

# ESTIMACION DE LA INTERACCION GENOTIPO AMBIENTE EN EXPERIMENTOS DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR. II ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD

G. GALVEZ  
INSTITUTO DE CIENCIA AGRICOLA  
GAVETA POSTAL N.º 1  
SAN JOSE DE LAS LAJAS  
LA HABANA

Se estudió el comportamiento de 6 genotipos diferentes en caña de azúcar (C.P. 5243, Ja. 60-5, -- My 5354, My 5514, B. 4362 y C. 87-51), durante -- tres años en dos localidades (Bauta y Bainoa). - Después de un análisis estadístico factorial de -  $6 \times 3 \times 2$  en que se demostraron las significacio-- nes de las interacciones de los genotipos con los ambientes, se procedió a aplicar el modelo de es-- tabilidad siguiente: (Eberhart y Russell, 1976).

donde: 
$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

$Y_{ij}$  = rendimiento del i-ésimo genotipo en el -- j-ésimo ambiente

$\mu_i$  = media del i-ésimo genotipo

$\beta_i$  = coeficiente de regresión del i-ésimo genotipo

$I_j$  = j-ésimo índice ambiental

$\delta_{ij}$  = desviación de la regresión de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente.

Dicho modelo permitió agrupar los genotipos en estables como la C.P. 5243 y Ja. 60-5 e inestables como la C. 87-51 de acuerdo a los resultados de los experimentos. Además, la localidad de Bauta mostró tener mejor potencialidad en los rendimientos agrícolas en comparación con Bainoa. Finalmente, se plantea que el método del índice ambiental puede ser una herramienta estadística poderosa en los trabajos de pruebas de variedades.

En los programas de mejoramiento, los estudios de selección en etapas finales, tienen gran importancia, trabajándose con una cantidad menor de material, siendo necesario usar con más precisión las técnicas de la Estadística y el Diseño Experimental.

En esas etapas de trabajo, la llamada interacción genotipo-ambiente presenta serios obstáculos al mejorador (Comstock y Moll, 1963), ya que dificulta la interpretación en experimentos de variedades o las llamadas pruebas zonales o regionales, por lo que la búsqueda de técnicas para describir adecuadamente la interacción  $g \times e$ , y el modo de utilizarla, se ha convertido en un problema fundamental para los mejoradores de plantas.

En 1938, Yates planteó el uso de la regresión lineal como una técnica posible para interpretar y describir adecuadamente la interacción  $g \times e$ . Sin embargo, esta técnica permaneció sin desarrollarse hasta 1963, en que Finlay y Wilkinson la aplicaron y extendieron en el estudio de 277 genotipos de cebada en el sur de Australia.

Más tarde, Eberhart y Russell (1966), con un enfoque similar, aunque con algunos cambios estadísticos la utilizaron para diferenciar híbridos en maíz y medir su estabilidad.

Otros muchos investigadores han usado estas técnicas en muchos cultivos en los últimos años (Hill, 1975), existiendo, además del enfoque anterior que podríamos llamar estadístico, otro más genético, desarrollado por Buco Alanis -- (1966).

En caña de azúcar, a pesar de lo promisorio de la técnica, no ha sido empleada; sin embargo, Skimmer (1971) apuntó la importancia de su posible utilización en experimentos de variedades.

#### MATERIALES Y METODOS

Los estudios consistieron en dos experimentos realizados durante 3 cosechas en las Estaciones regionales de Bauta y Bainsa, del INCA. En cada experimento se estudiaron 6 variedades: CP 5243, Ja. 60-5, My 5354, My 5514, B 4362 y C 8751. El diseño en ambos experimentos fue de bloques al azar, con 4 réplicas, en suelos rojos sobre caliza profunda (Shishov, 1972).

Entre los 12 y los 15 meses se efectuó la cosecha y se estimaron los rendimientos (Skinner y Hogarth, 1967).

Al finalizar las 3 cosechas, se realizó un análisis estadístico de factorial  $6 \times 3 \times 2$ , para estimar los efectos principales de genotipo, años y localidades, así como sus interacciones, utilizándose un modelo I o de efectos fijos de análisis de varianza (Steel y Torrio, 1960).

Después se procedió a utilizar el método de regresión lineal descrito por Eberhart y Russell (1966), para observar la respuesta de los genotipos a diversos ambientes. Se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = rendimiento del  $i$ -ésimo genotipo en el  $j$ -ésimo -- ambiente

$A_i$  = media del  $i$ -ésimo genotipo en todos los ambientes

$\beta_i$  = coeficiente de regresión del  $i$ -ésimo genotipo.

$I_j$  = índice ambiental

$\delta_{ij}$  = es la desviación de la regresión de la  $i$ -ésima -- variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

El índice ambiental se calculó tomando como base las -- medias de los genotipos durante las 3 cosechas en cada localidad, por lo que se obtuvieron 6 ambientes.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla N<sup>o</sup>. 1 se pueden observar los resultados del análisis de varianza factorial. Se puede notar que tanto -- los genotipos, como sus interacciones con el ambiente son -- significativas, lo que trae consigo la necesidad de una ex-- plicación más amplia de estas diferencias. Esto pudiera explicarse debido a diferencias de los suelos entre las loca-- lidades, a pesar de que pertenecen al mismo grupo genético -- de los suelos, como veremos más adelante (Medina, 1976).

Para un análisis más exhaustivo de las interacciones en este experimento véase Gálvez, Espinosa y Ortiz (1977).

Las diferencias significativas encontradas en los componentes de la interacción genotipo-ambiente, nos llevó a -- hacer un análisis de estabilidad (Eberhart y Russell, 1966).

Se calcularon los parámetros  $b_i$  y las ecuaciones de re-- gresión lineal del rendimiento de cada genotipo sobre el ín-- dice ambiental (tabla N<sup>o</sup>. 2). En la tabla N<sup>o</sup>. 2 se destacan dos grupos de variedades respecto a la estabilidad ( $b_i$ ), las

de mayor estabilidad como la CP. 5243 y Ja. 60-5, y la de menor estabilidad: C. 8751. Además, se pueden ver variedades con estabilidad promedio, como la B. 4362. Sin embargo, para un análisis más detallado de la estabilidad analizaremos el gráfico Nº. 1.

La variedad CP. 5243, que es muy usada en estas regiones como variedad comercial, es la variedad que presenta mayor estabilidad, y esto concuerda con sus rendimientos estables en las regiones analizadas y el poco decremento existente entre caña planta y los retoños en comparación con las restantes variedades.

Situación contraria en el análisis es la de la variedad C. 8751, que a pesar de presentar una media cercana a la general (125,18 contra 126,8 t caña/ha), presenta mayor inestabilidad en estos ambientes. El comportamiento de esta variedad se debe a problemas fisiológicos que ella presenta en los suelos secantes de esas regiones.

Sin embargo, en el análisis la variedad superior es la B. 4362, que tiene una media superior a la general -- (138,26 t caña/ha) y un coeficiente de regresión cercano a 1.

De acuerdo con el criterio de Eberhart y Russell (1966), es sin duda la variedad superior del grupo analizado.

Es de destacar las diferencias en potencialidad para el rendimiento entre Bauta y Baima en los experimentos analizados, ya que Bauta supera ampliamente tanto el promedio -- como el rango de variación en los diferentes años y tipos de cepa de caña. Una explicación pudiera ser las diferencias en composición química del suelo, así como otros indicadores químicos de éste, que sitúa a Bauta como un suelo dentro de los rangos normales para estos indicadores, mientras que en Baima los suelos están por debajo del promedio de la mayor parte de estos indicadores (Medina, 1976).

Es necesario plantear que obtuvimos límites de confianza para los coeficientes de regresión un poco mayores que -- los reportados en la literatura, pero esto se debe principalmente al tamaño de la muestra.

Finalmente, sería conveniente extender este análisis a un número mayor de localidades cañeras del país para ofrecer una respuesta más integral.

ESTIMATION OF THE GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION OVER SUGAR CANE VARIETY TRIALS. II STABILITY STUDY

Performance of six different genotypes on sugarcane (C.P. 5243, Ja60-5, My 5354, My 5514, B. 4362 and C. 87-51) was studied at two sites (Bauta and Dainoa) for three years. After a 6x3x2 factorial statistical analysis in which genotype-environment interactions proved to be significant, the following stability model was applied (Eberhart and Russell (1966)):

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i j + S_{ij}$$

where:

$Y_{ij}$  = yield of the  $i^{\text{th}}$  genotype at the  $j^{\text{th}}$  environment

$\mu_i$  =  $i^{\text{th}}$  genotype mean

$\beta_i$  = regression coefficient of the  $i^{\text{th}}$  genotype

$I_j$  =  $j^{\text{th}}$  environmental index

$S_{ij}$  = deviation from regression of the  $i^{\text{th}}$  variety at the  $j^{\text{th}}$  environment.

Such model enabled to gather every genotype into -  
stables as C.P. 5243 and Ja. 60-5, and unstables -  
as C. 8751, according to the experimental results.  
On the other hand, Bauta proved to have better po-  
tentiality than Bainoa, as far as cane yield is -  
concerned. Finally, the environmental index method  
is stated to be a strong statistical tool for con-  
ducting varietal trials.

370

TABLA 1. Análisis de varianza para los --  
efectos principales y sus interacciones.

Fuentes	G.L	C.M.
Réplicas	3	339,6049
Variedades (V)	5	813,7444
Localidades (L)	1	4808,6134
Años (A)	2	53931,6023
V x L	5	1514,4417
V x A	10	794,6745
L x A	2	16030,7624
X x L x A	10	393,7164
Error	105	180,3750

$$\bar{X} = 126,8 \pm 6,71 \text{ t ha/ca.}$$

$$\text{C.V.} = 10,5\%$$



TABLA 2. Ecuaciones lineales, errores standard de  $b_1$  y medias para cada genotipo.

Genotipos	$Y = bx + c$	E.S. ( $b_1$ )	$\bar{X}$ (t ha/caña)
C.P. 5243	$Y=0,7067X + 32,90$	$\pm 0,29$	122,59
Ja. 60-5	$Y=0,7152X + 32,40$	$\pm 0,23$	123,14
My. 5354	$Y=0,9863X + 1,64$	$\pm 0,28$	126,71
My. 5514	$Y=0,9164X + 9,00$	$\pm 0,19$	125,34
B. 4362	$Y=1,1888X - 12,42$	$\pm 0,20$	138,26
C. 87-51	$Y=1,4886X - 63,75$	$\pm 0,24$	125,18

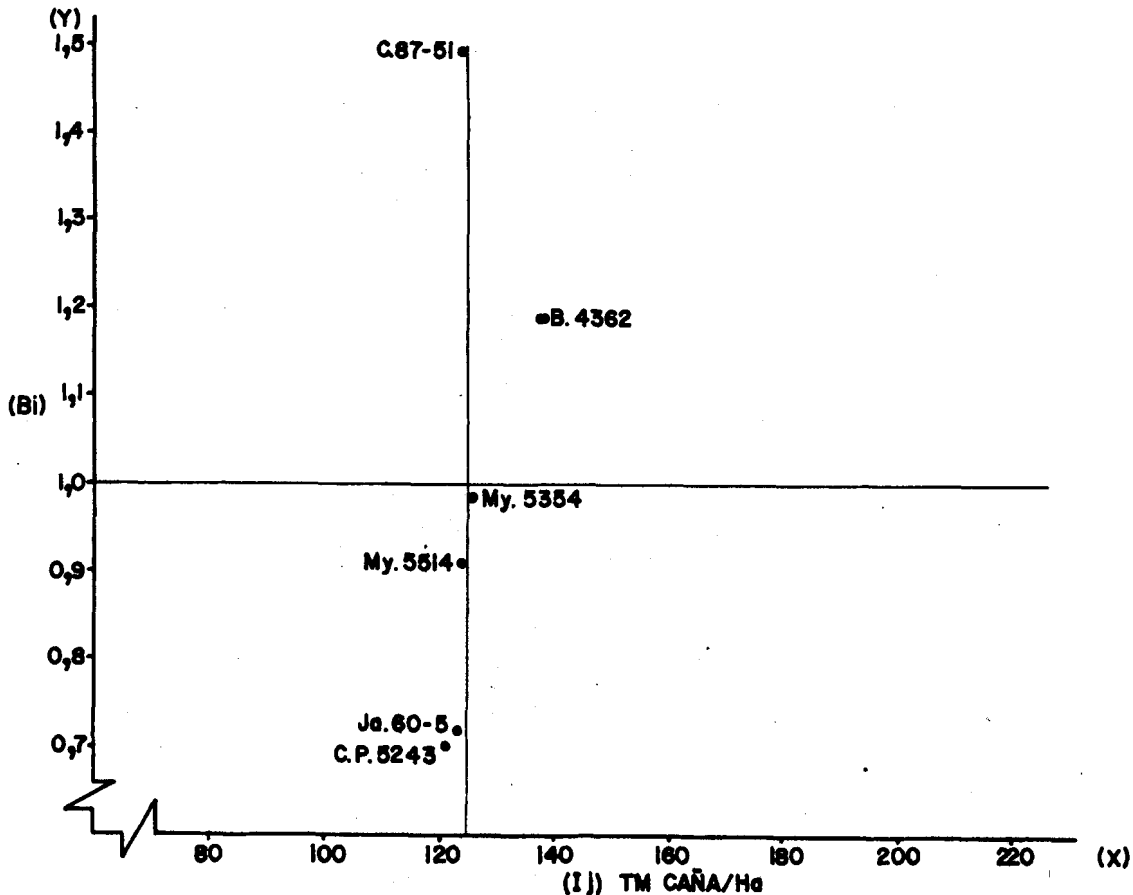


FIGURA Nº. 1. Análisis gráfico del rendimiento y estabilidad de los genotipos estudiados.

## REFERENCIAS

- BUICIO ALANIS, L. (1966). Environmental and Genotype-Environmental Components of Variability. I. Inbred Lines. *Heredity* 21:387-97.
- COMSTOCK, R.E. R.H. Moll, (1963). Genotype Environment Interactions. *Statistic Genetics and Plant Breeding*. -- NAS, NRC Pub. 982: 164-96.
- EBERHART S.A., W.A. Russell, (1966). Stability Parameters -- for Comparing Varieties *Crop. Sci.* 6: 36-40.
- ESPINOSA, R. (1976). Informe de producción sobre el comportamiento de variedades pre-comerciales de caña en suelos rojos ferralíticos en el macizo cañero centro-Habana. División de Caña, INCA, UH.
- FINLAY, K.W. G.N. Wilkinson, (1963). The Analysis of Adaptation in a Plant Breeding Programme. *Aust. J. of Agric. Res.* 14: 742-754.
- GALVEZ, G. R. Espinosa, R. Ortiz, (1977). Estimación de la interacción genotipo-ambiente en caña de azúcar en el occidente de Cuba. XVI Cong. ISSCT. Brasil (En prensa).
- HILL, J. (1975). Genotype-Environment Interactions: a Challenge for Plant Breeding *J. Agric. Sci. Cambridge*, 85:477-93.
- MEDINA, N. (1976). Caracterización agroquímica de los suelos rojos ferralíticos. Informe presentado al Consejo Científico del INCA.
- SKINNER, J.C., M.D. Hogarth, (1967). A Sampling Method for Measuring Yield in Variety Trials. *BSES. Tech. Bull.* N2. 1.
- SKINNER, J.C. (1971). Selection in Sugar Cane: a Review. -- *Procc. ISSCT XIVth. Congress. Louisiane.*
- SHISHOV, L. (1972). Clasificación genética de los suelos cañeros de Cuba. ICA, Academia de Ciencias de Cuba.
- STEEL, R.G.D., J.H. Torrio, (1960). *Principales and Procedures of Statistics*. Macgraw. Hill Book Company -- Inc. N.Y.
- YATES, F.; W.G. Cochran, (1938). The Analysis of Groups of Experiments. *J. of Agric. Sci. Cambridge*. -- 28: 556-80.