

# Compuesto de Amplia Base Genética de Maíz Tropical. II. Variaciones en las Familias<sup>1</sup>

R E. Preciado\*

## ABSTRACT

In order to increase the genetic variability for the humid tropics of Mexico, a broad genetic base composite (BGBC) of tropical maize varieties was made, starting in the 1981 rainy season. This composite was created through six combination cycles using 39 varieties (families) with good yield and good agronomic characteristics. The families were crossed in isolated destasseling plots. The objective of this paper was to study the genetic variation among and within the families. The field work for this study was performed during the 1984 rainy season in the Cotaxtla and La Huerta experimental stations, located in Veracruz and Jalisco, Mexico. In each location, the families showed different responses in grain yield, days to male and female flowering, and lodging percentage, while similar responses were seen in plant and ear height. It was also noted that the differences among and within families in each site tended to diminish as the cycles progressed. Thus, after six cycles, the families were integrated into a single composite.

Palabras claves: *Zea mays* L., variabilidad genética, recombinación genética, maíces tropicales.

## COMPENDIO

En 1981, se inició la formación de un compuesto de amplia base genética (CABG) de maíz tropical para aumentar la variabilidad genética del programa de mejoramiento genético de maíz del trópico húmedo de México. El compuesto se formó en seis ciclos, con 39 variedades (familias) de buen rendimiento y buenas características agronómicas, en lotes aislados de desespigamiento en el Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz. Se presenta el análisis del proceso formativo del CABG a través de seis ciclos, en los que se involucran recombinación, selección y migración. El objetivo fue estudiar la variabilidad en y entre las familias que integraron el CABG. Las familias se evaluaron en el ciclo agrícola de temporal de 1984, en los campos experimentales de Cotaxtla, en el estado de Veracruz, y de La Huerta, en Jalisco, Méx. La respuesta en cada localidad fue diferente en rendimiento, días de floración masculina y femenina y porcentaje de acame; respuestas similares se tuvieron en altura de planta y de mazorca. Estas diferencias tendieron a reducirse a medida que avanzaron los ciclos de recombinación-selección. Esta misma tendencia se observó en las localidades en los caracteres: porcentaje de acame y días a floración masculina y femenina. Se concluyó que la variabilidad en y entre las familias se redujo con el avance de los ciclos. Por lo tanto, se concluye que en seis ciclos se logró la integración de las variedades utilizadas en un solo compuesto.

## INTRODUCCION

En el área tropical húmeda de México, existen variedades nativas y mejoradas, de maíz con cierta resistencia a plagas y enfermedades y, además, con buenas características agronómicas y morfológicas. Sin embargo, esta riqueza de plasma germinal se encuentra dispersa, por lo que es necesario integrar esas características en una población para brindar respaldo a los programas de mejoramiento genético de maíz en el área.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 20 de junio de 1991.

El autor agradece al personal investigador y de campo del Programa de Maíz del Campo Experimental Cotaxtla, por su participación en la formación del material genético de esta investigación. Y, a los doctores Fidel Márquez Sánchez y Lauro Bucio Alanís, en las etapas de evaluación y análisis de la información contenida en este artículo.

Parte del trabajo fue presentada por el autor en la Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx.

\* Investigador del Programa de Maíz. Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz, Méx. Actualmente realiza estudios de Doctorado en la Universidad de Nebraska, EE UU.

Se considera que, mediante la formación de compuestos de amplia base genética (CABG), es posible manejar y acumular un gran número de características deseables dentro de una población, y, por medio de una selección cíclica, incrementar la media de rendimiento de grano, así como la acumulación de genes favorables en otras características. Por otro lado existe abundante información que señala la necesidad de disponer de variabilidad genética y que apoya la formación de los CABG; no obstante, es de tipo descriptivo sin profundizar en lo que está sucediendo dentro de ese tipo de compuestos.

Por esas razones, en este trabajo, se analiza el comportamiento de un CABG de maíz tropical formado en Cotaxtla, mediante estimadores de variancias en y entre las familias que formaron el CABG en seis ciclos de recombinación.

#### REVISION DE LITERATURA

Las especies algámicas son poblaciones compuestas de subpoblaciones sometidas a diversas presiones de selección, en las cuales la migración ha sido variable. Cada subpoblación posee uno o más alelos favorables que están ausentes en otras. En la práctica, una aproximación conservadora que asegura la presencia de varios alelos favorables es establecer compuestos de amplia base genética (CABG), con la intervención de diversas fuentes germoplásmicas (1).

Sprague y Eberhart (6) y Hallauer y Miranda (2) indicaron que los CABG resultan del apareamiento aleatorio de las cruzas intervarietales posibles dentro de un grupo mezclado de variedades heterógenas –poblaciones o razas– y que han sido ampliamente usadas en el mejoramiento genético por su amplia variabilidad en ese sentido.

Gran parte del renovado interés por el mejoramiento genético de las poblaciones proviene de los estudios en genética cuantitativa en maíz, varios de los cuales han revelado que la variancia genética aditiva, para rendimiento y otros atributos en poblaciones heterocigóticas de maíz, es muy elevada y predominante (7).

Por su parte, Pandey *et al.* (4), al citar a varios autores, afirman que la magnitud de la variabilidad genética de las poblaciones ha demostrado que es función del número y de la diversidad genética de sus componentes, la cual se incrementa con su recombinación.

Por otro lado, Hallauer y Miranda (2) indican que, eventualmente, todos los miembros de una población cerrada llegarán a estar emparentados; el tiempo para que esto suceda depende del tamaño de la población. La endogamia se puede evitar, con más posibilidad, mediante recombinación; si el apareamiento es estrictamente al azar, es menor; pero debido al número de individuos que pueden ser incluidos razonablemente, la endogamia es inevitable. Agregan que la cantidad inevitable de endogamia, en una población bajo apareamiento aleatorio, está determinada por el número de individuos emparentados en ella, los cuales se unen al azar en todas las generaciones.

#### MATERIALES Y METODOS

##### Material genético

La formación del CABG se inició en el Campo Experimental de Cotaxtla en 1981. Se utilizaron 39 variedades de maíz sobresalientes en ensayos de rendimiento durante varios años y en localidades del trópico húmedo de México. De este grupo de variedades, las 20 más sobresalientes integraron un compuesto polinizador.

Durante seis ciclos, la siembra se realizó en un lote aislado de desespigamiento; se estableció un surco de 10 m con cada una de las 39 variedades alternadas con surcos del compuesto polinizador, en una relación 2:1. Se depositaron dos semillas cada 25 cm, con una distancia de 90 cm entre surcos; se usó una presión de selección del 7% en las variedades que integraron el compuesto polinizador y del 5% en el resto –dos y tres mazorcas en parcelas de 41 plantas.

En el periodo de llenado de grano, en cada ciclo, se marcaron dentro de cada variedad (hembra) plantas con competencia completa, sin acame, sanas, que tuvieran aproximadamente la altura media de la variedad y que fueran representativas de la misma. De las plantas marcadas, se seleccionaron las mejores mazorcas para sembrar los surcos-hembra del ciclo siguiente. De las variedades que intervinieron en la formación del compuesto polinizador, se seleccionó la mejor mazorca para integrar el compuesto macho del siguiente ciclo.

El proceso de selección se llevó a cabo durante seis ciclos, obteniéndose 39 variedades en cada uno. En la evaluación en campo participaron 39 materiales genéticos de cada ciclo, 39 variedades originales y siete

compuestos balanceados utilizados como polinizadores, lo que dio un total de 280 materiales genéticos. Aunque en cada generación se involucra la recombinación, la selección y la migración, en este trabajo se les llamará ciclos.

El CABG quedó integrado por dos subcompuestos: el primero que se denominará subcompuesto de machos, formado por las variedades que intervinieron en el compuesto polinizador del ciclo subsecuente, y el segundo formado por las variedades que intervinieron sólo como hembras dentro del CABG, al que se le denominará subcompuesto de hembras.

**Evaluación en campo**

El presente trabajo se realizó en el ciclo de temporal (secano), de 1984, en los campos experimentales de Cotaxtla, en Veracruz, y La Huerta, en Jalisco, Méx. Ambas localidades tienen un clima cálido, subhúmedo y una altura sobre el nivel del mar menor que 500 metros.

El material genético se evaluó, en ambas localidades, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas en un diseño experimental de bloques completos al azar, donde la parcela grande fue la variedad y las chicas los ciclos, con dos repeticiones por localidad. Se utilizaron modelos aleatorios con el fin de estimar las variancias entre variedades, con el supuesto de que eran una muestra representativa de una población de variedades de una población de variedades mejoradas.

Para ver si los materiales de cada variedad eran más parecidos a los de las otras variedades, conforme se avanzaba en el proceso de recombinación, se estimó la variancia en cada ciclo y localidad con base en los siguientes análisis:

Fuente de variación	g. l.	c. m.	E (c. m.)
Repeticiones	1		
Variedades	39	M <sub>1</sub>	α <sup>2</sup> + rα <sup>2</sup> v
Error	39	M <sub>2</sub>	α <sup>2</sup>
Total	79		

r = repeticiones      v = variedades      l: localidades

El estimador de la variancia de variedades fue:

$$\alpha^2v = \frac{M_1 - M_2}{r}$$

Con el mismo fin se realizaron análisis de variancia considerando ambas localidades de la manera siguiente:

Fuente de variación	g. l.	c. m.	E (c. m.)
Localidades	1		
Repetición (loc)	2		
Variedades	39	M <sub>1</sub>	α <sup>2</sup> + rα <sup>2</sup> v <sub>l</sub> + rlα <sup>2</sup>
Loc x variedades	39	M <sub>2</sub>	α <sup>2</sup> + rα <sup>2</sup> v <sub>l</sub>
Error	78	M <sub>3</sub>	α <sup>2</sup>
Total	159		

r = repeticiones      v = variedades      l = localidades

El estimador de la variancia de variedades en este caso fue:

$$\alpha^2v = \frac{M_1 - M_2}{rl}$$

Esta variancia estimada de variedades se dividió entre la variancia respectiva del error, tal como lo propusieron Sprague y Federer (5):

$$m = \frac{\alpha^2v}{\alpha^2}$$

También se hizo la estimación de la variancia dentro de las variedades a partir de las observaciones de plantas individuales, con el fin de detectar diferencias estadísticas entre ellas, aplicando la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de variancias, descrita por Infante y Zárate (3).

En ambas localidades se registraron las siguientes variables: rendimiento en mazorca (kg • ha<sup>-1</sup>), días a floración masculina al 50% de anthesis, días a floración femenina al 50% de aparición de estigmas. En La Huerta, se registraron también la fecha de floración femenina de cada planta, la altura de la planta desde la base del tallo hasta el ápice de la espiga en 10 plantas por parcela, la altura de mazorca desde la base del tallo hasta la base de la mazorca principal y el porcentaje de acame, contando el número de plantas acamadas en relación con el total por parcela.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a que el CABG estaba estructurado por dos subcompuestos, se esperaba una reducción de las diferencias entre las variedades a medida que avanzaban los ciclos por causa del subcompuesto polinizador, el cual actuó como progenitor recurrente a través de los ciclos de selección. Con el fin de estimar tal variación, en el Cuadro 1 se presentan los valores de F para el factor variedades de los análisis de variancia de los caracteres: rendimiento, floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, y porcentaje de acame en cada ciclo, en Cotaxtla y La Huerta. Se observa que los resultados por localidad difieren significativamente en algunos aspectos por ejemplo: en Cotaxtla, el rendimiento en los ciclos  $C_0$  y  $C_3$  presentó diferencias significativas en comparación con La Huerta, donde sólo en el  $C_0$  no hubo diferencias estadísticas. Otros caracteres, que presentaron diferencias en comportamiento, fueron: floración masculina y femenina y porcentaje de acame, por lo que se puede decir que las variedades en estos caracteres tuvieron respuestas diferentes en cada ambiente, a diferencia de la altura de planta y de la mazorca, que mostraron respuestas similares en ambos. Lo anterior se explica a que en La Huerta las variedades tuvieron mayor rendimiento, mayor acame y fueron más precoces que en Cotaxtla.

A través de los ciclos (Cuadro 1), se aprecian discrepancias significativas en  $C_0$  para todos los caracteres estudiados en ambos ambientes –con excepción

del rendimiento en La Huerta. A medida que se avanzó en los ciclos, las diferencias estadísticas fueron desapareciendo a tal grado que en  $C_6$  sólo la altura de planta, en Cotaxtla, y el rendimiento y porcentaje de acame, en La Huerta, fueron significativos.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de F, resultantes de los análisis de variancia combinados de ambas localidades para los caracteres estudiados. Se puede observar que en rendimiento, altura de planta y de mazorca se mantienen las diferencias estadísticas entre las variedades a través de los ciclos. En el resto de los caracteres, en el ciclo  $C_6$  no se observaron desigualdades estadísticas, por lo que se puede inferir que la diferencia entre los materiales en los caracteres estudiados se redujo debido a la cruz a regresiva del subcompuesto de machos hacia el subcompuesto de hembras, y la selección y migración de ambos subcompuestos.

Al observar los ciclos en el Cuadro 2 se aprecia una respuesta similar al Cuadro 1; esto es, que a medida que avanzaron los ciclos las diferencias estadísticas tendieron a desaparecer en  $C_6$ , por lo menos en las variables: días a floración masculina y femenina, y porcentaje de acame.

Respecto a la interacción de localidades por variedades sólo se obtuvo importancia estadística en algunos caracteres y ciclos. El rendimiento fue significativo en  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ ; la altura de planta, en el  $C_2$ ; y el porcentaje de acame, en el  $C_6$ . Lo anterior indica que las variedades tuvieron una expresión diferente de los caracteres

Cuadro 1. Valores de F resultantes para el factor variedades de los caracteres estudiados en cada ciclo, en Cotaxtla y La Huerta (1984 B).

Caracteres	Localidades	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
rendimiento	Cotaxtla	1.79**	1.56	1.17	1.83*	0.72	1.33	1.27
	La Huerta	1.56	3.58**	2.76**	3.33*	2.62**	2.74**	1.92*
flor ♂	Cotaxtla	2.32**	1.60	1.72*	1.19	1.19	1.72*	1.15
	La Huerta	5.20**	3.34**	3.77**	2.18**	1.12	1.45	0.92
flor ♀	Cotaxtla	2.56**	1.73*	1.15	1.18	1.29	1.26	0.97
	La Huerta	6.46**	3.87**	4.38**	2.15**	1.37	2.59**	0.91
altura de planta	Cotaxtla	5.49**	5.00**	3.17**	1.72*	1.84*	1.36	1.81*
	La Huerta	3.08**	1.50	3.18**	1.76*	1.89*	1.83*	1.14
altura de mazorca	Cotaxtla	4.14**	5.31**	1.94*	1.45	1.54	1.56	1.61
	La Huerta	6.80**	1.71**	1.93*	1.45	2.30**	1.65	1.17
acame (%)	Cotaxtla	2.07*	1.61	1.47	1.35	1.16	0.81	1.40
	La Huerta	2.16**	1.61	0.98	2.60**	1.51	1.21	2.27**

\*\* Altamente significativa al 0.01 de probabilidad (2.128)

\* Significancia al 0.05 de probabilidad (1.70)

Cuadro 2. Valores de F de los factores variedades e Interacción Localidad x Variable en el combinado de localidades para los caracteres estudiados (1984 B).

Caracteres	Factor	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>
rendimiento	Variedades	2.22**	3.30**	1.99*	3.58**	1.77*	2.60**	2.06**
	Loc x Var	1.02	2.15**	1.90*	1.75*	2.42*	1.37	1.39
flor ♂	Variedades	4.85**	2.78**	2.98**	1.88**	1.53	1.87*	0.98
	Loc x Var	1.40	1.18	1.17	0.89	0.82	1.42	1.14
flor ♀	Variedades	6.03**	3.44**	2.20**	2.07**	1.85*	1.90**	1.16
	Loc x Var	1.23	1.07	0.90	0.65	0.76	1.17	0.73
altura de planta	Variedades	7.00**	4.34**	4.52**	2.32**	2.41**	1.81*	2.08**
	Loc x Var	1.36	0.89	1.82*	1.14	1.30	1.17	1.17
altura de mazorca	Variedades	9.48**	5.71**	2.67**	2.23**	2.65**	1.71*	1.82*
	Loc x Var	1.15	1.41	1.20	0.66	1.07	1.48	0.91
acame (%)	Variedades	3.45**	2.08**	1.26	2.38**	1.19	1.03	1.61
	Loc x Var	0.78	1.17	1.08	1.48	1.44	0.96	2.07**

\* Significativo al 0.05\*\*, 0.01 de probabilidad.

mencionados en cada uno de los ambientes estudiados, en los ciclos indicados.

Para cuantificar la reducción de la variación entre las variedades de cada ciclo, se usó el estimador de variancia de variedades y su relación con el error (m), como se describe en Materiales y Métodos. En el Cuadro 3 se presentan estimadores de variancia por ciclo, obtenidos de los análisis individuales de las dos localidades estudiadas y del análisis individual de las

dos localidades estudiadas y del análisis combinado en todos los caracteres. Se puede observar una reducción de estos estimadores de variancia del C<sub>0</sub> al C<sub>6</sub>, siendo más clara ésta en las variables altura de planta y de mazorca. Esta reducción se debe a que al iniciar la integración del CABG en ambas localidades, en el C<sub>0</sub> existía una diferencia de 143 cm entre el material más alto y el más bajo, y en el C<sub>6</sub>, esa diferencia sólo fue de 49 centímetros.

Cuadro 3. Estimadores de variancia de variedades a través de su relación con el error (m) de los caracteres estudiados en Cotaxtla, La Huerta y el combinado de ambas localidades (1984 B).

	Rendimiento			Altura de planta			Altura de mazorca		
	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.
C <sub>0</sub>	0.39	0.28	0.30	2.24	1.04	1.50	1.57	2.90	2.12
C <sub>1</sub>	0.27	1.29	0.57	2.00	0.25	0.83	2.16	0.86	1.18
C <sub>2</sub>	0.08	0.88	0.25	1.08	1.09	0.88	0.47	0.46	0.42
C <sub>3</sub>	0.41	1.16	0.64	0.36	0.38	0.33	0.22	0.22	0.31
C <sub>4</sub>	0	0.81	0.20	0.42	0.44	0.35	0.27	0.69	0.41
C <sub>5</sub>	0.16	0.87	0.40	0.18	0.41	0.20	0.28	0.97	0.18
C <sub>6</sub>	0.13	0.46	0.27	0.41	0.20	0.27	0.30	0.08	0.20

  

	Días a flor			Días a flor			Acame (%)		
	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.
C <sub>0</sub>	0.29	2.10	0.96	0.78	2.64	1.26	0.53	0.58	0.61
C <sub>1</sub>	0.30	1.16	0.44	0.36	1.60	0.61	0.30	0.32	0.27
C <sub>2</sub>	0.36	1.39	0.49	0.08	2.02	0.30	0.23	0	0.06
C <sub>3</sub>	0.09	0.59	0.22	0.09	0.68	0.27	0.17	0.40	0.36
C <sub>4</sub>	0.09	0.06	0.13	0.14	0.22	0.21	0.08	0.76	0.05
C <sub>5</sub>	0.36	0.22	0.22	0.13	0.56	0.22	0	0.10	0.01
C <sub>6</sub>	0.07	0	0	0	0	0.01	0.70	0.63	0.15

En general, esta reducción en los estimadores de variancia de los caracteres a través de los ciclos, puede indicar que ambos subcompuestos tendieron a perder la identidad genética de las variedades, para integrarse en un solo compuesto; además, en el subcompuesto de hembras también perdieron su identidad genética por la migración producida.

Asimismo, se estimó la variabilidad dentro de las variedades en cada ciclo mediante la variancia de observaciones individuales de plantas en los caracteres floración femenina, altura de planta y de mazorca. En el Cuadro 4 se presentan las variancias dentro de las variedades, así como la prueba de Bartlett de homogeneidad de variancias. Al observarlas, en cada ciclo, se aprecia que la del  $C_0$  fue mayor que en el resto debido a que gran parte de las variedades originales presentaban variabilidad entre y en ellas; lo mismo ocurrió con algunas poblaciones, variedades de polinización libre y "colectas". Esta variabilidad en días a floración femenina fue disminuyendo a través de los ciclos, lo cual se atribuye al desespigamiento practicado al 80% de la floración del compuesto polinizador, pues las plantas más tardías en su floración femenina se eliminaron automáticamente al no llenar completamente la mazorca. Con respecto a la prueba de Bartlett, practicada en floración femenina, ésta mostró que las variancias fueron estadísticamente diferentes al 1% de probabilidad.

**Cuadro 4. Prueba de homogeneidad de las variancias estimadas a partir de plantas individuales en cada ciclo en La Huerta, Jal., y Campo Cotaxtla, Ver.**

	Días a flor	Altura de planta	Altura de mazorca
$\chi^2 C_0$	11.96	1 750.1	1 120.4
$\chi^2 C_1$	9.45	1 055.5	669.6
$\chi^2 C_2$	9.11	1 110.3	676.0
$\chi^2 C_3$	8.19	821.5	440.0
$\chi^2 C_4$	7.98	819.0	446.2
$\chi^2 C_5$	6.84	755.2	454.8
$\chi^2 C_6$	8.06	611.3	295.3
Bartlett	105.32*	149.66*	229.40*

1: 0.01 - 16.81

Los caracteres altura de la planta y de la mazorca muestran una gran variación dentro del  $C_0$  con respecto a los otros ciclos, lo cual se atribuye a la misma razón

apuntada en floración femenina; o sea, algunas variedades poseían gran variabilidad en y entre ellas, en el caso de las poblaciones, variedades de polinización libre y "colectas".

La disminución en la magnitud de la variancia en altura de la planta y de la mazorca se atribuyó principalmente a las siguientes causas: a) las plantas seleccionadas en cada ciclo debían estar alrededor de la altura media de la variedad por seleccionar; b) en el compuesto polinizador fueron desespigadas las plantas demasiado altas con respecto al mismo; c) algunas variedades del compuesto macho eran de porte bajo y, al cruzarse con variedades altas, proporcionaron al CABG un porte de planta intermedio, tendiendo en cada ciclo a la uniformidad. Respecto a la prueba de Bartlett en estos caracteres, en el Cuadro 4 se observa que las variancias fueron estadísticamente diferentes al 1% de probabilidad.

En síntesis, la información anterior está indicando que el CABG fue integrado en una sola población en seis ciclos, al aumentar el parecido entre y en las variedades.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados alcanzados se concluyó lo siguiente:

- En Cotaxtla y La Huerta, las variedades mostraron diferentes respuestas a la selección en los caracteres: rendimiento, floración masculina y femenina, y porcentaje de acame; además mostraron una respuesta similar en altura de la planta y de la mazorca.
- Las diferencias entre las variedades en cada localidad tendieron a reducirse a medida que se avanzó en los ciclos de selección; a través de localidades sólo el porcentaje de acame y días de floración masculina y femenina mostraron esa tendencia.
- La interacción entre variedades y localidades se manifestó en algunos ciclos de selección en el rendimiento, altura de planta y porcentaje de acame.
- Los estimadores de variancia por medio de su relación con el error mostraron claras tendencias de disminución a través de los ciclos de selección.

— Las variancias dentro de las variedades fueron diferentes en los ciclos de selección en los caracteres: floración femenina, altura de planta y de mazorca, mostrando una tendencia a reducirse a medida que avanzó la selección.

#### LITERATURA CITADA

1. COMSTOCK, E.R. 1978. Quantitative genetics in maize breeding. In *Maize breeding and genetics*. B.D. Walden (Ed). N.Y., Wiley. p. 191-206.
2. HALLAUER, R.A.; MIRANDA, J.B. 1981. *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames, EE.UU., Iowa State University Press. 468 p.
3. INFANTE, G.S.; ZARATE, G.P. 1984. Métodos estadísticos Méx., Trillas. p. 348-51
4. PANDEY, S.; VASSAL, S.K.; DE LEON, C.; ORTEGA, A.; GRANADOS, G.; VILLEGAS, F. 1982. Desarrollo y mejoramiento de poblaciones de maíz Méx., CIMMYT. 35 p. Presentado en: Reunión de Maiceros de la Zona Andina (1982, Santa Cruz, Bol)
5. SPRAGE, G.F.; FEDERER, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials II. Error, year x variety, location x variety, and variety components *Agronomy Journal* 43:535-541.
6. SPRAGE, G.F.; EBERHART, S.A. 1977. Corn breeding. In *Corn and corn improvement*. G.F. Sprague (Ed.) Madison, Wis., EE.UU., American Society of Agronomy p. 305-362
7. VASAL, S.K.; ORTEGA, A.; PANDEY, S. 1983. Programa de manejo, mejoramiento y utilización de germoplasma de maíz en el CIMMYT El Batán, Méx., Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 26 p.