

Composición del Banco de Germoplasma de Caña de Azúcar de Costa Rica

Marco A. Chaves Solera^{1/}

Introducción

La mejora genética operada mediante la selección y empleo de las plantas o animales más sobresalientes, ha sido una actividad que el hombre ha desarrollado desde su aparición y a través de toda su evolución; en un principio el acto se efectuó mediante simple identificación y uso, luego mediante una acción más específica, planificada y sistemática. Era la forma de marcar diferencia, asegurar el sustento de sus familias y poder asentarse territorialmente.

No cabe por ello la menor duda ni está en discusión, destacar y reconocer la importancia estratégica que como factor determinante de la productividad y la producción tiene el componente genético para la agricultura, independientemente de la especie que se trate, sea esta vegetal o animal. Expresa CHAVES (1995c) al referirse al tema, que *“En todo el proceso tecnológico de la caña de azúcar, la variedad ocupa un lugar relevante y desempeña un papel protagónico como factor de la producción, por la elevada incidencia y significancia que sobre la eficiencia agroindustrial de la actividad azucarera mantiene.”*

En el caso particular de la agroindustria azucarera, está suficientemente demostrada la relevancia que tiene la variedad de caña cultivada, como instrumento pragmático viable y efectivo para asegurar el éxito productivo, y con ello, posibilitar el económico y el empresarial. Una variedad adaptable, sana y potencialmente productiva, es incuestionablemente el factor de la producción más importante que se puede disponer al producir caña. Como afirmara CHAVES (1995b) al respecto, *“La variedad cultivada ha constituido por tradición y predilección, el factor controlable de la producción posiblemente más determinante e importante en la agroindustria azucarera mundial.”*

Es por esta y otras razones igualmente válidas, que la agroindustria azucarera mundial a depositado y fundamentado buena parte de su crecimiento y competitividad empresarial y sectorial, en la capacidad productiva de las variedades que dispongan para uso comercial de sus agricultores.

¹ Ingeniero Agrónomo, MSc. Gerente. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)*, Costa Rica. E-mail: mchavez@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066 / (506) 2284- 6067 / Fax (506) 2223-0839. **Enero del 2013.**

Podría aseverarse válidamente que esa es la misma pretensión de cualquier otra actividad agropecuaria, lo cual es en principio cierto; sin embargo, quienes conocen de caña de azúcar bien saben que hay diferencias fundamentales de fondo que marcan diferencia, entre las cuales pueden citarse las siguientes aplicadas al caso particular y específico de Costa Rica:

- La actividad productiva de la caña de azúcar es por naturaleza y principios de corte extensiva-intensiva. Es extensiva en consideración de la amplitud del área necesario sembrar, e intensiva en razón de la productividad agroindustrial procurada alcanzar.
- La estructura de tenencia de la tierra nacional revela en el caso azucarero, predominio de las pequeñas unidades productivas, donde un 92% de los Productores Independientes de caña reportaron en la Zafra 2011-12, entregas inferiores a 500 toneladas métricas; lo que en relación y concordancia con el rendimiento agrícola nacional para el mismo periodo (71,2 t/ha), indica la existencia de unidades menores a las 7 has de extensión (BERMUDEZ y CHAVES 2012ab; CHAVES SOLERA 2012b; CHAVES SOLERA 2012f).
- Los ambientes productivos del cultivo son muy amplios y casi extremos con relación a algunas variables, encontrándose suelos de ácidos a neutros (pH 4,4-7,2), de alta a baja fertilidad (Mollisoles-Ultisoles), con topografías planas a quebradas (0-35%), índices de precipitación amplios (1.100-4.300 mm anuales), rangos promedio de temperatura extremas variables (13-35°C), índices de luz amplios (1,4-10,2 horas/día), ciclos vegetativos a cosecha diversos (11-24 meses), maduración natural diferencial (Rendimiento 96° de 90-130 kg/t).
- El control de enfermedades se realiza mediante el cultivo de variedades tolerantes y resistentes, lo que elimina el empleo de fungicidas como estrategia de combate.
- El control de plagas aplica como estrategia de combate básicamente el concepto de “*Manejo Integrado de Plantaciones (MIP)*”, donde la variedad sembrada resulta primordial y estratégica.
- La ubicación geográfica (cercanía a poblados), las condiciones de clima (lluvia, viento, nubosidad) y la estructura de tenencia de la tierra prevaleciente, limitan e imposibilitan el empleo de las aplicaciones aéreas de agroquímicos, principalmente plaguicidas.
- La vida comercial de la mayoría de clones cultivados en el país es relativamente corta; se estima en 15 años, lo que implica en la práctica tres ciclos de cinco cosechas cada uno. Al respecto existen las lógicas excepciones (CHAVES y BERMUDEZ 2012).

- Se desarrolla simultáneamente una agricultura tecnológica de precisión complementada con otra de ladera muy particular de agricultores marginales.

El Cuadro 1 adjunto expone y caracteriza las principales diferencias existentes entre regiones productoras de caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica. Como se infiere las variaciones son amplias y podría calificarse como extremas.

Cuadro 2							
Caracterización Edafoclimática de las Regiones Productoras de Caña de Azúcar de Costa Rica. 2012							
INDICADOR	REGIONES PRODUCTORAS						PROMEDIO NACIONAL
	GUANACASTE	PACIFICO CENTRAL	VALLE CENTRAL	SAN CARLOS LOS CHILES	TURRIALBA JUAN VIÑAS	PEREZ ZELEDON BUENOS AIRES	
Provincias	GUANACASTE	PUNTARENAS	ALAJUELA	ALAJUELA	CARTAGO	SAN JOSE	
Involucradas	PUNTARENAS	ALAJUELA GUANACASTE	SAN JOSE HEREDIA	ALAJUELA	CARTAGO	PUNTARENAS	
Latitud (Norte)	10° 11' - 10° 44'	09° 53' - 10° 05'	09° 57' - 10° 08'	10° 19' - 11° 01'	09° 48' - 09° 58'	09° 10' - 09° 22'	09° 10' - 10° 19'
Longitud (Oeste)	84° 57' - 85° 38'	84° 31' - 84° 48'	84° 12' - 84° 30'	84° 20' - 84° 43'	83° 33' - 83° 55'	83° 20' - 83° 42'	83° 20' - 84° 57'
Altitud Plantaciones (msnm)	5 - 160	0 - 350	600 - 1400	40 - 680	480 - 1.500	350 - 750	0 - 1500
Ordenes de Suelo Predominantes	Inceptisol Vertisol Mollisol Entisol	Entisol Inceptisol Alfisol	Inceptisol Andisol Alfisol Ultisol	Inceptisol Ultisol Andisol	Ultisol Andisol Inceptisol	Ultisol Inceptisol	Inceptisol Ultisol Vertisol Andisol
Precipitación Anual (mm)	1.100 - 2.600 (1.700)	1.100 - 2.900 (1.800)	1.450 - 3.900 (2.900)	1.700 - 4.300 (3.200)	2.500 - 3.300 (2.900)	2.400 - 4.300 (3.400)	1.100 - 4.300 (2.700)
Temperatura (°C)							
Máxima	31-34 (32,7)	30-35 (31,8)	27-32 (29,3)	27-33 (30,0)	23-30 (26,5)	26-33 (29,5)	23-35 (29,0)
Media	26-28 (27,5)	25-29 (27)	20-27 (23,3)	23-27 (24,8)	18-23 (21,2)	22-27 (24,5)	18-27 (22,5)
Mínima	21-24 (22,3)	19-24 (21,6)	13-20 (16,5)	18-21 (19,5)	14-19 (16,5)	17-21 (19,2)	13-24 (18,5)
Amplitud	10 (10,4)	11 (10,2)	12-14 (12,8)	9-12 (10,5)	9-11 (10,0)	9-12 (10,5)	10-11 (10,5)
Brillo Solar (Horas y Décimos)	4,9 - 10,2 (7,5)	3,5 - 9,1 (6,3)	4,8 - 9,4 (6,2)	1,4 - 6,9 (3,9)	2,2 - 5,2 (4,2)	3,5 - 7,8 (5,2)	1,4 - 10,2 (5,8)
Radiación Solar (MJ/m ²)	14 - 23,2 (18,6)	13,5 - 20 (16,7)	18	16	10,6 - 19,1 (16,2)	-	10,6 - 23,2 (16,9)
Uso de Riego	Importante	Importante	Ocasional	No	No	En Semilleros	Importante
Relieve	Plano/Ligeramente	Plano/Moderada	Plano/Ondulado	Plano/Ondulado	Ondulado	Plano/Ondulado	Ondulado
Grado de Pendiente (%)	0 - 8	0 - 12	0 - 30	0 - 25	0 - 35	0 - 20	0 - 35
Riesgo de Inundación	Medio-Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Nulo	Medio
Grado de Mecanización	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto
Área Sembrada (has)	30.100	5.700	4.450	7.900	4.700	4.050	57.500
N° Ingenios Activos	3	1	4	2	2	1	13
N° Entregadores	2.971	97	1.252	762	583	2.382	8.047
Ciclo Vegetativo (meses)	12	12	12-16	12	12 - 24	12	12 - 24
Maduración	Buena	Buena	Muy Buena	Deficiente	Muy Buena	Excelente	Buena
Rendimiento Industrial* Promedio kg azuc/tm	108,84	99,36	110,51	96,73	113,69	128,85	108,85
Caña (tm)* Procesada	2.112.212	337.895	372.460	445.446	261.096	294.007	3.823.114
Azúcar (tm)* Fabricado	229.902	33.575	49.956	43.183	29.576	37.883	415.075
Relación* Caña/Azúcar	9,2	10,1	9,1	10,3	8,8	7,8	9,2

* Valores correspondientes a la Zafra 2011-2012 en 96° Pol

Fuente: CHAVES y BERMÚDEZ (2012)

Sobre estos tópicos existe suficiente literatura publicada en el país que demuestra las significativas diferencias y particulares del cultivo de la caña de azúcar, que la excepcionan de las generalidades de otras actividades agrícolas; no cabe por tanto duda, la agroindustria azucarera es muy particular (CHAVES SOLERA 2006ab, 2008bc, 2011, 2012ace).

Objetivo

El objetivo general del presente artículo, es fundamentalmente comentar y ubicar técnicamente en torno a la composición, diversidad y naturaleza de las introducciones genéticas de híbridos, que conforman actualmente el Banco de Germoplasma de Caña de Azúcar de Costa Rica.

¿Qué es un Banco de Germoplasma?

De acuerdo con Wikipedia (2012), *“El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.*

Con el fin de conservarlo en cualquiera de sus forma reproductivas (semillas, esquejes, tubérculos, etc.) se han establecido en el mundo los llamados bancos de germoplasma: su misión consiste en ubicar, recolectar, conservar y caracterizar el plasma germinal de las plantas que, por sus atributos son consideradas de interés prioritario para beneficio de la humanidad, además de aportar conocimiento científico orientado a la optimización de la conservación y uso de los recursos filogenéticos.”

Como se infiere del concepto anterior, aplica aquí la misma acepción y connotación de banco, lugar donde se resguardan recursos valiosos, en este caso genes que son requeridos para fines muy específicos, los cuales son comúnmente resguardados y mantenidos en Bancos de Germoplasma. Buena parte de la fuente de variación genética de las plantas se encuentra ubicada y concentrada en el conjunto de genes que ellas poseen; así como también, se reconoce que la amplitud y magnitud de esa variabilidad está contenida dentro de las especies cultivadas y silvestres relacionadas.

Es el criterio de JORGE *et al* (2002) que, *“La introducción de nuevos genes mediante la incorporación de fuentes de variabilidad permite crear una barrera, que contribuye potencialmente a eliminar el peligro de cambios relacionados con el clima, con nuevas razas patogénicas, etc., y es el germoplasma el que puede proporcionar esa variabilidad”*. Amplían los mismos autores citando a CREECH y REITZ (1971), quienes definen el germoplasma como *“una colección de materiales de plantas agrupadas o no, la cual es usada para el mejoramiento del cultivo o investigaciones relacionadas, lo que es aplicable a la caña de azúcar.”* Concluyen a partir de ello JORGE y compañeros, que *“es en este germoplasma donde se agrupa todo el potencial genético del cultivo, logrando así reunir la mayor cantidad*

de genes importantes ya sea para la mejora o la introducción directa de genotipos en la práctica por circunstancias que lo requieran”.

El término germoplasma es conceptualmente amplio y se refiere al material que se conserva sea como semillas, cultivo de tejidos o plantas establecidas en colecciones de campo, que reúne la variabilidad genética intra-específica de los materiales genéticos que pueden perpetuar una especie o una población de un determinado organismo, sea en el presente caso vegetal o animal.

Germoplasma y Mejora Genética

La mayoría de las agroindustrias azucareras del mundo poseen bancos de genes como parte de sus activos y su patrimonio vegetal; sin embargo, en aquellos países donde se tienen programas y realizan cruzamientos e hibridación, estos son obligados. En la región y en el mundo hay algunos programas de mejora genética importantes virtud de sus resultados expresados por la liberación de variedades de amplio uso comercial, como los que se anotan seguidamente:

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), Cali, Colombia.
- Centro de Investigación de Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), Guayaquil, Ecuador.
- Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), San José, Costa Rica.
- Centro Guatemalteco de Investigación y de Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Famaillá, Tucumán, Argentina.
- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Cuba.
- Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Caña de Azúcar. Bolivia.
- Hawaii Agriculture Research Center (HARC), Hawaii, USA.
- Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras (ICINAZ), Cuba.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera, México.
- Centre Technique de la Canneet du Sucre (CTCS), Isla Martinica.

- West Indies Central Sugar Cane Breeding Station (WICSCBS), Groves, St. George, Barbados.
- Caroni Research Station, Waterloo, Carapichaima, Trinidad y Tobago.
- Centro de Tecnologia Copersucar (CTC), Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Campinas, São Paulo, Brasil.
- Universidade Federal de São Carlos, Araras, São Paulo, Brasil.
- Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, Brasil.
- Universidade Federal de Pernambuco, Carpina, Pernambuco, Brasil.
- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (ENAF), Campos, Rio de Janeiro, Brasil.
- Sugarcane Field Station, Canal Point, Florida, USA.
- Sugarcane Field Station, Louisiana, USA.
- USDA-ARS. Southern Regional Research Center, Houma, Louisiana, USA.
- ISSCT/USDA Sugarcane Collection, Miami, Florida, USA.
- Texas A&M Agric. Research Center, Weslaco, Texas, USA.
- US Sugar Corporation, Clewiston, Florida, USA.
- Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado de Yaracuy (CIAEY), Venezuela.
- Bureau of Sugar Experiment Stations (BSES), Queensland, Australia.
- Guyana Sugar Corporation Ltd., Demerara, Guyana.
- Sugar Breeding Institute, Coimbatore, Tamil Nadu, India.
- Sugarcane Research Station, Bihar, India.
- Regional Centre of Sugarcane Breeding Institute, Karnal, Haryana, India.
- Mauritius Sugar Industry Research Institute (MSIRI), Mauricio.
- Azucarera Nacional S.A., Ingenio Santa Rosa, Panamá.
- South African Sugar Experiment Station (SASEX), Natal, Sudafrica.
- Kenana Sugar Company Ltd., Khartoum, Sudán.

Como se concluye es mucha la gestión que en materia de mejora genética de caña de azúcar se realiza en el mundo; Costa Rica no es la excepción.

¿Para Qué Sirve un Banco de Germoplasma?

Los Bancos de Germoplasma tienen como objetivo fundamental y principal, preservar la diversidad de los recursos fitogenéticos de las especies cultivadas y sus especies relacionadas, y corregir complementariamente, la uniformidad derivada de las prácticas continuas de mejoramiento genético que han disminuido la variabilidad de la base genética de los cultivos, generando desprotección de las poblaciones ante la mayor susceptibilidad creada, favoreciendo con ello el ataque de patógenos para los que no existe resistencia.

Los estudios que se realizan sobre valoración de la diversidad genética dentro de estos bancos de genes, constituye una de las herramientas que ayudan a tener un control más efectivo sobre la erosión genética. Permiten asimismo, definir los patrones de variación que determinan la posible incorporación de individuos sobresalientes y/o interesantes a los programas de mejoramiento genético, ya sea por virtud de sus características sobresalientes y promisorias, o por el contrario, por causa de la susceptibilidad a condiciones bióticas y/o abióticas limitantes o claramente desfavorables. Con esto se facilita la incorporación de nuevos y mejores genes al sistema, viabilizando el establecimiento y operación de la estrategia reproductiva más apropiada y efectiva para los fines procurados.

Además de las funciones tradicionales de protección, acumulación, conservación y mantenimiento, los Bancos de Germoplasma tienen un papel importante en el gerenciamiento y la administración de los recursos fitogenéticos disponibles, ya que su propósito no solo se limita a la habitual conservación de especies en este caso de caña de azúcar; sino que además, potencia y viabiliza realizar otras funciones vinculadas con la documentación, caracterización, evaluación de la variabilidad genética, estudios filogenéticos, y lo más importante, conocer como es el mejoramiento de caracteres deseables y la multiplicación y distribución del germoplasma. La obtención de caracteres deseables y su mejoramiento demanda y obliga tener un conocimiento apropiado y detallado de la diversidad genética del germoplasma disponible.

¿Cómo se Estructura y Conforman un Banco?

En correlación directa con su motivo y objetivo, un Banco de caña de azúcar debe estar constituido por las diferentes formas genéticas que conforman el género *Saccharum spp*, sean tanto sus diferentes especies; como también los híbridos creados por el hombre con fines comerciales, lo que involucra numerosas opciones de distinta procedencia genética y origen geográfico. Se consideran además en este asunto los géneros que pudieran estar relacionados y que

disponen de capacidad comprobada de cruzamiento con la caña, lo cual aporta un valor importante al trabajo de mejoramiento genético.

Como se concluye, se busca fundamentalmente disponer de una buena cantidad y variabilidad de posibles progenitores que me incrementen y potencien las posibilidades de generar híbridos comerciales eventualmente promisorios virtud de sus características agroindustriales sobresalientes; se buscan clones élite, pese a reconocer las limitaciones y aceptar que la variedad de caña de azúcar ideal en la realidad no existe, aunque siempre debe ser un referente por buscar (CHAVES SOLERA 1995a).

Potencialmente existen para el caso nacional, genes de interés especial y particular por identificar e introducir en las nuevas progenies que se generen mediante el trabajo de mejora genética, entre los cuales pueden citarse los siguientes: resistencia a la sequía; tolerancia a la alta humedad; resistencia a las plagas de barrenadores del tallo (*Diatraea spp*), joboto (*Phyllophaga spp*), picudo (*Metamasius hemipterus*) y salivazo (*Aeneolamia spp*), que son de gran impacto económico en el país; además con resistencia a enfermedades tales como: carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), roya (*Puccinia melanocephala* y *P. kuehni*), Mosaico (Potyvirus); resistencia a cambios bruscos de temperatura; tolerancia a herbicidas; adaptabilidad a condiciones de poca luz; tolerancia a condiciones de alta acidez del suelo (pH <5); excelente despaje de los tallos a la cosecha; baja floración; generación de tallos erectos para facilitar cosecha mecánica; maduración temprana; alta producción de tallos y concentración de sacarosa a cosecha. Son muchas las propiedades de adaptabilidad, comportamiento y producción que podrían idealmente buscarse a nivel de biotipo, aunque la experiencia ha demostrado que muchas de ellas son de carácter poligénico y operan en asocio con las características del entorno productivo.

La composición de un Banco de Germoplasma debe ser como se indicó idealmente muy amplia y diversa, en procura de contar con recursos fitogenéticos suficientes que puedan aportar variabilidad en función de las necesidades particularidades que se tengan, y el biotipo de planta que se procura disponer para uso comercial. No todas las agroindustrias poseen las mismas necesidades, lo que marca diferencias que se definen en los programas de trabajo.

El Cuadro 2 expone a manera de ejemplo, la composición genética particular que mantenía el Banco de Germoplasma de Cuba, el cual reportaba en el año 2002 (JORGE *et al* 2002) un total de 3.346 introducciones de diversa naturaleza y origen, entre formas originales del género *Saccharum*, cruces interespecíficos e híbridos que incorporan gran variabilidad potencial para ser empleada en los programas de mejora genética, cuyo detalle se presenta en dicho cuadro.

Cuadro 2.

Composición del Banco de Germoplasma de Cuba, año 2002.

a) Formas originales <i>Saccharum</i>	
<i>Saccharum officinarum</i>	184
<i>Saccharum barberi</i>	6
<i>Saccharum sinensi</i>	16
<i>Saccharum robustum</i>	13
<i>Saccharum spontaneum</i>	50
Subtotal	269
b) Géneros afines	
<i>Erianthus maximux</i>	1
<i>Erianthus sara</i>	1
<i>Erianthus elegans</i>	1
<i>Erianthus arundinaceus</i>	1
<i>Arundo donax</i>	1
<i>Miscanthus sp</i>	8
Subtotal	13
c) F1 Interespecífico <i>Saccharum</i>	
F1 <i>S. spontaneum</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	97
F1 <i>S. robustum</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	63
F1 <i>S. sinensi</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	39
F1 <i>S. Barberi</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	14
Subtotal	213
d) F1 género <i>Saccharum</i> y géneros afines	
Subtotal	13
e) F2 Inter específico <i>Saccharum</i>	
F2 <i>S. sinensi</i> x <i>S. officinarum</i>	?
F2 <i>S. spontaneum</i> x <i>S. officinarum</i>	19
F2 <i>S. robustum</i> x <i>S. officinarum</i>	8
F2 Triespecífico	12
Subtotal	42
f) BC1 Interespecífico	
<i>S. spontaneum</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	158
<i>S. robustum</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	?
<i>S. sinensi</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	55
<i>S. Barberi</i> x <i>S. officinarum</i> o H.C.	1
Triespecífico	45
Subtotal	308
g) Híbridos	
Híbridos natural	1
Híbridos triespecíficos	5
Híbridos complejos	8
Híbridos desconocidos	5
Híbridos comerciales	2.477
Subtotal	2.496
Total	3.346

Banco de Germoplasma Costarricense

Ubicación:

El Banco Nacional de Germoplasma de Caña de Azúcar de Costa Rica, se encuentra sembrado en el distrito de San Miguel, cantón de Cañas, provincia de Guanacaste, a una altitud de 10 msnm, coordenadas 10°20' 70" Latitud Norte y 85°09'37" Longitud Oeste, en una zona de vida clasificada como Bosque Seco Tropical. La precipitación anual del lugar es en promedio de 1.500 mm y la temperatura promedio de 27,7 °C, con ámbitos de variación entre 1.100-1.800 y de 26 a 29°C, respectivamente. La luz presenta una variación diaria anual desde 4,4 a 10,1 horas para una media de 7,2 horas. La radiación medida en Mj/m²/día tiene un promedio de 19,6 con una variación en el año entre 17 y 25 Mj.

Los suelos del lugar poseen un relieve mayoritariamente plano, pertenecen al orden Inceptisol y son de textura franca. La plantación está muy próxima al Ingenio Taboga.

Plantación:

El Banco ocupa un espacio de terreno importante del área (≈ 8,3 has) que dispone LAICA bajo Convenio de Cooperación en la Universidad Técnica Nacional (UTN). Se cuenta con riego aplicado por surcos.

El Banco no posee replica por lo que se constituye de una sola plantación, la cual si bien está estratégicamente ubicada en una zona de muy bajo riesgo, sin posibilidad real de sufrir inundación parcial o total; o en su caso interferencia y daño por cercanía a zonas pobladas, queda abierto el peligro de perderse por causas fortuitas naturales o inducidas, lo que es preocupante.

Los clones dentro del Banco están distribuidos en bloques de manera diferenciada virtud de las características del terreno. La separación entre bloques diferenciados es de 2,0 m. Los materiales genéticos cultivados están ubicados estratégicamente en el campo, sembrando un surco de tres metros de largo de cada material genético, con una separación de 1,5 m con respecto a los clones próximos. El acceso a la plantación es bastante buena por varios flancos.

Con el propósito de poder identificar sin lugar a dudas la sigla de los clones sembrados, a cada uno de ellos se le tiene asignada una clave que lo identifica plenamente en el plano del área que para tal fin está establecida. La distribución implantada elimina cualquier posibilidad de competencia entre clones y facilita las atenciones culturales que deben realizarse para su mantenimiento.

Mantenimiento:

Las labores de mantenimiento agronómico se realizan de manera manual y mecánica cuando es viable y necesario. Lo concerniente al control de malezas sigue el patrón comercial habitual de la región; esto es, control químico con mezcla de productos pre emergentes según las necesidades, como son: Terbutrina (4 lt), Diurón (1,5 kg), 2,4-D (1,5 lt) y coadyuvante.

En el caso de la fertilización acontece algo similar, aplicando nutrimentos básicos esenciales en dosis de 150 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 80 kg de K₂O por hectárea.

Como se indicó, al año se realizan al menos seis riegos por gravedad (surcos) procurando evitar periodos de estrés hídrico, pues la afección de la plantación por esta causa es extrema y casi de seguro conduce a pérdida del material valioso; de ser necesaria la frecuencia y cantidad puede ampliarse o en su caso también reducirse.

El control de plagas se realiza cuando la situación lo amerita, mediante método biológico empleando insectos (*Cotesia flavipes*) y hongos Entomopatógenos (géneros *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*); solo de ser absolutamente necesario se recurre a la vía química de los plaguicidas. Hay monitoreo y control de poblaciones de rata (*Sigmodeum hirsutum* y *S. hispidus*) con rodenticidas.

Cosecha:

La cosecha del Banco se realiza de forma manual y uniforme, procediendo a quemar la plantación durante los meses de febrero o marzo. De manera inmediata luego de realizada la cosecha, se procede con un estricto raleo y eliminación de tallos, hojas y cualquier material vegetal que pueda general contaminación por mezcla de materiales. El alce es mecánico y parte del material que no se utiliza es enviado a molienda comercial al Ingenio Taboga.

Evaluaciones:

Durante su fase de crecimiento y desarrollo vegetativo se realizan evaluaciones y observaciones particulares exclusivamente a aquellos clones sobre los cuales existe interés particular. Se estima necesario y valioso realizar próximamente al menos un amplio y detallado estudio de caracterización agronómica y fitosanitaria de todos los materiales genéticos allí sembrados.

Resulta imperativo que la plantación del Banco se renueve en su totalidad pues la cantidad de cosechas que se han realizado se estima supera ya lo técnicamente prudente y razonable, lo que es inconveniente.

Caracterización por Sigla y Origen del Banco Nacional de Germoplasma

Expresaban ANGULO, DURÁN y CHAVES en el año 1999, apenas recién iniciada la labor de cruzamiento e hibridación en DIECA, en referencia al Banco de Germoplasma Nacional que, *“Dicha colección constituye un valioso recurso genético, que podrá utilizarse próximamente en los cruzamientos que ya empieza DIECA a desarrollar, con el objeto de procurar alcanzar autonomía en materia de hibridación y fabricación de clones comerciales nacionales.”*

Hoy transcurridos 13 años lo aseverado en aquella oportunidad por esos investigadores es una realidad, pues el Programa de Mejoramiento Genético desarrollado por el sector azucarero costarricense por medio de DIECA, ha venido de manera organizada, sistemática y efectiva, realizando una labor en dos vías: a) **Asexual**, mediante la tradicional importación de clones del exterior procedentes de otros programas afines amigos, y b) **Sexual**, siguiendo un estricto protocolo de cruzamiento e hibridación direccionado en función de los intereses nacionales virtud de nuestras necesidades y condiciones particulares de producción.

El programa Vía Sexual emplea muchos de los clones adquiridos del exterior (Vía Asexual), los cuales virtud de sus características y atributos positivos y favorables, la mayoría demostrados en su comportamiento comercial, son empleados como progenitores en los cruzamientos realizados todos los años procurando trasladarlas y perpetuarlas.

El Banco Nacional de Germoplasma posee a la fecha un total de 1.062 introducciones diferentes de muy diverso origen y procedencia, lo que se traduce en principio en una alta variabilidad de biotipos.

Sobre el tema de la variabilidad genética presente en la caña de azúcar, estudios científicos recientes han demostrado que esta es relativa y no tan amplia como en principio cualquiera esperaría encontrar, virtud de ser el *Saccharum* un género poliploide (varios juegos completos de cromosomas de distintas especies), ser una planta excepcional desarrollada a nivel mundial donde es cultivada en diferentes ambientes y entornos productivos, y existir además, gran cantidad de biotipos comerciales diferentes (CHAVES SOLERA 2011). Por el contrario, se ha verificado la existencia de una alta y preocupante consanguinidad que indica que el concepto de *“variabilidad genética”* no es tan cierto como siempre se pensó y aceptó.

Ciertamente hay disponibles en el mundo muchos biotipos de clones de caña de azúcar, de lo cual no hay duda, buena parte de ellos en uso comercial, los cuales mantienen una elevada vinculación de heredabilidad que se traduce como se indicó en una alta e indeseable consanguinidad. Es por tanto cierto y válido reconocer a partir de ello, que clones sembrados en Java, India, Vietnam, Egipto,

Fiji, Australia, Argentina, Brasil, México, Cuba, USA y Costa Rica, mantienen una alta cercanía y relación genética.

Esta circunstancia ha conducido y obligado a que algunos connotados y reconocidos centros internacionales de investigación y estaciones de hibridación de la caña de azúcar, hayan introducido y estén involucrando en sus cruzamientos otros géneros afines como fuente segura inductora de variabilidad. Como se anotó, en el caso particular de Cuba (JORGE *et al* 2002), se dispone entre sus materiales de trabajo genético, los géneros: *Erianthus maximux*, *Erianthus sara*, *Erianthus elegans*, *Erianthus arundinaceus*, *Arundo donax* y *Miscanthus sp*, por medio de los cuales se procura alcanzar ese objetivo.

En materia genética e investigativa se reconoce y acepta, que la riqueza y valor de un Banco de Germoplasma está sustentado no apenas en cuantas introducciones de clones diferentes disponga, sino básicamente, de cuantas formas originales del género *Saccharum*, especies y géneros afines disponga complementariamente.

Queda claro entonces, que lo que se dispone en muchos centros y estaciones de cruzamiento e hibridación de caña de azúcar, como es el caso de Costa Rica, son biotipos diferentes en razón de que sus progenitores son también diferentes.

En el Cuadro 3 se anotan con detalle las Siglas de origen y la cantidad asociada de todos los materiales genéticos sembrados en el Banco Nacional de Germoplasma, para un total de 1.062 híbridos. Se identifican 75 Siglas diferentes, reconociendo entre ellas la presencia de 12 clones con nombre propio, lo que reduce la cantidad de Siglas a 63.

Se evidencia una cantidad diferenciada entre los orígenes de los clones, siendo las Siglas nombradas seguidamente las que más cantidad poseen: CP con 295 para un 27,78%; B 122 (11,49%); RB 77 (7,25%); SP 67 (6,31%); Mex 59 (5,56%); PR 48 (4,52%) y CPCL 37 (3,48%), todo para un total de 705 clones y una representatividad de 66,38%. Otras Siglas también importantes son: L con 30 (2,82%); BJ 25 (2,35%); LAICA 21 (1,98%); CC 18 (1,70%); BT 17 (1,60%); BBZ 16 (1,51%) y CG 15 (1,41%) para 142 clones que significan el 13,37% del total.

Hay algunos orígenes algo exóticos cuya importancia podría asegurarse que es baja por lo que constituyen realmente apenas “*novedades genéticas interesantes*”, tal como acontece con los clones de Sigla BO (India), CoK (India), F (Taiwán), PHILL (Filipinas), NG (Nueva Guinea), KNB (Sudán) y UCW (Cuba), entre otros.

Cuadro 3.

Composición genética del Banco de Germoplasma de Costa Rica según Sigla de origen. Año 2012.

N°	Sigla	N°	%	N°	Sigla	N°	%	N°	Sigla	N°	%
1	B	122	11,49	26	FAM	1	0,09	51	PR	48	4,52
2	BJ	25	2,35	27	Ho	2	0,19	52	Q	21	1,98
3	BO	2	0,19	28	HoCP	10	0,94	53	RA	8	0,75
4	BR	9	0,85	29	IANE	1	0,09	54	RB	77	7,25
5	BT	17	1,60	30	IVP	1	0,09	55	RD	4	0,38
6	BBZ	16	1,51	31	Ja	2	0,19	56	RBB	7	0,66
7	BRD	2	0,19	32	KNB	1	0,09	57	SR	6	0,56
8	C	12	1,13	33	L	30	2,82	58	SP	67	6,31
9	CB	2	0,19	34	LCP	6	0,56	59	TCP	11	1,05
10	CC	18	1,70	35	LHo	3	0,28	60	TUC	5	0,47
11	CG	15	1,41	36	LAICA	21	1,98	61	UCW	2	0,19
12	CL	3	0,28	37	LTMex	3	0,28	62	V	5	0,47
13	Co	11	1,05	38	M	2	0,19	63	ZMex	1	0,09
14	CP	295	27,78	39	MER	2	0,19	64	ATLAS	1	0,09
15	CR	4	0,38	40	ML	1	0,09	65	CATO	1	0,09
16	CGM	1	0,09	41	My	4	0,38	66	ENDOR	1	0,09
17	CoK	1	0,09	42	Mex	59	5,56	67	EROS	1	0,09
18	CRP	1	0,09	43	MZC	2	0,19	68	LUNA	1	0,09
19	CCSP	3	0,28	44	N	1	0,09	69	MENTOR	1	0,09
20	CGCP	2	0,19	45	NA	13	1,22	70	PINDAR	1	0,09
21	CPCL	37	3,48	46	NCo	2	0,19	71	RAGNAR	1	0,09
22	CIMCA	1	0,09	47	NG	1	0,09	72	SPARTAN	1	0,09
23	D	1	0,09	48	PGM	3	0,28	73	TRITON	1	0,09
24	DB	8	0,75	49	PHIL	1	0,09	74	TROJAN	1	0,09
25	F	4	0,38	50	POJ	4	0,38	75	WAYA	1	0,09
TOTAL										1.062	100

En el Cuadro 4 se anotan para información y ubicación de cada Sigla descriptiva de los híbridos, el país de origen y el lugar de donde provenía la semilla empleada en los cruzamientos. Como puede comprobarse, no siempre hay coincidencia en el origen en razón de que existe entre las agroindustrias una amplia colaboración operada mediante el intercambio o donación de semilla verdadera (*fuzz*) para ser

evaluada en otras condiciones ambientales y de producción. El intercambio internacional de materiales genéticos se da tanto con material clonal vegetativo (asexual), como también con semilla verdadera (sexual); en cuyo caso se anota por principio de reciprocidad ¿quién la obtuvo y de donde procedía la semilla empleada para ello? Pueden verse en el Cuadro 4 adjunto muchos ejemplos de ello.

Cuadro 4.

Descripción de los Materiales Genéticos Sembrados en el Banco de Germoplasma de Costa Rica, según Sigla de Origen.

SIGLA	PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE	SIGLA	PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE
B	Barbados	Barbados, West Indies	Mer	USA	Meridian, Missisipi
BJ	Jamaica	Barbados, seleccionada en Jamaica	ML	Cuba	Cuba
BO	India	Coimbatore, seleccionada en Bihar , Orissa	My	Cuba	Mayarí
BR	República Dominicana	Barbados, seleccionada en Romana	Mex	México	Tapachula, seleccionada en México
BT	Trinidad Tobago	Barbados, seleccionada en Trinidad	MZC	Colombia	Central Mayagüez
BBZ	Belize	Barbados, seleccionada en Belize	N	Sudáfrica	Mount Edgecombe, seleccionada en Natal
BRD	República Dominicana	Barbados, seleccionada en República Dominicana	NA	Argentina	Chacra Santa Rosa, seleccionada en Norte Argentino, Salta
C	Cuba	Cuba	NG	Nueva Guinea	Nueva Guinea
CB	Brasil	Campos, Brasil	NCo	Sudáfrica	Coimbatore, Seleccionada en Tamil NADU
CC	Colombia	CENICAÑA, Colombia	PGM	Guatemala	México, seleccionada en Guatemala
CG	Guatemala	CENGICAÑA, Guatemala	PHIL	Filipinas	Luzón, seleccionada en Filipinas
CL	USA	Clewiston, seleccionada en Clewiston Florida	POJ	Java	Proef Station Oost Java
Co	India	Coimbatore, seleccionada en Coimbatore Tamil NADU	PR	Puerto Rico	Gurabó, Mayagüez
CP	USA	Canal Point, seleccionada en Canal Point, Florida	Q	Australia	Meringá, seleccionada en Queensland
CR	República Dominicana	Central Romana	RA	Argentina	República Argentina
CGM	Guatemala	México, seleccionada en Guatemala	RB	Brasil	República de Brasil. Serra do Ouro, seleccionada en Alagoas, Brasil
CoK	India	Coimbatore, seleccionada en Karnal, Haryana	RD	República Dominicana	República Dominicana. Ingenio Duquesa, seleccionada en RD
CRP	Brasil	Cooperativa Riberão Preto	RBB	Bolivia	Serra do Ouro, seleccionada en Alagoas, Bolivia
CCSP	Colombia	Brasil, seleccionada en Colombia	SR	Panamá	Ingenio Santa Rosa

CGCP	Guatemala	Canal Point, seleccionada en Guatemala	SP	Brasil	Camamú, Bahia
CPCL	USA	Clewiston-Louisiana, seleccionada en Canal Point, Florida	TCP	USA	Canal Point Seleccionada en Weslaco, Texas
CIMCA	Bolivia	Bolivia, seleccionada en Santa Cruz de la Sierra	TUC	Argentina	Tucumán
D	Guyana	Demerara	UCW	Cuba	United Fruit Cuba. American-West Indies Co.
DB	Guyana	Barbados, seleccionada en Demerara	V	Venezuela	Yaritagua, seleccionada en Venezuela
F	Formosa (Taiwan)	Formosa	ZMex	México	Zacatepec
FAM	Argentina	Famaillá, Tucumán	ATLAS	Australia	CSRL LTD.
Ho	USA	Houma, Louisiana	CATO	Australia	CSRL LTD.
HoCP	USA	Canal Point, Seleccionada en Houma, Louisiana	ENDOR	Australia	CSRL LTD.
IANE	Brasil	Instituto Agronómico del Nordeste	EROS	Australia	CSRL LTD.
IVP	Panamá	Ingenio La Victoria	LUNA	Australia	CSRL LTD.
Ja	Cuba	Central Jaronú, Cuba	MENTOR	Australia	CSRL LTD.
KnB	Sudán	Barbados, seleccionada en Kenana-Karthoum	PINDAR	Australia	CSRL LTD.
L	USA	Louisiana	RAGNAR	Australia	CSRL LTD.
LCP	USA	Canal Point, Seleccionada en Louisiana	SPARTAN	Australia	CSRL LTD.
LHo	USA	Houma, Seleccionada en Louisiana	TRITON	Australia	CSRL LTD.
LAICA	Costa Rica	Costa Rica	TROJAN	Australia	CSRL LTD.
LTMex	México	Seleccionadas en Ciudad Lerdo de Tejada, Veracruz, México	WAYA	Fiji	Fiji Sugar Co
M	Mauricio *	Mauricio			

Fuente: Rossi Machado (2001); Esquivel (1982).

* Origen confuso

Al integrar y categorizar los clones por su país de origen, se identifican (Cuadro 5) un total de 28 naciones de cuatro diferentes Continentes, exceptuando el Europeo. Se aprecia asimismo, que hay en algunos casos particulares varias Siglas diferentes asociadas a la misma nación, como evidencia de tener un origen común; en estos casos, acontece que algunos países grandes poseen varios Centros de Investigación o Estaciones Experimentales donde se realiza investigación y labor de mejora genética, por lo cual se generan varias Siglas.

Cuadro 5.

**Origen de los Híbridos Sembrados en el Banco Nacional
de Germoplasma según País de Origen.**

N°	País	Siglas Vinculadas	Clones	
			N°	%
1	Argentina	FAM-NA-RA-TUC	27	2,54
2	Australia	Q- ATLAS-CATO-ENDOR- EROS-LUNA-MENTOR- PINDAR-RAGNAR-SPARTAN- TRITON-TROJAN	32	3,01
3	Barbados	B	122	11,49
4	Belize	BBZ	16	1,51
5	Bolivia	CIMCA-RBB	8	0,75
6	Brasil	CB-CRP-IANE-RB-SP	148	13,94
7	Colombia	CC-CCSP-MZC	23	2,17
8	Costa Rica	LAICA	21	1,98
9	Cuba	C-Ja-ML-My-UCW	21	1,98
10	Fiji	WAYA	1	0,09
11	Filipinas	PHILL	1	0,09
12	Guatemala	CG-CGCP-CGM-PGM	21	1,98
13	Guyana	D-DB	9	0,85
14	India	BO-CoK	3	0,28
15	Jamaica	BJ	25	2,35
16	Java	POJ	4	0,38
17	Mauricio	M	2	0,19
18	México	Mex-LTMex-ZMex	63	5,93
19	Nueva Guinea	NG	1	0,09
20	Panamá	IVP-SR	7	0,66
21	Puerto Rico	PR	48	4,52
22	Rep. Dominicana	BR-BRD-CR-RD	19	1,79
23	Sudáfrica	Co-N-NCo	14	1,32
24	Sudán	KnB	1	0,09
25	Taiwan (Formosa)	F	4	0,38
26	Trinidad y Tobago	BT	17	1,60
27	USA	CL-CP-CPCL-Ho-HoCP-L- LCP-LHo -MER-TCP	399	37,57
28	Venezuela	V	5	0,47
	TOTAL	75	1.062	100

Los países con más Siglas involucradas son en su orden: Australia con 12 para un 16,0%; USA 10 (13,3%); Brasil y Cuba 5 (6,7%) cada uno y los siguientes países con 4 Siglas para un 5,5% c/u: Argentina, Guatemala y República Dominicana, respectivamente.

Al relacionar la cantidad de híbridos aportada por país se notan grandes diferencias, siendo por amplia diferencia los USA los que más clones incorporan al Banco con un total de 399 materiales que representan el 37,57% del total, seguida por Brasil 148 (13,94%); Barbados 122 (11,49%); México 63 (5,93%) y Puerto Rico 48 (4,52%), para sumar integralmente 780 biotipos y tener una representatividad del 73,45%.

En el Cuadro 6 se anotan y categorizan los clones por su interés, según continente de origen, lo cual deja nuevamente evidenciada la diversidad de biotipos existente en el Banco de Germoplasma nacional. La mayor cantidad de Siglas (50) correspondiente a un 66,7% proceden de Centros y Estaciones Experimentales ubicadas en el Continente Americano, aportando complementariamente la mayor cantidad de clones (999) para un 94,07%. A nivel de Continente, dos países (México, USA) aportan el 43,50% (462) de los clones lo que es muy significativo y revela la efectividad de sus programas de mejora genética.

Destaca el hecho de que pese a no ser una región con una tradición larga en materia de hibridación, Centroamérica representa el 6,12% (65) de los clones sembrados. Llama la atención el hecho de que Guatemala cuente con 4 Siglas de origen; así como también que otros países azucareros del Istmo como El Salvador, Nicaragua y Honduras aún no realicen hibridación con Siglas propias.

Cuadro 6.
Categorización de Clones Según Continente de Origen.

Continente	Siglas		Clones		
		N°	%	N°	%
África	Co- M-N-NCo-KnB	5	6,67	17	1,60
Asia	BO-CoK-F-PHILL-	4	5,33	8	0,75
Oceanía	NG-POJ- Q-WAYA-Otras	16	21,33	38	3,58
América		50	66,67	999	94,07
Norte	CL-CP-CPCL-Ho-HoCP-L- LCP-LHo -Mex- LTMex- MER-TCP-ZMex	13	17,33	462	43,50
Centro	BBZ-CG-CGCP-CGM-IVP-LAICA- PGM-SR	8	10,67	65	6,12
Caribe	B-BJ-BR-BRD-BT-C-CR-D-DB-Ja- ML-My-PR-RD-UCW	15	20,00	252	23,73
Sur	CB-CC-CCSP-CRP-CIMCA-FAM- IANE-MZC-NA-RA-RB-RBB-SP-TUC	14	18,67	220	20,72
TOTAL		75	100	1.062	100

Como expresaron con buen criterio ANGULO, DURÁN y CHAVES en el año 1999, al aseverar que *“Como se infiere de la información presentada, existe actualmente en el país una amplia diversidad de opciones y calidades genéticas, que introducen variabilidad y proveen amplias probabilidades de fabricar a futuro e identificar variedades de elevado valor productivo y comercial. La variabilidad genética constituye una necesidad en nuestras condiciones de cultivo, en virtud de la presencia y dominancia de factores cambiantes en nuestras zonas cañeras, las cuales poseen microclimas que obligan muchas veces al empleo de materiales genéticos muy particulares y apropiados para esos ambientes. La presencia de un piso Altitudinal para las plantaciones de caña que va de 0 a 1550 msnm, establece necesidades y limitantes de carácter edáfico, climático y de manejo, que deben superarse necesaria y preferencialmente por la vía genética, motivo por el cual la disponibilidad de un banco de germoplasma bien conformado resulta estratégico para los intereses nacionales.”*. El concepto es hoy transcurridos 13 años igualmente válido y aplicable, habiendo acrecentado significativamente la cantidad de opciones genéticas y con ello incrementando significativamente aún más la diversidad de biotipos existente en el Banco de Germoplasma.

Varios estudios como los anotados han demostrado la relación directa que existe entre los clones introducidos al país y los cultivados comercialmente por parte del sector productor, como resultado de las intensas pruebas de investigación, validación, adaptación y selección genética efectuadas por los programas nacionales de mejora varietal (CHAVES SOLERA 1995bf; 2006b; 2008a; 2010cd; 2012d; CHAVES y BERMUDEZ 2012).

Clones Nacionales

Costa Rica tiene la particularidad y privilegio que desde que se creó DIECA en el año 1982, se ha institucionalmente procurado implementar la estrategia de generar clones nacionales, para lo cual en principio el trabajo de mejora se realizó sobre la base de semilla donada del exterior. Indican CHAVES y BERMUDEZ (2012) al respecto que *“la tradicional política de importación de clones se complementó luego de 1982 con el trabajo con semilla sexual (fuzz) procedente de Brasil y México; la cual luego de 1998 se tecnificó llegando a consolidar la metodología y procedimiento para hibridar y generar nuestros propios clones. Es importante señalar que ambas vías de mejora genética operan complementaria y articuladamente sin llegar a competir o debilitarse entre ellas, sino más bien a integrarse y fortalecerse por un objetivo común que está muy bien articulado y armonizado.”*

Las variedades nacionales registradas y reconocidas internacionalmente por medio de la Sigla LAICA, basan la definición de los progenitores empleados en la hibridación de sus clones, en materiales genéticos procedentes del Banco de Germoplasma o a partir de clones comercialmente adecuados, virtud de sus destacados y sobresalientes propiedades y atributos agronómicos, fitosanitarios y de producción agroindustrial (CHAVES SOLERA 1995bde; 2008a; 2010c; DURÁN y OVIEDO 2006). Actualmente hay clones que van en franco ascenso en su uso comercial, entre los cuales se pueden citar los siguientes: LAICA 96-02, LAICA 01-604, LAICA 03-805, LAICA 04-261, LAICA 04-809, LAICA 04-825, LAICA 05-802 y LAICA 05-805, principalmente. Ya con anterioridad se habían utilizado otros materiales como LAICA 82-135, LAICA 82-1729, LAICA 85-653 y LAICA 87-601.



LAICA 04-261 en Turrialba



Variedades LAICA 03-805 y LAICA 04-825 en Zona Sur.

Variedades Comerciales

Esta más que demostrado que la variedad de caña resulta fundamental y determinante en la cantidad y calidad de la materia prima que se produzca y procese a nivel industrial, tal como lo demuestra CHAVES SOLERA (1995a; 2010ab). En el Cuadro 7 se anotan las Siglas de las 20 variedades de mayor uso comercial en el país, ubicándolas de acuerdo con su relevancia en los 7 Censos Cañeros Nacionales realizados en el periodo 1986 – 2010 (24 años).

Como se infiere, con el paso del tiempo, aún en periodos de tiempo relativamente muy cortos para un cultivo de naturaleza semi perenne, las variedades cambian radicalmente ratificando su vida comercial finita, la cual en el caso de Costa Rica, CHAVES y BERMUDEZ (2012) la establecen en una media de 15 años continuos, lo que equivale pragmáticamente a tres ciclos vegetativos comerciales de 5 años cada uno (caña planta + 4 socas). Esta realidad se da por causas muy diversas que van desde los *“gustos y preferencias del productor de caña”*, hasta factores ambientales, productivos, fitosanitarios y genéticos, entre otros, que CHAVES *et al* (1982, 1983, 1998) han dado en llamar *“Declinación Varietal”*.

La *“Declinación Varietal”* es ubicada en el contexto de los *“Síndromes”*, describiéndola como *“un proceso caracterizado por una lenta, progresiva y marcada reducción de los rendimientos agrícolas (TMC/ha), hasta el punto de volver antieconómico el cultivo y la permanencia de una variedad luego de acontecidos varios cortes o cosechas sucesivas”*. Esta característica resulta determinante en el empleo de un determinado clon como progenitor.



Cuadro 7.
Varietades de caña sembradas comercialmente en Costa Rica para la fabricación de azúcar.
Periodo 1986-2010.

N°	Varietades sembradas según año y porcentaje de siembra													
	1986	%	1994	%	1998	%	2000	%	2003	%	2007	%	2010	%
1	PINDAR	17,64	NCo310	12,12	SP70-1284	22,56	SP70-1284	17,06	CP72-2086	13,23	NA56-42	17,22	NA56-42	13,34
2	NCo310	17,38	Q96	11,67	Q96	9,73	CP72-2086	11,91	CP72-1210	12,65	CP72-1210	13,46	CP72-1210	11,69
3	B47-44	10,76	SP70-1284	10,97	SP71-5574	7,35	SP71-5574	8,84	NA56-42	11,24	CP72-2086	10,59	CP72-2086	11,67
4	NCo376	9,52	SP71-5574	8,89	PINDAR	6,02	CP72-1210	7,78	SP70-1284	9,14	B80-689	8,70	Mex79-431	6,14
5	Q68	7,20	PINDAR	6,76	CP72-2086	5,95	Q96	7,46	B80-689	8,79	SP71-5574	6,11	B82-333	5,88
6	SP70-1284	6,74	NCo376	4,59	NA56-42	5,80	NA56-42	6,75	SP71-5574	6,90	SP79-2233	4,58	Q96	5,45
7	H57-5174	5,17	NA56-42	4,56	NCo310	5,36	PINDAR	6,41	Q96	4,68	Q96	3,85	SP70-1284	5,14
8	H44-3098	4,62	CP72-2086	3,51	CP72-1210	4,12	NCo310	4,16	SP79-2233	4,59	SP70-1284	3,59	B80-689	4,06
9	Co421	3,75	SP70-1143	3,23	NCo376	4,01	SP71-6180	3,77	NCo376	2,85	B76-259	2,83	SP81-2068	2,99
10	Q88	3,46	CP72-1210	2,82	SP71-6180	3,70	NCo376	3,43	PINDAR	2,82	B82-333	2,82	SP71-5574	2,84
11	Q75	2,93	BT65-152	2,56	H61-1721	2,68	B74-132	2,47	NCo310	2,53	H77-4643	2,21	SP81-3250	2,75
12	POJ2878	1,67	Ja60-5	2,54	SABORIANA	2,00	B80-689	2,22	H77-4643	1,96	NCo376	2,02	H77-4643	2,63
13	Q96	1,66	SABORIANA	2,37	B74-132	1,96	SABORIANA	1,60	SABORIANA	1,95	PINDAR	1,97	SP79-2233	2,42
14	B50-135	1,47	B47-44	2,27	Ja60-5	1,47	Ja60-5	1,44	B74-132	1,93	SABORIANA	1,92	B76-259	2,32
15	H32-8560	1,44	H60-8521	1,58	SP70-1143	1,43	B76-259	1,32	B76-259	1,79	B77-95	1,73	NCo376	1,84
17	B50-377	1,42	B74-132	1,43	BT65-152	1,15	SP70-1143	1,16	RB73-9735	1,36	SP81-3250	1,56	B77-95	1,73
18	CR61-01	0,72	CP72-1312	1,19	B76-259	1,14	RB73-9735	1,04	B77-95	1,23	SP82-1176	1,36	Q132	1,47
19	B60-267	0,65	H71-4441	0,97	CP72-1312	0,90	H77-4643	0,98	H61-1721	0,93	RB73-9735	1,25	SABORIANA	1,23
20	Mex58-1230	0,59	H68-1158	0,95	H60-8521	0,89	H61-1721	0,97	B82-333	0,71	CP80-1743	1,11	LAICA03-805	0,99
Ar	33.628,1	98,79	44.485,1	84,98	36.059,5	88,22	45.696,4	90,77	43.892,6	91,29	53.503,0	88,88	53.030,2	86,58
Var	35		81		79		75		92		95		116	

Ar = Área (has) total muestreada por censo según año. Var = Número de variedades identificadas y consideradas según año.

Fuente: CHAVES (2010d); CHAVES y BERMUDEZ (2012).

En el Cuadro 8 se reporta la misma información anterior pero ubicando en este caso las tres mejores variedades comerciales por región productora de caña. Aquí resulta más fácil dimensionar la magnitud de las grandes diferencias que hay entre localidades productoras en relación con los biotipos de planta sembrada ante los entornos desiguales, y que justifica plenamente la realización de un especializado trabajo de mejoramiento genético.



Cuadro 8.

Variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica por región productora. Periodo 1986-2010.

Región	Variedades sembradas según año y porcentaje de siembra													
	1986	%	1994	%	1998	%	2000	%	2003	%	2007	%	2010	%
Guanacaste	NCo310	35,54	NCo310	27,06	SP70-1284	22,90	CP72-2086	20,46	CP72-2086	21,71	NA56-42	31,11	NA56-42	22,95
	NCo376	18,75	SP70-1284	10,47	CP72-2086	10,87	SP70-1284	17,23	NA56-42	19,67	CP72-2086	17,59	CP72-2086	18,77
	SP70-1284	11,53	NCo376	10,11	NA56-42	10,82	NA56-42	12,22	B80-689	13,66	B80-689	15,03	CP72-1210	12,71
%		65,82		47,64		44,59		49,91		55,04		63,73		54,43
Pacífico Central	---	--	SP70-1284	44,71	SP70-1284	64,86	SP70-1284	48,69	CP72-1210	41,00	CP72-1210	56,51	CP72-1210	45,07
	---	--	Q96	20,55	SP71-5574	10,15	CP72-1210	13,84	SP70-1284	20,12	SP81-3250	7,88	B82-333	16,74
	---	--	BT65-152	16,85	Q96	8,07	SP71-5574	10,77	B74-132	8,96	CP80-1743	7,27	SP81-3250	16,45
%		--		82,11		83,08		73,30		70,08		71,66		78,26
Valle Central	B47-44	23,51	Q96	24,06	SP71-5574	34,93	SP71-5574	28,20	RB73-9735	8,68	Q96	17,28	Mex79-431	28,24
	Co421	17,00	SP71-5574	19,52	Q96	22,89	Q96	18,98	Q96	7,78	RB73-9735	16,87	Q96	15,58
	H57-5174	14,49	B47-44	7,99	SP70-1143	8,71	RB73-9735	10,35	SP71-5574	3,42	SP79-2233	11,44	RB73-9735	10,08
%		55,00		51,57		66,53		57,53		19,88		45,59		53,90
Zona Norte	PINDAR	79,28	PINDAR	31,55	PINDAR	30,87	PINDAR	40,41	PINDAR	23,43	Q96	15,75	SP79-2233	15,32
	B47-44	8,91	Q96	18,49	Q96	14,83	Q96	12,92	Q96	20,74	SP79-2233	14,12	Q132	12,93
	B50-377	3,03	SABORIANA	17,94	SABORIANA	12,86	SABORIANA	12,01	SABORIANA	20,27	SABORIANA	13,89	SABORIANA	10,84
%		91,22		67,98		58,56		65,34		64,44		43,76		39,09
Zona Atlántica	B47-44	23,26	Q96	19,78	H61-1721	26,63	Q96	17,59	H77-4643	23,38	H77-4643	30,29	H77-4643	39,56
	H44-3098	19,18	H60-8521	15,95	Q96	21,13	B76-259	12,43	B77-95	15,83	B77-95	21,82	B76-259	23,96
	PINDAR	16,98	PINDAR	15,27	PINDAR	11,16	H77-4643	12,19	B76-259	14,26	B76-259	21,13	B77-95	21,63
%		59,42		51,00		58,92		42,21		53,47		73,24		85,15
Zona Sur	B47-44	31,99	SP71-5574	89,24	SP71-5574	96,24	SP71-5574	96,28	SP71-5574	95,68	SP71-5574	96,89	Q96	35,60
	PINDAR	30,64	PINDAR	3,13	Q96	1,59	Q96	2,07	CP87-1248	3,16	CP87-1248	1,56	SP71-5574	28,52
	Q68	17,18	B47-44	2,82	Mex68-P-23	0,90	Mex68-P-23	0,53	Q96	0,91	Q96	1,47	B89-1351	10,92
%		79,81		95,19		98,73		98,88		99,75		99,92		75,04

Los porcentajes se refieren al total de área (has) representado por la variedad dentro de cada zona productora.

Fuente: CHAVES (2010d); CHAVES y BERMEDEZ (2012).

Conclusión

Buena parte del éxito productivo y financiero de la empresa azucarera está sin lugar a dudas sustentado en la capacidad productiva real, no apenas potencial, de la variedad de caña que se tenga sembrada, lo cual pone en perspectiva la imperiosa necesidad de disponer siempre los mejores materiales genéticos.

Para ello, el hecho de contar con un programa efectivo y bien estructurado de mejora varietal resulta trascendental, y constituye, la mejor vía de lograr fabricar biotipos adaptables a las condiciones particulares de producción del país y la región, y no solo identificar los clones más sobresalientes. Así también, permite trabajar de alguna manera por procurar alcanzar un nivel importante de autosuficiencia futura en esta materia, lo que constituye un activo muy valioso en un mundo globalizado donde los recursos genéticos adquieren una importancia competitiva estratégica.

Para que la mejora genética sea viable, sostenible y efectiva, resulta ineludible la necesidad de contar con un banco de genes amplio y bien diversificado en materiales y biotipos, a partir del cual poder disponer del insumo necesario para realizar una gestión técnica direccionada de cruzamiento e hibridación. Es definitivo que el contar con un Banco de Germoplasma potencialmente rico en biodiversidad genética, asegura en alto grado, la probabilidad de fabricar y seleccionar a futuro variedades sobresalientes productivamente hablando.

Recomendaciones

Con base en lo comentado y proyectando un mejoramiento hacia futuro resultan válidas las siguientes sugerencias y consideraciones:

- a) Virtud del alto valor técnico y patrimonial que tiene para los trabajos de mejora genética que se realicen a futuro en el país, es trascendental se le preste toda la prioridad y atención necesaria al Banco Nacional de Germoplasma, para lo cual resulta estratégico trazar un plan de trabajo en torno al mismo.
- b) Debe revisarse de manera muy objetiva la función y el aprovechamiento que se le da actualmente al Banco, definiendo, ajustando o readecuando según sea el caso, las líneas operativas que se van a trabajar a futuro. Debe tenerse muy claro ¿Qué se tiene? y ¿Qué se desea obtener? Evitar que simplemente se convierta en un “*museo de clones de caña*”.
- c) Resulta necesario por razones prudenciales y de minimizar el riesgo implícito por posibles pérdidas causadas por circunstancias naturales o de otro tipo, establecer de inmediato una réplica del Banco en otra localidad estratégicamente ubicada, siguiendo el mismo orden de ubicación y manejo de la plantación.
- d) Es necesario incorporar los materiales genéticos de origen hawaiano Sigla H y otros vinculados, pues también forman parte del patrimonio genético nacional. Para ello, podría ubicarse otra área en una localidad apropiada a su adaptación y crecimiento.
- e) Es necesario realizar un estudio inicial de caracterización botánica, reacción fitopatológica y características agrobotánicas, tanto en ciclo planta como retoño, de todos los clones sembrados actualmente en el Banco de Germoplasma. De ser viable, sería muy importante y valioso proceder también a futuro, con la medición de caracteres bioquímicos y citogenéticos de los clones.
- f) Resulta más que científicamente interesante necesario, que se introduzcan al país e incorporen al Banco de Germoplasma, formas del género *Saccharum* y también géneros afines, que puedan ser empleadas en el trabajo de mejora genética futura.

- g) Es importante que para el manejo de la plantación se extremen las medidas de fitosanidad, procediendo durante la cosecha a la desinfección de los instrumentos de corte al pasar de un clon a otro, de manera que se evite el traslado de enfermedades por esta vía. Debe evitarse cualquier fuente potencial de contaminación genética. Asimismo, se debe eliminar la quema de la plantación para su corta.
- h) Debe eliminarse de hecho la quema como práctica de manejo de la plantación durante su cosecha.
- i) Por su avanzada edad, prolongación de uso de la plantación y desgaste vegetativo, es necesario e imperativo que se renueve la plantación del banco en su totalidad de inmediato.

Literatura Consultada

- 1) ANGULO, A.; DURÁN, J.R.; CHAVES, M. 1999. **Composición genética del Banco de Germoplasma de caña de azúcar de Costa Rica.** *En:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos.* San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 233-234. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 73-74. *También en:* Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 14-15. *Disponible en:* <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 2) BERMÚDEZ ACUÑA, L.A.; CHAVES SOLERA, M.A. 2012a. **Resultado agroindustrial de la zafra 2011-2012.** Guanacaste, Costa Rica. Presentación Electrónica en Power Point. 160 Láminas, agosto 2012. *Disponible en:* <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>
- 3) BERMÚDEZ ACUÑA, L.A.; CHAVES SOLERA, M.A. 2012b. **Comentarios resultados finales de la zafra 2011-2012.** *En:* Boletín Informativo "Conexión", Número 6, Enero-Agosto 2012, LAICA, San José, Costa Rica. p:1-17. *Disponible en:* <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>
- 4) CHAVES SOLERA, M.A. 1995a. **Características de la variedad ideal de caña para la producción de azúcar en Costa Rica.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 293-306. *Disponible en:* <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 5) CHAVES SOLERA, M.A. 1995b. **Varietades de caña de azúcar de uso comercial en Costa Rica: una sinopsis histórica.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 307-323. *Disponible en:* <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 6) CHAVES SOLERA, M.A. 1995c. **Evolución varietal en Costa Rica: oportunidad, empirismo o tecnicismo.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 334-346. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 7) CHAVES SOLERA, M.A. 1995d. **Obtención de variedades comerciales de caña de azúcar a partir de semilla sexual: un logro de la tecnología costarricense.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p:347-354. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 8) CHAVES SOLERA, M.A. 1995e. **Progenitores de la semilla de caña utilizada por el Programa de Mejoramiento Genético vía sexual desarrollado por DIECA.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 355-363. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 9) CHAVES SOLERA, M.A. 1995f. **Utilización de opciones genéticas recomendables para el cultivo comercial de la caña de azúcar: un negocio rentable.** *En:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 364-368. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 10) CHAVES SOLERA, M. 2006a. **Producción de azúcar en Costa Rica.** *En:* Revista Agricultura y Ganadería de Centroamérica, N° 1. San José, Costa Rica. p: 54-57. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>

- 11) CHAVES SOLERA, M. 2006b. **Importancia de las variedades de caña de azúcar como factor de productividad y competitividad agroindustrial.** *En:* Revista de Agricultura y Ganadería de Centroamérica (Costa Rica), 1er Aniversario. San José. p: 58-60. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>

- 12) CHAVES SOLERA, M. 2006c. **Importación de variedades de caña de azúcar a Costa Rica por parte de DIECA. Periodo 1982-2006.** *En:* Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo II. p: 566-574.

- 13) CHAVES SOLERA, M. 2008a. **Selección de híbridos promisorios en caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. 5 p.

- 14) CHAVES SOLERA, M. 2008b. **Variabilidad productiva agroindustrial en el sector azucarero costarricense: un análisis estadístico de antecedentes.** *En:* Seminario "Estimación y Proyección Productiva en la Agroindustria Azucarera", San José, Costa Rica. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), LAICA y Colegio de Ingenieros Agrónomos, 9 de octubre del 2008. 94 p. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/otros>. También en Presentación Electrónica en Power Point. 139 Láminas. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>

- 15) CHAVES SOLERA, M. 2008c. **Reducción productiva zafra 2007-2008: un análisis y valoración de impacto y posibles causas.** Miramar, Puntarenas, Costa Rica, junio. Presentación Electrónica en Power Point. 86 Láminas. Disponible en:
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>

- 16) CHAVES SOLERA, M. 2010a. **Materia prima y calidad de azúcar.** *En:* Boletín Informativo “Conexión”, Número 3, Octubre 2010-Diciembre 2010, LAICA, San José, Costa Rica. p:2-3. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/boletineslaica/boletinesconexion>
- 17) CHAVES SOLERA, M. 2010b. **Materia prima (caña) y su impacto sobre la calidad técnica del azúcar.** Grecia, Alajuela, Costa Rica, agosto. Presentación Electrónica en Power Point. 70 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/otros>
- 18) CHAVES SOLERA, M. 2010c. **Dinámica y evolución del cambio de variedades de caña de azúcar en Costa Rica.** Grecia, Alajuela, Costa Rica, setiembre. Presentación Electrónica en Power Point. 115 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 19) CHAVES SOLERA, M. 2010d. **Desarrollo tecnológico de la caña de azúcar en Costa Rica.** Grecia, Alajuela, Costa Rica, setiembre. Presentación Electrónica en Power Point. 150 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/otros>
- 20) CHAVES SOLERA, M. 2011. **Impacto de las lluvias y las inundaciones sobre la caña de azúcar en Costa Rica.** LAICA-DIECA, San José, Costa Rica, setiembre. 14 p. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/boletineslaica/otros>
- 21) CHAVES SOLERA, M. 2012a. **Comparativo de la fertilización aplicada a las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica.** *En:* Congreso Tecnológico DIECA 2012, 5, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 5, 6 y 7 de setiembre del 2012. 30 p. Presentación Electrónica en Power Point. 23 Láminas. Disponibles en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/nutricionyfertilizacion>
- 22) CHAVES SOLERA, M. 2012b. **Resultado final Zafra 2011-2012.** Guanacaste, Costa Rica, agosto. Presentación Electrónica en Power Point. 160 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>
- 23) CHAVES SOLERA, M. 2012c. **Panorama de la agricultura hoy.** Guanacaste, Costa Rica, agosto. Presentación Electrónica en Power Point. 76 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>
- 24) CHAVES SOLERA, M. 2012d. **Dinámica de las variedades comerciales de caña de azúcar en Costa Rica: análisis por sigla de origen. Periodo 1986-2010.** *En:* Congreso Azucarero Nacional ATACORI “Alex Soto Montenegro”, 19, Condovac La Costa, Guanacaste, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 4 y 5 de octubre del 2012. Presentación Electrónica en Power Point. 62 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 25) CHAVES SOLERA, M. 2012e. **Sector azucarero costarricense: una agroindustria dinámica en activa evolución y crecimiento.** *En:* Congreso Azucarero Nacional ATACORI “Alex Soto Montenegro”, 19, Condovac La Costa, Guanacaste, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 4 y 5 de octubre del 2012. Presentación Electrónica en Power Point. 115 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>
- 26) CHAVES SOLERA, M. 2012f. **Rentabilidad de la agroindustria azucarera costarricense: estudio de casos.** San José, Costa Rica, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 85 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/generalidadesindustriaazucarera>

- 27) CHAVES SOLERA, M.; BERMÚDEZ LORIA, A.Z. 2012. **Dinámica de cultivo comercial de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica: análisis histórico.** *En:* Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC), 8, y Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), 9, Santiago de Cali, Colombia, 2012. Memorias. Cali, Colombia, ATALAC/TECNICAÑA, setiembre 12 al 14, Centro de Eventos Valle del Pacífico. Tomo I Campo. p: 151-169. Presentación Electrónica en Power Point. 14 Láminas. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 28) CHAVES S., M.A.; ARIAS V., J. E.; CORRALES, J. L. 1982. **Rendimiento y calidad de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cultivadas en altura.** *En:* Congreso Agronómico Nacional, 5, San José, Costa Rica, 1982. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 156-157. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 29) CHAVES SOLERA, M.A.; CORRALES, J.L.; ARIAS, J.E. 1983. **Comportamiento de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), respecto al rendimiento y la madurez.** *En:* Revista Azucarera ATACA (Costa Rica) Año 4, N° 2, San José, setiembre. p: 55-65. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/dieca/mejoramientogenetico>
- 30) CHAVES SOLERA, M.; CALDERÓN A., G.; ANGULO M., A.; BARRANTES M., J.C.; RODRÍGUEZ R., M.; ALFARO P., R.; CHAVARRÍA S., E.; RODRÍGUEZ F., J.M. 1998. **Estimación del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica y determinación del índice de rendimiento agrícola, según región y rango de entrega de materia prima al ingenio.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 189 p.
- 31) DURÁN ALFARO, J.R.; OVIEDO ALFARO, M. 2006. **Experiencias y resultados obtenidos con los cruzamientos genéticos y la búsqueda de nuevas variedades de caña de azúcar de la Serie LAICA en Costa Rica.** *En:* Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo II. p: 575-585.
- 32) ESQUIVEL R., E.A. 1982. **Nomenclatura usada en las variedades de caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 42 p.
- 33) MINISTERIO DEL AZÚCAR. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE LA CAÑA DE AZÚCAR. 2002. **Normas y procedimientos del mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba.** Jorge S, H.; González H., R.; Casas G., M.A.; Jorge G., I. Editores. La Habana, Cuba. MINAZ-INICA. 315 p.
- 34) ROSSI MACHADO Jr., G. 2001. **SUGARCANE VARIETY NOTES “an international directory” 7th REVISION.** Piracicaba, Brasil: O editor. February. 132 p.
- 35) Wikipedia. La enciclopedia Libre. 2012. [wikipedia.org/wiki/Germoplasma](http://es.wikipedia.org/wiki/Germoplasma). Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_de_germoplasma