

SELECCIÓN RECURRENTE EN MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO ¹

Mariano Mendoza², Arnoldo Oyervides², Luis Latournerie², Humberto de León²

RESUMEN

selección recurrente de maíz para el trópico húmedo. Con el objetivo de determinar el progreso genético alcanzado por la Población 24 para rendimiento y caracteres agronómicos, se evaluaron cuatro ciclos de selección recurrente de hermanos completos con Pedigrí. Los tratamientos (C0, C1, C2, C3 y C4, y tres testigos) se sembraron en dos localidades de Veracruz (Villa Ursulo Galván y Rinconada) en 1995, bajo un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones. Los ciclos evaluados a través de ambientes fueron altamente significativos en las características de acame de tallo, prolificidad y rendimiento. Se observó una mejora del 6,06% por ciclo en acame de tallo, la cobertura se redujo en 12,05% por ciclo, la prolificidad se incrementó 4,92% por ciclo y el rendimiento aumentó en un 3,09% por ciclo. La ganancia por regresión fue de 282,2 kg/ha que significan el 5,54% en relación al tratamiento C0. Los resultados observados, indican que el procedimiento de selección empleado en la formación de los ciclos ha sido eficiente en la acumulación de genes deseables para las variables evaluadas.

ABSTRACT

Recurrent selection in maize under tropical humid conditions. The objective of this study was to evaluate the genetic advancement of four cycles of selection obtained by recurrent selection family full-sib (RSFFS) with pedigree in the 24 Population. Treatments were divided in cycles (C0, C1, C2, C3 y C4) and three controls. This research was carried out in two localities Villa Ursulo Galván and Rinconada at the State of Veracruz, Mexico. A complete randomized block design was utilized with 10 repetitions. The results obtained were an increased 3.09% in yield, an increased in the number of ears per plant 4.92%, a lesser the stalk lodging 6.06%, and an improvement for husk cover of 12.05%. The gain for linear regression was 282.2 kg/ha/cycle is the same a 5.54%.



INTRODUCCIÓN

Este cereal es un cultivo anual importante en el estado de Veracruz, ya que en total se cosechan 862.826 toneladas durante el año en una superficie de 709.976 hectareas. Aún cuando dicho estado cuenta con un gran potencial ecológico para la producción del maíz, los rendimientos obtenidos en la actualidad son bajos (1.212 t/ha), esto obedece a numerosos factores bióticos y abióticos que influyen en el cultivo (Brewbaker, 1985).

La selección recurrente de hermanos completos (SRHC) fue propuesta inicialmente por Mather (1949) como cruza biparentales, al respecto Hallauer y Miranda (1981) mencionan que para cubrir un ciclo de SRHC, al menos se requiere de tres generaciones. Posteriormente Compton y Lonnquist (1982) realizaron una modificación en la cual por ciclo de selección se re-

quieran dos generaciones. Años después, Gómez *et al.* (1986) desarrollaron el método de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí, que permite evaluar los genotipos con base en su aptitud combinatoria general (ACG).

El éxito de la selección depende en gran medida de la estructura genética de la población base que se somete a la selección. Aunque con varios métodos es posible obtener una población con variabilidad genética, no se sabe mucho acerca de los genes individuales en tal población, por lo que es de suponer que en la mayoría de los casos, segregan algunos genes mayores, un número de genes de efecto intermedio o pequeño y muchos con efecto muy pequeño. En consecuencia, en las primeras décadas de este siglo, se difundió la idea de que el rendimiento del maíz había llegado a un tope que difícilmente podía superarse, lo cual propició que el

¹ Financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

² Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah, Méx. Tel/Fax (84) 17-73-61. E mail: postfito@uaaan.mx

mejoramiento genético poblacional cobrará mayor importancia (Eilert, 1985).

Por otro lado debe resaltarse que la selección recurrente explota en mayor grado la varianza aditiva, mejora la media poblacional, mantiene la variabilidad genética, e incrementa la probabilidad de desarrollar híbridos y variedades mejoradas superiores (Chávez, 1995).

De León (1987) al efectuar selección recurrente en familias de hermanos completos con pedigrí en maíz, concluye que al derivar líneas directamente de familias de HC, resulta ser más eficiente que el derivarlas de la población donde se encuentran ya recombinadas. Así mismo, menciona que al utilizar la SRFHC con pedigrí, se evita la endogamia en cada ciclo de selección, ya que este método permite conocer los ancestros comunes en la formación de las nuevas FHC.

Fischer *et al.* (1984) informan que se alcanzan resultados más rápidos, cuando en el procedimiento de selección se incluyen más caracteres, que cuando sólo se estudia el rendimiento del grano. Evaluaron 85 familias de hermanos completos en la población Tuxpeño-1, y después de tres ciclos de selección recurrente para resistencia a sequía, obtuvieron 9,5% de ganancia máxima de rendimiento por ciclo. Determinaron que estas características (tamaño reducido de la espiga, el área foliar y altura de planta) se encuentran asociadas principalmente con una disminución de plantas que no producen mazorcas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población pool 24 fue formada por el CIMMYT en 1982. Los ciclos de selección se obtuvieron a través de familias de hermanos completos con pedigrí. En total se sembraron ocho tratamientos: Cinco ciclos de selección (C0, C1, C2, C3, C4), tres testigos: (VAN 542, VAN 543 y Población 22). La siembra se realizó en dos localidades de Veracruz (Villa Ursulo Galván y Rinconada), con 10 repeticiones cada una, bajo un diseño bloques completos al azar. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de cuatro metros de longitud, una distancia entre surcos de 0,92 m y la distancia entre plantas de 0,18 m, con una densidad de población de 60.000 plantas/ha. Se obtuvieron los porcentajes de acame de tallo, mala cobertura, prolificidad y rendimiento.

Las variables expresadas en por ciento se transformaron para su análisis con $\sqrt{x+5}$. El rendimiento se ajustó por medio de un análisis de covarianza debido que el número de plantas cosechadas por tratamiento fue diferente. La ganancia promedio de rendimiento se

obtuvo por medio de una regresión lineal. Durante el desarrollo del trabajo se presentaron problemas fitosanitarios y de germinación en la semilla del tratamiento (C1), por tal motivo este ciclo no reflejó el potencial de rendimiento, por lo tanto su comportamiento es menor al de la población original.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fuente de variación localidad presentó una alta significancia para todas las variables evaluadas, con excepción de prolificidad que no presentó significancia. Lo que indica las diferencias entre las localidades, debido a la variación existente entre los factores climáticos y edáficos de cada ambiente de prueba. Entre repeticiones y localidades no hubo diferencia significativa para ninguna variable, mientras que tratamientos fueron altamente significativos ($p \leq 0,01$) para todas las variables analizadas con excepción de cobertura de mazorca que no presentó significancia. Esto refleja la variación que existe entre los genotipos evaluados en la expresión de tales caracteres. Para obtener una mejor información del comportamiento de los tratamientos se particionaron en ciclos y testigos, y su contraste.

La fuente ciclos fue altamente significativo para acame de tallo y prolificidad; el rendimiento sólo presentó significancia al 5% de probabilidad. Las diferencias observadas entre los ciclos de selección indican que el comportamiento de los materiales fue diferente a través de ciclos, esto es de esperar dado el mejoramiento que se ha realizado en cada ciclo. Por otro lado, el testigo sólo presentó significancia para rendimiento, lo que permite realizar una comparación del mejor testigo con los ciclos de selección y así obtener información del avance real en el mejoramiento de los materiales para la región.

Cuando se compararon los ciclos de selección versus testigos, el acame de tallo, la prolificidad y el rendimiento resultaron estadísticamente significativos al ($p \leq 0,01$). Estos resultados eran de esperarse, debido a que los tratamientos presenta diferente constitución genética, por lo tanto la respuesta en algunas variables fue diferente. Para la característica cobertura no se observó significancia. En la interacción tratamientos por localidad no se encontró diferencias en ninguna de las variables evaluadas. Por lo tanto, no se procedió a la partición de la suma de cuadrados en sus respectivas fuentes de variación. Lo cual significa que tanto los ciclos como los testigos mostraron estabilidad, y consideró una respuesta similar en ambos ambientes para dichas variables, esto se apoya en que el efecto de localidad presentó alta variación significativa.

En el Cuadro 1, se observan las medias de rendimiento y otras variables de los materiales evaluados a través de localidades. Para la variable acame de tallo los tratamientos: C1, C2 y C4 superaron a la población original (C0), es decir se obtuvo una reducción en esta característica conforme se mejoraba la población. De acuerdo a la DMS cada ciclo formó un grupo al 0,05 nivel de probabilidad. También el tratamiento C4 presentó un menor porcentaje de acame de tallo (19,25) con respecto a los testigos: (VAN 543) y Población 22. En tratamiento C3 el porcentaje de acame de tallo se incrementó en un 69% (34,37%) en relación al tratamiento C2 (20,27%).

Cuadro 1. Concentración de medias de las variables evaluadas en maíz a través de localidades, Veracruz, México. 1995.

Tratamientos	acame Tallo %	cobertura %	prolificidad %	rendimiento t/ha
C0	25,42	8,34	84,42	5,0950
C1	22,35	8,39	83,33	4,1040
C2	20,27	7,07	84,19	5,4720
C3	34,37	7,21	93,82	5,6640
C4	19,25	4,32	101,05	5,7260
ciclos	24,33	7,06	89,36	5,2122
VAN 542	16,14	9,72	90,42	3,3680
VAN 543	22,86	6,72	88,38	4,6160
Pob. 22	19,54	8,63	83,76	4,2970
testigos	19,51	8,35	87,52	4,0940
DMS ¹ (0.05)	0,7346	,4895	9,83	0,9392
DMS ² (0.05)	0,8388	0,5269	10,28	0,9711

¹ DMS al 5 % para ciclos de selección.

² DMS al 5 % para testigos.

La cobertura se redujo de 8,34 valor del tratamiento C0 a 4,32 valor del C4, este último ciclo también fue mejor en relación a los tres testigos y a su media. Cabe señalar que las características mencionadas cobran gran importancia en el trópico húmedo debido a la intensidad de problemas fitosanitarios, ocasionados por fuertes vientos y alta precipitación. Por lo cual se debe dar mayor interés al mejoramiento de estas variables.

En lo que a prolificidad respecta en los ciclos C3 y C4 se incrementó el número de mazorcas por planta en comparación al ciclo C0. Los testigos también fueron superados en este aspecto por los ciclos C3 y C4; esta característica contribuyó positivamente a un incremento en la producción de los últimos.

Para las medias de rendimiento, sólo en el ciclo C1 (4,1 t/ha) no se observó un aumento conforme se mejoraba la población, siendo su comportamiento inferior al observado en el ciclo (C0), una posible causa fue el bajo porcentaje de germinación y problemas fitosanita-

rios, por lo que los datos del ciclo C1 pueden estar subestimados (por qué ANACOVA no corrige esto). Al respecto Chávez (1993) menciona que esta irregularidad de la respuesta se atribuye a errores de muestreo o bien a efectos del ambiente. Por su parte Allard (1978) menciona que puede existir en un momento dado una respuesta nula seguida de una respuesta favorable. Márquez (1992) reporta que la respuesta esperada dependerá de cuantos ciclos de selección se hayan efectuado y como se han evaluados. Sin embargo, si se trata de pocos ciclos la respuesta por ciclo es menos confiable que cuando se evalúan varios ciclos. Por otro lado la producción se incrementó en los ciclos C2, C3, y C4 con respecto al ciclo C0, existiendo una diferencia a favor del ciclo C4 de 631 kg/ha. Este ciclo (C4) también superó a los testigos evaluados, superando en 1.110 t/ha al mejor testigo (VAN 543).

Cuando se analizaron las ganancias a través de los ambientes (Cuadro 2) del ciclo C4 con referencia al ciclo C0, se encontró que la variable acame de tallo aumentó en un (disminuyó) 24,27%, lo que significa que se redujo en promedio 6,06% por ciclo. Por su parte Stromberg y Compton (1989) informan de un avance de 2,8 % por ciclo para esta variable. El ciclo C4 fue superado en un 16,15% en el caso con el mejor testigo (VAN 542).

Cuadro 2. Ganancias obtenidas en maíz por selección y evaluadas en dos ambientes en el año de 1995. Veracruz, México.

Tratamientos	Acame de Tallo (%)	Mala Cobertura (%)	Prolificidad (%)	Rendimiento (t/ha)
C0	25,42	8,34	84,42	5,0950
C4	19,25	4,32	101,05	5,7260
Ganancia ¹	24,27	48,20	19,70	12,38
Ganancia ²	6,06	12,05	4,92	3,090
C4	19,25	4,32	101,05	5,7260
Mejor Testigo	16,14	6,72	90,42	4,6160
Ganancia ³	16,15	55,55	10,52	19,38

¹ Ganancia total del C4 con respecto al C0.

² Ganancia promedio por ciclo.

³ Ganancia entre el C4 y el mejor testigo.

Con el progreso genético en la variable mala cobertura de mazorca (48,20%) se obtuvo una ganancia promedio por ciclo de selección de 12,05%, estos resultados son muy favorables comparados a los informados por Stromberg y Compton (1989), donde de diez ciclos de selección recurrente de hermanos completos, mejoraron el 0,1% por ciclo. Por otra parte la superioridad del 55% del ciclo C4 al mejor testigo (VAN 543) hace posible que este compuesto (C4) pueda ser utilizado como una alternativa en la región.

El mejoramiento para prolificidad fue altamente significativo entre ciclos y entre ciclos vs testigos ($p < 0,01$), por lo que la ganancia es de mayor importancia, ya que es uno de los caracteres que contribuye fuertemente en el rendimiento. Al concluir el experimento en el ciclo C4 se encontró un incremento total de 19,70% que equivale a 4,92% por ciclo. En lo que al mejor testigo (VAN 542) respecta, se observó una diferencia de 10,52% a favor del ciclo C4. En relación a esto Oyervides (1986) menciona que para que el rendimiento se incremente en forma significativa, la prolificidad deberá ser arriba del 25 por ciento. Otros resultados son señalados por Coors y Mardones (1989) que indican un incremento promedio por ciclo de 2,4 y 3,3 por ciento bajo dos niveles de fertilización y dos densidades en 12 ciclos de selección, resultados similares a los que aquí se mencionan. Pandey *et al.* (1991) de cuatro ciclos de selección de medios hermanos informan una ganancia de 5,6 por ciento en mazorcas por planta.

La ganancia genética por selección para rendimiento también es de gran importancia, ya que si no existe una mejora subsecuente en la población no se justifica realizar una investigación. En este trabajo se observó un progreso total de 12,38% al término del ciclo C4, lo que representa 3,09% por ciclo, lo que es igual a 0,631 t/ha, que se incrementaron en los cuatro ciclos mejorados. El ciclo C4 superó al mejor testigo (VAN 543) en 19,38%, lo que significa 1.110 t/ha. Existen algunos resultados realizados por Tanner y Smith (1987), que indican que al evaluar ocho ciclos de selección se obtuvo un 2,2% de incremento. Por su parte Pixley *et al.* (1993) concluyen que el rendimiento se incrementa a un ritmo anual de 261 y 385 kg/ha al evaluar tres ciclos en dos poblaciones de maíz. Otro resultado es el de Stromberg y Compton (1989) donde de diez ciclos, se informó de un progreso genético de 1,2% por ciclo. Ceballos *et al.* (1994) informan de un avance de 4,21% en tres ciclos de selección recurrente de hermanos completos.

Cabe señalar que existió una mejora genética en la mayoría de las características, y algunas estuvieron muy correlacionadas con el rendimiento o bien indirectamente contribuyeron a un incremento en la producción. Esta situación propicia que en ciclos posteriores se le de énfasis a estas variables.

La ganancia promedio obtenida a través de regresión para rendimiento fue de 282,2 kg/ha/ciclo que equivale a un 5,54 en relación al ciclo (C0).

CONCLUSIONES

A través de los cuatro ciclos de selección se observó un incremento en rendimiento de 3,09 % por ciclo, una mejora en el acame de 6,06 % por ciclo, la mala cobertura de mazorca se redujo en 12,05 % por ciclo y la prolificidad se incrementó en 4,92 % por ciclo. Esto significa, que la selección fue efectiva en la acumulación de alelos favorables para estas variables. Las ganancias observadas sugieren que existe suficiente variabilidad genética en la población y que se puede continuar con el mejoramiento de la población, ya que se han obtenido resultados satisfactorios con el método de mejoramiento empleado.

LITERATURA CITADA

- ALLARD, R.W. 1978. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega, S. A. Barcelona, España. pp. 194-209.
- BREWBAKER, J. L. 1985. The tropical environment for maize cultivation. Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. A. Brandolini y F. Salamini. Ed. FAO. Roma, Italia. pp. 10-22.
- CEBALLOS, H.; PANDEY, S.; KNAPP, E.B.; DUQUE, J.V. 1994. Tolerancia a suelos ácidos en poblaciones tropicales de maíz del CIMMYT. *Agronomía Mesoamericana*. 5:96-103
- CHÁVEZ, J.A. 1995. Mejoramiento de las plantas II. 2a Ed. Ed. Trillas. México, D. F. pp 21-103.
- COMPTON, W. A.; LONNQUIST, J.H. 1982. A multiplicative selection index applied to four cycles of cull-sib recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 22(5):981- 983.
- COORS, J.G.; MARDONES, M.C. 1989. Twelve cycles of mass selection for prolificacy in maize. Direct and correlated responses *Crop Sci.* 29:262-266.
- DE LEÓN, C. H. 1987. Selección recurrente de familias de hermanos completos con pedigrí en maíz. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. Méx. 121 p.
- EILERT, H. G. 1985. Genética cuantitativa II. Selección. Ed. Pugliese Siena S.R.L. Córdoba, República de Argentina. pp. 110-170.
- FISCHER, K. S.; JOHNSON, E.C.; EDMEADES, G.O. 1984. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CIMMYT. El Batán, México. pp. 1-20.

- GÓMEZ, J.G; DE LEÓN,H.C.; RODRÍGUEZ, H.S. 1986. Selección recurrente de hermanos completos con pedigree. XI Congreso Nacional de Fitogenética. Guadalajara, México.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA, J.B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University. Press/Ames. pp 159-294.
- MATHER, K. 1949. Biometrics Genetics. Mathuen, London.
- MÁRQUEZ,S.F. 1992. Genotecnia vegetal. Métodos teoría y resultados. Tomo II. AGT editor S.A. México, D.F. pp. 153-212.
- OYERVIDES, G. A.. 1986. Estudio de la importancia económica de tres caracteres morfológicos del maíz. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Montecillos, México. 151 p.
- PANDEY, S.; VASAL, S. K.; DEUTSCH, J. A. 1991. Performance of open pollinated maize cultivars selected from tropical maize populations. 31(2): 785-790.
- STROMBERG, L.D.; COMPTON,W.A. 1989. Ten cycles of full-sib selection in maize. Crop Sci. 29:1170-1172.
- PIXLEY, A. L; CALDERÓN,C; SALAS, C.; JIMÉNEZ,K. 1993. Evaluación del quinto ciclo de selección recurrente en dos poblaciones de maíz para tolerancia a pudrición de mazorca. Publicado en síntesis de resultados experimentales del PRM. Costa Rica. Vol. (4) 85-88.
- TANNER, A.H.; SMITH, O.S. 1987. Comparison of Half-sib and S1 recurrent selection in the crop krug yellow dent maize populations. Crop Sci. 27:509-513.