

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICO-ESTADÍSTICOS EN CARACTERES RELACIONADOS CON EL CONTENIDO AZUCARERO Y LA MADURACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN ORIENTAL DE CUBA

R. Cruz✉, Libia Fonseca y R. Ortiz

ABSTRACT. The results of a study are presented in this work, which was carried out in the Provincial Sugarcane Research Station of Holguín, with the objective of estimating the heritability of some characters related to sugar content and maturation of this crop, as well as to know the general combining ability of the parents used in a North Carolina II or factorial backcrossing design. The study was made in the clonal lot 2 of the selection outline, in which field refractometric brix, laboratory brix, index of maturity, pol % cane, sucrose and purity were evaluated at the beginning and end of harvest (January and April, respectively). Analysis of univariate variance, HGG calculation, h^2 -o-p estimate and multivariate analysis (ACP and AFD) were performed. Important differences were recorded in the behavior of offsprings when comparing the results of samplings made at the beginning and end of harvests; in the former one, there was a higher variability and heritability estimates were higher; therefore, the evaluation and selection are recommended in that moment. The effect of female parents was more important, so that it should be kept in mind in parent choice. Regarding HCG, C1616-75 and CP52-43 were notable as female parents whereas Ja60-5, C334-64 and My54129 as male parents.

Key words: heritability, progeny, genetic variation, sugarcane, genetic parameters

RESUMEN. En este trabajo se presentan los resultados de un estudio realizado en la Estación Provincial de Investigación de la Caña de Azúcar de Holguín, con el objetivo de estimar la heredabilidad de algunos caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración de la caña de azúcar, así como conocer la habilidad combinatoria general (HCG) de los progenitores empleados en un diseño de cruzamiento Carolina del Norte II o factorial. El estudio se efectuó en la etapa de lote clonal 2 del esquema de selección, en la cual se evaluaron el brix refractométrico de campo, brix de laboratorio, índice de madurez, porcentaje de pol en caña, sacarosa y pureza, a inicios y finales de zafra (enero y abril, respectivamente). Se efectuaron análisis de varianzas univariados, cálculo de la HCG, estimación de la h^2 -o-p y análisis multivariados (ACP y AFD). Se encontraron diferencias importantes en el comportamiento de las progenies al comparar los resultados de los muestreos efectuados a inicios y finales de zafra; en el primero hubo mayor variabilidad y los estimados de heredabilidad fueron más altos, por lo que se recomienda efectuar la evaluación y selección en dicho momento. El efecto debido a los progenitores femeninos resultó más importante, aspecto que debe tenerse en cuenta en la elección de los progenitores. Por su HCG, se destacaron como femeninos C1616-75 y CP52-43 y como masculinos Ja60-5, C334-64 y My54129.

Palabras clave: heredabilidad, progenie, variación genética, caña de azúcar, parámetros genéticos

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones relacionadas con la caña de azúcar contemplan el desarrollo de experimentos, para estimar la contribución genética a la expresión fenotípica, así como la magnitud de los diferentes efectos que determinan dicha expresión en los caracteres de mayor importancia económica, orientando la selección de proge-

nitores, realización de cruzamientos más efectivos y aplicación de criterios dirigidos a obtener respuesta y avances en el mejoramiento del rendimiento agrícola, el contenido azucarero, la resistencia a enfermedades, etc. Un aspecto importante es poder contar con variedades de elevado contenido azucarero y posibilidades de cosecha a inicios de zafra; esto posibilita beneficios económicos adicionales por mayor recuperación de azúcar, utilización más eficiente de los medios de cosecha, transporte y molienda, y la posibilidad de alargar el período de zafra en condiciones favorables (1).

La recomendación de variedades enfrenta el reto de tener que producir variedades para objetivos diversos, por lo que es necesario orientar adecuadamente el trabajo de mejoramiento (2). Para ello se requiere disponer de abun-

Dr.C. R Cruz, Investigador Auxiliar del Programa de Fitomejoramiento EPICA Holguín, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA); Ms.C. Libia Fonseca, Investigador Agregado, GESA, Granma y Dr.C. R. Ortiz, Investigador Titular del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP32700, Cuba.

✉ epica@epica.hl.minaz.cu

dante información genética y sobre el ambiente; en este contexto se enmarcan los estudios realizados en Cuba sobre habilidad combinatoria de progenitores de caña de azúcar para diferentes caracteres (3, 4). Este trabajo se concibió con el objetivo de conocer la habilidad combinatoria general de un grupo de progenitores para caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración, y estimar la heredabilidad de estos, como vía para conocer algunos aspectos relacionados con su herencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín, sobre un suelo Oscuro Plástico gleyoso gris. Para cumplir los objetivos propuestos, se utilizaron las familias de clones provenientes de un diseño de cruzamiento factorial o Carolina del Norte II (5), en el que participaron nueve progenitores, de ellos cuatro como femeninos (C1616-75, CP52-43, Co281 y Pomex72) y cinco como masculinos (Ja60-5, POJ2878, Co421, C334-64 y My54129). El estudio se desarrolló en la etapa de lote clonal en el ciclo de primavera del año, durante las cepas de caña planta y primer retoño. Las familias de clones se distribuyeron en el campo según un diseño de bloque al azar y dos réplicas, con 60 clones por familia (30 en cada réplica), incluyéndose, además, los progenitores con igual cantidad de planto-

nes. La plantación y conducción de los experimentos se realizó según las normas vigentes (6).

Se evaluaron caracteres relacionados con el comportamiento industrial (brix refractométrico de campo, brix de laboratorio, índice de madurez, porcentaje de pol en caña, sacarosa y pureza), en enero y abril respectivamente. Los ANOVA y cálculos de la habilidad combinatoria general de los progenitores (HCG) se realizaron según procedimientos establecidos (7). Se efectuaron los análisis de componentes principales (ACP), sobre la base de la matriz de correlaciones de los valores promedio de las dos réplicas y, luego, el análisis factorial discriminante (AFD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas I y II se presentan los resultados de los análisis de varianza realizados con los valores promedio de las familias en cada réplica para cada variable, correspondientes al primer y segundo muestreos.

El análisis de dichas tablas indica que hubo diferencias importantes entre los resultados del primer y segundo muestreos, pues los niveles de significación de las fuentes de variación en el segundo fueron generalmente menores para los cruces y progenitores (masculinos y femeninos); tales resultados sugieren que las variaciones determinadas por dichas causas fueron más importantes en el primer muestreo, es decir, en el inicio de la maduración, lo que corrobora otros resultados (8).

Tabla I. Resultados de los análisis de varianza relacionados con el contenido azucarero y la maduración. Primer muestreo. Caña planta

FV	GL	Brix campo		Brix corregido		Índice de madurez		Pol		Sacarosa		Pureza	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Total	39												
Réplicas	1	4.027	***	0.041	NS	0.014	***	0.049	NS	0.080	NS	0.029	NS
Cruces	19	2.008	***	1.412	***	0.002	*	1.449	***	1.896	***	6.593	**
Masc. (A)	4	1.908	**	2.243	***	0.001	NS	1.601	**	2.134	**	2.185	*
Fem. (B)	3	8.636	***	4.698	***	0.009	***	5.380	***	6.901	***	21.770	***
A x B	12	0.385	NS	0.313	NS	0.001	NS	0.417	NS	0.566	NS	4.302	NS
Error	19	0.287	-	0.171	-	0.001	-	0.219	-	0.586	-	2.794	-
Media General		20.89		18.00		0.82		13.29		15.20		84.37	
Coef. Variac. (%)		2.56		2.29		3.93		3.52		3.51		1.98	
Error Stand. Tratm.		0.37		0.29		0.02		0.33		0.37		1.18	

Tabla II. Resultados de los análisis de varianza relacionados con el contenido azucarero y la maduración. Segundo muestreo. Caña planta

FV	GL	Brix campo		Brix corregido		Índice de madurez		Pol		Sacarosa		Pureza	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Total	39												
Réplicas	1	2.162	**	0.039	NS	0.010	**	0.124	NS	0.018	NS	13.595	NS
Cruces	19	1.234	***	0.777	*	0.000	NS	0.898	*	1.372	*	6.398	NS
Masc. (A)	4	1.417	NS	0.900	NS	0.001	*	1.382	NS	2.005	NS	10.585	NS
Fem. (B)	3	2.494	+	1.580	+	0.001	+	1.013	NS	1.422	NS	3.433	NS
A x B	12	0.859	**	0.536	NS	0.000	NS	0.708	+	1.149	+	5.744	NS
Error	19	0.186	-	0.329	-	0.001	-	0.326	-	0.597	-	7.718	-
Media General		20.52		23.02		0.87		15.99		18.15		88.40	
Coef. Variac. (%)		2.79		1.89		3.42		3.59		4.26		3.14	
Error Stand. Tratm.		0.28		0.21		0.01		0.28		0.38		1.38	

* Significativa para $p \leq 0.05$
 ** Significativa para $p \leq 0.01$
 *** Significativa para $p \leq 0.001$

Sig- Significación
 gl- Grados de libertad
 CM- Cuadrado medio

Teniendo en cuenta que los objetivos básicos de nuestro trabajo están relacionados con el contenido azucarero a inicios de zafra, seguidamente discutiremos más detalladamente los resultados de los análisis de varianza correspondientes al primer muestreo (Tabla I); en la tabla podemos observar que el efecto debido a los cruces resultó significativo ($p \leq 0.05$ - $p \leq 0.001$), de manera que la variabilidad existente en dicha población compuesta por progenies diferentes puede ser explotada en beneficio de la selección. Sobre este aspecto, se informa escasa variabilidad en poblaciones clonales para caracteres agroazucareros, recomendándose el uso de nuevos progenitores y combinaciones así como el empleo de la selección recurrente de amplia base genética (9).

Los efectos de los progenitores, tanto masculinos como femeninos, resultaron significativos para $p \leq 0.01$ - $p \leq 0.001$, excepto para el índice de madurez y la pureza; en general, el nivel de significación de los progenitores femeninos resultó más alto. Por otra parte, la interacción no resultó significativa en ningún carácter, lo que unido a los resultados expuestos anteriormente, nos conduce a plantear que para estos caracteres, la varianza genética aditiva resulta más importante, coincidiendo con otros resultados expuestos (2, 8) y, como consecuencia de ello, la selección de los progenitores puede resultar de especial importancia para desarrollar un programa de mejora genética del contenido azucarero, especialmente a inicios de zafra, de manera que conociendo el comportamiento de las variedades a utilizar, las pruebas de progenies tendrían una importancia secundaria.

A partir de los resultados del ANOVA de cada variable, se efectuaron los análisis de habilidad combinatoria general de los progenitores que se presentan en la Tabla III, en la que se observa que C1616-75 y CP 52-43 empleados como femeninos, se destacaron por su HCG para todos los caracteres; a su vez, entre los masculinos, los que más se destacaron fueron Ja60-5, C334-64 y My54129; no obstante, C334-64 alcanzó valores negativos, aunque bajos en la pureza del jugo.

Es importante destacar que algunos progenitores, a juzgar por su HCG, tienen un comportamiento diferencial

respecto al contenido azucarero (brix, pol, pureza) y la maduración, determinada por el índice de madurez, tal es el caso de POMEX 72.

Teniendo en cuenta los resultados encontrados en nuestro estudio, resulta necesario adoptar una estrategia que posibilite explotar eficientemente la aditividad de los caracteres relacionados con el alto contenido azucarero a inicios de zafra, a partir de las potencialidades de la colección de germoplasma y de la ampliación de esas potencialidades a través del empleo de técnicas biotecnológicas aplicadas a la caña de azúcar (10, 11).

Sobre la base de los resultados expuestos, consideramos que una vía práctica para obtener avances a corto plazo, es instrumentar un programa de selección recurrente y utilizar en forma extensiva el sistema de policruzamientos con la participación de progenitores de comprobada HCG para los caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración.

Los resultados del análisis de regresión valor medio progenitor-descendiente en los dos muestreos realizados en la cepa de caña planta se presentan en la Tabla IV, los que ofrecen un estimado directo y menos sesgado de una importante propiedad poblacional: la heredabilidad. Puede observarse que, en todos de los casos, los valores resultaron superiores en el primer muestreo, lo que sugiere que en la búsqueda de individuos con alto contenido azucarero y madurez temprana, es importante efectuar la evaluación y selección en el período inicial de la zafra, pues al final de ella la variabilidad genética dentro de la población es menor y, por tanto, es más difícil detectar en ese momento los individuos más idóneos para iniciarla; los resultados expuestos confirman la importancia de disponer de una caracterización integral de los progenitores y efectuar una correcta selección de los que se van a incluir en los programas de mejoramiento, partiendo de la expresión de los caracteres objeto de estudio, pues los altos valores de h^2 o p evidencian un mayor peso relativo del efecto genético aditivo, el cual en la práctica se puede explotar mediante el empleo de progenitores de alta HCG.

Tabla III. Valores de HCG de los progenitores. Caña planta. Primer Muestreo

Progenitores	Valores de HCG					
	Brix campo	Brix corregido	Índice de madurez	Pol	Sacarosa	Pureza
Femeninos						
C1616-75	1.007	0.626	0.019	0.761	0.864	1.865
CP52-43	0.527	0.560	0.026	0.492	0.555	0.485
Co281	-0.522	-0.562	-0.004	-0.564	-0.647	-0.995
Pomex72	-1.012	-0.623	0.041	-0.689	-0.771	-1.335
Masculinos						
Ja60-5	0.269	0.136	N.S	0.198	0.218	0.487
POJ2878	-0.217	-0.245	N.S	-0.219	-0.253	-0.275
Co421	-0.742	-0.796	N.S	-0.680	-0.784	-0.662
C334-64	0.195	0.470	N.S	0.301	0.368	-0.087
My54129	0.495	0.434	N.S	0.399	0.451	0.537

Tabla IV. Valores de heredabilidad (h^2 o-p) para los caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración

Caracteres	Valores de h^2 o-p	
	Primer muestreo	Segundo muestreo
Índice de madurez	0.95	0.75
Porcentaje de pol en caña	0.78	0.46
Brix de campo	0.74	0.61
Brix corregido	0.70	0.58
Sacarosa aparente	0.67	0.48
Pureza	0.83	0.60

En la Figura 1 se presentan los resultados del ACP para el primer muestreo; se observa que las dos primeras componentes resultaron suficientes para explicar la variabilidad existente, pues extrajeron más del 70 %. Todas las variables excepto el brix de campo fueron importantes en la primera componente.

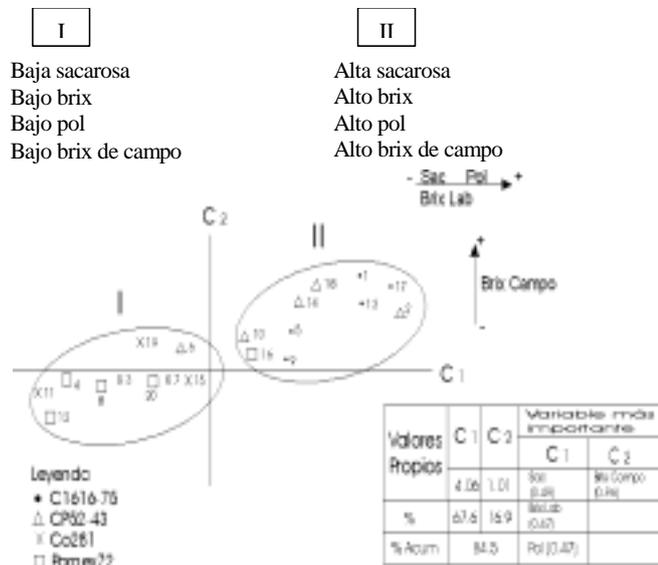


Figura 1. Representación gráfica de la primera y segunda componentes del ACP con las variables del contenido azucarero y la maduración. Primer muestreo. Caña planta

Al analizar la representación gráfica de la primera y segunda componentes, se observa que se forman dos grupos diferenciados; en el primero se ubican las familias provenientes de los progenitores Co281 y Pomex72 y en el segundo las familias provenientes de los progenitores C1616-75 y CP52-43.

Las familias del grupo I se caracterizan por presentar valores más bajos en los caracteres estudiados y las familias del grupo II por presentar valores mayores, en correspondencia con el comportamiento de los respectivos progenitores femeninos que intervinieron en las combinaciones que les dieron origen a las familias; tales resultados corroboran los expuestos en la discusión de los ANOVA respecto a la alta aditividad de la herencia de estos caracteres y especialmente el efecto de los proge-

nitores femeninos y, como consecuencia de ello, la factibilidad de explotar la alta HCG mostrada por algunos progenitores. Sin dudas, tal comportamiento puede resultar de gran utilidad para instrumentar un programa de selección para alto contenido azucarero y maduración temprana.

Los AFD (Figura 2) confirmaron los agrupamientos mencionados en el primer muestreo, mostrando que el 90 % de las familias están bien clasificadas.

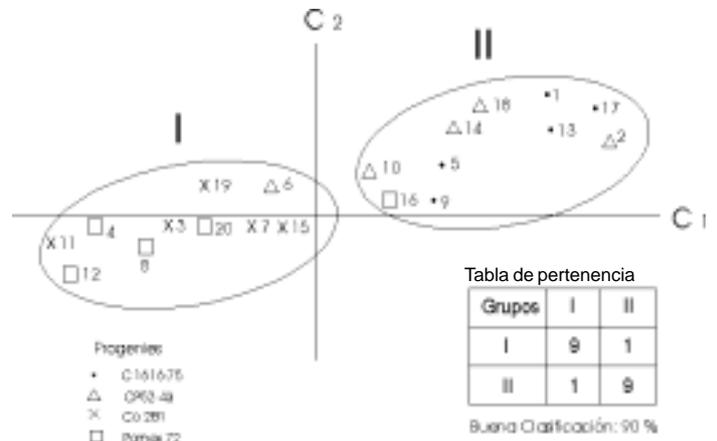


Figura 2. Representación gráfica de la primera y segunda componentes del AFD con las variables del contenido azucarero y la maduración. Primer muestreo. Caña planta

REFERENCIAS

1. Cuéllar, I.; León, M. de; Gómez, A.; Piñón, D.; Villegas, R. y Santana, I. Caña de azúcar. Paradigma de sostenibilidad. *Publicica*, 2003, 175 p.
2. Cruz, R. Evaluación de progenitores de caña de azúcar (*Saccharum* spp) a partir de la caracterización de sus progenies en las etapas iniciales de selección. [Tesis de grado]; INCA, 1994.
3. Ortiz, R.; Cruz, R.; Caballero, A. y Álvarez, M. Evaluación de progenitores de caña de azúcar para los programas de resistencia a la roya (*Puccinia melanocephala*) en las provincias orientales. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no. 1, p. 90-93.
4. Cruz, R.; Ortiz, R. ; Álvarez, M. y Caballero, A. Evaluación de progenitores de caña de azúcar (*Saccharum* spp) del programa de mejoramiento genético con fines comerciales de la provincias orientales de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 2, p. 70-73.
5. Hogarth, D. M. Genetics of sugarcane. En: Sugarcane improvement through breeding. Heinz D. J. (ed). Elsevier, Amsterdam, 1987, p 255-271.
6. Jorge, H.; González, R.; Casas, M. A. y Jorge, I. Normas y procedimientos del programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba. *Cuba & Caña*, 2002, p. 315.
7. Simmonds, V. W. Genetic aspects: populations and selection. En: Principles of crop improvement. Longmans, 1979, p. 110-116.

8. González, R. M.; Tomeu, Á.; Jorge, H.; Santana, O. y Vega, A. La producción de variedades de caña da azúcar para el presente milenio. En: Contribución al conocimiento y manejo de variedades de caña de azúcar. La Habana. 2001. 90 p.
9. Milanés, N.; Balance, M. C.; Mesa, J.; Cruz, R. y Romero, P. Comportamiento de los principales caracteres objeto de selección en caña de azúcar (*Saccharum* spp). En: Congreso Nacional de Fitogenética. (18:2000:Irapuato), 2000. p. 167.
10. Coto, O. Caracterización e identificación molecular de clones del complejo *Saccharum* para la ampliación de la base genética del mejoramiento cañero en Cuba. [Tesis de grado]; Universidad Agraria de La Habana, 2001, 104 p.
11. Santana, I.; Arencibia, A.; Montes de Oca, J. L.; Coto, O.; Nodarse, O.; Cortegaza, L.; Pérez, A.; Jiménez, M. y Santana, O. Biotecnología. En: Programa de Fitomejoramiento. Impacto en la producción azucarera cubana. *Publicina*, 2003, 99 p.

Recibido: 27 de noviembre de 2003

Aceptado: 16 de noviembre de 2004

DIPLOMADOS

Precio: 2000 CUC

Métodos para contrarrestar el efecto nocivo de la salinización de los suelos

Coordinador: Dra.C. María C. González Cepero
Duración: 1 año

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 86-3773
Fax: (53) (64) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu