

# Compuesto de Amplia Base Genética de Maíz Tropical. I. Respuesta a la Selección<sup>1</sup>

R.E. Preciado\*

## ABSTRACT

The development of a broad genetic base composite (BGBC) of tropical maize varieties began in the 1981 rainy season at Cotaxtla experiment station in Veracruz, Mexico. The BGBC was made up mainly of Tuxpeño tropical germ plasm, and was formed in isolated detasseling lots. The male composite was formed with 20 of the best-performing components of the BGBC and the female rows were one of each of the BGBC components; the recombination was repeated for six cycles. Selection was carried out in each cycle in both male and female rows. In the males, this was by done by detasseling plants with lodging, diseases, tallness or with silking delay problems, and total detasseling when 80% of the pollen shedding occurred in order to select for earliness. Within the female rows, the selection was practiced in plants with good grain yield, plant health, husk coverage, no lodging, and moderate height. The results show that the average behavior of the components of the BGBC, through all cycles and environments, showed selection responses for yield, plant and ear height, and lodging percentage.

Palabras claves: *Zea mays* L., selección, base genética, rendimiento, características agronómicas, recombinación genética.

## COMPENDIO

En el Campo Agrícola Experimental Cotaxtla en Veracruz, Méx., se inició, en 1981, la formación de un compuesto de amplia base genética (CABG), con germoplasma tropical, principalmente de la raza Tuxpeño. El CABG se formó en lotes aislados de desespigamiento, utilizando como macho un compuesto mecánico balanceado de los mejores componentes, y como hembras cada uno de los componentes que integraron el CABG. La recombinación se llevó a cabo durante seis ciclos, y, en cada uno, se realizaron selecciones en el macho polinizador y en las hembras. En el compuesto macho se eliminaron las espigas de las plantas acamadas, enfermas, extremadamente altas y con problemas de sincronía de floración; además se practicó desespigue total al llegar al 80% de floración, con el fin de seleccionar ligeramente hacia precocidad. En las hembras se escogieron plantas con buen rendimiento, sanas, con competencia completa, buena cobertura de mazorca, no acamadas ni demasiado altas. De los resultados, se concluyó que el comportamiento medio del CABG, por medio de ciclos y localidades, mostró una respuesta a la selección en rendimiento, altura de plantas y de mazorca, porcentaje de acame y días de floración masculina y femenina.

## INTRODUCCION

En el proceso de formación de compuestos de amplia base genética (CABG), por lo general, se utilizan criterios de selección tendientes a mejorar el compuesto, con el fin de que resuelva, de alguna manera, los principales problemas de adaptación del cultivo a la zona de destino. Particularmente, en el desarrollo del CABG formado en el Campo Cotaxtla en Veracruz, a partir de 1981, el criterio de selección incluyó los caracteres: rendimiento, altura de planta y de mazorca, resistencia al acame, eliminación de plantas tardías, sincronía de floración masculina y femenina, entre otros; tratando de obtener plantas con mayor rendimiento y resistencia a los vientos y a la sequía intraestival.

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

Parte de este trabajo fue presentada por el autor en la tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Se agradece a los investigadores y personal de campo del Programa de Maíz del Campo Experimental Cotaxtla, por su apoyo en la formación del material genético de este estudio y a los doctores Fidel Márquez Sánchez y Lauro Bucio Alanís, por su dirección en la evaluación y análisis de la información contenida en este artículo

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

El objetivo de este artículo es presentar la respuesta a la selección en seis ciclos de integración de un CABG de maíz tropical.

### REVISION DE LITERATURA

La magnitud de variabilidad genética de las poblaciones depende del número de sus componentes y de la diversidad genética entre ellos, que se incrementa por su recombinación (3).

Si una raza presenta variabilidad genética reducida y se mezcla con otros materiales semejantes, puede aumentar la variabilidad significativamente, lo mismo que el potencial de selección, al aprovechar la diversidad genética en las poblaciones de maíz, dentro de los límites de un área dada (2, 5).

Pandey *et al.* (3) informan que las poblaciones desarrolladas constituyen un receptáculo de variabilidad genética que deberá ser aprovechado para mejorar aquellas características de mayor utilidad para productores y consumidores. El mejoramiento poblacional depende del aumento en la frecuencia de los alelos favorables. Así, la sustitución de los alelos desfavorables por los favorables y su frecuencia en cada locus son causas directas del mejoramiento que pueda lograrse en una población.

La variancia genética aditiva, para un carácter dado, es la de los valores reproductivos, determinada por la suma de efectos medios, que se calcula sobre el par de alelos en cada locus de las plantas. En maíz, ese tipo de variancia genética aditiva es relativamente de mayor magnitud que las no aditivas, y los genes que las determinan se pueden fijar y acumular mediante selección.

Por otro lado, cuando los efectos de dominancia son importantes se puede obtener una heterosis relativamente alta en las cruzas intervarietales, y cuando se forma el compuesto se espera que el rendimiento en la nueva población sea mayor que el promedio de las variedades parentales, pues los compuestos son capaces de retener la porción de los efectos heteróticos. Por lo tanto, el uso de CABG puede considerarse como un método de utilización directa para la heterosis en las cruzas intervarietales. Además, debido a que las frecuencias génicas en la nueva población serán los promedios de las variedades parentales, las génicas en muchos loci se moverán entre cero y uno a valores intermedios (1, 6).

Con respecto a la selección que procura los efectos genéticos aditivos, Hallauer y Miranda (1) afirman que existen características como el vigor, sanidad y resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, las cuales, generalmente, poseen una hereditabilidad más alta que el rendimiento. Debido a lo anterior, las poblaciones básicas pueden mejorar en estas características, con alta hereditabilidad, en un tiempo relativamente corto.

### MATERIALES Y METODOS

#### Integración y selección de compuestos

El material genético utilizado en este estudio incluyó algunos materiales (componentes) que integraron el CABG formado en el Campo Agrícola Experimental Cotaxtla. En el Cuadro 1 se presenta la relación de materiales con que se inició la recombinación del CABG. Tales materiales fueron sobresalientes en varios ciclos y localidades de prueba, tanto en el estado de Veracruz como en el país (4).

**Cuadro 1.** Componentes del CABG usados como hembras y como machos en los seis ciclos de recombinación-selección.

Recolectas	Híbridos	Variedades	Poblaciones
Ver 6 77A *	H-503 *	V-522 *	COT II *
Chis 501 *	H-507 *	V-524 *	COT XIV *
Chis 455	H-510 *	VS-525 *	COT XV *
Chis 511	H-511 *	CGB II *	COT XVII *
Chis 417	HEV-3 *	Sint 12 *	COT XVIII *
Chis 462	H-452	VS-521	COT XXXI *
Chis 664		Llera III	COT XXXII *
Tams 129			Tuxp C-17 *
Tams 65			COT I
Sin 30			COT III
Ver 5 77A			COT VI
Ver 10 77A			COT V
Criollo D. H.			
Chis 535			

\* Materiales que formaron el compuesto mecánico balanceado que intervino como macho en cada ciclo.

La integración y selección del compuesto se llevaron a cabo durante los ciclos de temporal y de riego, entre 1981 y 1984. La metodología de formación del compuesto fue la siguiente:

1. Los componentes de alto rendimiento se escogieron con base en la información de ensayos de varios ciclos y localidades, en la zona cálida-húmeda de México.

2. Con los componentes superiores se formó un compuesto mecánico balanceado para utilizarlo como "macho" y polinizar el resto de genótipos, que se comportaron como hembras.
3. En un lote aislado de desespigamiento, se realizaron los cruzamientos; en él los materiales que actuaron como hembras se mantuvieron en densidad normal, y el compuesto macho en alta densidad.
4. El desespigue se practicó en tres modalidades: la primera fue total en los materiales hembra, en el momento de aparecer la espiga; en el segundo, se eliminaron las espigas del compuesto macho de las plantas acamadas, enfermas, demasiado altas o que no tuvieron coincidencia de floración masculina y femenina; y en la tercera, se suprimieron todas las espigas del macho al alcanzar el 80% de la floración masculina. De esa manera, en el macho se seleccionaron plantas con menor porte; resistentes al acame; más sanas; ligeramente más precoces; e, indirectamente, al seleccionar por sincronía de floración, plantas tolerantes a la sequía, y un porcentaje menor de plantas "jorras" (sin mazorca).
5. En el período de llenado de grano, se marcaron en cada surco-hembra las plantas más sanas, sin acame, con competencia completa y no muy altas.
6. En la cosecha, de las plantas marcadas en cada surco-hembra, se seleccionaron las tres mejores mazorcas de los materiales que integraron el compuesto-macho y las dos mejores en los materiales restantes.
7. El procedimiento descrito del segundo al sexto paso fue repetido hasta realizar seis ciclos de recombinación- selección.

#### Evaluación del efecto de la selección

La presente información fue tomada de los ensayos de campo durante el temporal de 1984 en las localidades de Cotaxtla, Veracruz, y La Huerta, Jalisco; ambas poseen un clima cálido subhúmedo y una altura sobre el nivel del mar inferior a los 500 metros.

En los dos lugares, el material genético se evaluó en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y

parcelas divididas, con dos repeticiones por localidad; la parcela grande fue el componente y las chicas, los ciclos.

#### Caracteres estudiados y análisis estadístico

Con la información de campo, se realizaron diversos tipos de análisis de variancia: por ciclo (parcela chica) en cada localidad, y combinado; por parcelas divididas completamente por localidad y combinado.

Los caracteres que se incluyen en este escrito son: rendimiento de mazorca por hectárea, días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, y porcentaje de acame.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Con el fin de ilustrar, de manera cuantitativa, la respuesta media de los materiales que integraron el CABG en cada ciclo, en el Cuadro 2 se presenta la media de los caracteres estudiados en las localidades de La Huerta y Cotaxtla, así como en el combinado de ambas. Se puede ver que en Cotaxtla, respecto al rendimiento de la mazorca, los ciclos  $C_5$ ,  $C_3$ ,  $C_6$ ,  $C_2$  y  $C_4$  fueron estadísticamente superiores al  $C_1$  y  $C_0$ . Como el ambiente de Cotaxtla no permitió una buena expresión de los genótipos, las diferencias entre los ciclos no fueron tan marcadas; sin embargo, se observa que  $C_5$  fue numéricamente superior a los demás, con una diferencia de 1297 kg/ha respecto al material original. Se observa, también, que en La Huerta solamente el ciclo  $C_5$  fue estadísticamente superior en rendimiento al resto de los ciclos, con una diferencia de 1792 kg/ha en relación con  $C_0$ ; los ciclos  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_6$  fueron iguales entre sí y superiores a  $C_1$ ; todos los ciclos superaron a  $C_0$ .

En el análisis combinado de ambas localidades también el rendimiento del  $C_5$  fue estadísticamente diferente al resto, observándose una diferencia de 1898 kg/ha entre  $C_0$  y  $C_5$ . En esta respuesta de magnitud pueden influir, por un lado, los efectos heteróticos debido a la diversidad genética entre los materiales que integraron el CABG y, por otro, la acumulación de genes favorables debida a la selección. El primer aspecto está de acuerdo con lo señalado por Sprague y Eberhart (6) y Hallauer y Miranda (1), quienes indican que si los efectos de dominancia son importantes, se tiene una heterosis relativamente alta; como conse-

Cuadro 2. Pruebas de significancia de medias de los caracteres estudiados en Cotaxtla, La Huerta y en ambas localidades combinadas, 1984B.

Ciclo	Rendimiento			Días a Flor 0			Días a Flor 0		
	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.
C <sub>5</sub>	4151a <sup>1</sup>	7794a	5972a	62	55	59	64	56	60
C <sub>3</sub>	3963 <sub>a</sub>	7087	5525	62	56	59	65	57	61
C <sub>6</sub>	3920 <sub>a</sub>	7009	5464	62	55	59	64	56	60
C <sub>2</sub>	3831a	6937	5384	63	56	60	66	57	62
C <sub>4</sub>	3729 <sub>a</sub>	7052	5391	63	56	59	65	57	61
C <sub>1</sub>	3684	6349	5017	63	56	60	65	57	61
C <sub>0</sub>	2854	5295	4074	64 <sub>a</sub>	58 <sub>a</sub>	61 <sub>a</sub>	67 <sub>a</sub>	59 <sub>a</sub>	63 <sub>a</sub>
DMSH 0.05 438		576	362	0.10	0.06	0.04	0.16	0.07	0.05

Ciclo	Altura Planta (cm)			Altura Mazorca (cm)			Acame (%)		
	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.	Cotaxtla	La Huerta	Comb.
C <sub>5</sub>	204	315 <sub>a</sub>	260	103	150 <sub>a</sub>	126	37 <sub>a</sub>	23	30
C <sub>3</sub>	214 <sub>a</sub>	320 <sub>a</sub>	267 <sub>a</sub>	109	157 <sub>a</sub>	133	35 <sub>a</sub>	39	37
C <sub>6</sub>	202	309	256	101	47	124	27	29	27
C <sub>2</sub>	216 <sub>a</sub>	321 <sub>a</sub>	269 <sub>a</sub>	115 <sub>a</sub>	160 <sub>a</sub>	138 <sub>a</sub>	39 <sub>a</sub>	44	42 <sub>a</sub>
C <sub>4</sub>	204	314 <sub>a</sub>	259	102	49	126	31	34	32
C <sub>1</sub>	216 <sub>a</sub>	320 <sub>a</sub>	268 <sub>a</sub>	113 <sub>a</sub>	156 <sub>a</sub>	135 <sub>a</sub>	37 <sub>a</sub>	47 <sub>a</sub>	42 <sub>a</sub>
C <sub>0</sub>	220 <sub>a</sub>	321 <sub>a</sub>	270 <sub>a</sub>	118 <sub>a</sub>	160 <sub>a</sub>	139 <sub>a</sub>	40 <sub>a</sub>	51 <sub>a</sub>	46 <sub>a</sub>
DMSH 13 88		11 63	6.37	7.64	9.26	4.22	5	6	4.7

1 Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

cuencia, se espera que la media del compuesto sea mayor al promedio de las variedades paternas (C<sub>0</sub>), ya que alguna porción de los efectos heteróticos puede ser retenida.

Los caracteres días a floración masculina y femenina tuvieron una tendencia similar tanto en Cotaxtla como en La Huerta y en el combinado de ambas. Se observa una disminución en C<sub>6</sub> de dos y tres días con respecto a la media de C<sub>0</sub>, la cual fue estadísticamente diferente al resto de los ciclos. En el mismo Cuadro 2, al comparar las respuestas en cada ambiente, se puede ver que los materiales en general fueron más tardíos en Cotaxtla que en La Huerta. A pesar de la diferencia en ambientes, la tendencia observada hacia la precocidad es una respuesta clara a la selección practicada en cada ciclo, como consecuencia del desespigue en el macho al 80% de la floración masculina para eliminar las plantas con desarrollo tardío, y evitar que el compuesto se volviera más tardío al avanzar los ciclos.

El carácter sincronía de floración masculina y femenina no mostró respuesta clara a la selección, pues

las diferencias en este carácter se presentan, principalmente, cuando las plantas son sometidas a tensión por alta densidad, y estos ensayos fueron establecidos en densidad normal.

En el carácter "altura de planta" en Cotaxtla, los ciclos C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> fueron estadísticamente iguales y diferentes a los ciclos C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> y C<sub>6</sub>, observándose entre C<sub>0</sub> y C<sub>6</sub> una disminución en las medias de 18 centímetros. En La Huerta, este carácter mostró, en general, una mayor expresión en los materiales. Sólo C<sub>6</sub> fue estadísticamente más bajo al resto de los ciclos, presentando una diferencia de altura de planta promedio de 12 cm con respecto al C<sub>0</sub>. El análisis combinado para "altura de planta" muestra que las medias de los ciclos C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> fueron estadísticamente iguales y mayores que los ciclos C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> y C<sub>6</sub>, de los cuales C<sub>6</sub> tuvo una diferencia de 14 cm con respecto al C<sub>0</sub>.

En cuanto a la altura de mazorca, en Cotaxtla, los ciclos C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> fueron estadísticamente iguales y más altos que en el resto de los ciclos de recombinación; además se obtuvo una diferencia media entre C<sub>0</sub> y C<sub>6</sub> de

17 centímetros. En La Huerta, los ciclos  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_5$  fueron estadísticamente iguales y superiores a las medias de los ciclos  $C_4$  y  $C_6$ , observándose una diferencia de 13 cm entre la media de  $C_0$  y  $C_6$ . En el análisis estadístico combinado de ambas localidades, los ciclos  $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  resultaron iguales al resto de los ciclos de recombinación, determinándose una disminución de 15 cm entre el  $C_0$  y  $C_6$ .

En la respuesta de los ciclos a los caracteres "altura de planta" y "altura de mazorca" en ambas localidades, pudo haber influido la presencia de algunos materiales de porte bajo, como Tuxpeñito  $C_{17}$ , entre los progenitores machos utilizados, cuyo aporte influyó en la reducción de la altura del compuesto en general.

Para el carácter "porcentaje de acame" en Cotaxtla, los ciclos  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_5$  presentaron valores estadísticos iguales y más altos que los ciclos  $C_4$  y  $C_6$ , lo cual indica que la selección para reducirlos fue efectiva. Además llama la atención el que  $C_4$  y  $C_6$  sean los ciclos con menor acame, ya que su selección se efectuó en las estaciones de invierno de 1983 y 1984, respectivamente —temporada de vientos "nortes" en Cotaxtla—, lo cual sugiere que dichas condiciones pueden ser más eficaces para seleccionar hacia resistencia el acame. En La Huerta, probablemente porque las plantas crecieron más, el porcentaje de acame se incrementó a tal grado que los materiales del  $C_0$  presentaron un promedio del 51% de acame, indicando genotipos bastante afectados.

En el Cuadro 2 se observa, en cuanto al acame, que en los ciclos  $C_0$  y  $C_1$  las estadísticas fueron iguales y diferentes al resto de los ciclos. En La Huerta, el ciclo con menor acame (23%) fue  $C_5$ ; y la diferencia entre  $C_0$  y  $C_5$  fue del 28 por ciento. El combinado de ambas localidades para "porcentaje de acame" muestra que los ciclos  $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  fueron estadísticamente iguales y con más acame que el resto de los ciclos estudiados, registrándose una diferencia de 19% menos acame entre  $C_0$  y  $C_6$ .

Lo anterior sugiere que un buen método para la selección hacia resistencia de acame es eliminar espigas del macho de plantas acamadas y no seleccionar las hembras en las mismas condiciones; además, el hecho de someter al macho a doble densidad reduce la posibilidad de escape en las plantas susceptibles. Por otro lado, la reducción del acame en los últimos ciclos puede también explicarse como una consecuencia de la reducción de la altura de las plantas.

La tendencia de los componentes del CABG para el carácter rendimiento se presenta en las Figuras 1 y 2 donde se aprecia que con el avance de los ciclos los componentes adquiriesen mayores rendimientos. En el caso de Cotaxtla en el  $C_0$  cuatro componentes solamente tuvieron un rendimiento superior a 4 t, en contraste con el  $C_5$  en el que 27 componentes mostraron rendimientos mayores a esa cifra.

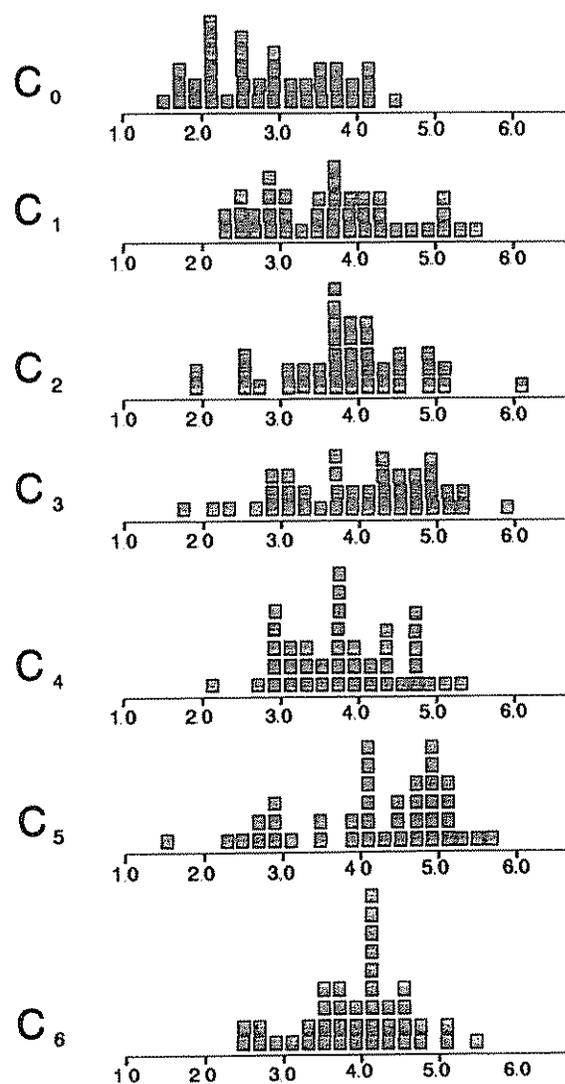


Fig. 1. Distribución de frecuencias del carácter "rendimiento de mazorca" en cada ciclo de recombinación-selección en Cotaxtla, Méx. (1984B)

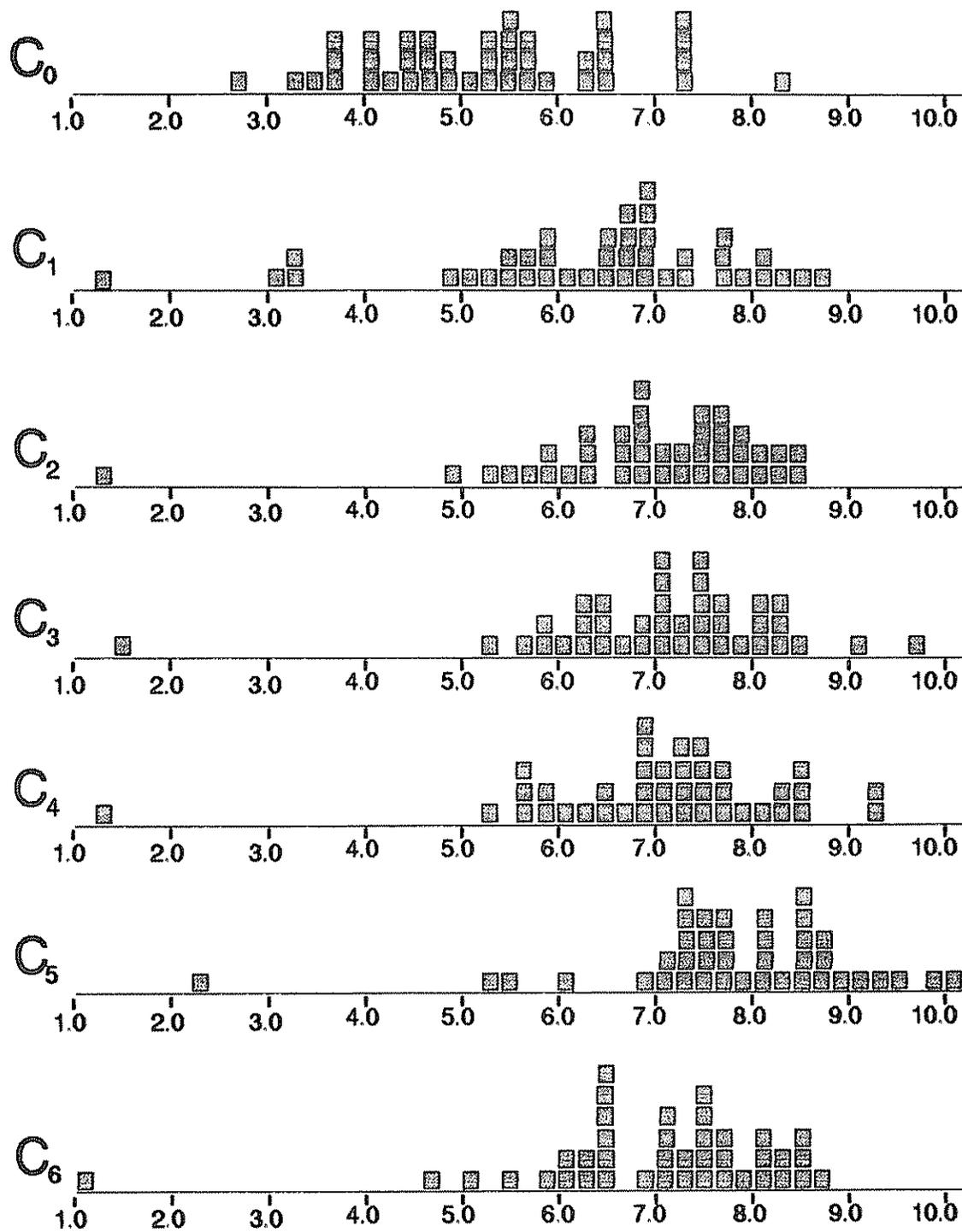


Fig. 2 Distribución de frecuencias del carácter "rendimiento de mazorca" en cada ciclo de recombinación-selección en la Huerta, Méx. (1984B)

En el caso de La Huerta, esta respuesta fue más clara; se puede observar que en  $C_0$  sólo cinco componentes superaron 7 t, y en  $C_3$  sólo cinco no sobrepasaron esa cantidad, lo cual muestra el avance poblacional mediante los ciclos, por la respuesta a la selección y retención de algunos efectos heteróticos.

### CONCLUSIONES

- Se registraron considerables ganancias en rendimiento atribuibles, además de la selección, a la presencia y retención de efectos heteróticos por medio de los ciclos de recombinación, por la diversidad genética de los componentes del CABG:
- Se observó la respuesta a la selección para el carácter disminución de días a floración masculina y femenina, como consecuencia del desespigue practicado al 80% de la floración masculina.
- La disminución de altura de planta y mazorca se atribuye a la respuesta dada a la selección y, probablemente, también a la utilización de algunos componentes de porte bajo.
- Se observó disminución de la susceptibilidad al acame, producto de la selección y del menor porte de planta de los últimos ciclos.

### LITERATURA CITADA

1. HALLAUER, R. A.; MIRANDA J. B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, EE. UU., Iowa State University Press. 468 p.
2. LONQUIST, J. H. 1964. Métodos de selección útiles para mejoramiento dentro de poblaciones. Fitotecnia Latinoamericana (Ven.) p. 1-10
3. PANADEY, S.; VASAI, S. K.; DE LEON, I.; ORIEGA, A.; GRANADOS, G.; VILLEGAS, F. 1982. Desarrollo y mejoramiento de poblaciones de maíz. In Reunión de Maiceros de la Zona Andina (10, 1982, Sta. Cruz, Bol.) Méx., CIMMYT. 35 p.
4. PRECIADO O., R. E. 1986. Estudio de seis ciclos de recombinación de un compuesto de amplia base genética de maíz tropical. Tesis M. Sc. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx. 110 p.
5. SPRAGUE, E. W.; FINLAY, K. W. 1976. Estado actual de los recursos genéticos vegetales y su utilización. Ames, EE. UU., Iowa State University. Traducción del documento presentado en The World Food Conference, 1976.
6. SPRAGUE, 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.