

# EL METODO DE SELECCION MASAL Y SU RELACION CON EL MEDIO AMBIENTE

Lauro Bucio Alanís<sup>1</sup>

*Rama de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.*

## *Sinopsis*

Se estudian las varianzas fenotípicas de planta a planta en la variedad Qro. VI cuando un lote de selección masal se establece a 60, 70 y 80 mil plantas por hectárea y con aplicaciones de 0, 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea. A mayor densidad de plantas por hectárea corresponden menores varianzas i.e.: 842, 714 y 652 respectivamente, en tanto que a mayor aplicación de nitrógeno corresponde mayor varianza i.e.: 616, 759 y 805 respectivamente. Estos cambios observados en la varianza fenotípica se interpretan en términos de competencia y de las componentes del fenotipo i.e. hereditario, ambiental y de interacción genético-ambiental. Se discuten las condiciones óptimas para el establecimiento de los lotes de selección masal.

## *Summary*

Phenotypical variances among plants of corn of the variety Qro. VI are studied when sown in populations of 60,000, 70,000 and 80,000 plants per hectare. Also, different dosis of Nitrogen were applied: 0, 80, and 160 kilograms per hectare.

The bigger the population the smaller the variance among plants, i.e.: 842, 714 and 652 respectively, while the bigger the dosis of Nitrogen, the bigger the variances among plants, i.e.: 616, 759 and 805 respectively. These changes of the phenotypical variance are interpreted as results of competence and of the components of the phenotype i.e. hereditary, environmental, and of the genetical-environmental interaction. Optimum conditions for the establishment of mass selection plots are discussed.

## *Introducción*

La selección masal en maíz y en general en las plantas cultivadas ha sido practicada por el hombre desde tiempo inmemorial, casi puede decirse que se inició en el momento mismo en que las plantas fueron domesticadas; "la selección masal, que se practicó desde entonces fue un tanto rudimentaria y los progresos lentos".

En 1896 se inició el método de selección llamado de "mazorca por surco". En 1900 se iniciaron los trabajos de endocria de líneas que finalmente habrían de culminar en el método de formación de híbridos como procedimiento para mejorar genéticamente los maíces comerciales; este método es el más ampliamente utilizado en la actualidad en el fitomejoramiento del maíz.

Según Sprague, G. F. (1955) (6), los métodos de selección masal y surco por mazorca fracasaron debido a las tres causas siguientes:

- a) Falta de aislamiento en el lote de selección.
- b) Por no reconocer la importancia del efecto de la competencia entre plantas.
- c) Por dar demasiada importancia a caracteres morfológicos al hacer la selección (longitud de mazorca, número de hileras, uniformidad, etc.).

<sup>1</sup> Director del Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, Méx., México.

Ultimamente, algunos investigadores han insistido en la utilización de la selección masal, como procedimiento de mejoramiento genético, y, mediante algunos refinamientos en la técnica utilizada que toman en consideración los defectos anotados por Sprague (6), han podido lograr mayor eficiencia en el progreso genético por ciclo de selección. Lonquist (1961) (5) trabajando en Nebraska sobre la variedad Hays Golden logró en 5 ciclos de selección un progreso de 19.2% en rendimiento sobre la variedad original, esto da un progreso promedio de 3.93% por ciclo (Gardner, 1961) (4).

En un estudio de selección masal iniciado en Chapingo por Brauer y continuado por Covarrubias \* sobre la variedad Chalqueño, en dos ciclos de selección se ha obtenido un progreso de 9% en rendimiento sobre la variedad original, lo cual da un promedio de 4.5% de incremento por ciclo.

Otros investigadores reportan progresos similares trabajando en diversos lugares con diferentes variedades de maíz.

Si los progresos en rendimiento que actualmente se obtienen por ciclo de selección, se mantienen por varias generaciones, el método de selección masal, como actualmente se practica, será más eficiente para obtener altos rendimientos que los métodos clásicos de formación de maíz híbrido, con la ventaja adicional de que el costo y trabajo involucrados para llevarlo a cabo es mucho menor.

Por otra parte, los materiales o variedades seleccionados permiten un costo de producción de semillas certificadas mucho más bajo, ya que la multiplicación se hace en lotes aislados de polinización libre.

El método de selección masal tal como se utiliza en la actualidad (Brauer y Angeles A.) \* puede ser mejorado notablemente, ya que por ejemplo hace falta estudiar el tamaño de población óptimo para ser utilizado en el lote de selección, el diferencial de selección que hay que aplicar por ciclo, el tamaño óptimo de las subparcelas, la forma de evaluación del material en diferentes localidades, el sistema de reproducción del lote de selección y otros muchos aspectos cuyo conocimiento puede permitir planear una selección masal más eficiente para obtener un mayor progreso genético.

#### *Objetivos*

En el presente trabajo se estudian los cambios que se producen en la varianza fenotípica de una variedad cuando ésta se desarrolla bajo diferentes condiciones ambientales controlables, como por ejemplo: nivel de fertilidad respecto a nitrógeno aplicado al suelo y densidad de siembra. De los resultados que se obtengan puede inferirse cuáles son aquellas condiciones bajo las que la selección puede ser más eficiente.

En general los lotes de selección masal se establecen con una densidad de población de 30 000 plantas por hectárea, esta densidad está muy por debajo del óptimo de 65 000 plantas/ha en Chapingo. Se ha argumentado que en tales condiciones "se da oportunidad a que cada genotipo muestre su máxima capacidad de rendimiento"; sin embargo, pudiera ocurrir que una selección prolongada bajo estas condiciones de baja población, condujera a seleccionar individuos no aptos para compe-

\* Comunicación personal.

tir en condiciones de densidad comercial y como consecuencia, aunque no necesariamente, en una disminución del rendimiento.

#### *Métodos y materiales*

El experimento se hizo bajo condiciones de riego utilizando la variedad Qro. VI de color amarillo, bien adaptada a la Mesa Central. Se sembraron parcelas de cuatro surcos por 12 metros de longitud estableciéndose los siguientes tratamientos:

Fertilidad 0, 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea.

Población 60, 70 y 80 mil plantas por hectárea.

Los tratamientos se pusieron en arreglo factorial  $3 \times 3$  estableciéndose el experimento en bloques al azar con 12 repeticiones; en esta forma quedaron 9 tratamientos repetidos doce veces cada uno; las parcelas con cada tratamiento fueron consideradas como lotes de selección independientes y las doce repeticiones como subparcelas del lote de selección, por lo que en total hubo 108 subparcelas.

Cuando las plantas estuvieron en completa madurez se hizo la cosecha de las plantas en competencia dentro de cada parcela; la o las mazorcas producidas por cada planta fueron desgranadas y su rendimiento en grano se determinó con una balanza de 1 gr de aproximación. Se calculó la varianza del rendimiento por planta dentro de cada parcela.

#### *Modelo*

El efecto fenotípico de cada planta en competencia puede expresarse como sigue:

$$f = g + e + (ge) \dots\dots\dots (1)$$

en donde

$f$  = efecto fenotípico medido en cada planta en competencia.

$g$  = efecto genotípico de cada una de las plantas componentes de la variedad Qro. VI.

$e$  = efecto micro-ambiental en cada planta de la variedad Qro. VI.

$(ge)$  = efecto de interacción genético-ambiental de cada planta con el medio microambiental en que se desarrolla.

La varianza fenotípica de las plantas dentro de cada parcela será:

$$V_f = V(g) + V(e) + V(ge) \dots\dots\dots (2)$$

Obviamente las covarianzas son iguales a cero.

Como las diferentes parcelas fueron sembradas con una muestra aleatoria de semillas de la variedad Qro. VI es de esperar que de las componentes de la ecuación (2), la varianza genética  $V(g)$  sea la misma en todas las parcelas.

En lo referente a la varianza ambiental  $V(e)$  también debiera ser igual en las diferentes parcelas si suponemos un suelo con fertilidad uniforme; sin embargo, si hubiera manchas con diferentes niveles de fertilidad, las parcelas con altas dosis de

nitrógeno o con alta densidad de población tendrán una varianza ambiental ligeramente menor que las parcelas con baja población o sin fertilización.

Las varianzas de la interacción genético-ambiental  $V(ge)$  deben, en general, ser diferentes bajo condiciones ambientales distintas; esto es debido a que los cambios en el medio ambiente producen cambios de diferente magnitud en genotipos distintos i. e. interacción genético-ambiental, Bucio (1966) (1); Bucio y Hill (1966) (2).

De lo anteriormente expuesto se deduce que lo mejor sería seleccionar bajo las condiciones en las que serán sembrados los materiales en forma comercial en el área. Sin embargo, si se quiere seleccionar para condiciones ambientales específicas que puedan ser controlables por el hombre, como por ejemplo: alta fertilidad, alta densidad de población, etc. Estas condiciones serían las más favorables para establecer los lotes de selección, y puesto que en tales casos se seleccionarían los genotipos que mostraran mayor interacción con el medio ambiente escogido, los materiales resultantes serían altamente específicos para esas condiciones, ya que se seleccionarían aquellos genotipos que interaccionaran fuertemente con tal medio ambiente (ver Bucio y Hill, 1966) (2).

#### Resultados y discusión

Se calcularon las medias ponderadas de las varianzas de las parcelas que tenían la misma población y de las que tenían el mismo nivel de fertilidad. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Varianza fenotípica de rendimiento en grano, bajo diferentes tratamientos, en plantas de la variedad Qro. VI (cada varianza es promedio ponderado de 36 parcelas)

Población pl/ha (1)	Varianza (2)	Nitrógeno kg/ha (3)	Varianza (4)
60 000	842	0	616
70 000	714	80	759
80 000	652	160	805

La prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza dio valores de  $X^2$  como sigue:

$$\text{Para poblaciones } X^2 = 65.80^{**}$$

$$\text{Para niveles de Nitrógeno } X^2 = 71.89^{**}$$

o sea que éstas difieren significativamente.

#### Efecto de Densidad de Población

En las columnas (1) y (2) del Cuadro 1 puede verse que la varianza fenotípica  $V(f)$  disminuye gradualmente a medida que aumenta la densidad de población a 60, 70 y 80 mil plantas por hectárea corresponden varianzas de rendimiento en grano de 842, 714 y 652. respectivamente.

En lo que se refiere a la componente  $V(e)$ , los resultados obtenidos eran de esperarse ya que cuando las plantas se encuentran sembradas a una densidad de población elevada la situación ecológica existente de planta a planta es más uniforme, especialmente en el suelo, en donde las raíces se extienden ampliamente entrecruzándose con las de las plantas vecinas para competir por nutrimentos y agua. En esta forma cualquier condición microecológica dentro de una parcela, ya sea favorable o desfavorable, se reparte entre varias plantas haciendo que el contraste de la situación ecológica de las diferentes plantas sea pequeño. Por otra parte, cuando las plantas están sembradas a baja densidad de población en donde hay un menor entrecruzamiento de raíces, cualquier situación microecológica favorable o desfavorable determinará que la planta localizada en tal lugar sea ampliamente favorecida o perjudicada en su rendimiento con respecto a las demás, lo cual contribuirá a aumentar la componente  $V(e)$ ; desde este punto de vista será más conveniente establecer el lote de selección en condiciones de alta densidad de población.

Si la reducción en la varianza fenotípica al aumentar la densidad de población se debiera a que los efectos ( $ge$ ) son pequeños cuando hay alta densidad de población y grandes cuando ésta disminuye, la selección, bajo condiciones de baja población, conduciría a seleccionar genotipos adaptados a tales condiciones y como consecuencia, aunque no irremediamente, a una reducción en el rendimiento por hectárea por la disminución en la "densidad óptima de población".

Por otra parte, es difícil pensar que pudiese hacerse selección para aumentar la densidad óptima de producción, ya que la varianza fenotípica observada a densidades mayores a la óptima actual se reduce considerablemente, posiblemente por efectos de competencia por luz,  $CO_2$  y otros factores del medio ambiente que serían limitantes y que sería difícil o costoso suplementar, no obstante creemos que investigaciones en esta dirección podrán abrir caminos al mejoramiento de la producción.

#### *Efecto de nitrógeno*

Las columnas 3 y 4 del cuadro 1 muestran cantidad de nitrógeno aplicado (en kg/ha) y las varianzas fenotípicas correspondientes; en este caso, puede verse que la menor varianza se obtuvo cuando no se aplicó nitrógeno, fue intermedia cuando se aplicaron 80 kg/ha y máxima al aplicar 160 kg/ha.

No es fácil vislumbrar una razón satisfactoria para suponer que el incremento de nitrógeno aplicado aumente la varianza ecológica  $V(e)$  ya que el fertilizante nitrogenado aplicado a cada parcela fue pesado y distribuido cuidando de que esto fuera lo más uniforme posible; en tales circunstancias una mayor aplicación de nitrógeno por unidad de superficie resultaría en parcelas con mayor uniformidad en lo que se refiere a fertilidad y la varianza ecológica  $V(e)$  y consecuentemente  $V(f)$  debería ser más pequeña a medida que se aumenta la dosis de nitrógeno aplicado; los resultados no están en concordancia con lo que esperaríamos de acuerdo con el razonamiento anterior, sino que definitivamente la varianza fenotípica aumenta gradualmente y en forma significativa a medida que se aumenta la cantidad de nitrógeno aplicado; tal situación puede deberse a que la componente  $V(ge)$  se incrementó a medida que los niveles de fertilidad fueron más altos. Es bien sabido

(Sprague, 1955 [6]; Wellhausen, 1961) \* que los genotipos diferentes interaccionan con la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, o sea que el orden relativo de la capacidad de rendimiento de diferentes genotipos es distinto a diferentes niveles de fertilidad. Esto quiere decir que el incremento en rendimiento de las plantas por el efecto de nitrógeno dentro de una parcela es diferente, de acuerdo al genotipo que poseen y esto naturalmente hace que en parcelas fertilizadas con altas cantidades de nitrógeno haya mayores diferencias en los rendimientos de dichas plantas, lo cual contribuye a tener una varianza fenotípica mayor, debido a efectos (ge) de interacción genético-ambiental mayores.

De esto se concluye que el establecimiento de los lotes de selección bajo condiciones de alta fertilización de nitrógeno (arriba del óptimo) será conducente a seleccionar genotipos que interaccionen fuertemente en sentido positivo con alta disponibilidad de nitrógeno y los materiales seleccionados serán muy específicos para las condiciones de alta fertilidad en que se seleccionen; es natural que si tales condiciones de fertilidad pueden ser establecidas por los agricultores que utilicen estos materiales, la selección deberá hacerse en esa forma pero si los niveles de aplicación de nitrógeno usados por los agricultores son menores y no hay forma de elevarlos, entonces los lotes de selección no deberán estar sobrefertilizados sino tener un nivel de fertilidad equiparable al que los agricultores utilicen en siembras comerciales.

Es claro que al aumentar la densidad de población la varianza fenotípica observada disminuye considerablemente y como consecuencia hay menos posibilidades de selección ya que las diferencias entre los genotipos mejor adaptados y los menos

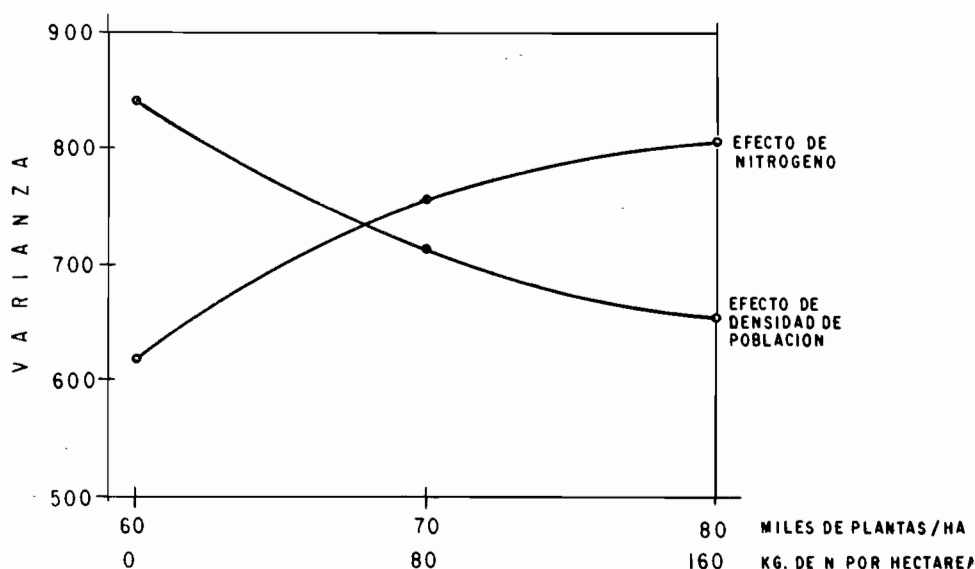


Fig. 1. Cambios en la varianza fenotípica bajo diferentes condiciones de densidad de población y nivel de nitrógeno aplicado al suelo

\* Comunicación personal.

adaptados a tales condiciones son pequeñas; de ahí que, cuando menos para el material genético aquí estudiado (Var. Qro. VI), se concluya que hay muy pocas posibilidades de seleccionar para un óptimo de densidad de población mayor que el actual. Por otra parte, vemos que al aumentar el nivel de fertilidad en lo referente a nitrógeno la varianza fenotípica aumenta considerablemente, lo cual es indicativo de que hay grandes posibilidades para seleccionar genotipos con una alta capacidad para utilizar cantidades de nitrógeno aplicado al suelo que estén muy por encima de lo que actualmente se considera como óptimo.

Los datos aquí reportados muestran que en las investigaciones que se realizan para lograr aumentos en los rendimientos por unidad de superficie, es factor limitante la separación que existe entre ambientalistas (con especialidad en fertilidad, riegos, etc.) y genetistas. En el futuro, si habremos de lograr progresos importantes deberán hacerse esfuerzos combinados de ambientalistas y genetistas que conduzcan al planteamiento de proyectos recurrentes para lograr óptimos ambientales controlables y los materiales genéticos que con ellos maximicen la producción unitaria.

### *Bibliografía*

1. BUCIO ALANÍS, L. *Environmental and genotype environmental components of variability. I. Inbred lines.* Heredity. Vol. 21 part. 3. 387-397. 1966.
2. BUCIO ALANÍS, L. y J. HILL. *Environmental and genotype environmental components of variability. II. Heterozygotes.* Heredity (21): 398-405. 1966.
3. FALCONER, D. S. *The problem of environmental and selection.* Amer. Nat. (86): 293-298. 1952.
4. GARDNER, C. O. *An evaluation of mass selection and irradiation with thermal neutrons on yield in corn.* Crop. Science. 1961.
5. LONQUIST, J. H. *Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn Populations.* Res. Bull. 197. University of Nebraska, College of Agriculture. 1961.
6. SPRAGUE, G. F. *Corn and corn breeding.* In Corn and Corn Improvement. Academic Press Inc. Publishers. 1955.