mejor en la Figura 2. La longitud promedio de la mayoría de los entrenudos en la población original fueron superados por la subpoblación

no prolífica y éstos a su vez por los de la prolífica.

Los resultados de los diagramas de entrenudos y del número total de nudos, se podrían interpretar como consecuencia de la ventaja fisiológica de los maíces prolíficos sobre los que dan en promedio una mazorca. Teniendo en cuenta que el porte de una

planta de maíz y su capacidad para originar más de una mazorca normal, son dos de los parámetros morfológicos que reflejan el vigor y, en consecuencia darle a este tipo de material una capacidad para originar una mayor productividad. Resultados sobre el mejor comportamiento agronómico de la subpoblación prolífica, comparado con la no prolífica, ambas originadas por selección masal divergente en la variedad Harinoso Mosquera, fueron registrados previamente por Torregroza y Harpstead (1967), Torregroza (1974), Morales *et al.* (1970), Norato y Camacho (1978) y Cárdenas (1979).

En resumen, los diagramas de entrenudos permiten analizar características que se correlacionan con la arquitectura de las plantas, como son: su altura, la longitud de cada entrenudo, el número de entrenudos por encima y por debajo de la mazorca superior, de tal manera que se puedan utilizar para observar de una manera integral las variaciones de las características mencionadas, después de 20 ciclos de selección masal divergente por número de mazorcas por planta.

LITERATURA CITADA

1. Anderson, E. 1949. The corn plant today. Pioneer Hi-bred Corn Company Des Moines 9, Iowa.
2. Cárdenas, G.O. 1979. Efecto de la selección masal divergente para mazorcas por planta en varios caracteres de la mazorca de maíz. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias, Bogotá, Colombia, 81p.
3. Gaitán, G.F. y G. López. 1981. Efecto de la selección masal divergente por prolificidad u no prolificidad sobre el número de nudos y la longitud de los entrenudos del tercio medio en maíz. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, 77p.
4. Jiménez, F.G. y I. Pulido. 1982. Efecto de la selección masal divergente por mazorcas por planta sobre el diagrama de entrenudos de dos subpoblaciones derivadas de Harinoso Mosquera I Sin.2. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá.
5. Morales, J.G., M. Pantoja y M. Torregroza. 1970. Efecto de la mazorca superior sobre el rendimiento de variedades semiprolíficas de maíces de clima frío. Revista ICA, 5(3): 283-306.
6. Muchena, S.C., C.O. Grogan y A.D. Violic. 1979. The effect of recurrent selection for reduction of plant and ear height on internode pattern in two tropical maize (*Zea mays* L.) populations. Can. J. Plant Sci. 59: 143-146.
7. Norato, J. y S. Camacho. 1978. Análisis comparativo del crecimiento en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz (*Zea mays* L.). En: Informe Anual de Progreso. Programa Nacional de Fisiología Vegetal ICA.
8. Torregroza, M. y F. Arboleda. 1966. Selección fenotípica por número de mazorcas por planta en Harinoso Mosquera. II conferencia de mejoramiento de maíz de la Zona Andina, Quito, Ecuador. pp. 15-16. (Mimeografiado).
9. Torregroza, M. y D.D. Harpstead. 1967. Effect of mass selection for ears per plant in maize. A.S.A. Ann. Meeting, Washington, U.S.A. Agronomy Abstracts, p.20.
10. Torregroza, M. 1974. Ocho ciclos de selección masal divergente por mazorcas por planta en una variedad sintética de maíz. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, Colombia, 29(2): 3-24.