ESTABILIDAD FENOTIPICA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR EN EL VALLE DEL CAUCA COLOMBIA

Alvaro Amaya Estévez
Climaco Cassalett Dávila
CENICAÑA

RESUMEN

Se analizaron cinco variedades sembradas en ocho sitios del Valle del Cauca. El análisis de los datos de producción de caña y de azúcar del primer corte incluyó el estudio de la interacción genotipo-ambiente y la evaluación de la estabilidad fenotípica utilizando como parámetros el coeficiente de regresión (b) y la desviación de la regresión (S^2_d).

El análisis combinado de varianza indica que en condiciones del primer corte, existe una interacción genotipo-ambiente muy significativa para los caracteres en estudio. En forma preliminar, esto muestra que en un programa de mejoramiento genético la selección de los materiales debe hacerse en diferentes ambientes, y son necesarias diferentes variedades para las distintas condiciones ecológicas.

El análisis de regresión indica que en producción de caña y de azúcar la variedad CP-57-603 es muy inestable y muy sensible a los cambios de ambiente, es decir, mantiene altos rendimientos en ambientes buenos pero los reduce drásticamente en ambientes pobres. La variedad PR 61632, presenta una mejor estabilidad y mejor respuesta a los diferentes ambientes.

También se determinaron correlaciones entre los principales caracteres agronómicos. Bajo las condiciones del presente estudio estas indican que entre la producción de caña y el contenido de sacarosa, el primero es el que más contribuye a la variación en la producción final de azúcar y por lo tanto esta característica presenta mejor oportunidad de selección.

INTRODUCCION

En un programa de Mejoramiento genético la evaluación de los mejores genotipos se lleva a cabo en varios sitios con el objeto de conocer su adaptación bien sea a uno o varios ambientes. En caña de azúcar en donde la selección de una nueva variedad es un proceso que toma al menos de 8 a 10 años los mejores materiales son evaluados en los estados finales del proceso de selección, en diferentes ambientes y por varios cortes con el fin de conocer su adaptación y detectar la interacción genotipo-ambiente que pueda existir para los caracteres de importancia económica en el área para la cual se está haciendo selección de nuevas variedades.

Esta interacción se manifiesta cuando el comportamiento de una variedad cambia de una manera diferente en relación a otras, al evaluarla en ambientes diferentes. Por lo

tanto, en un proceso de selección estas interacciones son dignas de tener en cuenta desde un comienzo, pues si éstas existen es necesario seleccionar variedades diferentes para cada ambiente en particular (9,3) antes que concentrar esfuerzos en buscar genotipos con amplia adaptación, lo cual es el objeto más ambicioso de cualquier programa de Mejoramiento.

El tiempo tan largo que es necesario esperar para llegar a los estados finales de selección y los recursos que ello requiere, hacen aún más indispensable el conocimiento de la respuesta de los genotipos en varios ambientes así como de su interacción para definir con más claridad el (los) sitio(s) de selección.

En caña de azúcar son varios los reportes sobre interacción genotipo-ambiente que reporta la literatura. Skinner (21), reporta de que si la interacción es grande y las variedades son evaluadas tan solo en un sitio, la eficiencia de selección es reducida. Arceneaux y Hebert (2) al evaluar un grupo de variedades en cuatro sitios de Louisiana, encontraron interacciones altamente significativas para variedad-estación, variedad-año y variedad-estación-año. Mariotti (18) al estudiar el efecto de los ambientes en la eficiencia de selección encontró que los promedios de producción, las varianzas y la heredabilidad para caracteres de importancia económica fueron afectados por el ambiente. Estudios adicionales sobre el efecto de la interacción genotipo-ambiente, indican su efecto en la variación fenotípica total, reportándose valores de esta interacción hasta el 60% (11,15). Valores altos de interacción variedad-sitio, indican que es necesario ampliar el rango de sitios en los cuales realizan los experimentos finales (18). Tai *et al* (23) encontraron que el efecto de la interacción fue significativo para variedades-año y variedades-sitio y de análisis de estabilidad hecho, demostraron que la variedad local fue muy inestable para utilizarla como factor de comparación de las nuevas variedades.

El fenómeno de la interacción es muy común en otros cultivos y son varios los estudios realizados al respecto (1,5,6,12). Freeman (13) ha hecho un recuento de los métodos estadísticos para evaluar la estabilidad en varios ambientes para diferentes cultivos. Entre ellos figura el análisis de varianza y el análisis de regresión (10). El análisis de varianza permite conocer la existencia y la magnitud de interacción; la regresión proporciona una medida acerca de la estabilidad de las variedades. Este último método fue desarrollado por Yates y Cochran (24) y modificado por Finlay y Wilkinson (14) y Eberhart y Rusell (10). El método se basa en la determinación de un índice ambiental para cada uno de los sitios evaluados obtenido de restar al promedio general de todas las variedades en un sitio, el promedio general de todas las variedades en todos los sitios en los cuales se evalúan las variedades. El método muestra que el coeficiente de regresión y las desviaciones a partir de la regresión pueden ser consideradas como parámetros para medir la estabilidad de una variedad.

Estudios basados en la técnica de Eberhart y Rusell (10), han sido realizados en caña de azúcar por Pollock (19), Bond (4), Ruschell (20) y Tai *et al* (23), para observar la estabilidad cuando se toman como base de comparación con las nuevas variedades que se seleccionan, y encontraron que para tal efecto es mejor usar varias variedades locales como patrón, en lugar de una sola.

El estudio completo de adaptación de nuevas variedades y su estabilidad, requiere en caña de azúcar de varios cortes y en diferentes localidades (23). Sin embargo en razón de las actuales circunstancias de buscar una alternativa a la variedad CP 57603 y con el fin de conocer a la mayor brevedad posible los resultados con nuevas variedades, se pretende en el presente estudio con los datos obtenidos en el primer corte, evaluar las variedades promisorias y analizar tendencias en adaptación, y tener así las bases preliminares que ayuden a enfocar el proceso de selección de nuevas variedades. Por lo tanto,

el presente estudio tiene como objetivos: 1) Evaluar un grupo de variedades en diferentes ambientes, y en base a su comportamiento y estabilidad, seleccionar la mejor variedad que pueda ser alternativa a la CP 57603; 2) determinar la interacción genotipo-ambiente y su importancia en el proceso de selección, y 3) demostrar la importancia de aplicar los parámetros de estabilidad al seleccionar nuevas variedades.

MATERIALES Y METODOS

Las variedades utilizadas en el presente estudio fueron la CP 57603, POJ 2878, EPC 38122, ICA 6911 y la PR 61632. Los caracteres evaluados fueron el % de germinación, el número de tallos a los 5 meses, el tonelaje de caña por hectárea-mes (TCHM), el % de azúcar recuperable (ARE) y el tonelaje de azúcar po hectárea-mes (TAHM). Los dos primeros caracteres fueron evaluados con el fin de correlacionar su efecto en los datos finales de TCHM, ARE y TAHM. Los tres últimos corresponden a los caracteres en que normalmente se basa la selección en un programa de mejoramiento de caña de azúcar (21). Para efectos del estudio de interacciones y análisis de estabilidad únicamente se tuvieron en cuenta estos tres últimos caracteres.

Estas variedades fueron evaluadas en ocho sitios del área cañera del Valle del Cauca, y los datos analizados corresponden al primer corte. Los sitios en que fueron establecidos los experimentos, aparecen en el Cuadro 1. En cada sitio además de las variedades en estudio, existieron otras variedades particulares para cada sitio. El diseño utilizado fue el de bloques al azar con cinco replicaciones. Las parcelas consistieron de seis surcos de 10 metros de largo, sembrados en forma contínua por bloque. La distancia entre surcos fue de 1.50 m. Para efectos de peso en caña por parcela y eliminar efecto de bordes, se cosecharon únicamente los dos surcos centrales. Para la determinación del azúcar recuperable (ARE) se tomaron 10 cañas al azar de los mismos dos surcos centrales al momento de la cosecha. Los experimentos fueron cosechados a la edad de 13 meses durante el primer semestre de 1983.

CUADRO 1. Tipos de suelos donde se establecieron las pruebas regionales.

SITIO	TIPO DE SUELO
Estación Experimental -CENICAÑA-	Molisol ustico
Ingenio del Cauca	Molisol udico
Ingenio Central Castilla	Molisol udico
Ingenio Manuelita	Molisol ustico
Ingenio Pichichí	Molisol udico
Ingenio La Cabaña	Inceptisol acuico
Ingenio Providencia	Vertisol ustico
Ingenio San Carlos	Vertisol ustico

Para determinar el efecto de las variedades, de los ambientes (sitios) y de su interacción, se utilizó el análisis combinado de varianza y con los datos del cuadrado medio del error, se estimaron los componentes de la varianza (22). Para las variables donde no hubo homogeneidad de varianzas, se efectuó un análisis combinado ponderado de varianza (8).

El análisis de estabilidad para los tres caracteres mencionados, fue determinado por medio de la técnica de Eberhart y Russel (10). La suma de cuadrados correspondiente a la interacción fue dividida en las regresiones individuales de las variedades en los promedios de cada ambiente (sitio) y a las desviaciones a partir de la regresión. Los parámetros utilizados para definir la estabilidad de las variedades fueron el coeficiente de regresión (b) y la desviación a partir de la regresión (S^2_d). Para probar la hipótesis de que el cuadrado medio de la desviación es diferente de cero se utilizó como comparación el error total. La hipótesis de que el coeficiente de regresión no difiere de la unidad, fue probado utilizando la prueba de t (8) usando como factor de comparación el error stándard de la regresión.

Para los análisis del presente estudio, se asume que los efectos de las variedades fueron fijos y los de los sitios al azar.

Adicional a lo anterior, se calcularon correlaciones simples, con el fin de conocer cuáles de los caracteres evaluados son más incidentes en la producción final de caña y de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos sobre tonelaje de caña por hectárea-mes (TCHM), porcentaje de azúcar recuperable (ARE) y tonelaje de azúcar por hectárea-mes (TAHM) de las cinco variedades en los 8 sitios se presenta en los Cuadros 2, 3 y 4. En relación al promedio de TCHM de cada variedad en todos los sitios, la variedad PR 61632 supera en un 6.5% a la variedad más difundida en el Valle del Cauca, la CP 57603. Considerando el promedio de producción de azúcar expresada en términos de TAHM se observa que la variedad CP 57603 se mantiene superior a todos los demás y supera en un 9.0% a la PR 61632. La variedad POJ 2878, presenta un 18% menos de TAHM que la CP 57603.

Sin embargo los datos obtenidos con la PR 61632 en TCHM y TAHM a pesar de esa diferencia (9.0%) en relación a la CP 57603 junto con la resistencia al carbón y el mejor comportamiento en relación a la POJ 2878 la presentan como una variedad con potencial de ser alternativa a la CP 57603.

La variación presente en los promedios de los sitios indica que existe una gran diversidad de condiciones entre ellos (Cuadros 2, 3 y 4) y ofrece una buena oportunidad para la comparación de las variedades. Así, para el TCHM, el promedio para el ambiente de mayor producción es casi el doble del promedio obtenido en el ambiente de menor producción. Para TAHM se observan aproximadamente las mismas diferencias y coinciden los sitios de tal manera que el sitio de mayor producción de caña (TCHM) fue el de mayor producción (TAHM) y viceversa. Esto indica que cuando hayan variedades con contenidos similares de azúcar recuperable (ARE) la selección hecha en cualquier sitio basado en producción de caña es buen criterio al seleccionar por producción de azúcar para ese sitio en particular. Para el caso del % de azúcar recuperable (ARE) la variación fue menor que la de los dos caracteres anteriores (Cuadro 3). Esto muestra el efecto que tiene el

CUADRO 2. Promedios de tonelaje de caña por hectárea-mes (TCHM) de 5 variedades en 8 sitios - primer corte.

Variedad	SITIOS								$\bar{X}$ ± D.S.
	Cenicaña	Cabaña	Cauca	Castilla	Providencia	Manuelita	Pichichi	S. Carlos	
CP 57603	15.34	7.68	12.35	14.97	17.04	14.63	11.25	13.90	13.40 ± 2.91
POJ 2878	14.93	6.79	11.10	11.40	15.87	12.92	10.22	13.00	12.03 ± 2.85
EPC 38122	11.28	6.96	10.56	10.15	13.18	12.51	8.96	10.70	10.53 ± 1.96
ICA 6911	12.48	10.18	13.34	14.94	16.94	15.13	10.50	13.67	13.40 ± 2.31
PR 61632	16.43	8.85	12.88	12.72	18.28	17.09	13.34	14.53	14.26 ± 3.00
$\bar{X}$ ± D.S.	14.09 ±2.13	8.09 ±1.42	12.05 ±1.18	12.83 ±2.14	16.26 ±1.92	14.45 ±1.84	10.85 ±1.61	13.16 ±1.48	12.72

TECNICAÑ

CUADRO 3. Promedios de % de azúcar recuperable (ARE) de 5 variedades en 8 sitios

Variedades	SITIOS								$\bar{X}$ D.S.
	Cenicaña	Cabaña	Cauca	Castilla	Providencia	Manuelita	Pichichi	S. Carlos	
CP 57603	12.66	14.11	14.96	13.49	12.53	13.55	13.25	13.12	13.45 ± 0.78
POJ 2878	10.70	13.88	13.76	12.75	11.56	11.57	13.52	11.47	12.40 ± 1.23
EPC 38122	10.52	14.62	14.18	13.82	11.30	11.28	13.39	12.66	12.72 ± 1.52
ICA 6911	9.00	13.62	14.06	12.40	11.75	11.60	13.24	12.83	12.31 ± 1.59
PR 61632	10.35	12.73	12.60	11.73	9.76	11.16	12.19	11.83	11.54 ± 1.05
$\bar{X}$ ± D.S.	10.62 ±1.31	13.79 ±0.69	13.91 ±0.85	12.83 ±0.84	11.38 ±1.01	11.83 ±0.98	13.12 ±0.53	12.38 ±0.70	12.48

CUADRO 4. Promedios de tonelaje de azúcar por hectárea-mes (TAHM) de 5 variedades en 8 sitios - primer corte

Variedades	SITIOS								$\bar{X}$ ± D.S.
	Cenicaña	Cabaña	Cauca	Castilla	Providencia	Manuelita	Pichichi	S. Carlos	
CP 57603	1.94	1.08	1.85	2.03	2.13	1.97	1.49	1.81	1.78 ± 0.34
POJ 2878	1.61	0.95	1.53	1.45	1.83	1.50	1.38	1.49	1.46 ± 0.25
EPC 38122	1.19	1.02	1.49	1.40	1.48	1.41	1.20	1.35	1.31 ± 0.16
ICA 6911	1.12	1.38	1.87	1.86	1.98	1.76	1.39	1.75	1.63 ± 0.30
PR 61632	1.70	1.12	1.62	1.48	1.77	1.90	1.63	1.74	1.62 ± 0.24
$\bar{X}$ ± D.S.	1.51 ±0.34	1.11 ±0.16	1.67 ±0.18	1.64 ±0.28	1.84 ±0.24	1.71 ±0.24	1.42 ±0.16	1.63 ±0.20	1.56

carácter "peso de caña", como componente mayor en la producción final de azúcar. Resultados similares han obtenido Hogarth *et al* (16) en estudios de caracteres cuantitativos en caña de azúcar.

Las tendencias de producción para TCHM y TAHM se presentan en las Figuras 1 y 2. Allí se observan los ambientes de acuerdo a su potencial de rendimiento. Las figuras sugieren un efecto de mejores producciones (TCHM y TAHM) en ambientes con suelos que no tengan problemas de retención de humedad (Molisoles y Vertisoles usticos).

El análisis combinado de varianza (Cuadro 5) reveló diferencias estadísticamente significativas para variedades, sitios y para la interacción variedad x sitio para TCHM, ARE y TAHM. La interacción variedad x sitio indica que hubo cambios relativos en las posiciones de las variedades y en la magnitud de las diferencias entre ellas para los distintos sitios. La manifestación de esta interacción es un factor que dificulta la identificación de variedades promisorias, pues si ésta es grande no es fácil detectar diferencias pequeñas para los caracteres para los cuales se hace selección (9). De otra parte, es necesario seleccionar diferentes variedades para los distintos ambientes. Esto refleja el impacto de la variación ambiental en las variables más importantes del rendimiento en caña de azúcar. Resultados similares de interacciones para los mismos caracteres han reportado Kang y Miller (17).

Los componentes de varianza, la varianza fenotípica, la proporción de cada uno de los componentes en relación a la varianza total (fenotípica), así como el coeficiente de variación genética, para cada uno de los caracteres evaluados se presenta en el Cuadro 6. Para los tres caracteres se observa que una gran proporción de la varianza total se debió más a la varianza genotípica (variedades) que a la interacción. Para la varianza genotípica se obtuvieron valores de 91.6 y 93.9% para TAHM y TCHM respectivamente y para la interacción de 3.9 y 7.1% para TCHM y TAHM respectivamente. Sin embargo las varianzas del error son relativamente bajas (2.1 y 3.1% para TCHM y TAHM respectivamente) e indicar que el efecto de interacciones, aunque muestren estos valores merecen en forma preliminar tenerse en cuenta al efectuar selección de variedades de caña en el Valle del Cauca.

El valor del coeficiente de variación genética (C.V.G., Cuadro 6) para TCHM es aproximadamente el doble del obtenido para ARE. Esto significa que cuando se tengan variedades con poca variación en ARE hay más oportunidad de selección para producción final del azúcar basado en producción de caña que en el % de azúcar (ARE). Similares resultados han observado Hogarth *et al* (16).

La varianza debida a las desviaciones combinadas no fue significativa para ninguno de los caracteres cuando se compara con el error combinado (Cuadro 5). Ello indica que el modelo lineal utilizado es eficiente y que las diferencias en adaptabilidad son más debidas a las regresiones (interacciones) y no a las desviaciones mismas.

Los promedios ($\bar{x}$), coeficientes de regresión (b) y las desviaciones de la regresión (S^2_d) para TCHM, EAR y TAHM se presentan en el Cuadro 7. La estabilidad definida como la habilidad de un genotipo de mantenerse sin mayores fluctuaciones a través de varios ambientes (sitios) está determinada por los parámetros anteriores. Eberhart y Russel (10) definen como una variedad estable aquella que presente valores de b=1.0 y $S^2_d = 0.0$. A su vez, Finlay y Wilkinson (14) amplían lo anterior y definen a las variedades que presentan valores de $b < 1.0$ como variedades con una estabilidad superior al promedio y específicamente adaptadas a ambientes pobres; a las que tengan valores de $b > 1.0$ como variedades con una estabilidad inferior al promedio y con adaptación específica a ambien-

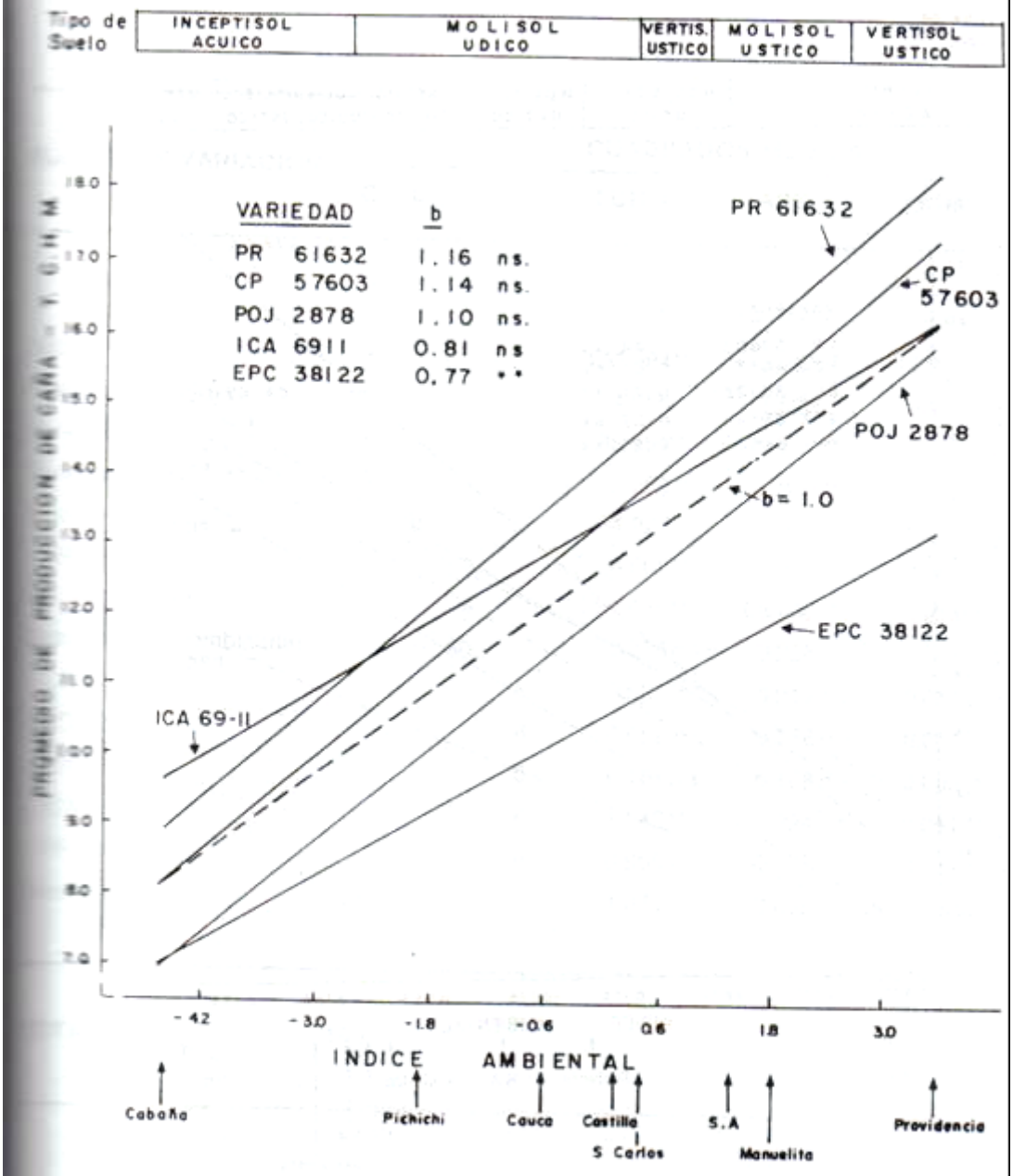

FIGURA 1. Respuesta de 5 variedades a varios ambientes en relación A T.C.H.M.

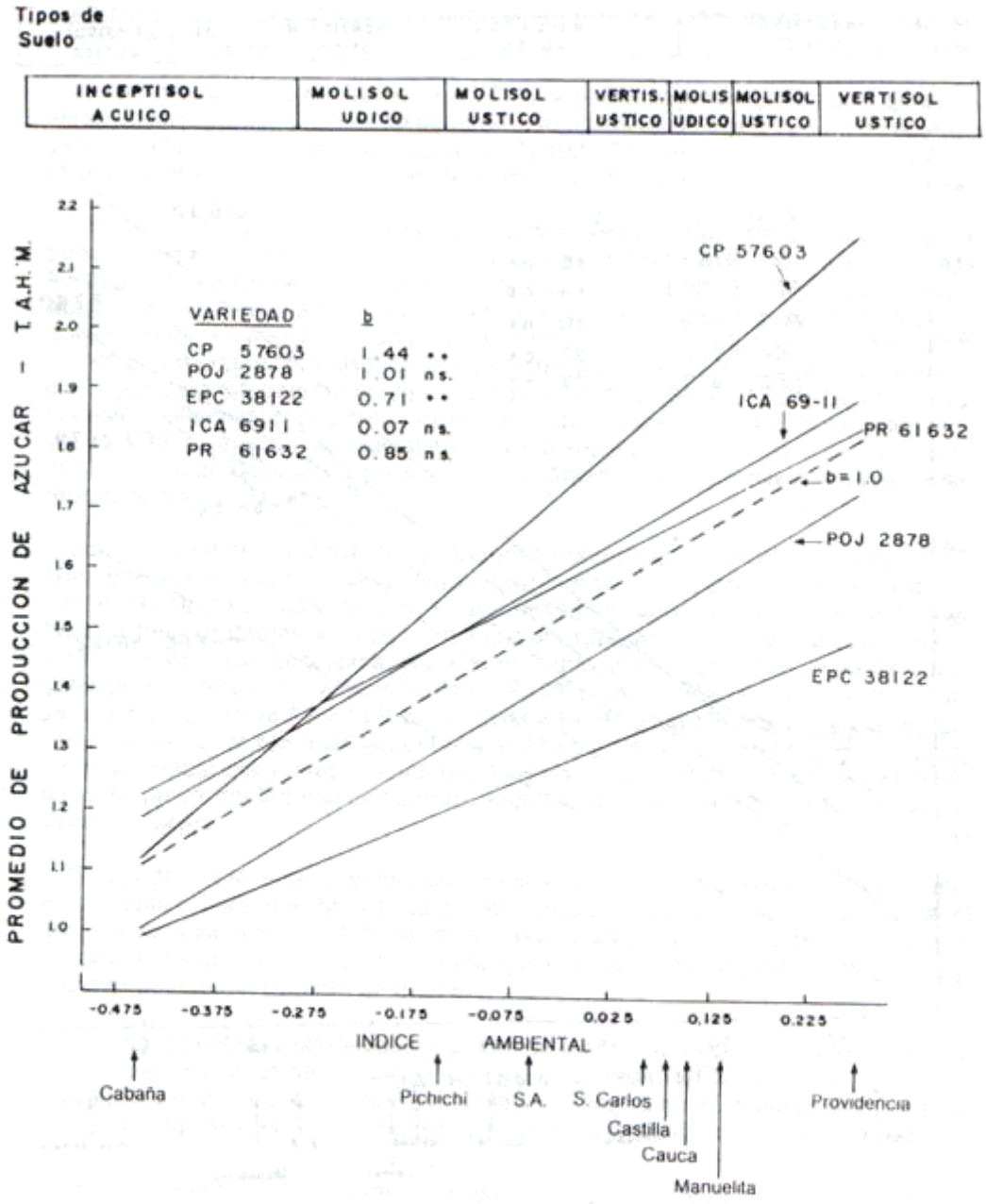

FIGURA 2. Respuesta de 5 variedades a varios ambientes en relación A T.A.H.M.

CUADRO 5. Análisis de varianza para 5 variedades de caña de azúcar en 8 sitios - primer corte.

FUENTE DE VARIACION	G. L.	CUADRADOS MEDIOS		
		TCHM	ARE	TAHM
Sitio (S)	7	153.584**	33.223**	1.238 **
Replicación (sitio)	32	4.056	1.526	0.066
Variedad (V)	4	85.451**	19.215 **	1.277 **
Variedad x sitio	28	5.260**	1.818 *	0.132 **
Sitios + V x S	35	34.925	8.099	0.353
- Sitio (Lineal)	1	8.600**	1.860**	0.069 **
- V x S (Lineal)	4	297.625**	68.700**	2.918 **
Desviaciones combinadas	30	0.775 *n.s.*	0.226 *n.s.*	0.021 *n.s.*
- CP 57603	6	0.535 *n.s.*	0.212 *n.s.*	0.015 *n.s.*
- POJ 2878	6	0.652 *n.s.*	0.178 *n.s.*	0.013 *n.s.*
- SPC 38122	6	0.181 *n.s.*	0.169 *n.s.*	0.003 *n.s.*
- ICA 6911	6	1.543**	0.394 *n.s.*	0.051 **
- PR 61632	6	0.965 *n.s.*	0.178 *n.s.*	0.022 *n.s.*
Error	128	1.871	0.898	0.040
TOTAL	199			

* Significativo al 5

** Significativo al 1%

n.s. No significativo

CUADRO 6. Componentes de varianza, varianza fenotípica ($\sigma^2 f$) proporción de cada uno de los componentes de varianza en la varianza total (fenotípica) y coeficientes de variación genéticos (C.V.G.) para tres variables en caña de azúcar.

Variable	σ^2_v	σ^2_{vs}	σ^2_e	σ^2_f	$\frac{\sigma^2_v}{\sigma_f^2}$	$\frac{\sigma^2_{vs/n}}{\sigma_f^2}$	$\frac{\sigma^2_{e/rn}}{\sigma_f^2}$	C.V.G.
TCHM	2.0515	0.6778	1.8710	2.1824	0.9397	0.0387	0.0214	12.47
ARE	0.4573	0.1840	0.8980	0.5027	0.9095	0.0457	0.0446	5.42
TAHM	0.0296	0.0184	0.0400	0.0323	0.9164	0.0712	0.0309	11.03

tes buenos y a aquellas que presentan valores de b = 1.0 como variedades con una estabilidad promedia y bien o pobremente adaptadas a los ambientes dependiendo de los promedios en cada uno de ellos.

En relación a TCHM las variedades PR 61632, CP 57603, POJ 2878 e ICA 6911, son relativamente estables porque presentan coeficientes de regresión que no difieren significativamente de 1.0 (variedad estable b= 1.0, $S^2_d = 0$), es decir, tienden a producir altos tonelajes de caña bajo condiciones buenas y presentan una disminución proporcional al grado de calidad de ambiente. Sin embargo la ICA 6911 a pesar de tener tonelajes similares a la CP 57603 por presentar una desviación altamente significativa (Cuadro 7) con respecto a la regresión, es una variedad mucho más variable que las 3 primeras bien sea en ambientes buenos o malos.

Teniendo en cuenta el promedio de producción de caña expresado como TCHM, el coeficiente de regresión y la desviación con respecto a la regresión, la variedad más estable es la PR 61632 ($\bar{X}$=14.26*, b= 1.15 n.s.; S^2_d = 0.96 n.s.) y ésta es mejor a la CP 57603. La POJ 2878 es inferior a la PR 61632 y a la CP 57603. Esto se puede observar mejor en la Figura 3 en donde se presenta la relación del promedio de producción de caña (TCHM) y su estabilidad. Las líneas verticales están una desviación stándard arriba y abajo del promedio general mientras que las líneas horizontales están una desviación stándard mayor y menor del promedio del coeficiente de regresión (b=1.0). Las variedades más deseables desde el punto de vista de estabilidad son las que se ubican en el cuadrante de la derecha en la gráfica. Se observa que la variedad PR 61632 es superior al promedio y su ubicación en la gráfica la muestra como una variedad relativamente estable y capaz de tomar ventaja en todos los ambientes en cuanto se compara con la CP 57603.

En el caso de la EPC 38122, esta variedad aunque presenta una mejor estabilidad en relación al promedio de las otras variedades (b= 0.77**; S^2_d = 0.18 n.s.), es específicamente adaptable a ambientes pobres y no responde bien aunque se lleve a ambientes mejores. Así mismo, produce menos que todas las demás variedades aún donde mejor se adapta, lo cual indica que es una variedad a eliminar en función de TCHM (Cuadro 7).

CUADRO 7. Promedios, coeficientes de regresión y varianza debido a la desviación a partir de la regresión para 3 variables de 5 variedades en 8 sitios

PARAMETRO	VARIEDAD					Promedio	±	D.S.	DMS(5%)
	CP 57603	POJ 2878	EPC 38122	ICA 6911	PR 61632				
TCHM									
$\bar{X}$	13.40*	12.03*	10.53*	13.40*	14.26*	12.72*	±	1.46	0.470
b	1.14 n.s.	1.10 n.s.	0.77**	0.81 n.s.	1.15 n.s.	1.00			
S^2_d	0.53 n.s.	0.65 n.s.	0.18 n.s.	1.54**	0.96 n.s.				
EAR									
$\bar{X}$	13.45*	12.40*	12.72*	12.31*	11.54*	12.48	±	0.69	0.050
b	0.57**	1.11 n.s.	1.28 n.s.	1.28 n.s.	0.83 n.s.	1.00			
S^2_d	0.21 n.s.	0.18 n.s.	0.17 n.s.	0.40	0.18 n.s.				
TAHM									
$\bar{X}$	1.78*	1.46*	1.31*	1.63*	1.62*	1.56	±	0.18	0.0046
b	1.44*	1.01 n.s.	0.71**	0.97 n.s.	0.85 n.s.	1.00			
S^2_d	0.015 n.s.	0.013 n.s.	0.003 n.s.	0.051**	0.022				

* *Significativo al 5%* ** *Significativo al 1%* n.s.: *No significativo*

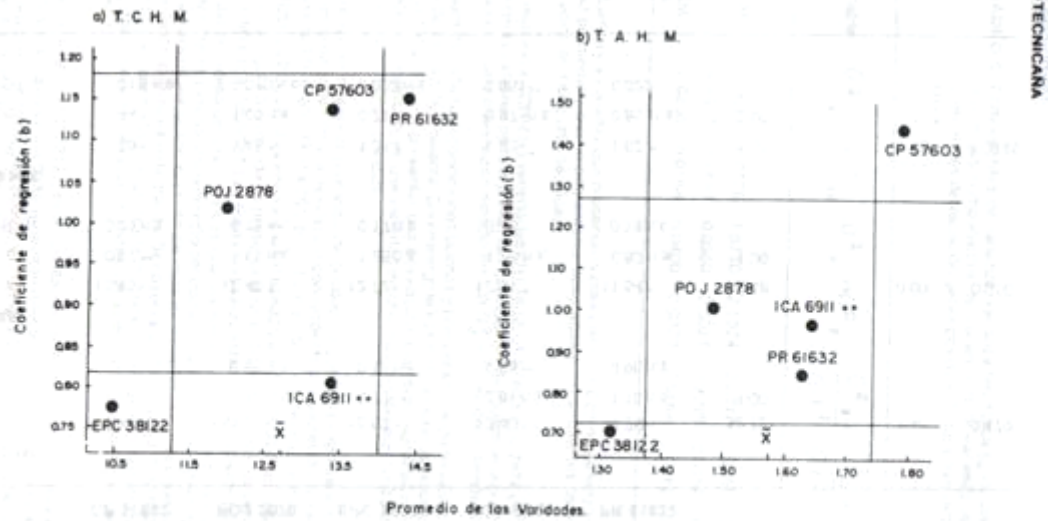

FIGURA 3. Relación del promedio de producción de cinco variedades y su estabilidad. La significancia de S^2_d se indica en cada caso.

En relación a TAHM las variedades POJ 2878, ICA 6911 y PR 61632 son relativamente estables (coeficientes de regresión no difieren significativamente de 1.0, (Cuadros 5 y 7), es decir, la producción de azúcar varía uniformemente o proporcionalmente a la calidad del ambiente. La PR 61632 es mejor que la POJ 2878.

Las variedades CP 57603 y EPC 38122 son muy inestables (b=1.44**, b= 0.77* respectivamente). La CP 57603 solamente mantiene los altos rendimientos de producción de azúcar en ambientes buenos pero tiende a reducirlos drásticamente en ambientes pobres. Por lo tanto, para producción de azúcar no es una variedad recomendable para todos los ambientes (Figura 2).

Desde el punto de vista de estabilidad en producción de azúcar, la PR 61632 es superior a la CP 57603, lo cual indica que su adaptación es más amplia y presenta menor riesgo de cambios en TAHM con los cambios de ambiente (Cuadro 6 y Figura 2).

Considerando la resistencia al carbón, los resultados de producción en TCHM y TAHM así como el análisis de estabilidad se observa que entre las variedades evaluadas la PR 61632 combina mejor estos factores y dan base para presentarla una vez más como una variedad con potencial de ser alternativa a la CP 57603 en el Valle del Cauca.

Los parámetros de estabilidad calculados indican que para TCHM y TAHM las variedades fueron diferentes en su respuesta a los ambientes y muestran que en un proceso de selección no es fácil obtener simultáneamente una variedad con una buena producción y buena estabilidad para los caracteres de importancia económica.

Las correlaciones calculadas entre los diferentes caracteres de las variedades sembradas en los sitios del presente estudio, se presenta en el Cuadro 8. Se observa un valor altamente significativo del coeficiente de correlación entre TCHM y TAHM (r=0.83**) y ninguna correlación entre el potencial de azúcar expresado como ARE y TAHM (r= 0.092 n.s.). Esto indica que entre ARE y producción de caña (peso-caña), ésta es la que más contribuye a la variación de TAHM y por consiguiente esta característica presenta mayor oportunidad de selección. Esto coincide una vez más con los coeficientes de variación genéticos mencionados previamente (Cuadro 6).

Estas mismas tendencias en las correlaciones se observan en cada una de las 5 variedades comunes en todos los sitios (Cuadro 9). Las correlaciones entre germinación y número de tallos a los 5 meses con TCHM o TAHM, tanto a nivel general (todas las variedades en todos los sitios), como individual, presentan valores relativamente bajos a pesar de ser algunos de ellos estadísticamente significativos. Estos resultados coinciden con los obtenidos de comparar un número mayor de variedades en un solo sitio (7).

CUADRO 8. Coeficientes de correlación entre 5 caracteres - pruebas regionales (5 variedades en 8 sitios).

	No. tallos 5 meses	TCHM	TAHM	ARE
% Germ.	0.235	0.479**	0.346**	-0.302**
No. tallos 5 meses		0.301**	0.175*	-0.248**
TCHM			0.832**	-0.460**
TAHM				0.092

* *Significativo al 5%* ** *Significativo al 1%*

CUADRO 9. Coeficientes de correlación entre 5 variables para 5 variedades comunes en 8 sitios. Pruebas regionales.

CP 57603:

	No. tallos 5 meses	TCHM	TAHM	ARE
1 Germ.	- 0.393 *	0.679 **	0.649 **	-0.242
No. tallos 5 meses		0.065	0.008	-0.157
TCHM			0.896 **	-0.447 **
TAHM				-0.013

POJ 2878:

% Germ.	- 0.307	0.512 **	0.367 *	-0.483 **
No. tallos 5 meses		0.184	0.273	0.037
TCHM			0.893 **	-0.609 **
TAHM				-0.198

EPC 38122:

% Germ.	0.730**	0.454**	0.554 **	0.010
No. tallos 5 meses		0.531 **	0.475 **	-0.261
TCHM			0.764 **	-0.597 **
TAHM				0.045

ICA 6911:

% Germ.	0.057	0.538**	0.665**	0.238
No. tallos 5 meses		0.298	0.174	-0.120
TCHM			0.750**	-0.266
TAHM				0.429 **

PR 61632:

% Germ.	0.43 **	0.581 **	0.467 **	-0.311
No. tallos 5 meses		0.498 **	0.314 *	-0.366*
TCHM			0.807 **	-0.574 **
TAHM				0.023

* *Significativo al 5%* ** *Significativo al 1%*

CONCLUSIONES

De la evaluación en plantilla de 5 variedades comunes en 8 sitios del área cañera del Valle del Cauca, se puede concluir:

En producción de caña la mejor variedad es la PR 61632. Esta supera en un 6.5% a la CP 57603, la cual es la variedad más difundida actualmente en el Valle del Cauca. En relación a producción de azúcar la CP 57603 se mantiene en un 9% superior a la PR 61632 pero ésta es superior a la POJ 2878 la cual es la segunda variedad después de la CP 57603.

El análisis de estabilidad de las variedades a través de los diferentes sitios revela que la variedad PR 61632 es más estable que la CP 57603 para los caracteres de TCHM y TAHM y mejor que la POJ 2878. Esto quiere decir que la PR 61632 es menos sensible a los cambios de ambiente, manteniéndose con producciones superiores a la CP 57603 aún en ambientes pobres.

Los datos de producción y estabilidad obtenidos con la variedad PR 61632 además de su resistencia al carbón, la presentan como variedad con potencial de ser alternativa a la CP 57603 en los actuales momentos en que el carbón se constituye en amenaza de la industria azucarera.

Las correlaciones de tonelaje de caña y % de azúcar en relación al tonelaje de azúcar indican que el peso en caña es el que más contribuye en la variación de producción de azúcar y por lo tanto ofrece mayor oportunidad de selección.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABOU-EL-FITTOUH; RAWLING, J.O.; MILLER, P.A. Genotype by environment interactions in cotton - Their nature and related environmental variables. Crop Sci. v. 9. p. 377-381. 1969

2. ARCENAUX, G.; and HEBERT, L.P. A statistical analysis of varietal yields of sugarcane obtained over a period of years. Agron. Journal. v. 35 p. 148-160. 1943.

3. BILBRO, J., and RAY, L. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. Crop. Sci. v. 16 p. 321-324. 1976.

4. BOND, R.S. Evaluating a new variety (N 11) in seedcane increase plots by means of a sample harvest method. S. Afr. Sugar J. v. 63 p. 481-483. 1979.

5. BREESE, E.L. The measurement and significance of genotype environment interactions in grasses. Heredity v. 24 p. 27-44. 1969.

6. BRENAM, P.S., and BYTH, D.E. Genotype - environmental interactions for wheat yields and selection for widely adapted wheat genotypes. Aust. J. Agric. Res., v. 30 p. 221-232. 1979.

7. CENICAÑA. Informe Anual. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cali. Colombia. 1983.

8. COCHRAN, W.G.; COX, G.M. Diseños experimentales, Segunda reimpresión en español. Ed. Trillas, México. 1973.

9. COMSTOCK, R.E.; MOLL, R.H. Genotype - environment interactions. p. 104-196. *In* W.D. Hanson and H.F. Robinson (ed.) Statistical genetics and plant breeding. NAS - NRC Pub. 982. 1963.

10. EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. v. 6 p. 36-40. 1966.

11. ESPINOSA, R.; GALVES, G. Estudio de la interacción genotipo-ambiente en caña de azúcar. III Interacción de los genotipos con fechas de plantación y ciclos de cosecha. Cultivos Tropicales v. 2 p. 87-99. 1980.

12. FARIS, M.A.; DE ARAUJO, M.R.A.; LIRA M., de A. Yield stability of forage sorghum in Northeastern Brazil. Crop. Sci. v. 21 p. 132-134. 1981.

13. FREEMAN, F.H. Statistical Methods for the analysis of genotype environment interactions. Heredity v. 31 p. 339-354. 1973.

14. FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. Jour. Agric. Res. v. 14 p. 742-754 1963.

15. GEORGE, E.F. A further study of Saccarum progenies in contrasting environments. *En:* International Society Sugarcane Technologist. 11. 1963 Proceedings. p. 488-497.

16. HOGARTH, D.M.; WU, K.K.; HEINZ, D.J. Estimating genetic variance in sugarcane using a factorial cross desing. Crop. Sci. v. 21 p. 21-25. 1981.

17. KANG, M.S.; MILLER, J.D. Genotype a environment interactions for cane and sugar yield and their implications in sugarcane breeding. Crop. Sci. v. 24 p. 435-440 1984.

18. MARIOTTI, J.A. The effect of the environment in the effectiveness of clonal selection in sugarcane. *En* International Society Sugarcane Technologist; 15, South Africa. 1974. Proceedings, South Africa. ISSCT 1974? p. 89-95.

19. POLLOCK, J.S. Selection consequences of differential performance of standard clones across environments. 1975. Sugarcane Breed. Newsl., Int. Soc. Sugar Cane Technol. v. 35 p. 36-38. 1975.

20. RUSHEL, R. Phenotypic stability of some sugarcane varieties *(Saccharum spp.)* in Brazil. *En* International Society Sugarcane Technologist. 16, Brasil. Proceedings. Brasil, ISSCT 1977? p. 275-281.

21. SKINNER, J.C. Selection in sugarcane: a review. *En.* International Society Sugarcane Technologist, 14. 1971. Proceedings. p. 149-162.

22. SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Statistical methods. Sixth ed. Iowa State Univ. Press, Ames. 1967.

23. TAI, P.Y.P.; RICE, E.R.; CHEW, V.; MILLER, J.D. Phenotypic stability analyses of sugarcane cultivar performance tests. Crop. Sci.v. 22 p. 1.179-1.184. 1982.

24. YATES, F.; COCHRAN, W.G. The analysis of grups of experiments. J. Agr. Sci. v. 28 p. 556-580. 1938.