

MEMORIAS



**IV REUNIÓN LATINOAMERICANA Y
XVII REUNIÓN DE LA ZONA ANDINA
DE INVESTIGADORES EN MAÍZ**

Agosto 10 al 17 de 1997

Corpoica Regional 2 - Cereté y Cartagena de Indias, Colombia

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



MEMORIAS

IV REUNIÓN LATINOAMERICANA Y XVII REUNIÓN DE LA ZONA ANDINA DE INVESTIGADORES EN MAÍZ

© CORPOICA – CIMMYT

Editores	De León Carlos Narro Luis Reza Sony
Descriptores AGROVOC	Maíz; Zea mays; Germoplasma; Fitomejoramiento; Fisiología vegetal; Fitopatología; Manejo del cultivo; Entomología; América del Sur; Región Andina
Códigos de categorías AGRIS	F30 Genética vegetal y fitomejoramiento F01 Cultivo
Clasificación decimal Dewey	633.1553
ISBN	968-6923-76-4

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Fotomecánica, impresión y encuadernación



Teléfonos: 285 7311 – 288 5338

Diagramación: Édgar A. Agudelo Farfán

Impreso en Colombia
Printed in Colombia



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Efecto de la Selección Recurrente en la Población de Maíz (*Zea mays* L.) SA3, Tolerante a Suelos Ácidos.

M. Cavicedes, C. L. Souza, L. Narro, S. Pandey y J. C. Pérez.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Iniap). Quito, Ecuador; Departamento de Genética Esalq/USP, Piracicaba, S. P., Brasil; y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt). Cali, Colombia.

Resumen

Se seleccionaron los ciclos 2, 5, 8, 11, 14, 16, 18 y 20 de la población SA3 del Cimmyt de maíz amarillo duro tolerante a suelos ácidos, con el objetivo de evaluar la ganancia debida a la selección, medir el cambio en la frecuencia de homocigotas y heterocigotas, tanto en el ciclo 2 como en el ciclo 20 y cuantificar el efecto de la deriva genética. Para tal fin, se evaluaron 100 entradas formadas por cada uno de los ciclos *per se* (C), la autofecundación de cada uno de los ciclos (CA), la F1 de un dialelo entre ciclos, la f2 de este dialelo, originada tanto por autofecundación como por cruza fraternal. Los ensayos se evaluaron en 12 ambientes, con y sin suelos ácidos, utilizando un diseño látice con 3 repeticiones. En este estudio solo se reportan los resultados de la ganancia de rendimiento de C y CA, tanto cuando se utilizó el método de selección mazorca hilera modificada (MHM) (ciclos 2 al 16) como el de hermanos completos (HC) (ciclos 18 y 20). Las ganancias por ciclo para MHM y HC en rendimiento de grano fueron 0.82 y 0.92%, para C y CA, respectivamente; la ganancia por ciclo, dentro de C fue de 1.99 y 1.62%, y dentro de CA fue de 0.26 y 4.53%, respectivamente. Los resultados obtenidos en la evaluación bajo condiciones de suelo ácido permiten concluir que la población SA3 posee potencial como fuente de germoplasma básico para desarrollar líneas, variedades e híbridos más productivos.

Introducción

La ocurrencia de suelos ácidos en los trópicos es muy común; estos tipos de suelos cubren una significativa parte de 48 países en desarrollo, y comprometen 1660 millones de hectáreas (M ha). Más de 80% de las tierras agrícolas en los trópicos de Suramérica son suelos con características de acidez; el área bajo vegetación de cerrado en el Brasil ocupa 204 M ha, representando 22% del territorio brasileño (Cimmyt, 1996). El daño en suelos ácidos es causado por la toxicidad del aluminio; el desarrollo de las raíces del maíz es inhibido en los suelos ácidos, resultando en menor absorción de nutrientes y humedad. Según varios autores (Bahia Filho *et al.*, 1978; Magnavaca *et al.*, 1988), la combinación de prácticas de corrección parcial de suelo, con la adaptación y uso de cultivares tolerantes, puede ofrecer una solución satisfactoria y económica al problema. La existencia de variabilidad genética y la herencia a la tolerancia a la toxicidad del aluminio han sido estudiadas y reportadas por varios autores (Magnavaca, 1982; Lima *et al.*, 1992; Duque *et al.*, 1994; Parentoni *et al.*, 1995; Borrero *et al.*, 1995). Estos estudios indican que la tolerancia a suelos ácidos puede ser incrementada con selección recurrente basada en pruebas

en varios ambientes, con el objetivo de mejorar el rendimiento de grano y otras características agronómicas.

El principal objetivo de la selección recurrente es el de aumentar gradualmente la frecuencia de alelos favorables, de caracteres considerados importantes en una población después de varios ciclos de selección, manteniendo la variabilidad genética. Además de que con el incremento de la frecuencia de alelos favorables en la población, podría incrementarse la probabilidad de seleccionar líneas que contengan estos alelos para la producción de híbridos (Smith, 1979; Souza Junior, 1989; Hallauer, 1990).

Progresos por selección para tolerancia a suelos ácidos en maíz han sido reportados por varios autores. Resende *et al.* (1997) estimaron progresos por selección para rendimiento de grano basados en la media de dos ambientes contrastantes, de 3.95% en suelo ácido (SA) y 4.54% en suelo fértil (SF) y concluyeron que este tipo de selección lleva a mayor progreso medio en los dos ambientes. Lima *et al.* (1992), obtuvieron un cambio medio para dos ciclos de selección positiva y negativa en solución nutritiva de 15.1% por ciclo para rendimiento de grano, 5.6% por ciclo para altura de planta y 3.6% por ciclo para altura de mazorca. Por otra parte, Pandey *et al.* (1995) estimaron la respuesta a la selección en 18 ciclos de la población SA3, y reportaron una ganancia en rendimiento de grano de 1.76% utilizando selección combinada de medios hermanos modificada (MHM) y hermanos completos (HC); de 11.29% para selección de HC y 1.28% para selección de MHM, bajo condiciones de suelo ácido.

Considerando la importancia de la selección recurrente para tolerancia a suelos ácidos y la necesidad de incrementar la información disponible, el objetivo de este artículo es el de reportar el progreso por selección recurrente sobre 20 ciclos de selección combinada de MHM y HC, evaluados bajo condiciones de suelos ácidos y fértiles.

Materiales y Métodos

Los ciclos *per se* y autofecundados (S1) 2, 5, 8, 11, 14, 16, 18 y 20 de la población SA3, fueron evaluados bajo condiciones de SA y SF. Progresos por selección sobre todo los ciclos de selección combinada de MHM y HC; sobre los ciclos 2, 4, 5, 8, 11 y 14 usando MHM y sobre los ciclos 2 y 4 usando HC fueron estimados; el ciclo 16 de MHM fue el ciclo 0 de HC. Los ensayos fueron conducidos en 7 ambientes en Colombia y Brasil; cuatro de los cuales tuvieron SA y tres SF. Los ambientes con SA fueron: Carimagua (Colombia) con 65% de saturación de aluminio y 10 ppm de fósforo (P), pH 5.2; Santander de Quilichao (Colombia) con 65% de saturación de aluminio y 10 ppm de P, pH 4.5; Villavicencio (Colombia) con 50% y 65% de saturación de aluminio y 10 ppm de P, pH 4.3% y 4.1%, respectivamente. Los ambientes con SF fueron: Palmira (Colombia) pH 7.2; Piracicaba (Brasil) pH 6.0 y Santa Cruz das Palmeiras (Brasil) pH 6.4. Un diseño de látice 10 x 10 fue utilizado con tres repeticiones por cada ambiente. El tamaño medio de parcela fue de 1 surco de 5 m de longitud, 0.75 m entre surcos y dos plantas por sitio. Fue realizado el control de malezas e insectos, de acuerdo con su presencia en cada ambiente; la siembra y la cosecha fueron realizadas manualmente. El rendimiento de grano fue calculado como 80% del peso de la mazorca ajustado a 15% de humedad; fueron registrados los datos de días a floración femenina, altura de planta y de mazorca.

Fueron calculados los análisis de varianza, usando el procedimiento GLM (SAS Institute, 1988), con ciclos *per se* y autofecundados (S1), considerados como fijos en ambientes como efectos aleatorios. Con la finalidad de incrementar la precisión experimental y disminuir el error, los rendimientos de grano fueron ajustados para el número promedio de plantas, utilizando el método de corrección por covarianza, descrito por Steel & Torrie (1960).

Utilizando las medias ajustadas de los ciclos *per-se* y ciclos *per-se* autofecundados (S1) de los análisis combinados de los experimentos, se realizaron los análisis de regresión; el coeficiente de regresión (b) del comportamiento sobre ciclos de selección para rendimiento de grano, días a la floración femenina, altura de planta y de mazorca fueron estimados usando el procedimiento IML del SAS.

Resultados y Discusión

Fueron observadas diferencias altamente significativas a través de los ambientes con SA y con SF para los caracteres rendimiento de grano, días a la floración femenina y altura de planta y de mazorca. Los cuadrados medios del error y los coeficientes de variación para los cuatro caracteres en el análisis combinado, fueron mayores en ambientes con SA que en los ambientes con SF. Estos resultados son un indicativo de que la precisión experimental fue más alta en ambientes con SF, lo que está de acuerdo con lo expresado por Granados *et al.* (1993), que consideran que bajo condiciones de SA la precisión de los experimentos es generalmente baja y los coeficientes de variación pueden ser de mayor magnitud.

Los tratamientos difirieron ($P < 0.01$) para los cuatro caracteres; la interacción localidades x tratamientos fue altamente significativa solo para rendimiento de grano. Este resultado puede atribuirse a que el carácter rendimiento de grano se caracteriza por ser muy influenciado por las condiciones ambientales y los caracteres días a la floración femenina, altura de planta y de mazorca tienen heredabilidad alta y, por lo tanto, interaccionan poco con el ambiente. Varios autores reportan valores intermedios a altos para estos tres caracteres en poblaciones de maíz tolerantes a suelos ácidos (Duque *et al.*, 1994; Borrero *et al.*, 1995).

Las estimaciones de la ganancia por selección medida a través del coeficiente de regresión (b) entre ambientes con SA y SF para los ciclos *per se* de selección combinada de MHM y HC fueron no significativas ($P < 0.01$ y 0.05) para todos los caracteres (Cuadros 1 y 3). A través de ambientes con SA y SF para ciclos *per se*, el rendimiento promedio de grano fue de 3.25 t/ha y 5.72 t/ha respectivamente; la ganancia estimada por selección fue de 36 kg/ha por ciclo (0.82%) y de 14 kg/ha por ciclo (0.33%), respectivamente. Esta respuesta es un indicativo de que el mejoramiento para tolerancia se logró considerando los cuatro ambientes con SA. Se han reportado ganancias por selección para suelos ácidos en la población SA3 de igual dirección pero de diferente magnitud (1.76% vs 0.82%) a las encontradas en este estudio (Pandey *et al.*, 1995). Bajo ambientes con SF, las ganancias para rendimiento de grano tuvieron la misma dirección pero de mayor magnitud a la reportada por estos mismos autores (0.33% vs 0.08%). Estos resultados son un indicativo de que incrementos de respuesta a selección con incrementos en los niveles de saturación de aluminio no tuvieron efecto sobre el rendimiento de grano en SF.

Para ciclos *per se* de selección combinada de MHM y HC, los días a la floración femenina y la altura de planta tuvieron menores magnitudes tanto en SA (-0.07% y -0.007%) como en SF (-

0.02% y -0.012%). La altura de mazorca mostró una magnitud y dirección diferente a través de los dos tipos de ambiente 0.42% y -0.07%, respectivamente. Estos resultados indican que no existieron cambios significativos en el comportamiento de los tres caracteres a través de ambientes de SA y SF.

Las ganancias para rendimiento de grano para ciclos *per se* de selección de MHM fueron significativas ($P < 0.05$ y 0.01) bajo ambientes de SA y SF, respectivamente (Cuadros 2 y 4); este carácter presentó una media de 3.22 t/ha y 5.76 t/ha, la respuesta a selección fue estimada en 53 kg/ha por ciclo (1.99%*) y de 73 kg/ha por ciclo (1.43%***) bajo condiciones de SA y SF, respectivamente. Estos resultados son un indicativo de que el rendimiento de grano fue mejorado tanto en ambiente de SA como de SF utilizando éste proceso de selección, y que sus respuestas a la selección fueron de aproximadamente la misma magnitud. En evaluaciones realizadas bajo ambientes de SA y SF con la misma población. Granados *et al.* (1993) reportaron resultados similares; por otra parte, y en ambientes con SA, Pandey *et al.* (1995) presentaron respuestas de similar magnitud y dirección.

En este mismo aspecto, Resende *et al.* (1997), evaluando progenies de medios hermanos en condiciones de suelos contrastantes (SA y SF) concluyeron que la selección directa en el propio ambiente ácido condujo a mejores resultados en el mismo, y que la selección basada en la media de los dos ambientes llevó a mayor progreso medio en los dos ambientes.

Los ciclos *per se* de selección de MHM, para los caracteres altura de planta y altura de mazorca, presentaron un incremento de 0.28% y 0.75% en SA y de 0.13% y 0.12% en SF respectivamente; los días a la floración femenina mostraron una tendencia a disminuir bajo condiciones de SA (-0.03%) y aumentar en SF (0.08%). Las magnitudes de estas respuestas indican que bajo este proceso de selección el mayor énfasis fue dado a conseguir mayor productividad y tolerancia a suelos ácidos que al mejoramiento de estos tres caracteres.

Los ciclos *per se* de selección de HC presentaron una media de rendimiento de grano de 3.28 t/ha y 5.66 t/ha en SA y SF respectivamente (Cuadros 2 y 4); la ganancia estimada por selección fue de 52 kg/ha por ciclo (1.62%) y de 27 kg/ha por ciclo (0.52%) a través de ambientes con SA y SF respectivamente. Estas respuestas son de magnitudes significativamente menores a las reportadas por otros autores (Cimmyt, 1996; Pandey *et al.*, 1995; Granados *et al.*, 1993), y son un indicativo de que los diferentes ciclos de HC tuvieron un comportamiento diferenciado a través de SA, SF y años de evaluación. Por otra parte, efectos acumulativos de endogamia pueden haber contribuido para la aparente disminución de respuesta a la selección del C₁₆ al C₁₈, y del C₁₈ al C₂₀, bajo condiciones de SA y SF, respectivamente.

Las estimaciones de la ganancia por selección para días a la floración femenina de ciclos *per se* de selección de HC (Cuadros 2 y 4), fueron significativas bajo ambientes de SA (-0.74%*) y SF (-0.55%*). La altura de planta tuvo una tendencia a disminuir bajo condiciones de SA (-0.47%) y a aumentar bajo condiciones de SF (0.08%); la altura de mazorca se incrementó en SA (0.79%) y disminuyó en SF (-1.81%). Bajo este proceso de selección se encontraron respuestas diferenciadas en magnitud y dirección para estos tres caracteres. No obstante, la ganancia significativa para días a la floración femenina indica que mayor énfasis fue dado a precocidad utilizando HC. Granados *et al.* (1993) encontraron respuesta de igual dirección, aunque de mayor magnitud para este carácter.

Las estimaciones de la ganancia por selección, medidas a través del coeficiente de regresión (b) para ciclos *per se* autofecundados (S1) entre ambientes con SA y SF, fueron no significativas ($P < 0.05$ y < 0.01) para rendimiento de grano, bajo selección combinada de MHM y HC (Cuadros 5 y 7). A través de estos dos tipos de ambiente, el rendimiento promedio de grano fue de 1.66 t/ha y 2.91 t/ha, respectivamente; la respuesta estimada por selección fue de 23 kg/ha por ciclo (0.96%) y de 22 kg/ha por ciclo (0.81%) para SA y SF.

Bajo selección de MHM, el rendimiento de grano para ciclos *per se* (S1) a través de SA y SF fue de 1.59 t/ha y 2.78 t/ha, respectivamente (Cuadros 6 y 8). La ganancia estimada por selección fue de 0.22% por ciclo y de -0.26% por ciclo, respectivamente. Por otra parte, los ciclos *per se* (S1) de selección de HC presentaron una media de rendimiento de grano de 1.76 t/ha y 3.14 t/ha (Cuadros 6 y 8), a través de SA y SF, respectivamente. Las estimaciones de ganancia por selección fueron de 77 kg/ha por ciclo (4.53%) en SA y de 6 kg/ha por ciclo (0.08%) en SF.

Para ciclos *per se* (S1) de selección combinada de MHM y HC, las ganancias para rendimiento de grano fueron de similar magnitud y dirección bajo condiciones de SA y SF; para selección de MHM, la respuesta fue de similar magnitud pero de dirección opuesta; y para selección de HC, la respuesta fue de similar dirección, pero de mayor magnitud en SA que en SF. Por otra parte, la reducción en la media del rendimiento de grano con endogamia fue mayor en SA que en SF. Estos resultados son un indicativo del efecto del estrés ambiental y de la endogamia sobre la población produciendo reducción de la heterocigosidad y la exposición de alelos recesivos desfavorables (Falconer, 1989).

La depresión por endogamia también es esperado que varíe dentro de las poblaciones, ya que genotipos en una población tienen diferentes valores medios fenotípicos bajo endogamia (Souza Jr. & Fernández, 1997). Además de que las condiciones ambientales en que son evaluadas las poblaciones influyen en la magnitud de las diferencias entre los coeficientes de regresión (Benson & Hallauer, 1994).

Bajo selección combinada de MHM y HC para los ciclos *per se* (S1), los días a la floración femenina mostraron una tendencia a disminuir en SA (-0.03%) y en SF (-0.04%); la altura de planta mostró una tendencia inconsistente a través de SA (-0.02%) y SF (0.14%); la altura de mazorca tuvo un incremento de 0.47% en SA y 0.25% en SF (Cuadros 5 y 7). Para estos mismos caracteres, bajo selección de MHM, las magnitudes de ganancia por selección fueron de 0.08%, 0.13% y 0.12%, respectivamente en ambientes de SA y de 0.02%, 0.20% y 0.25% bajo condiciones de SF (Cuadros 6 y 8).

Las magnitudes de ganancia por selección para ciclos *per se* (S1) considerando HC para los tres caracteres (Cuadros 6 y 8) fueron de mayor magnitud y significación que para los otros dos procesos de selección; ya que para días a floración femenina y altura de planta, las magnitudes fueron de -0.69%* y -2.09%* en SA y de -0.42% y -0.11% en SF; la altura de mazorca presentó una ganancia de -2.04% por ciclo en SA y de -1.15% en SF.

Después de una generación de autofecundación sobre los ciclos *per se* para los tres procesos de selección y bajo condiciones de SA y SF, la depresión por endogamia para los caracteres altura de planta y altura de mazorca fue menos drástica que para rendimiento de grano; esto debería ser esperado porque efectos de dominancia son menos importantes para estos dos caracteres (Lima *et al.*, 1984).

Las respuestas a la selección fueron de mayor magnitud para los caracteres días a la floración femenina, altura de planta y altura de mazorca para ciclos *per se* (S1) con selección de HC, bajo ambientes con SA. Estas respuestas pueden atribuirse a que este proceso de selección fue iniciado en la población SA3, después de haber conseguido un grado de tolerancia a suelos ácidos vía MHM y por lo tanto, mayor énfasis fue dado a precocidad y reducción de altura de planta (Granados *et al.*, 1993).

En general los resultados obtenidos son un indicativo de que la selección de diferentes tipos de progenies (MH, HC) a través de ambientes contrastantes, y la recombinación de estas, han permitido mejorar los niveles de tolerancia de la población SA3 a las condiciones de alta saturación de aluminio del suelo. Por otra parte, el incluir información (datos) de suelos fértiles en la selección de progenies contribuye a mejorar el rendimiento de grano de la población, tanto en suelos fértiles como en suelos ácidos (Narro *et al.*, 1995). Así mismo, puede concluirse, que la población SA3 posee potencial como fuente de germoplasma básico para desarrollar líneas, variedades e híbridos más productivos.

Bibliografía

- Bahia Filho, A. F. C., G. E. Franca, G. V. E. Pitta, R. Magnavaca, J. F. Mendes, F. G. F. T. C. Bahia e P. Pereira. 1978. Avaliação de linhagens e populações de milho em condições de elevada acidez. pp. 51-58. *En: Anais Reuniao Brasileira de Milho e Sorgo 11*. Piracicaba.
- Benson, D.L., and A. R. Hallauer. 1994. Inbreeding depression rates in maize populations before and after recurrent selection. *J. Heredity* 85:122-128.
- Borrero, J.C., S. Pandey, H. Ceballos, R. Maganavaca, and A. F. C. Bahia Filho. 1995. Genetic variances for tolerance to soil acidity in a tropical maize population. *Maydica* 40:283-288.
- Duque-Vargas, J., S. Pandey, G. Granados, H. Ceballos, and E. B. Knapp. 1994. Inheritance of tolerant to soil acidity in tropical maize. *Crop Sci.* 34:50-54.
- Falconer, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Roland Press, NY. 438p.
- Granados, G., S. Pandey, and H. Ceballos. 1993. Response to selection fortolerance to acid soils in a tropical maize population. *Crop Sci.* 33:936-940.
- Hallauer, A.R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 35:1-16.
- International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT. 1996. South American Reg. Maize Program, Sarmp. Final Review 1996. CIAT. Cali, Colombia. July 18, 1996.
- Lima, M., P R. Furlani e J. B. Miranda Filho. 1992. Divergent selection for aluminum tolerance in a maize (*Zea mays* L.) population. *Maydica* 37:123-132.
- Lima, M., J. B. Miranda Filho, and P. Boller Gallo. 1984. Inbreeding depression in brazilian populations of maize. *Maydica* 29:203-215.

- Magnavaca, R., E. E. Gomes e Gama, A. F. C. Bahia Filho e F. T. Fernandes. 1988. Obtenção de híbridos duplos de milho para tolerância à toxidez de alumínio. *Pesquisa Agrop. Brasileira* 23:971-977.
- Magnavaca, R. 1982. Genetic variability and the inheritance of aluminumtolerance in maize (*Zea mays* L.). Tese Ph.D. Univ. of Nebraska. Lincoln, NB.
- Narro, L., S. Pandey, J. C. Pérez y F. Salazar. 1995. Compendio de mejoramiento para suelos ácidos realizado por el Cimmyt. pp. 47-65. *En: Memorias III Reunión Latinoamericana y XVI Reunión de la Zona Andina de investigadores de maíz*. I. G. Avila y Ligia M. Céspedes, eds. Cochabamba - Santa Cruz, Bolivia.
- Pandey, S., H. Ceballos, E. B. Knapp, and J. D. Vargas. 1995. Genetic variability in maize for adaptation to acid soils. pp. 295-319. *In: Annals Simp. Internacional sobre estresse ambiental: O milho em perspectiva*. Embrapa/Cnpms and Cimmyt/UNDP.
- Parentoni, S. N., A. F. C. Bahia Filho, E. E. C. Gama, M. A. Lopes, P. E. O. Guimaraes e M. X. Santos. 1995. Capacidade combinatória de linhagens elite de milho em solos ácido y fértil. pp. 35-46. *En: Memorias III Reunión Latinoamericana y XVI Reunión de la Zona Andina de investigadores de maíz*. I. G. Avila y Ligia M. Céspedes, eds. Cochabamba - Santa Cruz, Bolivia.
- Resende, M. D. V. de, C. L. de Souza Junior, E. E. Gomes e Gama e R. Magnavaca. 1977. Análise quantitativa da seleção envolvendo progênies de milho (*Zea mays* L.) em solos sob cerrado e fértil. I. Progressos genéticos. *Pesquisa Agrop. Brasileira* 32:495-507.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT user's guide. Release 6.0, 3ed. SAS Inst. Cary, NC.
- Smith, O. S. 1979. A model for evaluating progress from recurrent selection. *Crop Sci.* 19:223-226.
- Souza Jr., C. L., and J. S. C. Fernandes. 1997. Predicting the range of inbreeding depression of inbred lines in cross-pollinated populations. *Brazilian J. Genet.* 20:35-39.
- Souza Jr. C. L. de. 1989. Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal. Piracicaba: Fealq. 139p.
- Steel, R.G.D., and J. H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. N.Y. 481p.

Cuadro 1 -Respuesta a ciclos *per se* de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada en cuatro ambientes con suelo ácido. 1995-1996.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Florac. Femen.(días)	Altura planta(cm)	Altura mazorca (cm)
C ₂	2.72	67.1	186.3	68.8
C ₅	3.08	66.2	196.3	75.6
C ₈	3.63	66.7	185.5	66.6
C ₁₁	3.24	67.3	201.4	79.3
C ₁₄	3.46	66.2	191.7	74.7
C ₁₆	3.23	67.3	190.3	72.2
C ₁₈	3.18	66.1	192.5	77.5
C ₂₀	3.44	65.3	186.8	74.5
Média	3.25	66.6	191.3	73.7
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0224	-0.0520	-0.0133	0.2928
%b ⁺	0.82	-0.07	-0.007	0.42

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección combinada MHM y HC.

Cuadro 2. Respuesta a ciclos *per se* de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y a ciclos *per se* de hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada a través de cuatro ambientes con suelo ácido. 1995-1996.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Florac. femenina (días)	Altura planta(cm)	Altura mazorca (cm)
MHM				
C ₂	2.72	67.1	186.3	68.8
C ₅	3.08	66.2	196.3	75.6
C ₈	3.63	66.7	185.5	66.6
C ₁₁	3.24	67.3	201.4	79.3
C ₁₄	3.46	66.2	191.6	74.7
Media	3.22	66.7	192.2	73.0
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0543	-0.0233	0.5233	0.5166
%b ⁺	1.99	-0.03	0.28	0.75
HC				
C ₀	3.23	67.3	190.3	72.2
C ₂	3.18	66.1	192.5	77.5
C ₄	3.44	65.3	186.7	74.5
Media	3.28	66.2	189.8	74.7
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0525	-0.5000	-0.90	0.575
%b ⁺	1.62	-0.74	-0.47	0.79

*Significativo a $P < 0.05$

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección de MHM y C₀ de selección de HC.

Cuadro 3. Respuesta a ciclos *per se* de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada a través de tres ambientes con suelo fértil. 1995-1997.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Florac. femenina. (días)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
C ₂	5.14	62.1	231.7	130.6
C ₅	5.69	61.9	236.0	125.9
C ₈	5.99	63.0	227.0	119.4
C ₁₁	5.86	63.5	233.0	129.1
C ₁₄	6.16	62.1	237.7	131.3
C ₁₆	5.32	63.0	227.9	131.1
C ₁₈	6.23	61.9	225.2	125.3
C ₂₀	5.43	61.6	228.7	121.6
Média	5.72	62.4	230.9	126.7
LSD _{0.05}	0.61	1.38	13.24	12.18
b	0.0169	-0.0162	-0.2855	-0.1009
%b ⁺	0.33	-0.02	-0.12	-0.07

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección combinada de MHM y HC.

Cuadro 4. Respuesta a ciclos *per se* de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y a ciclos *per se* de hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada en tres ambientes con suelo fértil. 1995-1997.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)
MHM				
C ₂	5.14	62.1	231.7	130.6
C ₅	5.69	61.9	236.0	125.9
C ₈	5.99	63.0	227.3	119.4
C ₁₁	5.86	63.5	233.0	129.1
C ₁₄	6.16	62.1	237.7	131.3
Media	5.76	62.5	233.1s	127.2
LSD _{0.05}	0.61	1.32	13.24	12.18
b	0.0736	-0.0533	0.300	0.1533
%b ⁺	1.43	-0.08	0.13	0.12
HC				
C ₀	5.32	63.0	227.9	131.1
C ₂	6.23	61.9	225.2	125.3
C ₄	5.43	61.6	228.7	121.6
Media	5.66	62.1	227.2	126.0
LSD _{0.05}	0.61	1.38	13.24	12.18
b	0.0275	-0.3500	0.200	-2.375
%b ⁺	0.52	-0.55	0.08	-1.81

*, **Significativo a $P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente.

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección combinada de MHM y C₀ de selección de HC.

Cuadro 5. Respuesta a ciclos *per se* autofecundados (S1) de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada en cuatro ambientes con suelo ácido. 1995-1996.

Ciclos	Rendimiento. (t/ha)	Floración femenina (días)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
C ₂	1.53	68.4	178.3	66.8
C ₅	1.59	67.5	168.9	61.2
C ₈	1.70	67.7	179.6	64.6
C ₁₁	1.53	70.5	175.4	62.1
C ₁₄	1.61	68.2	177.1	72.2
C ₁₆	1.69	68.9	181.5	70.9
C ₁₈	1.60	67.9	180.8	70.8
C ₂₀	2.00	67.0	166.3	65.1
Média	1.66	68.3	175.9	66.8
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0147	-0.0205	-0.0410	0.3156
%b [†]	0.96	-0.03	-0.02	0.47

[†]Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección combinada MHM y HC.

Cuadro 6. Respuesta a ciclos *per se* autofecundados (S1) de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y a ciclos *per se* autofecundados de hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada en cuatro ambientes con suelo ácido, 1995-1996.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Floración femenina (días)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
MHM				
C ₂	1.53	68.4	178.3	66.8
C ₅	1.59	67.5	168.9	61.2
C ₈	1.70	67.7	179.5	64.6
C ₁₁	1.53	70.5	175.3	62.1
C ₁₄	1.61	68.2	177.1	72.2
Media	1.59	68.5	175.8	65.4
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0033	0.0866	0.1333	0.3900
%b ⁺	0.22	0.13	0.07	0.58
HC				
C ₀	1.69	68.9	181.4	70.9
C ₂	1.60	67.9	180.7	70.8
C ₄	2.00	67.0	166.2	65.1
Media	1.76	67.9	176.1	68.9
LSD _{0.05}	0.58	1.64	11.88	8.79
b	0.0765	-0.4750	-3.80	-1.450
%b ⁺	4.53	-0.69	-2.09	-2.04

*Significativo a $P < 0.05$

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección de MHM y C₀ de selección de HC.

Cuadro 7. Respuesta a ciclos *per se* autofecundados (S1) de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y hermanos completos (HC) en la población de maíz SA3, evaluada en tres ambientes con suelo fértil. 1995-1997.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Floración femenina (días)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
C ₂	2.69	65.1	207.5	112.7
C ₅	2.98	64.6	215.8	119.9
C ₈	2.87	64.4	201.3	111.9
C ₁₁	2.59	65.5	215.5	121.6
C ₁₄	2.78	64.9	215.7	116.1
C ₁₆	3.12	65.0	217.0	124.3
C ₁₈	3.19	64.6	207.2	111.7
C ₂₀	3.13	63.9	216.0	118.6
Média	2.91	64.7	212.0	117.1
LSD _{0.05}	0.61	1.38	13.24	12.18
b	0.0218	-0.0287	0.300	0.1649
%b ⁺	0.81	-0.04	0.14	0.15

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección combinada de MHM y HC.

Cuadro 8. Respuesta a ciclos *per se* autofecundados (S1) de selección recurrente de medios hermanos modificada (MHM) y a ciclos *per se* autofecundados de hermanos completos ((HC) en la población de maíz SA3, evaluada en tres ambientes con suelo fértil. 1995-1997.

Ciclos	Rendimiento (t/ha)	Floración femenina (días)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
MHM				
C ₂	2.69	65.1	207.5	112.7
C ₅	2.98	64.6	215.8	119.9
C ₈	2.87	64.4	201.3	111.9
C ₁₁	2.59	65.5	215.5	121.6
C ₁₄	2.78	64.9	215.7	116.1
Media	2.78	64.9	211.1	116.4
LSD _{0.05}	0.61	1.38	13.24	12.18
b	-0.007	0.0166	0.5366	0.2833
%b ⁺	-0.26	0.02	0.26	0.25
HC				
C ₀	3.12	65.0	217.0	124.3
C ₂	3.19	64.6	207.2	111.7
C ₄	3.13	63.9	216.0	118.6
Media	3.14	64.5	213.4	118.2
LSD _{0.05}	0.61	1.38	13.24	12.18
b	0.0025	-0.2750	-0.2500	-1.4250
%b ⁺	0.08	-0.42	-0.11	-1.15

⁺Ganancia estimada como el coeficiente de regresión (b) expresado como porcentaje del valor para el respectivo carácter para C₂ de selección de MHM y C₀ de selección de HC.