

AVANCES DEL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

ADVANCES OF THE BREEDING PROGRAM OF SUGARCANE IN CUBA

José María Mesa López, Héctor García, Víctor Caraballosa y Reinaldo Rodríguez

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera. CUJAE Km1½, Boyeros CP 19390, La Habana, Cuba. Correo electrónico: jose.mesa@inica.azcuba.cu.

Resumen

El siguiente trabajo se realiza como colofón a 55 años de mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba, para lo cual ha sido necesario el desarrollo progresivo de la capacitación del personal científico, la creación de infraestructuras y procedimientos metodológicos en la obtención de nuevas y mejores variedades. Una de las fortalezas de la mejora genética del cultivo en Cuba sin dudas es la formación de una base de genes que dé respuesta a los objetivos de mejora, compuesta por más de 3 257 individuos, así como su explotación, basa en el estrategias de hibridación bajo condiciones naturales a diferentes altitudes, con el estudio de la floración y su sincronización, aspecto inédito en el programa de mejora cubano y no reportado en otras partes del mundo. Se presentan de igual forma resultados del esquema de selección con la evaluación en una red de localidades que permiten la discriminación de los genotipos en ambientes. El establecimiento de las nuevas variedades en producción está sustentado en una cadena de semilla por categorías, que se apoya en el empleo de la biotecnología para la reproducción acelerada del material genético, apoyado por un sistema de diagnóstico ante las patologías que afectan al cultivo. Como fruto de este programa más de 85% de las variedades comerciales actuales son cubanas y el resto evaluadas y recomendadas por el programa, de tal forma que hoy se cuenta con un potencial de 189 individuos promisorios en etapas avanzadas del esquema de selección de los cuales 85 cuentan con tanta o más azúcar que los testigos ante los que fueron evaluados.

Palabras clave: mejora genética, caña de azúcar, variedades

Summary

The following work is carried out as colophon to 55 years Cuba sugarcane genetic improvement, for that which has been necessary the progressive development of the scientific personnel's training, the creation of infrastructures and methodological procedures in the obtaining of new and better varieties. One of the strengths of the genetic improvement of the cultivation in Cuba without doubts is the formation of a base of genes that gives answer to the objectives of improvement, composed for more than 3 257 individuals, as well as its exploitation, bases on the hybridization strategies under natural conditions to different altitudes, with the study of the floración and its synchronization, unpublished aspect in the Cuban program of improvement and not reported in other parts of the world. They are presented of equal it forms results of the selection outline with the evaluation in a net of towns that they allow the discrimination of the genotypes in atmospheres. The establishment of the new varieties in production is sustained in a seed chain by categories that leans on in the employment of the biotechnology for the quick reproduction of the genetic material, supported by a system of diagnostic before the pathologies that affect to the cultivation. As fruit of this program more than 85% of the current commercial varieties are Cuban and the evaluated rest and recommended by the program, in such a way that today is had a potential of 189 promissory individuals in advanced stages of the selection outline of which 85 have so much or more sugar that the witness before those that were evaluated.

Keywords: sugarcane, genetics improves, varieties

Introducción

La caña de azúcar se cultiva en más de 70 países y cubre una buena parte de las tierras de producción agrícola en el mundo. Las variedades modernas, obtenidas casi en su totalidad por los métodos del mejoramiento genético tradicional, han contribuido sustancialmente al aumento de los rendimientos (50-75%), por la mejora de su tolerancia a plagas y adaptación a las más disímiles condiciones. Son consideradas una tecnología muy sustentable, puesto que su principal recurso, radica en la inteligencia humana y la experiencia acumulada (Bernal *et al.* 1986).

Los estudios desarrollados en el mundo destacan el poco éxito de la selección de variedades cuando los ambientes de selección no se corresponden con los de destino, aspecto descrito magistralmente con la interacción genotipo ambiente por autores como (Hogarth, 1973 en Australia y Gálvez, 1978, López, 1986; Jorge, 1997 y Mesa, 1995; entre otros en Cuba, que refieren una dependencia de más del 60% de respuesta de los genotipos a los ambientes en el cultivo de la caña de azúcar. No obstante la introducción de individuos de diferentes orígenes geográficos, juega un importante papel en la formación del fondo de genes necesario para dar respuesta a las necesidades siempre crecientes de la producción comercial.

Transcurrido 55 años de intenso trabajo, se pretende en el presente trabajo hacer una valoración de los principales resultados obtenidos, identificar las principales deficiencias y hacia donde debe orientarse el trabajo a mediano y largo plazo, para dar continuidad al incremento de la eficiencia del programa.

Materiales y Métodos

Se analizó evolución de los recursos genéticos en el periodo 1964-2019, respecto al origen genético y geográfico, así como los resultados del establecimiento de sendas líneas de mejora para la resistencia múltiple a plagas y el contenido azucarero. Se valoran los resultados de la conservación y explotación de las accesiones presentes en el germoplasma, sobre la base de la definición una colección núcleo.

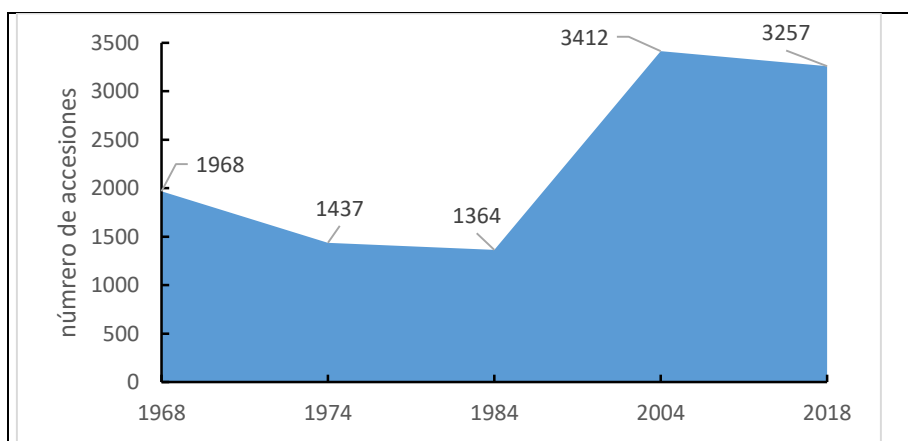
Se elaboró y validó una estrategia que permitiera aprovechar los recursos genéticos a través de la hibridación, a partir del aprovechamiento de condiciones naturales para la inducción de la floración y sustentada en los elementos siguientes: clasificación de los progenitores por su floración; definición de las etapas críticas para la inducción, con vista a la predicción de la floración y zonificación agroecológica para la definición de los ambientes con tales fines, todos estos aspectos sustentados en el estudio de parámetros genético-estadísticos en los estadios iniciales de selección, acorde a las demandas de los productores cañeros, que permitieron definir los esquemas a seguir en cuanto a etapas, momentos de evaluación, proporciones a tomar y desechar acorde a los criterios de selección.

Fueron definidos además la red de ambientes de prueba, incluidos aquellos para zonas con restricciones por salinidad y déficit o exceso de humedad.

Se evaluó a su vez las potencialidades del programa de mejora cubano en el perfeccionamiento de la cadena de semilla certificada de caña de azúcar, así como los resultados obtenidos en la obtención de variedades para la producción de energía y para el alimento animal.

Resultados y Discusión

A partir de la fundación del INICA se comienzan a recopilar y ordenar los Recursos Genéticos presentes en el país, que habían dejado las compañías norteamericanas. En 1968 se disponía de la primera colección de germoplasma con 1 968 accesiones (Figura 1), con presencia de cuatro de las seis especies de *Saccharum*, con predominio de *S. officinarum* (8%). Este material genético fue suficiente para, proyectar las líneas de mejora con el objetivo de incorporar resistencia a plagas e incrementar el contenido azucarero, cuyos resultados contribuirían también a su ampliación.



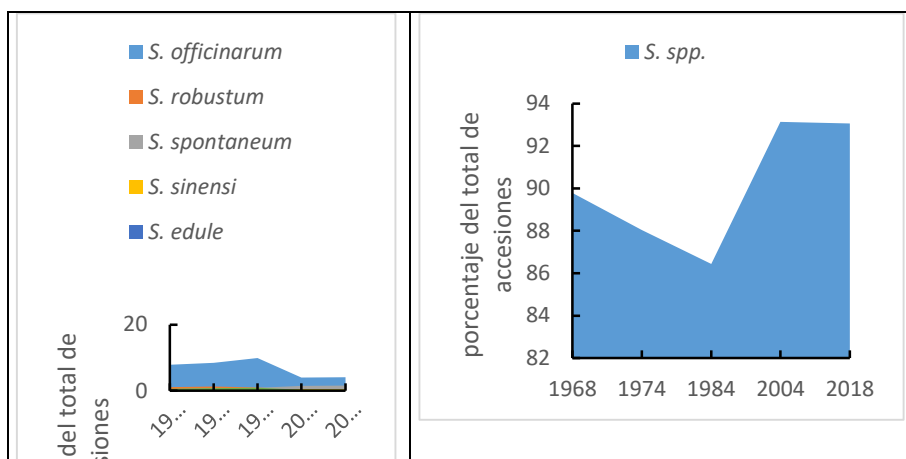


Figura 1, Evolución de los recursos genéticos de la caña de azúcar en Cuba en el periodo 1968-2018

Se proyecta mantener el número de accesiones en la colección base en el entorno actual (3 000 - 3 500). Ante las complejidades que suscita esa amplitud de la colección, en las acciones de organización, conservación y uso; se trabajó en el establecimiento de una colección núcleo, que trajera la mayor variabilidad posible a la vez que se minimizara las semejanzas entre una y otra accesión.

El estudio determinó en una primera aproximación que, 251 accesiones (8%) constituyeran la colección núcleo, donde están representados 22 países de los 31 presentes en la colección base, en proporciones muy similares (Tabla 1).

Tabla 1. Representatividad geográfica de la colección núcleo, respecto a la colección base

País	Porcentaje del total de accesiones	
	Colección Núcleo	Colección Base
Argentina	0,40	1,02
Australia	1,99	1,43
Brasil	1,20	1,74
Barbado	12,35	7,29
China	0,40	0,27
Islas Cook	-	0,07
Colombia	-	0,46
Costa Rica	0,40	0,15
Cuba	57,77	58,06
República Dominicana	1,20	0,31
Etiopía	0,40	0,02
Fiji	0,40	0,07
Guadalupe	-	0,19

Guyana	1,20	0,39
Indonesia	0,40	1,19
India	3,59	2,18
Jamaica	0,80	0,12
Japón	-	0,02
Laos	-	1,09
México	3,98	3,58
Mauricio	0,40	0,31
Nueva Zelanda	-	0,46
Perú	0,40	0,05
Filipina	0,40	0,15
Papua Nueva Guinea	-	1,60
Puerto Rico	1,99	1,21
Taiwan	-	0,58
Estados Unidos	8,37	9,35
Venezuela	-	0,15
VietNam	0,80	2,32
África del Sur	0,40	0,19
Total países	22	31

En los caracteres que mayor variación extrajeron (70% en las dos primeras componentes de acuerdo al análisis de componentes principales), no se produjeron diferencias significativas respecto a los coeficientes de variación estimados en la colección núcleo y la colección base (Tabla 2), lo que indicó la efectividad de la primera en la optimización del programa de mejora, dado que es posible mantener la variabilidad de partida, con un menor número de accesiones.

Tabla 2. Comparación de la variabilidad entre la colección núcleo y base de los caracteres de mayor aporte a la varianza total según el análisis de componentes principales

	Comp. 1	Comp. 2	Coeficiente de variación (%)	
	Autovalores			
Valor	2,36	1,15	Colección Núcleo	Colección Base
Proporción	0,47	0,23		
Proporción acumulada	0,47	0,70		
	Autovectores			
Número de tallos	-0,24	0,63	32,37	35,33
Brix ¹	0,58	0,22	9,79	12,98
Porcentaje pol en caña ¹	0,61	0,11	15,82	21,82
Porcentaje pol en caña ³	0,45	0,17	12,24	16,74
t caña.ha ⁻¹	-0,18	0,71	36,92	32,37

1. Primer período de zafra (nov-ene) 3. Periodo final de zafra (abr)

Se continúa el trabajo de validación de la colección núcleo y se proyecta incrementarla hasta 10% de la colección base, con la inclusión de un mayor número de países y del material más promisorio de las líneas de mejora establecidas.

En estos años se ha venido trabajando en el desarrollo de líneas de alto contenido azucarero con el propósito de incrementar el contenido azucarero de las variedades cubanas, fundamentalmente en el período inicial de zafra, se incorporaron a la colección base de los recursos genéticos 791 accesiones, que muestran que el 86% de la línea se comportó resistente a la roya y el 100% al carbón. Respecto a los caracteres relacionados con el rendimiento en todos los casos las frecuencias de accesiones similares o superiores al control superaron a las que se comportaron inferior, resultados que demuestran que es posible alcanzar progresos múltiples (Figura 2).

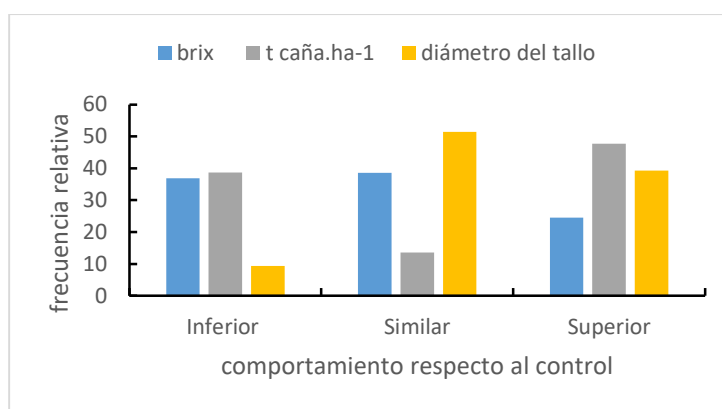


Figura 2. Distribución de frecuencias de la línea de mejora de alto contenido azucarero respecto a los valores del control

A su vez se pudo determinar la posibilidad de obtener respuesta a resistencia múltiple, dado el número de enfermedades que trabaja la línea, el progreso ha sido más lento. Cuenta con 220 accesiones provenientes de 43 progenitores y 112 combinaciones, de ellas 31 retrocruces con la participación de seis progenitores. Solo 17% de los mismos desciende de formas originales (9% de *S. officinarum*, 8% de *S. barberi*).

El 87% de las accesiones se comporta resistente a la roya y el 94% resistente al carbón, En el resto de los caracteres se presentan avances aparejados a la resistencia múltiple, excepto para el brix donde la frecuencia de accesiones con comportamiento inferior al testigo alcanzó 74% (Figura 3).

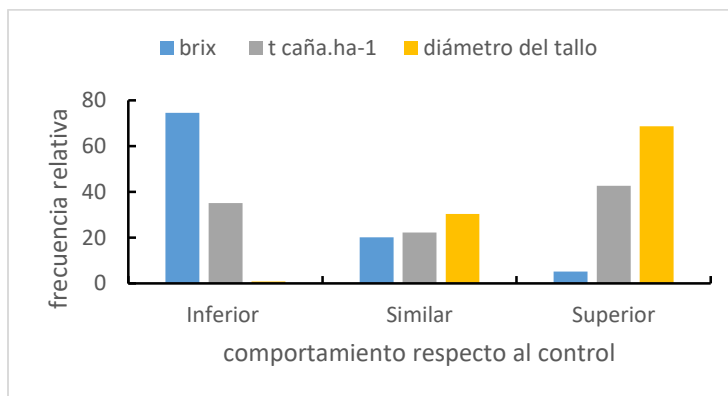


Figura 3. Distribución de frecuencias de la línea de mejora de resistencia múltiple respecto a los valores del control

Comprobados los posibles avances en la selección y las potencialidades presentes en ambas líneas de mejora, el programa se centra actualmente en su reorganización y en lograr formas de hacer un mejor uso de la variabilidad genética disponible, para lo cual se emplean técnicas de hibridación bajo condiciones naturales a diferentes altitudes, inéditas en el mundo las que a partir del conocimiento de la floración de los progenitores buscan su sincronización, Figura 4. Con las que se ha logrado tener más de un 83% de respuesta a las solicitudes de los programas locales de las provincias.

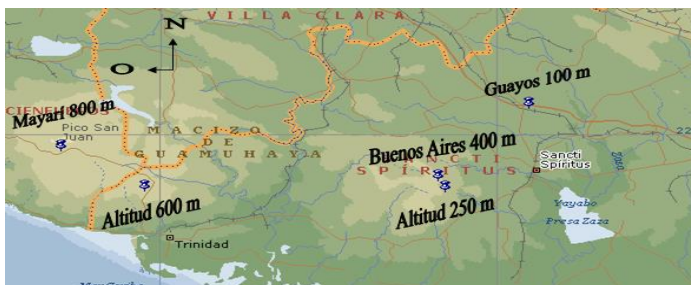


Figura 4. Ubicación de zonas de manejo de la floración en Cuba a diferentes altitudes.

El esquema de selección para la caña de azúcar en Cuba, es similar al resto de los países cañeros del mundo en duración y se destaca entre los principales resultados que más del 80% de las variedades comerciales plantadas provienen del mismo y el resto de las extranjeras evaluadas a partir de él, fig 5

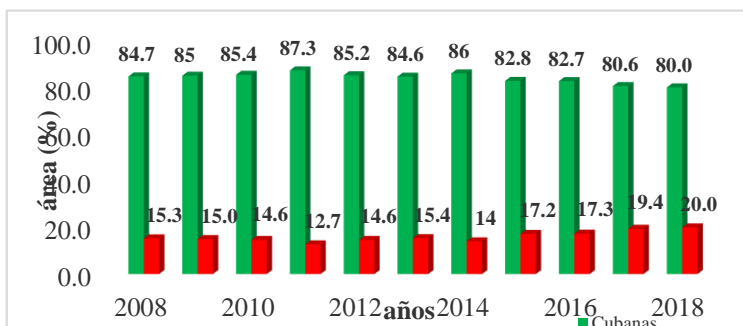


Figura 5. Cronología de variedades comerciales en Cuba.

De igual forma se destacan en la figura 6, las principales variedades comerciales actuales en producción, obsérvese que en ninguno de los casos se supera el 20% de área cubierta lo cual es una herramienta de defensa ante el ataque de patologías al cultivo.

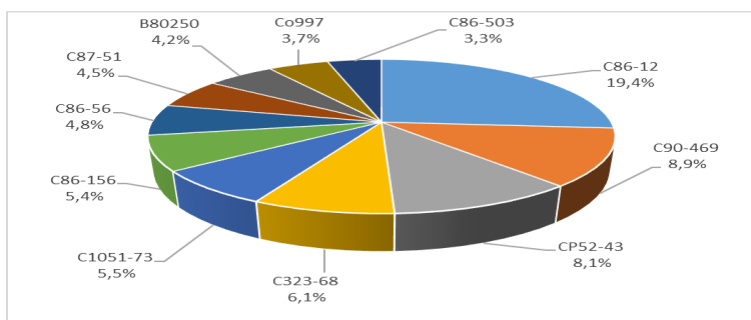


Figura 6. Balance actual de variedades en Cuba

Dentro de los muchos trabajos de mejora realizados se hará énfasis a los relacionados con los métodos de selección aplicados, en los que se destacan los propuestos por Mesa (1995), que insistió en la elección de los mejores progenitores y combinaciones con el auxilio de sus habilidades combinatorias, y la salvedad de que aquellos con baja habilidad combinatoria general para brix, pudieran aportar descendencias con altos valores para ese carácter. De acuerdo con ese autor se aplica para el brix refractométrico, un índice combinado familia-individuo, construido a partir de los coeficientes de regresión asociados a los mismos, que contribuye con la efectividad de la selección en la etapa de posturas, si se realiza en retoño con presiones de selección de moderadas a intensas (20-5%), que incrementa la coincidencia, (67-100%) con los resultados de la etapa clonal (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentajes de coincidencia entre las dos primeras etapas de selección con el empleo del índice selectivo combinado para el carácter brix refractométrico.

Intensidad selección (%)	LP _{p0}			LP _{r1}		
	LC _{p0}	LC _{r1}	LC _{r2}	LC _{p0}	LC _{r1}	LC _{r2}
5	4	40	50	67	100	100
10	30	50	62	77	85	87
15	31	61	61	75	88	83
20	37	62	60	83	80	82
30	38	65	64	79	79	78
35	42	64	65	84	80	75

LP. Lote posturas LC. Lote clonal p₀.Planta r₁.Primer retoño r₂.Segundo retoño
Fuente: Adaptado de Mesa (1995)

Finalmente y está muy apretada síntesis de resultados de los avances de la mejora genética de la caña de azúcar se destacan los resultados alcanzados en el establecimiento de un ordenado sistema de reproducción de semilla que garantiza la preservación de los recursos genéticos activos en el país, y la recomendación de variedades con fines energéticos o de alimento animal.

Internacionalmente, en los países que desarrollan este cultivo, prevalecen los siguientes enfoques referidos al empleo de variedades:

- Tendencia a la explotación simultánea de mayor número de variedades, enfocados a donde la interacción genotipo ambiente sea menor.
- Reducción de los porcentajes a ocupar por las variedades principales.
- Reducción de los ciclos de explotación comercial y acortamiento del plazo medio de sustitución de las variedades viejas.

Conclusiones.

Los avances en la mejora genética de la caña de azúcar en Cuba están relacionados con la ampliación, mantenimiento, preservación y explotación de la base genética, los estudios de método de selección y de la interacción genotipo ambiente, así como en los trabajos de aportar valor agregado relativos a la diversificación del cultivo con el uso de variedades como energía o como alimento animal.

Bibliografía

- BERNAL, N. A (1986): “Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar”. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- GÁLVEZ G. (1978): “Estudio de la interacción g x e y métodos de estabilidad en experimentos de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.* híbrido)”. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- HOGARTH, M.D (1973): “Methods of selection and estimation and estimation of genetic variances in populations of sugarcane”. University of Queensland, Australia, PhD Dissertation.
- LÓPEZ, E. (1986): “Influencia de algunos factores del ambiente sobre el rendimiento y aplicación de tres métodos de estabilidad en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar en las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila”. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- JORGE H. (1997): “Estudio genético de los componentes agroazucareros en las etapas clonales del esquema de selección partiendo de posturas aviveradas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*)”. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
- MESA J.M. (1995): “Algunas estimaciones de parámetros genético-estadísticos y simulación de la eficiencia de la selección en poblaciones de caña de azúcar (*Saccharum spp.*)”, Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.