

EFFECTIVIDAD DE LA SELECCION DE VARIETADES DE MAIZ POR RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD*

Marío R. Ozaeta **
Fidel Máquez Sánchez ***

INTRODUCCION

La selección de genotipos para un ambiente específico puede efectuarse con relativa facilidad, pero cuando se cubren áreas ecológicas muy amplias se tiene una diversidad de ambientes los cuales causan que los genotipos se manifiesten de diferente forma, aumentando así el rango de comportamiento.

Actualmente, los investigadores pueden hacer uso de metodologías para identificar la estabilidad de los genotipos a través de diferentes ambientes. Con el avance de estas metodologías han surgido dudas sobre la eficiencia o efectividad de dichos métodos, la mayoría de estos estudios se han conducido desde el punto de vista de repetibilidad es decir un carácter repetible tiene mayor probabilidad de ser heredable. En este estudio se utilizan diversas metodologías como herramientas para determinar la heredabilidad y la eficiencia de seleccionar tanto por media de rendimiento per se así como índices de selección que combinan los parámetros de coeficiente de regresión, desviaciones de regresión con la media de rendimiento.

El objetivo de este estudio es determinar qué parámetro o combinación de media, coeficiente de regresión, desviación de regresión dan mayor efectividad para hacer selección.

REVISION DE LITERATURA

Márquez 1970 plantea que los fenómenos hereditarios que suceden en las distintas investigaciones, está implícito que se refieren al medio ambiente en el cual tuvieron lugar. Si dicho ambiente cambia, es posible que los citados fenómenos hereditarios cambien también. Menciona también que si no se incluyen en el proceso de selección otras localidades además de la estación experimental, la heredabilidad estará sobre estimada ya que no se substraen el componente de varianza de la interacción genotípica por localidad de la varianza genotípica.

* Presentado en la XXVII Reunión Anual del PCCMCA, República Dominicana, 23-27 de marzo de 1981.
** Fitomejorador, Programa de Maíz, ICTA - Guatemala.
*** Mestro Investigador, Rama de Genética, Colegio de Post-Graduados, Chapingo-Mexico

Fatunlá y Frey 1975 midieron la heredabilidad de los índices de estabilidad para rendimiento de grano en nueve poblaciones de líneas de avena, concluyen que para este carácter los índices de regresión no fueron muy heredables y probablemente no responden a la selección. Por otra parte, Eagle y Frey 1977 establecieron que las varianzas de los parámetros de estabilidad son repetibles a través de muestras de ambientes para rendimiento en paja pero no para rendimiento en grano de avena. Esto sugiere que el uso de estos parámetros no serviría para seleccionar en base a este carácter.

Gómez e Gama 1978 desarrolló un estudio en el cual analizó cruza simples de maíz formados a partir de líneas seleccionadas en tres localidades y tres años, determinándose que para el estudio, la estimación de los parámetros de estabilidad coeficiente y desviaciones de regresión (B y D²) * no suministraron una información adicional que ayude al mejorador en la selección de los híbridos superiores. Es decir la selección por la media de rendimiento fue la más efectiva. En contraste con lo citado anteriormente Bucio - Alanís et al 1969 y Perkins and Jinks 1968 opinan basados en estudios que la producción de estabilidad es heredable en plantas.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron diez híbridos y dos variedades desarrolladas por el Programa de Maíz del ICTA más seis testigos a través de 22 localidades de la región tropical de Guatemala. El estudio es a base sólo a rendimiento, utilizándose para determinar coeficientes de regresión y desviaciones de regresión el modelo de Eberhart y Russell (1966). El análisis se hizo en Kg/parcela. Estando los ensayos ubicados en terreno de agricultores.

Para despejar la varianza genotípica se hizo necesario hacer una agrupación de ambiente por similitud. La agrupación se efectuó según la técnica de clasificación de Taxonomía Numérica, en la cual cada localidad representa un vector cuyo contenido es el rendimiento de cada genotipo. En la comparación de pares de vectores se usó el coeficiente de correlación como medida de similitud.

$$r_{jk} = \frac{(X_{ij} - \bar{X}_i) (X_{ik} - \bar{X}_k)}{\left[(X_{ij} - \bar{X}_i)^2 (X_{ik} - \bar{X}_k)^2 \right]^{1/2}}$$

* B = Coeficientes de regresión

D² = Desviaciones de regresión

El método de agrupación usado fue el de conexión simple el cual da como resultado el dendrograma de la Figura 1.

Una vez hecha la división de ambientes se hicieron cuatro análisis de estabilidad uno para cada grupo formado con un ambiente extraído al azar de cada grupo similar. En base a estos grupos de parámetros estratificados se hizo un análisis de varianza con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones para cada uno de los tres parámetros M , B , Sd^2 . Cada repetición contiene cuatro localidades de diferente grupo, es decir en cada repetición están representadas los cuatro grupos mayoritarios, a partir de este análisis que incluye 16 de los 22 ambientes se extraen los componentes de varianza genética así como ambiental, asumiendo un modelo aleatorio.

F.V.	C.M.	E.C.M.
Bloques		
Genotipos	CM_1	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
Error	CM_2	σ_e^2

Donde: σ_e^2 corresponde a la varianza del error ambiental

σ_g^2 es varianza genotípica

De manera: $\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$

Además se determinaron las tres covarianzas posibles entre los tres parámetros. Una vez determinadas las varianzas genotípicas y fenotípicas así como sus respectivas covarianzas se procedió a calcular los coeficientes de correlación múltiple (b_1 , b_2 y b_3) por medio de las matrices de varianzas y covarianzas.

$$\begin{bmatrix} \sigma_{f1}^2 & \sigma_{f12} & \sigma_{f13} \\ \sigma_{f21} & \sigma_{f2}^2 & \sigma_{f23} \\ \sigma_{f31} & \sigma_{f32} & \sigma_{f3}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{g1}^2 & \sigma_{g12} & \sigma_{g13} \\ \sigma_{g21} & \sigma_{g2}^2 & \sigma_{g23} \\ \sigma_{g31} & \sigma_{g32} & \sigma_{g3}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

En donde a_1, a_2 y a_3 constituyen los vectores de ponderación económica y que generalmente tiene un valor de 1, a menos que haya una argumentación vigorosa para darles valores diferentes.

Una vez estimados los coeficientes de regresión múltiple se procedió a calcular los índices que conjuntan los tres parámetros y las combinaciones entre ellos de acuerdo a las ecuaciones siguientes:

$$I_i = b_1 M_i + b_2 B_i + b_3 S_{di}^2$$

$$I_i = b_1 M_i + b_2 B_i$$

$$I_i = b_1 M_i + b_3 S_{di}^2$$

$$I_i = b_2 B_i + b_3 S_{di}^2$$

La heredabilidad se estimó en sentido amplio dado que el diseño es lo que permite. El avance Genético Esperado (GE) y la Eficiencia Relativa (ER) del uso del índice de selección se calculó en base.

$$GE = K \frac{Cov (IH)}{I}$$

K es el diferencial de selección en unidades estandar cov (IH) es la covarianza entre índices y el valor genético agregado.

I es la desviación estandar del índice.

Estos valores se calcularon como sigue:

$$Cov (IH) = b_1 \sigma_{g1}^2 + b_2 \sigma_{g12} + \dots \dots \dots b_n \sigma_{g1n}$$

$$I = b_1^2 \sigma_{f1}^2 + b_2^2 \sigma_{f2}^2 + \dots \dots \dots b_n^2 \sigma_{fn}^2 + \dots 2b_{n-1} b_n \sigma_{(n-1)n}$$

M = Media

La ER de la selección se obtuvo por relación entre avance genético esperado de un índice en particular (B) sobre el avance genético del carácter media de rendimiento GE (A), expresado en porcentaje.

RESULTADOS Y DISCUSION

La agrupación de ambientes se utilizó como parte de la metodología, para determinar la heredabilidad y los parámetros de estabilidad así como para determinar los valores de los índices de selección. El resultado final fue el dendrograma que se presenta en la Figura 1. Se encontró que a un nivel de similitud de 0.3423, se forman nueve grupos, cuya distribución geográfica se ve en el cuadro 1.

El análisis de grupos determinó la existencia de microambientes parecidos situados en diferente región geográfica. Basados en el análisis de grupos se conformaron las repeticiones, ver cuadro 2.

Para las medias de rendimiento y las desviaciones de regresión se encontró significancia al 1 % de probabilidad es decir los valores de cada uno de los 18 genotipos difieren entre sí. El coeficiente de regresión no fue significativo al 5 % de probabilidad, aún transformándola a B^2 , ver cuadro 3.

En cuanto a los componentes de varianza se observa que para la media de rendimiento la varianza genotípica es mayor que la varianza ambiental; en contraste con esto se observa que tanto en el coeficiente de regresión como las desviaciones de regresión, la varianza genética es menor que la varianza ambiental; esto causa que la heredabilidad para la media de rendimiento sea mucho mayor 64.15 % que las heredabilidades del coeficiente y desviaciones de regresión, las cuales son de 2.48 % y 31.47 % respectivamente, ver cuadro 3. Lo anterior indica que los dos últimos parámetros en mención están altamente influenciados por el medio ambiente, es decir su valor expresa más el carácter ambiental que el genético; este fenómeno no sucede con la media de rendimiento cuyas mediciones indican mayor expresión de carácter genético. Esta baja heredabilidad del coeficiente y desviaciones de regresión está de acuerdo a los obtenidos por Fatunlá y Frey (1976), Eagles y Frey (1973) en avena y Langer (1978) en trigo quienes concluyen que los parámetros de estabilidad no son heredables.

La selección se obtuvo por relación entre avance genético esperado de un índice en parámetro B y avance genético del carácter medio de rendimiento GE (A), expresado en porcentaje.

RESULTADOS Y DISCUSION

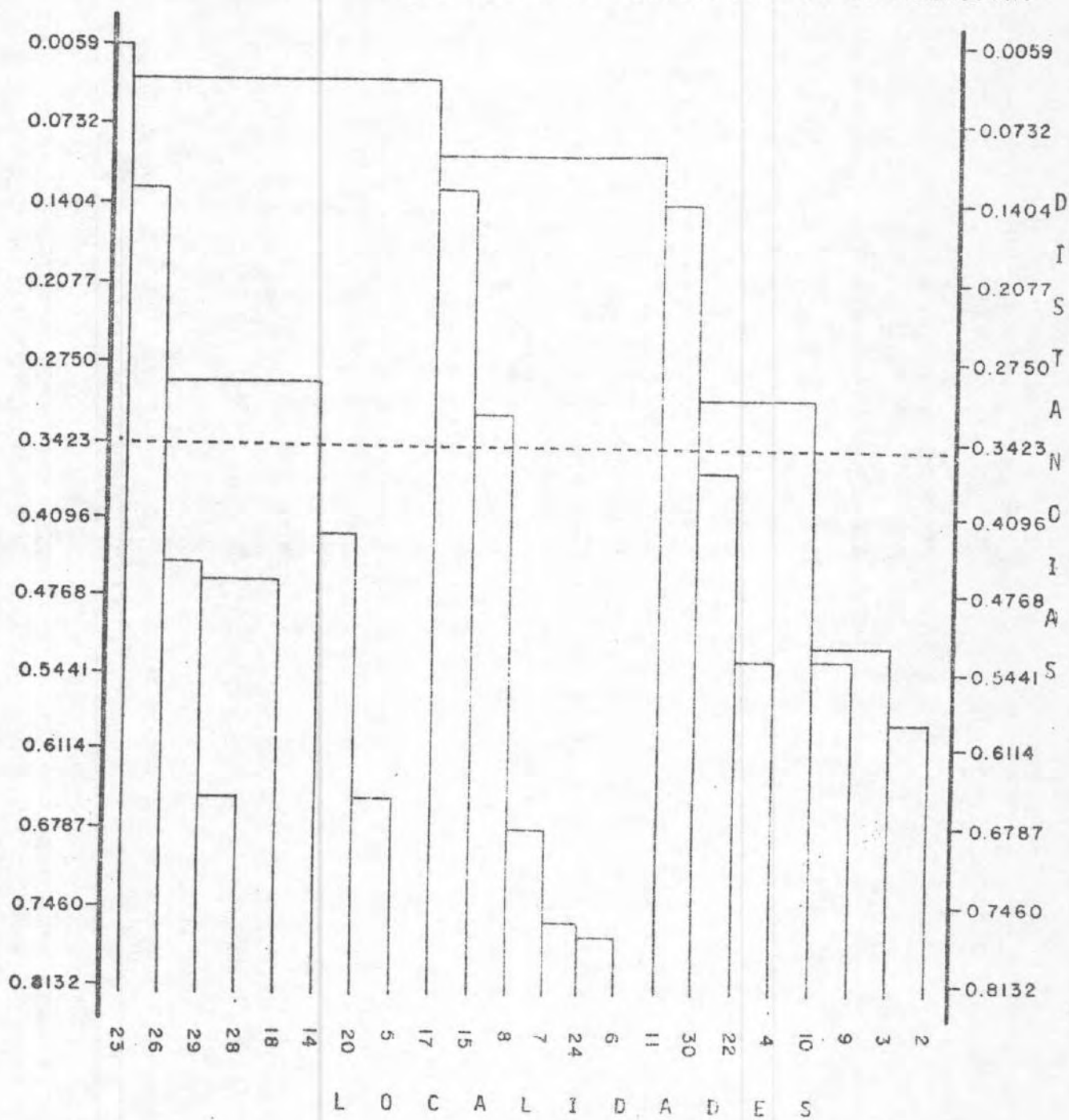
La agrupación de ambientes se utilizó para determinar la heredabilidad y los parámetros de estabilidad. El resultado final fue el coeficiente de regresión que se presenta en la figura 1. Se encontró que a un nivel de similitud de 0.3123, se forman nueve grupos cuya distribución geográfica se ve en el cuadro 1.

El análisis de regresión determinó la existencia de ambientes pasados e iguales en diferentes regiones geográficas. Basados en el análisis de regresión se conformaron 11 categorías, ver cuadro 2.

Para los métodos de rendimiento y los desviaciones estándar se determinó la significancia al 1% de probabilidad. Se determinó que los valores de los coeficientes de regresión no fueron significativos al 5% de probabilidad, con transformación de la B₂, ver cuadro 3.

En cuanto a los coeficientes de regresión se observó que para la media de rendimiento la varianzas genéticas son mayores que la varianzas ambientales, en contraste con esto se observa que tanto en el coeficiente de regresión como en desviaciones de regresión la varianzas genéticas son menores que la varianzas ambientales. Esto indica que la heredabilidad para la media de rendimiento sea mayor de 0.15 que la heredabilidad del coeficiente y desviaciones de regresión, las cuales son de 0.48 y 0.47 respectivamente, ver cuadro 3. Lo anterior indica que los dos últimos parámetros están altamente influenciados por el medio ambiente, es decir su valor expresa más el carácter ambiental que el genético; este fenómeno no sucede con la media de rendimiento, cuyas mediciones indican mayor expresión de carácter genético. Esta baja heredabilidad del coeficiente y desviaciones de regresión está de acuerdo a los obtenidos por Falcón y Frey (1976), Eagles y Frey (1973) en avena y Langar (1978) en avena y trigo quienes concluyen que los parámetros de estabilidad no son heredables.

FIGURA 1. DENDROGRAMA DE 22 AMBIENTES PARA MAIZ EN GUATEMALA OBTENIDO DE LOS EFECTOS DE INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE Y EL COEFICIENTE DE CORRELACION.



Cuadro 1 Distribución de ambientes Homogéneos según la cosificación en base a Taxomonio numérico.

GRUPO	COSTA PACIFICO	REGION ORIENTAL	COSTA DEL ATLANTICO
1		23	
2		18-26-28	29
3	5	14-20	
4		17	
5		15	
6	6-7-8	24	
7	11		
8	4	22-30	
9	2-3-9-10		

Cuadro 2 Ambientes seleccionados para análisis de varianza y Covarianza.

REPETICIONES	LOCALIDADES
I	2-6-5-18
II	3-24-20-28
III	9-7-14-29
IV	18-8-26-23

Cuadro 3 Resumen de análisis y componentes de varianza para los parámetros M, B, B² y S_d².

VARIABLES	C.M.	2 e	2 g	2 f	h ²
M	0.1858**	0.0228	0.0408	0.0636	64.15
B	0.1344 NS	0.1221	0.0031	0.1252	2.48
B ²	0.5754 NS	0.4823	0.0233	0.5066	4.61
S _d ²	0.1115 **	0.0392	0.0180	0.0572	31.47

Cuadro 4 Correlación de los índices de selección, avance genético esperado y eficiencia relativa para las combinaciones posibles de tres parámetros (M, B y S_d^2).

	M	B	S_d^2	M-B	$M-S_d^2$	$B-S_d^2$	$M-B-S_d^2$	AGE	ER%
M	1.000	0.553	-0.382	0.993	0.924	-0.263	0.946	0.3333	100
B		1.000	-0.150	0.454	0.536	0.071	0.499		
S_d			1.000	-0.390	0.001	0.975	-0.065		
M - B				1.000	0.913	-0.294	0.942	0.3377	101.31
$M - S_d^2$					1.000	0.119	0.996	0.2907	87.22
$B - S_d^2$						1.000	0.043		
$M - B - S_d^2$							1.000	0.2115	63.46

Esta investigación aporta evidencias sobre que la forma de medir los parámetros de estabilidad están influenciados en un alto porcentaje por el medio ambiente, lo que causa su baja repetibilidad. Si a esto agregamos que la heredabilidad está estimada en sentido amplio, es decir incluye los efectos de dominancia y siendo la mayoría de los genotipos híbridos, hay una sobreestimación. Si la heredabilidad hubiera sido posible calcularse en sentido estrecho los valores serían más bajos. Al aplicar las ecuaciones indicadas en la metodología a los 18 genotipos se obtuvieron los valores numéricos de los índices de selección. Para determinar qué índices es el mejor para hacer selección se estimaron los coeficientes de correlación, entre los valores calculados, determinando cual de los parámetros está más asociado con la media de rendimiento. El cuadro 4 resume estos valores, resultando que el índice que conjunta la media y el coeficiente de regresión es el más correlacionado con la media de rendimiento. Los avances genéticos se calcularon sólo para los índices que más estrechamente guardaron esta relación con la media.

Los índices basados en la combinación de dos parámetros dieron en general eficiencias relativas superiores al índice construido en base a los tres parámetros en estudio. Se observa que el único índice que superó en eficiencia a la media de rendimiento fue el que combina la media y el coeficiente de regresión, siendo dicha ganancia mínima 1.32 %. En base a las consideraciones anteriores y tomando en cuenta el procedimiento para obtener los índices que la media y el coeficiente de regresión, se puede notar que requiere de cálculos muy complicados; siendo su ganancia genética muy poco superior que el de la media per se, ver cuadro 4. Esto hace que para un programa de mejoramiento en el cual se incluyan muchas localidades, sería preferible usar únicamente la media de rendimiento que no necesita de cálculos complejos además de ser el de mayor heredabilidad.

CONCLUSIONES

La metodología utilizada para medir los parámetros de estabilidad está altamente influenciada por las condiciones ambientales, factor que mide en mayor proporción que la expresión genética. Esto causa que las heredabilidades de los coeficientes y desviaciones de regresión sea más baja que el de la media de rendimiento. Por lo tanto el mejor parámetro para hacer selección es la media.

BIBLIOGRAFIA

- ABOU EL FITTOUH, H. A.; RAWLINGS, J.O. and HILLER, P.A., 1969. Clasificación de environment to control genotype by environment interactions with an application to cotton. *Crop. Sci.* 9: 135 - 140.
- BUCIO A.L., 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability I. Inbred lines. *Heredity* 21: 387 - 397.
- BUCIO A.L., PERKINS, J.M. and JINKS, J.L., 1969. Environmental and genotype-environmental components of variability. V. Segregating generations. *Heredity*. 24: 115 - 127.
- CARBALLO, C. Y MARQUEZ, F., 1971. Comparación de variedades de maíz de el bajo y la mesa central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5: 129-146
- CERVANTES, S.T., 1976. Efectos genéticos de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz. Tesis D.C. Colegio de postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- CHAVEZ, D.J., 1977. Estabilidad de rendimiento de grano avena (*Avena sativa* L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Tesis M.C. Colegio de postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- EAGLES, H.A. and FREY, K.J., 1977. Repeatability of the stability-variance parameter in oats. *Crop. Sci.* 17: 253 - 256.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A., 1966. Stability parameter for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36 - 40.
- FATUNLA, T. and FREY, K.J., 1976. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa* L.). *Euphytica* 25: 21 - 28.
- GOMEZ GAMA E.E. 1978. Stability analysis of single-cross hybrids of maize (*Zea mays* L.) produced from selected and unselected inbred lines. Thesis Ph. D. Iowa State University, Ames, Iowa.

- LANGER, I. 1978. Regression and structural relation production response parameters and and there applicability in plant breeding programes. XIV International Congres of Genetics. Moscú.
- MARQUEZ, S.F., 1970. El problema de la interacción genético ambiental en geniotecnia vegetal. Colegio de postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- MARQUEZ, S.F., 1976. Obtención de un índice socio agronómico de adaptabilidad para la selección de variedades de plantas cultivadas. VII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Guayaquil, Ecuador.
- SNEATH, H.A. and SOKAL, R.R., 1973. Numerical taxonomy freeman San Francisco, U.S.A.
- SOLIS, R.R., 1974. Algoritmos, estrategias y modelos para métodos de agrupación. Tesis M.C. Colegio de postgraduados, ENA, Chapingo, México.