

A stylized graphic featuring a map of Latin America with colored outlines (yellow, red, green, blue) overlaid on a green background. To the right of the map is a yellow corn cob with green leaves. The text 'XX Reunión Latinoamericana de Maíz' is written in large, bold, yellow letters with black outlines, positioned over the map and corn.

# **XX Reunión Latinoamericana de Maíz**

11 al 14 de octubre de 2004

Editado por: Miguel Barandiarán Gamarra  
Alexander Chávez Cabrera  
Ricardo Sevilla Panizo  
Teodoro Narro León

Lima - Perú

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



**XX Reunión  
Latinoamericana  
de Maíz**

**11 al 14 de octubre de 2004**

**Editado por: Miguel Barandiarán Gamarra  
Alexander Chávez Cabrera  
Ricardo Sevilla Panizo  
Teodoro Narro León**

**Lima - Perú**

## PRESENTACIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo ancestral más importante de las Américas y es una de las contribuciones más significativas de nuestro continente a la alimentación mundial. Su cultivo se halla extendido en casi todos los países del planeta, y en muchos de ellos, constituye la principal fuente de alimento. La gran diversidad de ambientes en los que se siembra el maíz, enfrenta al cultivo a una serie de factores, muchos de ellos desfavorables, que limitan su productividad, y que afectan a los productores maiceros.

A pesar del continuo incremento en la productividad del maíz en el mundo, se estima que la demanda de este cereal para el año 2020 se incrementará en 50%, con respecto a 1995. Sin embargo, para los países en desarrollo, esta mayor demanda será de alrededor del 80% y para América Latina, de 62%. Esto último significa incrementar la producción de maíz en nuestra región de 76 a 123 millones de toneladas (World Maize Facts and Trends, 1999/2000 CIMMYT). Este es el reto que enfrentan la mayor parte de los países de nuestro hemisferio, incapaces aún de satisfacer su propia demanda interna.

La XX Reunión Latinoamericana de Maíz, al igual que las anteriores, fue la oportunidad para todos aquellos involucrados en el cultivo del maíz, de intercambiar experiencias y conocimientos. Se trató de interpretar en análisis retrospectivo, lo sucedido en el cultivo en los últimos 10 a 15 años, para lograr un diagnóstico de la evolución en la investigación, la productividad y la producción del maíz en los países de la región. Así, vimos que a pesar de los importantes logros alcanzados en todos nuestros países, aún queda un amplio techo por alcanzar en la productividad del cultivo de maíz. Es nuestra convicción, que este evento y aquellos venideros, contribuirán efectivamente a vencer el desafío que nos plantea el compromiso de satisfacer nuestras demandas en producción.

Las Memorias de la XX Reunión Latinoamericana de Maíz, han sido editadas respetando el estilo de los autores de los trabajos, limitándonos a darles un formato similar. El contenido principal de estas Memorias, se inicia con la presentación de la situación del maíz en los países que estuvieron representados por los respectivos Coordinadores de Programas Nacionales del cultivo. Luego continúan las Conferencias Magistrales, seguidas por la transcripción de lo tratado en las Mesas Redondas, que incluye la participación de los panelistas y las preguntas y respuestas que originaron. Al final están las versiones escritas de las presentaciones orales y de los paneles. El tema de los paneles fue acerca de la "Ampliación de la Frontera Agrícola para la Autosuficiencia del Maíz en Latino América". El orden de presentación de los trabajos en cada capítulo, es el mismo seguido durante el desarrollo del evento.

Es necesario destacar la significativa participación de los maiceros de todos los países que conforman la gran nación latinoamericana, que aseguraron con creces la internacionalidad del evento. Fue muy importante la participación del sector privado, representado por los productores maiceros nacionales organizados, y por las compañías de productos e insumos agrícolas, tanto nacionales como extranjeras. Muchas de las compañías nacionales contribuyeron además económicamente a la realización del evento. Por último, nuestro agradecimiento a todos aquellos que de una u otra forma participaron y decidieron compartir con nosotros la responsabilidad en la organización del evento. El éxito de la XX Reunión Latinoamericana de Maíz, fue el resultado del esfuerzo común de todos, organizadores y participantes.

## ORGANIZACIÓN

### COMISIÓN DE HONOR:

Ing. Álvaro Quijandria Salmón  
Ministro de Agricultura de la República del Perú

Ing. Jorge Chávez Lanfranchi  
Jefe del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria.

Ing. Luis Maesono Yamashita  
Rector de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Dr. Benjamín Abelardo Marticorena Castillo,  
Presidente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Dr. Masa Iwanaga,  
Director General del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

### SECRETARÍA EJECUTIVA

**Secretario:** Dr. Miguel A. Barandiarán Gamarra  
**Tesorera:** Ing. Elsa Valladares Acero

### COMITÉ TÉCNICO

Ing. M.Sc. Ricardo Sevilla Panizo  
Ing. Alberto Ikeda Matsukawa  
Dr. Oscar de Córdova Dianderas  
Ing. M.Sc. Víctor Noriega Nalvarte  
Dr. Alexander Chávez Cabrera  
Dr. Teodoro Narro León

### PERSONAL DE APOYO

Ing. Corina Kikukawa  
Ing. M.Sc. Karen Bueno Schimon  
Srta. Carmen Alcántara Moreno  
Sra. Elizabeth Hernández Pastor





INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

## Efecto de la endogamia sobre el rendimiento de la población mejorada de maíz amarillo duro para la sierra ecuatoriana.

<sup>1</sup>Marlon Caicedo, <sup>2</sup>Ramiro Vaca, <sup>1</sup>Mario Caviedes, <sup>1</sup>Carlos Yáñez y <sup>1</sup>Jorge Heredia

<sup>1</sup>Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Programa de Maíz. Panamericana Sur Km 1, Casilla 17-01-340, Quito, Ecuador. Telefax: (593-02) 2693-361. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Escuela Politécnica del Ejército. Correo-e: maiziniap@accessinter.net

### Resumen

Con el propósito de estimar el efecto causado por la endogamia en la población de maíz de altura amarillo duro, se evaluaron 15 líneas  $S_1$ , generadas de cinco ciclos de selección y diez cruzas F1 de dichos ciclos, con sus respectivos progenitores. Los ensayos se evaluaron en dos localidades de la Provincia de Pichincha: en la Estación Experimental Santa Catalina EESC (2,750 msnm) y en el Centro Académico Docente Experimental La TolaCADET (2,465 msnm), de la Universidad Central del Ecuador. Se utilizó un diseño latice 7x7 con dos repeticiones por localidad; además se realizó el análisis combinado para las dos localidades. En la primera localidad (EESC), el análisis estadístico realizado para determinar la diferencia entre líneas  $S_1$  y sus progenitores, causada por la endogamia; indica que las líneas  $S_1$  obtenidas de los ciclos sufrieron una reducción en el rendimiento de -13.58% en promedio, con respecto a sus progenitores; mientras que las líneas  $S_1$  generadas de las cruzas fueron 44.80% menos productivas que sus respectivas cruzas progenitoras. Estos resultados ajustados a un coeficiente de endogamia equivalente al 1%, fluctuaron entre 0.93 ( $C_0$ ) y +0.48 ( $C_{12}$ ) y 1.26 ( $C_4 \times C_{13}$ ) y 0.47 ( $C_4 \times C_{12}$ ). En la segunda localidad (CADET) en rendimiento se observó, que mientras los ciclos sufrieron una pérdida de 15.61% en promedio, las cruzas fueron 63.40% menos productivas que sus respectivas cruzas progenitoras y que estos resultados ajustados a un coeficiente de endogamia equivalente al 1%, fluctuaron entre 0.94 ( $C_{13}$ ) y +0.62 ( $C_{12}$ ); 1.88 ( $C_0 \times C_{13}$ ) y 0.71 ( $C_0 \times C_{10}$ ). El análisis combinado de las dos localidades para la variable rendimiento, presentó una reducción promedio en este carácter de -16.97% en las líneas generadas a partir de los ciclos, mientras que las líneas obtenidas de las cruzas sufrieron una pérdida del rendimiento en -51.58% comparadas con sus respectivos progenitores. Al ajustar estos resultados al coeficiente de endogamia equivalente a 1% se detectó una fluctuación de -0.70 ( $C_0$ ) hasta +0.07 ( $C_{12}$ ) entre ciclos; en las cruzas se observó un rango que varía desde -1.27 ( $C_4 \times C_{13}$ ) hasta -0.62 alcanzado por la cruce ( $C_4 \times C_{12}$ ). En la presente investigación muchos de los valores encontrados, son muy similares a los calculados por Hallauer y Miranda (1988) y Terrazas, *et al.* (1997), que corresponden a investigaciones con maíces de la faja maicera de Estados Unidos y valles altos de Cochabamba, respectivamente. De lo cual se deduce que un ciclo de autofecundación ( $f=0.5$ ), puede producir un grado de depresión independientemente del tipo de maíz que se utilice.

**Palabras clave:** Líneas, Cruzas, Endogamia, Depresión, Germoplasma, Rendimiento.

### Introducción

La producción de maíces amiláceos (suaves) y semiduros (morochos) en las zonas altas del Ecuador es de gran importancia, ya que el mayor porcentaje del maíz producido en esta Región esta destinado al consumo humano sea directa o indirectamente. La superficie sembrada en estas zonas es de 238,614 ha, con una producción de 215,639 t y una productividad de 0.95 t/ha (INEC, 2001). La baja productividad reflejada por estas estadísticas y la posibilidad de implementar un programa de hibridación para generar nuevos productos con mayor valor agregado y rendimiento en maíz, constituyen una buena oportunidad para mejorar a mediano plazo las condiciones agro socioeconómicas de los agricultores de la Sierra.

El germoplasma de maíz en la región andina del Ecuador tiene baja tolerancia a la endocria especialmente en cultivares amiláceos o suaves, sin embargo, en materiales de tipo semiduro o morocho la depresión causada por la endogamia es significativamente menor, y por lo tanto, es posible producir líneas hasta con 3 ciclos de autofecundación, las cuales mantienen un buen vigor y potencial de rendimiento. La utilización de la heterosis en la generación de híbridos puede ser la

mejor estrategia para adaptar los nuevos cultivares a las condiciones limitantes de la región alto andina. (Sevilla *et al.*, 1997).

Estudios realizados por varios investigadores en la región alto andina comprobaron que el grado de depresión por endogamia sufrido por algunos caracteres fue más alto en las poblaciones de grano amiláceo que en las de grano semiduro y/o dentado, y que la selección adecuada de progenitores por su valor heterótico y complementariedad y su posterior cruzamiento permitirían adaptar los genotipos a las condiciones de la región andina (Sevilla *et al.*, 1997; Terrazas *et al.*, 1997; Mejía *et al.*, 1999).

Investigaciones realizadas por INIAP, en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) y en otros ambientes de la Sierra, corroboran que los híbridos más productivos fueron de los tipos semiduro blanco y amarillo con rendimientos de 5,434 y 5,511 kg/ha, respectivamente; la variedad testigo INIAP-180 rindió 5,163 kg/ha. Por otra parte, en el año 1989 se seleccionaron líneas promisorias del tipo semiduro amarillo que rindieron entre 2,219 y 1,879 kg/ha, alcanzando el 88.9% y 84.6% respectivamente del rendimiento obtenido por la variedad INIAP-180. Así mismo, Dobronsky *et al.* (1997), observaron menor depresión endogámica en los materiales semiduros, blancos y amarillos que en los suaves, y concluyeron que es posible obtener líneas sobresalientes con mayor frecuencia en los materiales semiduros.

Con el desarrollo de esta investigación, se buscó evaluar el efecto de la endogamia en los ciclos de selección realizados en una población de maíz amarillo duro, con la finalidad de tener una fuente segura de material genético para continuar con la generación de líneas y poder producir híbridos, todo esto con el objetivo de contribuir al incremento de la producción y productividad del cultivo de maíz duro a través de la generación de híbridos experimentales en la región andina del Ecuador y entregar a los agricultores un material que responda a sus necesidades.

## Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en la campaña agrícola 2001-2002, en dos localidades de la provincia de Pichincha: en la Estación Experimental Santa Catalina EESC a una altitud de 2,750 msnm y en el Centro Académico Docente Experimental La Tola CADET de la Universidad Central del Ecuador a 2,465 msnm, con temperaturas medias anuales de 14.9 y 16.4 °C y precipitaciones de 1,250 y 960 mm/año, respectivamente.

Para el efecto, se utilizó la población de maíz amarillo duro conocido hasta antes de 1993 como POOL 8, la misma que se desarrolló de la separación de granos amarillos que estaban incluidos en el POOL 7 (morocho blanco). En la presente investigación se utilizaron los siguientes ciclos:

C <sub>0</sub>	ciclo original, formación de la población en el año 1983
C <sub>4</sub>	ciclo de selección en el año 1987
C <sub>10</sub>	ciclo de selección en el año 1993
C <sub>12</sub>	ciclo de selección en el año 1995
C <sub>13</sub>	ciclo de selección en el año 1998

Es importante mencionar que del ciclo 0 al 10, se realizó selección de familias de medios hermanos. En los ciclos 11 y 12 (1993-1995), se realizaron dos ciclos de selección mediante el método de mazorca por surco modificado. En adelante se realizó un ciclo de selección recurrente de líneas S<sub>1</sub> (Caicedo, 2001).

La investigación constó de 40 tratamientos que corresponden a los ciclos de selección antes mencionados y sus respectivas cruza, autofecundaciones y recombinaciones, más 9 testigos.

En cada localidad, los tratamientos fueron sembrados en un surco de 5.0 m de largo y 0.8 m entre surcos, la distancia entre plantas fue de 0.5 m y se sembró 3 semillas por sitio, para posteriormente realizar el raleo y dejar dos plantas por sitio. Además se dispuso un surco borde al inicio y final de los bloques con semilla de la Población 86, con la finalidad de evitar el efecto de borde.

El ensayo por localidad, se dispuso en un diseño latice 7 x 7 con dos repeticiones, pero al realizar el análisis, la eficiencia del latice fue menor a la de un diseño de bloques completos al azar, razón por la cual se realizó el análisis con este último, posteriormente se realizó un análisis combinado para las dos localidades.

El análisis estadístico se lo realizó mediante los programas de computación MSTAT-C versión 2.10 y ALFA(0.1) LATICE. Además se realizó separación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5%.

Para el cálculo de la endogamia se aplicaron las siguientes fórmulas:

**Efecto de la endogamia** = Valor  $LS_1$  de ciclos *per se* - Valor ciclos *per se*

**Efecto de la endogamia** = Valor  $LS_1$  cruzas entre ciclos - Valor  $F1$ 's de cruzas entre ciclos

**Depresión (%)** =  $100 - \frac{\text{Valor } LS_1 \text{ de ciclos } per \ se \times 100}{\text{Valor ciclos } per \ se}$

**Depresión (%)** =  $100 - \frac{\text{Valor } LS_1 \text{ cruzas entre ciclos } \times 100}{\text{Valor } F1 \text{'s entre ciclos}}$

Para comparar los resultados con los de otros investigadores, fue necesario estandarizar la información a un coeficiente de endogamia igual al 0.01

**Valor para el 1% del coeficiente de endogamia** = %depresión / 50

Donde: 50 equivale a un coeficiente de endogamia de una autofecundación  $F = 0.5$

## Resultados y Discusión

En la localidad ubicada en la Sección Oriental de la EESC se obtuvieron los siguientes resultados:

Al realizar el análisis de varianza para rendimiento (Cuadro 1), se detectaron diferencias significativas para repeticiones, mientras que para tratamientos se observó diferencias altamente significativas (1% de probabilidad). El promedio general obtenido para esta variable fue de 4.61 t/ha, con un coeficiente de variación de 25.49%.

En los resultados de la separación de medias (Cuadro 3) para los tratamientos, se determinaron tres rangos, la cruz  $LS_1$  recombinada ( $C_{10} \times C_{12}$ ), ocupó el primer rango con un promedio de 7.23 t/ha y el último rango fue ocupado por la  $LS_1$  del ciclo  $C_0$  con apenas un promedio de 1.51 t/ha.

En el Cuadro 4, se observa que las  $LS_1$  generadas de los cinco ciclos de selección, sufrieron una reducción en el rendimiento de 13.52% en promedio, en relación a sus progenitores; por otro lado las  $LS_1$  de las cruzas (Cuadro 5) fueron 44.80% menos productivas que sus respectivas cruzas progenitoras. Estos resultados ajustados a un coeficiente de endogamia equivalente al 1%, fluctuaron entre 0.93 ( $C_0$ ) hasta +0.48 ( $C_{12}$ ) y desde 1.26 ( $C_4 \times C_{13}$ ) hasta 0.47 ( $C_4 \times C_{12}$ ), mientras que el promedio de 19 variedades presentado por Hallauer y Miranda (1988) fue de 0.5104 con una fluctuación de 0.2018 a 0.7820. Como se puede apreciar en esta investigación y en la de Terrazas et al. (1997), la depresión sufrida, es mucho mayor que los maíces de la faja maicera de los Estados Unidos, esto posiblemente se debe a los altos valores de la componente de la dominancia encontrados en los maíces de la zona Andina.

En lo concerniente a los resultados que se obtuvieron en la localidad ubicada en La Tola CADET, se presentan a continuación:

En el análisis de varianza (Cuadro 1), se observaron diferencias estadísticas al 1% de probabilidad para los tratamientos. El promedio general alcanzado fue de 1.87 t/ha, con un coeficiente de variación de 30.93%

El rendimiento alcanzado en esta localidad (1.87 t/ha), comparado con el rendimiento promedio obtenido en la Sección Oriental (4.61 t/ha), es muy bajo; lo cual demuestra la alta influencia del ambiente en la producción de maíz. En esta parte, Reyes (1985), manifiesta que el rendimiento está fuertemente relacionado con el ambiente, donde desempeña un papel preponderante el suelo, el clima, la altitud y la fertilización.

Al realizar la separación de medias, mediante la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Cuadro



3), se determinaron cinco rangos, la craza ( $C_{12} \times C_{13}$ ) ocupó el rango más alto con un promedio de 4.48 t/ha, mientras que el último rango fue ocupado por la  $LS_1$  ( $C_0 \times C_{13}$ ) con un promedio de 0.145 t/ha.

En el Cuadro 4, se observó que las  $LS_1$  de los ciclos sufrieron una disminución en el rendimiento de 15.61% en promedio, mientras que las  $LS_1$  de las cruzas (Cuadro 5), fueron 63.40% menos productivas que sus respectivas cruzas parentales. Estos resultados ajustados a un coeficiente de endogamia equivalente al 1%, fluctuaron entre 0.94 ( $C_{13}$ ) hasta +0.62 ( $C_{12}$ ); y de 1.88 ( $C_0 \times C_{13}$ ) hasta 0.71 ( $C_0 \times C_{10}$ ).

Del análisis combinado de las dos localidades en la variable rendimiento, se han observado los siguientes resultados:

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 2), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para localidades, tratamientos y la interacción tratamientos por localidades. El promedio general para rendimiento fue de 3.24 t/ha, con un coeficiente de variación de 26.51%

Mediante la prueba de Tukey al 5% se realizó la separación de medias (Cuadro 3) para los tratamientos; se determinaron ocho rangos, la craza ( $C_{12} \times C_{13}$ ), ocupó el rango más alto con un promedio de 5.31 t/ha, mientras que el último rango fue ocupado por la  $LS_1$  del  $C_0$  con un promedio de 1.27 t/ha, notándose de esta manera la gran diferencia en rendimiento de los materiales estudiados.

Al combinar las dos localidades, se observó una reducción promedio en el rendimiento de -16.97% en las líneas generadas a partir de los ciclos (Cuadro 4), mientras que las líneas obtenidas de las cruzas sufrieron una pérdida del rendimiento en -51.58% comparadas con sus respectivos progenitores (Cuadro 5). Al ajustar estos resultados al coeficiente de endogamia equivalente a 1% se detectó una fluctuación de -0.70 ( $C_0$ ) hasta +0.07 ( $C_{12}$ ) entre ciclos, mientras que en las cruzas se observó un rango que varía desde -1.27 ( $C_4 \times C_{13}$ ) hasta -0.62 alcanzado por la craza ( $C_4 \times C_{12}$ ).

En forma general, se ha observado que los caracteres que están estrechamente ligados con la producción y productividad en maíz, como es el caso del rendimiento resultaron ser los más afectados por la condición homocigótica, lo cual es favorecida por los cruzamientos íntimamente emparentados y por ende se reduce su heterosis o variabilidad natural. En este punto el CIMMYT en 1991, manifiesta que este cultivar es de polinización cruzada, con autofecundaciones que muy rara vez ocurren en condiciones naturales en el campo, permaneciendo casi siempre en heterosis natural en la mayoría de sus loci, siendo probablemente esta la razón por la cual sobrevive y prospera.

Sin embargo al observarse los rendimientos promedios de los tratamientos, se verá el alto potencial productivo de esta población, lo que puede ser aprovechada al realizarse combinaciones entre el material original y las líneas endogámicas, además se podría explotar la heterosis o variabilidad que se genere al combinarse líneas homocigóticas, permitiendo la producción de variedades sintéticas e híbridos experimentales que presenten efectos menos negativos debido a la endogamia sobre el rendimiento.

## Conclusiones

La interacción genotipo por ambiente cumplió un papel preponderante en la reducción del rendimiento, encontrándose este carácter mayormente afectado por la endogamia en condiciones edafoclimáticas de la localidad ubicada en La Tola (-15.61% y -63.40% para las líneas generadas a partir de los ciclos y las cruzas, respectivamente), en comparación con la Sección Oriental donde se observó una reducción menor del rendimiento (-13.52% para las líneas de los ciclos y 44.80% para las líneas de las cruzas).

De esta investigación se desprenden datos muy importantes en la producción, existiendo materiales (cruzamientos,  $LS_1$  de cruzamientos y recombinaciones) muy promisorios, con amplia variabilidad genética, que superaron en rendimiento a todos los testigos utilizados en la evaluación en las dos localidades como en la combinación de ellas, demostrando que la población en estudio tiene mucho potencial para generar líneas puras.

Se observaron algunas líneas que difieren por su vigor, desarrollo y productividad, a pesar de pertenecer a la misma población, quedando evidente que los métodos y años de selección también influyeron en la evaluación, debido a la variabilidad genética generada en los materiales en cada uno de ellos (métodos y años de selección).

La diferencia en el rendimiento entre las dos localidades en estudio es marcada, pues en la Sección Oriental se logró un promedio de 4.61 t/ha, mientras que en La Tola apenas alcanzó un promedio de 1.87 t/ha.

En base al presente trabajo se podrán identificar y seleccionar líneas promisorias, que servirán para continuar con el proceso de mejoramiento y finalmente obtener híbridos experimentales que posteriormente se ofrecerán a los agricultores.

Se recomienda:

Generar líneas más avanzadas (S2, S3) y estimar el efecto producido por la endogamia, para comparar esos resultados con la presente investigación y apreciar de esta manera la uniformidad y vigor de estas líneas.

Con las mejores líneas, se deben realizar cruzamientos dialélicos con la finalidad de explotar de mejor manera la heterosis existente dentro de la población y posteriormente evaluar estos híbridos experimentales en varios ambientes para observar su comportamiento.

### Literatura Citada

- Caicedo, M. 2001. Determinación de la ganancia genética obtenida a través del mejoramiento en las poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) morocho blanco y amarillo duro. Tesis Ing. Agr. ESPOCH. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica 86 p.
- CIMMYT. 1986. Manejo de ensayos e informe de datos de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México D.F. p. 13-19.
- CIMMYT. 1991. Historia, desarrollo y metodología de mejoramiento en híbridos de maíz. CIMMYT, El Batán, México.
- CIMMYT. El Programa de Maíz del CIMMYT. 1999. Manual de usuario para Fieldbook 5.1/7.1 y Alfa. México, D.F. p. 40-42.
- Dobronski, J., E. Silva y J Heredia. Comportamiento de líneas S1 de maíces de altura, harinosos, morochos y duros, en el Ecuador. Resúmenes XVII Reunión de Maiceros de la Zona Andina 1997. Cartagena Colombia p. 36.
- Hallauer, A. y J. Miranda. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. USA. 159-170, 299-336.
- INEC, MAG, SICA. 2001. III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales y Provinciales. Quito, Ecuador. P 57-58, 117.
- Mejía, E., H. Ceballos, L. Narro, C. De León, F. Salazar, y M. Arias. 1999. Heterosis y aptitud combinatoria entre líneas endogámicas de maíz contrastantes por su reacción a suelos ácidos. Memorias. 18va Reunión. Latinoamericana. de Maíz. Sete Lagoas, Minas Gerais. Brasil p. 495.
- Reyes P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. Primera edición. AGT. Editor, S.A. México D.F. pp. 384-460.
- Sevilla, R., A. Manrique, H. Sánchez y J. Nakaodo. 1997. Heterosis en maíces harinosos de la Región alto Andina. En: IV Reunión Latinoamericana y XVII Reunión de la Zona Andina de Investigadores en maíz. Agosto de 1997. Cartagena de Indias, Colombia. Memorias CIMMYT 197-212.

Terrazas, J., Argote, J. y Taboada, R. 1997. Efecto de la depresión endogámica en tres poblaciones de maíz de Valles Altos. En: IV Reunión Latinoamericana y XVII Reunión de la Zona Andina de Investigadores en maíz. Agosto de 1997. Cartagena de Indias, Colombia. Memorias CIMMYT. 169-177.

### Summary

With the purpose of estimating the effect caused by endogamy in a population of highland hard yellow corn, 15 S<sub>1</sub> lines of five selection cycles and ten F<sub>1</sub> crosses of these cycles with their respective progenitors, were evaluated. The experiments were conducted in two locations of the province of Pichincha: in the Estación Experimental Santa CatalinaEESC (2750 msnm) and in the Centro Académico Docente Experimental La TolaCADET de la Universidad Central del Ecuador (2465 msnm), using a 7x7 lattice design with two repetitions for location; a combined analysis for the two locations was also carried out. Among the studied variables, yield was the most affected by endogamy. In the first location (EESC), the statistical analysis carried out to determine the difference among lines and progenitors caused by the endogamy, showed that the S<sub>1</sub> lines derived from cycles of selection, suffered an average reduction on yield of -13.58% with regard to their progenitors, while the S<sub>1</sub> lines generated from crosses were 44.80% less productive than their respective cross progenitors. These results after being adjusted to 1% endogamy coefficient, fluctuated between 0.93 (C<sub>0</sub>) and +0.48 (C<sub>12</sub>) and 1.26 (C<sub>4</sub> x C<sub>13</sub>) and 0.47 (C<sub>4</sub> x C<sub>12</sub>). With regards to the second location (CADET) the S<sub>1</sub> from cycles suffered a depression in yield of 15.61% on the average, and those from the crosses were 63.40% less productive than their respective cross progenitors. The results adjusted to 1% endogamy coefficient, fluctuated between 0.94 (C<sub>13</sub>) and +0.62 (C<sub>12</sub>); 1.88 (C<sub>0</sub> x C<sub>13</sub>) and 0.71 (C<sub>0</sub> x C<sub>10</sub>). The combined analysis of the two locations for yield, presented an average reduction of -16.97% in yield, in the lines generated from the cycles; those from the crosses suffered a loss of yield of -51.58% compared with their respective progenitors. When adjusting these results to a 1% endogamy coefficient a fluctuation from -0.70 (C<sub>0</sub>) up to +0.07 (C<sub>12</sub>) among cycles was detected; in the crosses a range from -1.27 (C<sub>4</sub> x C<sub>13</sub>) up to -0.62 reached for the cross (C<sub>4</sub> x C<sub>12</sub>) was observed. In the present investigation most values, were similar to those calculated by Hallauer and Miranda (1988) and Terrazas, *et al.* (1997), that correspond to investigations in the corn belt of the USA and the high valleys of Cochabamba, respectively. From this, it can be deduced that a self-pollination cycle (f=0.5) can produce an inbreeding depression independently from the type of corn that is used.

**Key words:** lines, cross, endogamy, inbreeding depression, germoplasma, yield.

### Reconocimientos

Un reconocimiento muy especial al Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA-NRI), por el financiamiento del proyecto IQ-CV-012 (Generación y evaluación de poblaciones mejoradas de maíz para la sierra ecuatoriana), gracias al cual se logró desarrollar esta actividad.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Escuela Politécnica del Ejército, por haber participado con un estudiante, para la realización de la tesis de grado y haber colaborado directamente en la presente investigación.

A nuestro dilecto amigo Ing. Ramiro Vaca, quien estuvo encargado de la conducción del ensayo en campo.

Cuadro 1. Análisis de varianza por localidad, para la variable rendimiento evaluado en cinco ciclos de selección de la población de maíz amarillo duro, con sus respectivas cruzas, autofecundaciones y recombinaciones. EESC. 2001-2002.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento (t/ha)	
		C u a d r a d o s	M e d i o s
		Sección Oriental	La Tola
Repeticiones	1	2.44 ns	0.59 ns
Tratamientos	48	5.33 **	1.58 **
Error	48	1.38	0.33
Total	97		
Promedio		4.61	1.87
C.V. (%)		25.49	30.93

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado, para la variable rendimiento evaluado en cinco ciclos de selección de la población de maíz amarillo duro, con sus respectivas cruzas, autofecundaciones y recombinaciones. EESC. 2001-2002.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento (t/ha)
		Cuadrado Medio Análisis Combinado
Localidades	1	223.47 **
Repeticiones/Localidades	2	0.96 ns
Tratamientos	48	2.19 **
Tratamientos/Localidades	48	1.63 **
Error	96	0.74
Total	195	
Promedio		3.24
C.V. (%)		26.51

\* = Significativo al nivel del 5%

\*\* = Significativo al nivel del 1%

ns = No significativo

Cuadro 3. Prueba de Tukey al 5% y promedios de rendimiento, obtenidos en cinco ciclos de selección, con sus respectivas cruzas, autofecundaciones y recombinaciones de la población de maíz amarillo duro, más nueve testigos. EESC. 2001-2002.

Sección Oriental			La Tola			Combinado		
Rendimiento (t/ha)			Rendimiento (t/ha)			Rendimiento (t/ha)		
Tratamientos	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango
(C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	7.225	a	C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub>	4.480	a	C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub>	5.313	a
T5 Pob 86 x I-176	7.170	a	C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub>	3.810	a b	(C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	4.867	a b
(C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	7.020	a b	(C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	3.150	a b c	C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub>	4.747	a b c
C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub>	6.985	a b	(C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	2.895	a b c	T5 Pob 86 x I-176	4.720	a b c
T3 I-176	6.845	a b	C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub>	2.855	a b c	(C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	4.717	a b c
C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub>	6.620	a b c	C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub>	2.830	a b c	(C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB	4.660	a b c
(C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB	6.585	a b c	T8 Pool 8 x I-550	2.810	a b c	C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub>	4.657	a b c
(C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	6.405	a b c	(C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> ) RECOMB.	2.795	a b c d	C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub>	4.470	a b c d
(C <sub>4</sub> x C <sub>2</sub> ) RECOMB.	6.300	a b c	C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub>	2.760	a b c d	(C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	4.395	a b c d
C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub>	6.215	a b c	T9 Pool 8 x I-526	2.640	a b c d e	T11-180	4.298	a b c d e
C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub>	6.180	a b c	T1 I-180	2.605	a b c d e	C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub>	4.285	a b c d e
C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub>	6.145	a b c	(C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	2.490	a b c d e	C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub>	4.260	a b c d e
T1 I-180	5.990	a b c	C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub>	2.480	a b c d e	(C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> ) RECOMB.	4.153	a b c d e
C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub>	5.930	a b c	(C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	2.415	a b c d e	(C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	4.035	a b c d e
C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub>	5.715	a b c	(C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	2.365	a b c d e	T3 I-176	4.017	a b c d e
C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub>	5.685	a b c	C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub>	2.330	a b c d e	C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub>	3.972	a b c d e
(C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> ) RECOMB.	5.510	a b c	(C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	2.325	a b c d e	(C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	3.970	a b c d e
(C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	5.465	a b c	C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub>	2.305	a b c d e	C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub>	3.952	a b c d e
(C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	5.365	a b c	T5 Pob 86 x I-176	2.270	a b c d e	C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub>	3.920	a b c d e
C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub>	5.295	a b c	(C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	2.095	a b c d e	(C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> ) RECOMB.	3.895	a b c d e
(C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	5.255	a b c	T6 Universidad Central	2.090	a b c d e	C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub>	3.888	a b c d e
(C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	5.175	a b c	(C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	2.050	a b c d e	(C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	3.810	a b c d e
T4 Pob. 86	5.150	a b c	C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub>	1.910	b c d e	(C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> ) RECOMB.	3.707	b c d e
C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub>	5.075	a b c	C <sub>13</sub>	1.880	b c d e	T9 Pool 8 x I-526	3.675	b c d e
T9 Pool 8 x I-526	4.710	a b c	C <sub>10</sub>	1.870	b c d e	T4 Pob. 86	3.450	b c d e
T6 Universidad Central	4.455	a b c	T2 I-181	1.845	b c d e	T6 Universidad Central	3.273	b c d e
C <sub>10</sub>	4.430	a b c	T4 Pob. 86	1.750	b c d e	C <sub>10</sub>	3.150	b c d e
LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> )	4.180	a b c	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub> )	1.585	b c d e	T8 Pool 8 x I-550	3.063	b c d e
LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> )	4.025	a b c	(C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> ) RECOMB.	1.535	b c d e	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> )	2.840	b c d e
LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> )	4.015	a b c	C <sub>12</sub>	1.500	b c d e	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub> )	2.730	b c d e
LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub> )	3.875	a b c	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub> )	1.500	b c d e	T2 I-181	2.618	b c d e
T2 I-181	3.390	a b c	LS1 (C <sub>10</sub> )	1.445	b c d e	LS1 (C <sub>10</sub> )	2.410	b c d e
LS1 (C <sub>12</sub> )	3.385	a b c	T7 I-180 x Hib. Pob. 88	1.360	b c d e	LS1 (C <sub>12</sub> )	2.185	b c d e
T8 Pool 8 x I-550	3.315	a b c	C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub>	1.325	b c d e	LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> )	2.182	b c d e
LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> )	3.185	a b c	LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> )	1.300	b c d e	C <sub>13</sub>	2.178	b c d e
LS1 (C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> )	3.120	a b c	LS1 (C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> )	1.195	c d e	LS1 (C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub> )	2.158	c d e
LS1 (C <sub>10</sub> )	3.115	a b c	T3 I-176	1.190	c d e	LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> )	2.130	c d e
LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub> )	3.065	a b c	C <sub>0</sub>	1.080	c d e	C <sub>12</sub>	2.115	c d e
C <sub>4</sub>	3.050	a b c	LS1 (C <sub>0</sub> )	1.020	c d e	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> )	2.080	c d e
C <sub>0</sub>	2.805	a b c	LS1 (C <sub>4</sub> )	1.020	c d e	C <sub>0</sub>	1.942	c d e
LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> )	2.770	a b c	LS1 (C <sub>13</sub> )	1.000	c d e	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> )	1.940	c d e
C <sub>12</sub>	2.730	a b c	LS1 (C <sub>12</sub> )	0.985	c d e	C <sub>4</sub>	1.915	c d e
LS1 (C <sub>4</sub> )	2.530	a b c	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub> )	0.980	c d e	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> )	1.810	c d e
LS1 (C <sub>13</sub> )	2.495	a b c	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> )	0.935	c d e	LS1 (C <sub>4</sub> )	1.775	c d e
C <sub>13</sub>	2.475	a b c	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub> )	0.850	c d e	LS1 (C <sub>13</sub> )	1.747	c d e
LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> )	2.310	a b c	C <sub>4</sub>	0.780	c d e	T7 I-180 x Hib. Pob. 88	1.683	c d e
LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub> )	2.130	a b c	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub> )	0.695	c d e	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub> )	1.622	c d e
T7 I-180 x Hib. Pob. 88	2.005	b c	LS1 (C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub> )	0.235	d e	LS1 (C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub> )	1.555	d e
LS1 (C <sub>0</sub> )	1.510	c	LS1 (C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub> )	0.145	e	LS1 (C <sub>0</sub> )	1.265	e

Valores seguidos por la misma letra, no muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%)



Cuadro 4. Depresión debido a la endogamia en la variable rendimiento, para cinco ciclos de selección de la población de maíz amarillo duro. EESC. 2001-2002.

Ciclos	Variable	Rendimiento (t/ha)		
		Sección Oriental	La Tola	Combinado
C <sub>0</sub>	Media C <sub>0</sub> (S <sub>0</sub> )	2.81	1.08	1.94
	Media C <sub>0</sub> (S <sub>1</sub> )	1.51	1.02	1.27
	Diferencia debido a la endogamia	-1.3	-0.06	-0.68
	Depresión en porcentaje	-46.26	-5.56	-34.86
	Valores para el 1% de endogamia	-0.93	-0.11	-0.70
C <sub>4</sub>	Media C <sub>4</sub> (S <sub>0</sub> )	3.05	0.78	1.92
	Media C <sub>4</sub> (S <sub>1</sub> )	2.53	1.02	1.78
	Diferencia debido a la endogamia	-0.52	0.24	-0.14
	Depresión en porcentaje	-17.05	30.77	-7.31
	Valores para el 1% de endogamia	-0.34	0.62	-0.15
C <sub>10</sub>	Media C <sub>10</sub> (S <sub>0</sub> )	4.43	1.87	3.15
	Media C <sub>10</sub> (S <sub>1</sub> )	3.12	1.45	2.41
	Diferencia debido a la endogamia	-1.31	-0.42	-0.74
	Depresión en porcentaje	-29.57	-22.46	-23.49
	Valores para el 1% de endogamia	-0.59	-0.45	-0.47
C <sub>12</sub>	Media C <sub>12</sub> (S <sub>0</sub> )	2.73	1.50	2.12
	Media C <sub>12</sub> (S <sub>1</sub> )	3.39	0.99	2.19
	Diferencia debido a la endogamia	0.66	-0.51	0.07
	Depresión en porcentaje	24.18	-34.00	3.31
	Valores para el 1% de endogamia	0.48	-0.68	0.07
C <sub>13</sub>	Media C <sub>13</sub> (S <sub>0</sub> )	2.47	1.88	2.26
	Media C <sub>13</sub> (S <sub>1</sub> )	2.49	1.00	1.88
	Diferencia debido a la endogamia	0.02	-0.88	-0.43
	Depresión en porcentaje	0.81	-46.81	-19.79
	Valores para el 1% de endogamia	0.02	-0.94	-0.40
Valor promedio de los 5 ciclos (% DE)		-13.58	-15.61	-16.97

Cuadro 5. Depresión debido a la endogamia en la variable rendimiento, para diez cruzas F1, entre ciclos de selección de la población de maíz amarillo duro. EESC. 2001-2002.

Cruzas	Variable	Rendimiento (t/ha)		
		Sección Oriental	La Tola	Combinado
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	6.18	2.76	4.47
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	2.31	0.94	1.62
C <sub>0</sub> x C <sub>4</sub>	Diferencia debido a la endogamia	-3.87	-1.82	-2.85
	Depresión en porcentaje	-62.62	-65.94	-63.76
	Valores para el 1% de endogamia	-1.25	-1.32	-1.28
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	6.98	2.33	4.66
C <sub>0</sub> x C <sub>10</sub>	Media F1 (S <sub>1</sub> )	4.18	1.50	2.84
	Diferencia debido a la endogamia	-2.80	-0.83	-1.82
	Depresión en porcentaje	-40.11	-35.62	-39.02
	Valores para el 1% de endogamia	-0.80	-0.71	-0.78
C <sub>0</sub> x C <sub>12</sub>	Media F1 (S <sub>0</sub> )	5.93	1.91	3.92
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	3.18	0.69	1.94
	Diferencia debido a la endogamia	-2.75	-1.22	-1.98
	Depresión en porcentaje	-46.37	-63.87	-50.51
C <sub>0</sub> x C <sub>13</sub>	Valores para el 1% de endogamia	-0.93	-1.28	-1.01
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	5.30	2.48	3.89
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	4.02	0.15	2.08
	Diferencia debido a la endogamia	-1.28	-2.33	-1.81
C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub>	Depresión en porcentaje	-24.15	-93.95	-46.50
	Valores para el 1% de endogamia	-0.48	-1.88	-0.93
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	6.62	1.33	3.97
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	2.77	0.85	1.81
C <sub>4</sub> x C <sub>12</sub>	Diferencia debido a la endogamia	-3.85	-0.48	-2.16
	Depresión en porcentaje	-58.16	-36.09	-54.43
	Valores para el 1% de endogamia	-1.16	-0.72	-1.09
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	5.07	2.83	3.95
C <sub>4</sub> x C <sub>13</sub>	Media F1 (S <sub>1</sub> )	3.88	1.59	2.73
	Diferencia debido a la endogamia	-1.19	-1.24	-1.22
	Depresión en porcentaje	-23.47	-43.82	-30.92
	Valores para el 1% de endogamia	-0.47	-0.88	-0.62
C <sub>4</sub> x C <sub>10</sub>	Media F1 (S <sub>0</sub> )	5.72	2.86	4.29
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	2.13	0.98	1.56
	Diferencia debido a la endogamia	-3.59	-1.88	-2.73
	Depresión en porcentaje	-62.76	-65.73	-63.71
C <sub>10</sub> x C <sub>12</sub>	Valores para el 1% de endogamia	-1.26	-1.31	-1.27
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	6.22	2.31	4.26
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	4.03	0.24	2.13
	Diferencia debido a la endogamia	-2.19	-2.07	-2.13
C <sub>10</sub> x C <sub>13</sub>	Depresión en porcentaje	-35.21	-89.61	-50.00
	Valores para el 1% de endogamia	-0.70	-1.79	-1.00
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	5.68	3.81	4.75
	Media F1 (S <sub>1</sub> )	3.07	1.30	2.18
C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub>	Diferencia debido a la endogamia	-2.61	-2.51	-2.57
	Depresión en porcentaje	-45.95	-65.88	-54.03
	Valores para el 1% de endogamia	-0.92	-1.32	-1.08
	Media F1 (S <sub>0</sub> )	6.14	4.48	5.31
C <sub>12</sub> x C <sub>13</sub>	Media F1 (S <sub>1</sub> )	3.12	1.19	2.16
	Diferencia debido a la endogamia	-3.02	-3.29	-3.16
	Depresión en porcentaje	-49.19	-73.44	-59.38
	Valores para el 1% de endogamia	-0.98	-1.47	-1.19
Valor promedio de las 10 F1 (% DE)		-44.80	-63.40	-51.58