

**Estimación de parámetros genético-estadísticos en caracteres relacionados con la caña de azúcar.**

**Estimation of genetic-statistical parameters in characters related to sugar cane.**

**Autora:** M Sc. Libia de la Caridad Fonseca-Batista

**Organismo:** Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas, Bayamo, Granma, Cuba.

**E-mail:** [lfonseca@gesagr.azcuba.cu](mailto:lfonseca@gesagr.azcuba.cu)

**Resumen.**

Estudio realizado para estimar la heredabilidad de caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración de la caña de azúcar y conocer la habilidad combinatoria general de los progenitores empleados en un diseño de cruzamiento factorial o Carolina del Norte. Se ejecutó en la etapa de Lote Clonal2 del esquema de selección. Efectuándose análisis de varianza univariados. Encontrándose 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 a tener en cuenta en la elección de los progenitores. Por su habilidad combinatoria general de los progenitores, se destacaron como femeninos C1616-75 y Cp52-43 y masculinos Ja60-5, C334-64 y My54129.

**Palabras clave:** heredabilidad; variación genética; parámetros genéticos.

**Abstract.**

The results of a study are presented with the objective of estimating the heritability of some characters related to sugar content and maturation of sugar cane, as well as to know the general combining ability of the parents used in a factorial backcrossing design or North Carolina. The study was made in the Clonal Lot 2 of the selection outline. It was made a analysis of univariate variance. Important differences were recorded 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. For their general combine ability of the progenitors, C1616-75 y Cp52-43 were notable as female parents whereas Ja60-5, C334-64 and My54129 as male parents.

**Keywords:** heritability; genetic variation; genetic parameters.

## **Introducción.**

Uno de los obstáculos principales de la zafra es iniciar con alto rendimiento en la industria, porque muy pocas de las variedades comerciales de caña de azúcar presentan alto contenido azucarero durante el primer período de zafra. Se señala la necesidad de la elección de los progenitores en los programas de mejoramiento genético basados no solo en los caracteres azucareros deseables, sino también en la estabilidad fenotípica, habilidad combinatoria, densidad genética del rendimiento y sus componentes, señalando que el uso del concepto de Habilidad Combinatoria ayuda a la elección de los progenitores. La información sobre el tipo de herencia es de gran valor para los mejoradores de plantas cuando se planea un programa de mejoramiento, en este sentido, Cruz,2013, plantea que el tipo y grado relativo de acción genética son prerequisites para manipular caracteres heredables cuantitativamente en programas de mejoramiento sistemático; teniendo como objetivo estudiar integralmente en la región Oriental el comportamiento genético de los principales caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración complementado con el comportamiento agrícola y fitosanitario dirigido a la obtención de genotipos con alto contenido azucarero en etapas tempranas.

## **Desarrollo.**

### **Materiales y métodos**

Los estudios se realizaron en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de azúcar Provincia Holguín, sobre un suelo Oscuro Plástico gleysozo gris. Se utilizaron las familias de clones provenientes de un diseño de cruzamiento factorial o Carolina del Norte II (Hogart,1973) en el que participaron 9 progenitores; cuatro femeninos (C1616-75, CP52-43, Co281 y Pomex72) y cinco masculinos (Ja60-5, POJ2878, Co421, C334-64 y My54129). El estudio se realizó en etapa clonal en el ciclo de primavera del año en las cepas de caña planta y primer retoño plantado el 30 de abril de 1994; en bloque al azar con dos réplicas, con 60 clones por familias (30 por cada réplica), incluyéndose además los progenitores con igual cantidad de plantones. Los caracteres evaluados fueron brix refractométrico de campo, brix corregido, 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 efectuaron los análisis de componentes principales (ACP), sobre la base de la matriz de correlaciones de los valores promedios de las dos réplicas y luego el análisis factorial discriminante (AFD).

### **Resultados y Discusión**

En las tablas 1 y 2 se presentan los resultados de los análisis de varianza realizados con los valores promedios de las familias en cada réplica para cada variable, correspondiente al primer y segundo muestreo; indicando que hubo diferencias importantes en los muestreos realizados, pues los niveles de significación de las fuentes de variación en el segundo muestreo 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, en el inicio de la maduración, lo que corrobora otros resultados(Cruz, 2013 )

**Tabla 1.** Resultados de los análisis de varianza relacionados con el contenido azucarero y la maduración. Primer muestreo. caña planta.

FV	Brix de campo			Brix corregido		Índice de Madurez		Pol		sacarosa		Pureza	
	GL	CM	SI/G	CM	SI/G	CM	SI/G	CM	SI/G	CM	SI/G	CM	SI/G
<b>Total</b>	39												
<b>Réplicas</b>	1	4.027	***	0.041	NS	0.014	***	0.049	N	0.080	N	0.029	N
<b>Cruces</b>	19	2.008	***	1.412	***	0.002	*	1.449	***	1.896	***	6.593	**
<b>Masc(A)</b>	4	1.908	**	2.243	***	0.001	N	1.601	**	2.134	**	2.185	*
<b>Fem(B)</b>	3	8.636	***	4.698	***	0.009	***	5.380	***	6.901	***	21.770	***
<b>A x B</b>	12	0.385	N	0.313	NS	0.001	N	0.417	N	0.566	N	4.302	N
<b>Error</b>	19	0.287		0.171	-	0.001	-	0.219	-	0.586	-	2.794	-
<b>M. general</b>	20.89			18.00		0.82		13.29		15.20		84.37	
<b>C.variac(%)</b>	2.56			2.29		3.93		3.52		3.51		1.98	
<b>ErrorS Trat.</b>	0.37			0.29		0.02		0.33		0.37		1.18	

**Tabla 2.** Resultados de los análisis de varianza relacionados con el contenido azucarero y la maduración. Segundo muestreo .caña planta.

FV	Brix de campo			Brix corregido		Índice de Madurez		Pol		sacarosa		Pureza	
	GL	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
<b>Total</b>	39												
<b>réplicas</b>	1	2.162	**	0.039	NS	0.010	**	0.124	NS	0.018	NS	13.595	NS
<b>cruces</b>	19	1.234	***	0.777	*	0.000	NS	0.898	*	1.372	*	6.398	NS
<b>Masc(A)</b>	4	1.417	NS	0.900	NS	0.001	*	1.382	NS	2.005	NS	10.585	NS
<b>Fem(B)</b>	3	2.494	+	1.580	+	0.001	+	1.013	NS	1.422	NS	3.433	NS
<b>A x B</b>	12	0.859	**	0.536	**	0.000	NS	0.708	+	1.149	+	5.744	NS
<b>Error</b>	19	0.186	-	0.329	-	0.001	-	0.326	-	0.587	-	7.718	-
<b>M. General</b>	20.52			23.02		0.87		15.99		18.15		88.40	
<b>C.Variac(%)</b>	2.79			1.89		3.42		3.59		4.26		3.14	
<b>Error S Trat.</b>	0.28			0.21		0.01		0.28		0.38		1.38	

\* Significativa para  $p \leq 0.05$

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

Sig- Significación

gl - grados de Libertad

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

**CM- cuadrado medio**

En la tabla 1 se muestra que el efecto debido a los cruces resultó significativo ( $p \leq 0.05$ -  $p \leq 0.01$ ), 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 (Castillo, 2010).

Los efectos de los progenitores, tanto masculinos como femeninos, resultaron significativos para  $p \leq 0.01$ , 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, conduce a plantear que para estos caracteres, la varianza genética aditiva resulta más importante 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, pues conociendo el comportamiento de las variedades a utilizar, las pruebas de progenies tendrían una importancia secundaria.

A partir de los resultados de los ANOVA de cada variable, se efectuaron los análisis de habilidad combinatoria general de los progenitores que se presentan en la tabla 3, en la que se tiene que la C1616-75 y CP 52-43 empleados como femeninos, se destacaron por su HCG para todos los caracteres y 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 la Pomex 72.

**Tabla 3: Valores de HCG. CP .primer Muestreo.**

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

Tendiendo en cuenta los resultados encontrados en el 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 estas.

Sobre la base de los resultados expuestos, se considera una vía práctica para obtener avances a corto plazo e instrumentar un programa de selección recurrente y utilizar de 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.( J.R.b.F.2010).

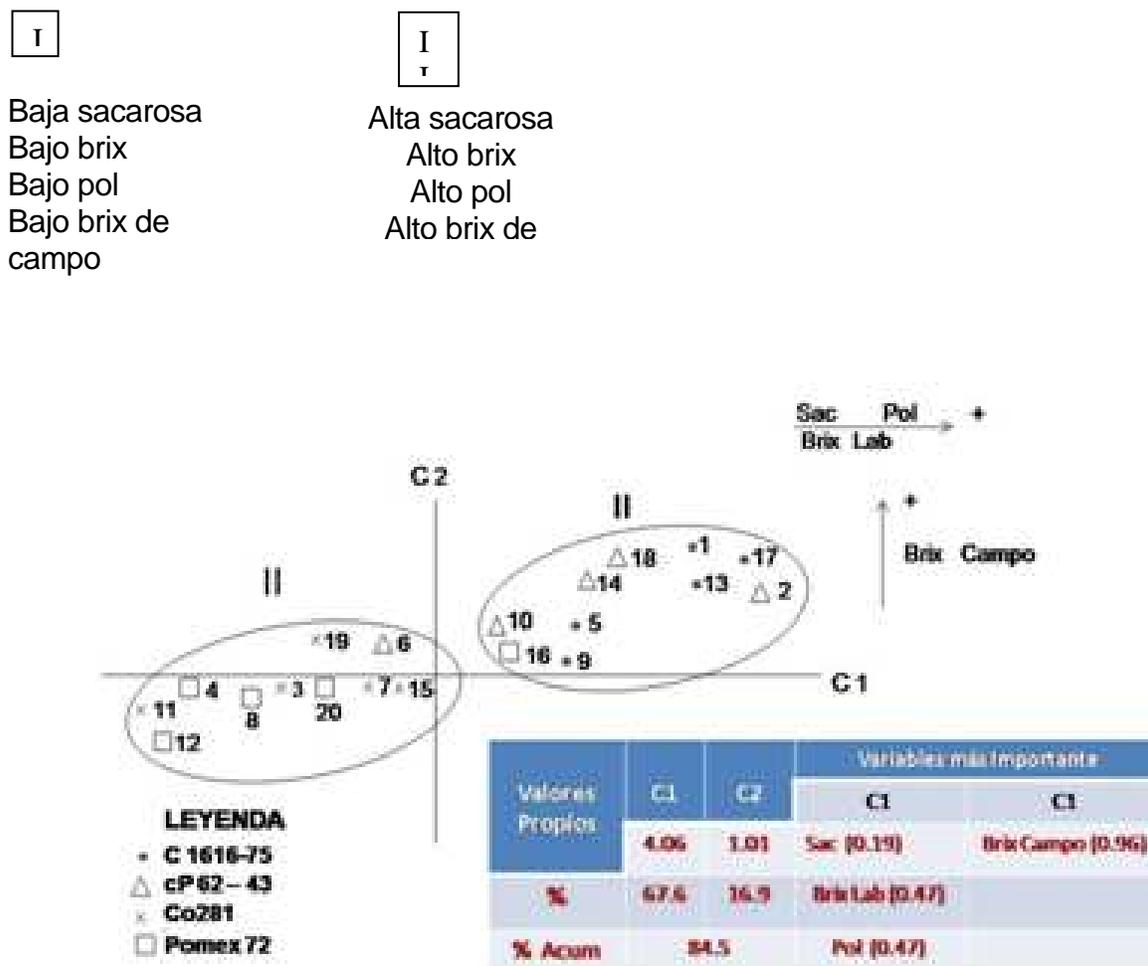
Los resultados del análisis de regresión valor medio progenitor-descendiente en los dos muestreos realizados en la cepa de caña planta se presentan en la tabla 4, los que ofrecen un estimado directo y menos sesgado de una importante propiedad poblacional; la heredabilidad .

**Tabla 4. Valores de heredabilidad ( $h^2_{o-p}$ ) para los caracteres relacionados con el contenido azucarero y la maduración.**

Caracteres	Valores $h^2_{(o-p)}$	
	Primer muestreo (inicios de zafra)	Segundo muestreo (final de zafra)
<b>Brix de campo</b>	<b>0.74</b>	<b>0.61</b>
<b>Brix corregido</b>	<b>0.70</b>	<b>0.58</b>
<b>Índice de madurez</b>	<b>0.95</b>	<b>0.75</b>
<b>Sacarosa aparente</b>	<b>0.67</b>	<b>0.48</b>
<b>Pureza</b>	<b>0.83</b>	<b>0.60</b>

Puede observarse que, en todos 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 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 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, los 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.

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.

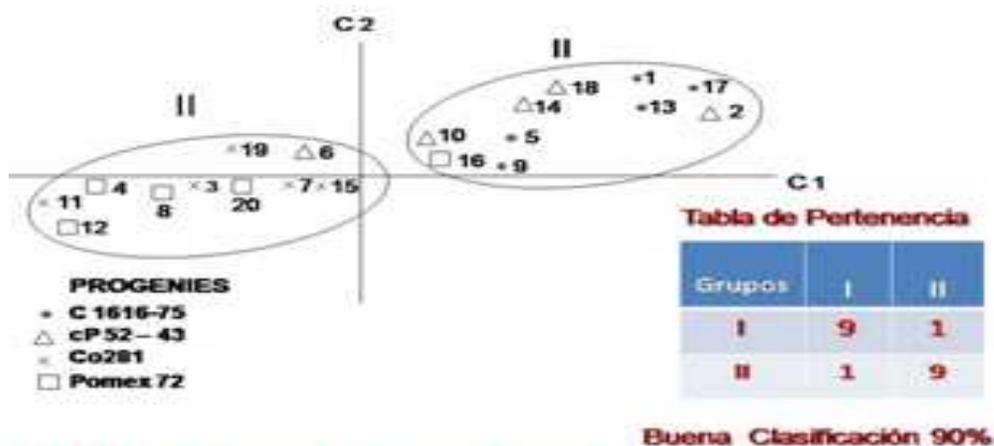


**Fig. 1** representación gráfica de la primera y segunda componente del ACP en las variables del contenido azucarero y la maduración. Primer muestreo de café planta.

Al analizar la representación gráfica de la primera y segunda componentes, se observa que se forman dos grupos bien diferenciados en el primero, se ubican las familias provenientes de los progenitores Co281 y Pomex 72 y en el segundo las familias provenientes de los progenitores C1616-75 y CP5243.

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 progenitores femeninos y 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 (figura2) confirmaron los agrupamientos mencionados en el primer muestreo, mostrando que el 90% de las familias están bien clasificadas.



**Fig 2** Resultados del análisis factorial discriminante en variedades del contenido azucarero

### Conclusiones.

- Existen diferencias importantes en el comportamiento de los progenitores y las progenies estudiadas relacionadas con el contenido azucarero y la madurez, en los muestreos efectuados a inicio y final del período de maduración, existiendo mayor variabilidad en el primero.
- El efecto debido a los progenitores femeninos resultó más importante a juzgar por los valores de los componentes de varianza, constituyendo un indicador de la existencia de efectos maternos en la herencia de los caracteres evaluados.
- Los estimados de heredabilidad sobre la base de las familias para los caracteres estudiados resultaron superiores al inicio de la maduración, lo que indica la conveniencia de efectuar la selección en ese momento.

- Por su HCG para los caracteres del contenido azucarero y la madurez se destacaron como femeninos los progenitores C1616-75 y CP52-43 y como masculinos Ja60-5; C334-64 y My54129.
- En el análisis de componentes principales (ACP) del primer muestreo para contenido azucarero y madurez temprana se forman grupos bien diferenciados determinados por el comportamiento de los progenitores femeninos, el que fue confirmado por los análisis factoriales discriminantes (AFD, demostrando una mayor variabilidad genética en el período inicial de la maduración.

### **Bibliografía.**

- Castillo, R., Berding, Jackson, Jackson, N., Kennedy, T. L. (2010). Oportunities and challenges for sugarcane breeding: a summary of the 9<sup>th</sup> ISSCT Breeding and Germoplasm Workshop, Cruz, S. R. (2013). Resultados del programa de Fitomejoramiento en la Estación provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Memorias de la VI Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín.
- Hogarth, D. (1987). MGenetic of sugarcane, *Sugarcane improvement through breeding*, Heinz D. J. Elsevier. Amsterdam, 255-271.
- M. S., Rosa, Carneiro, H. P. (2010). Hoffmann and E.G.D.Santos .Repeatibility estimates in early maturing sugarcane genotypes *Proc.Int. Soc.Sugar Cane Technol.*, 27.

**Fecha de recibido: 16 ene. 2015**  
**Fecha de aprobado: 11 mar. 2015**