

**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS**

**José Martí Pérez**

**Facultad de Ingeniería**

**Carrera: Ingeniería de Procesos Agroindustriales**

**Filial Universitaria Municipal Cabaiguán**



**Trabajo de Diploma**

**Título:** Perfeccionamiento de la tecnología de solución para el manejo de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Centro Nacional de Hibridación.

**Autor:** Téc. Marlene Quintanilla Opizo.

**Tutor:** Ing. Víctor Manuel Caraballosa Torrecilla, Dr.

**Curso 2011 – 2012**

## **RESUMEN**

La obtención de nuevos cultivares más eficientes y productivos sustentan la industria azucarera cubana a través de programas de mejoramiento genético, para ello se necesita hacer un uso más amplio de la variabilidad genética, lo que se logra con la técnica de solución, pero su baja producción de posturas la ha limitado, reduciéndose las probabilidades de obtención de nuevos cultivares. El trabajo se realizó con el objetivo de perfeccionar la Tecnología de Solución y hacer más eficientes los cruzamientos de caña de azúcar en Cuba. El estudio se efectuó entre los años 2001 y 2011. Se partió de la comparación de la solución nutritiva cubana con la usada en otros países, la inclusión de un margullo al tallo femenino antes de montar el cruce y otras variantes que incrementarán la producción de posturas. Para todos estos experimentos se utilizaron progenitores de uso frecuente en el mejoramiento del cultivo, los que fueron replicados para poder ser comparados con un análisis de varianza. Se concluyó que la solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba, lográndose aumentar la producción de posturas en cruces montados en solución. La nueva tecnología de solución, al ser modificada con el uso de un margullo logró resultados superiores a la empleada anteriormente. Las nuevas variantes utilizadas, para cruces de baja producción de posturas, logró que con la sustitución en la solución nutritiva, la frecuencia de mantenimiento y el riego al margullo incrementaran la cantidad de posturas.

## **SUMMARY**

The obtaining gives new and more efficient and productive cultivations they sustain the Cuban sugar industry through genetic improvement programs, for it is needed to make it a more sufficient use to the genetic variability, what is achieved with the solution technique, but its low capacity limited postures production, decreasing the probabilities gives obtaining new cultivations. The work objective it's to perfect the Solution Technology and make more efficient the sugar cane crossings in Cuba. The study was made among the years 2001 and 2011. The comparison the Cuban nutritious solution and the used in other countries, the inclusion gives a margullo to the feminine shaft before mounting the crossing and other variants that will increase the postures production. For all these experiments were used frequent progenitors use in the improvement the cultivation, those that were replied to be able to be compared with an variance analysis. Concluded that the nutritious solution managed in Australia was better than the used in Cuba, obtaining a increase in the postures production in mounted crossings in solution. The new solution technology, was modified with the use a margullo it achieved superior results previously to the used. The new used variants, for crossings give low postures capacity, it achieved that with the substitution in the nutritious solution, the frequency gives maintenance and the watering to the margullo they increased the postures quantity.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
Introducción .....	1
Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación.....	6
1.1. Caña de azúcar.....	6
1.2. Mejoramiento genético en Cuba .....	7
1.3. Base genética de la caña de azúcar .....	8
1.4. Sistema de reproducción de la caña de azúcar .....	11
1.5. La hibridación como forma de mejoramiento .....	12
1.6. Sistemas de cruzamientos .....	12
1.7. Metodología de manejo de las soluciones en Cuba.....	18
1.8. Bioestimulantes.....	20
Capítulo II. MATERIALES Y METODOS .....	22
2.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países .....	22
2.1.1. Cálculo de las concentraciones .....	22
2.1.2. Comparación de las concentraciones .....	23
2.1.3. Comparación de la producción de posturas.....	25
2.2. Modificaciones en la tecnología de solución empleada en cruzamientos de caña de azúcar en Cuba.....	25
2.3. Nuevas variantes de manejo para cruces de baja producción de posturas en la técnica propuesta.....	25
2.3.1. Modificaciones en la solución nutritiva .....	26
2.3.2. Modificaciones en la solución preservativa .....	26
2.3.4. Modificaciones en el agua.....	27
2.3.5. Modificaciones en las frecuencias del mantenimiento de las soluciones....	27
2.3.6. Modificaciones en el riego del margullo .....	27
2.4. Procedimiento estadístico utilizado .....	27
Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
3.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países .....	28

3.2. Modificación de la tecnología de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba.....	30
3.3. Nuevas variantes de manejo para cruces de baja producción de posturas en la técnica propuesta.....	32
3.3.2. Modificaciones en la solución preservativa .....	34
CONCLUSIONES .....	40
RECOMENDACIÓN.....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	42

## **Introducción**

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es una de las plantas de más alto rendimiento en biomasa por área y unidad de tiempo, produce además del azúcar, una parte de sus necesidades de fertilizante, la energía necesaria para su elaboración industrial y es materia prima de alrededor de un centenar de productos derivados de diferentes generaciones (Cuéllar y col., 2003).

En los momentos actuales; la industria azucarera cubana mantiene un peso importante en la economía, a pesar de la oscilación de los precios del azúcar en los mercados internacionales a causa de la crisis económica global que enfrenta el mundo. Ésta y otras razones han propiciado un profundo proceso de reestructuración dentro del Ministerio del Azúcar, que se inició desde el año 2002, cuyo objetivo central es la eficiencia económica, sobre la base de: elevación de los rendimientos de campo (igual o superior a 50,5 t caña.ha<sup>-1</sup>) en el 2010, mejorar la calidad de la materia prima mediante una correcta política varietal y organización de la cosecha, así como la disminución de los costos para alcanzar una mayor rentabilidad (Santana y col., 2007).

Las metas propuestas, están sustentadas en la obtención de nuevos cultivares más eficientes y productivos a través de programas de mejoramiento genético, basados en las mejores experiencias del mundo cañero, sobre el criterio de que éstos pueden ser responsables de al menos un 50% de los incrementos de producción agrícola y de azúcar (Bernal y col., 1997). Para ello, se necesita hacer uso de una más amplia variabilidad genética, que en el banco de germoplasma de Cuba es suficiente, pero con un nivel de explotación muy bajo, principalmente de las formas originales y géneros afines (Pérez, 2009).

Los trabajos de mejoramiento en Cuba se iniciaron en 1905 por el señor R.H. Grey en el jardín botánico de la actual provincia Cienfuegos, perteneciente en aquel entonces a la Universidad de Harvard, en el antiguo Central Soledad. A estos le

siguieron en 1943 los desarrollados por la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, actual Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT) y a partir de 1947 pasaron para la Estación Experimental de Jovellanos (Pérez y col., 1997).

Posteriormente y casi de manera paralela, se sumaron en 1948 el entonces central Jaronú, en Camagüey y en 1952 el antiguo Central "Preston" en Holguín, este último bajo la dirección de la *United Fruit Sugar Co.*, que se dieron a la tarea de obtener nuevos cultivares adaptados a las zonas edafoclimáticas donde se localizaban las propiedades de las compañías azucareras que operaban en el nordeste de la región oriental de Cuba.

En 1964 se unificaron todos los trabajos que hasta entonces se habían desarrollado en el país, a la vez se creaba el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), el que se fue ampliando hasta finales de la década del 90, a partir de la cual inicia un proceso de perfeccionamiento, que incluyó una reorientación de su trabajo.

A pesar de que el INICA mantiene entre sus objetivos principales la obtención y selección de nuevos cultivares de caña de azúcar, fue necesario reducir el número de colecciones de Germoplasma de cuatro (Habana, Matanzas, Camagüey y Holguín) a tres (Matanzas, Sancti Spíritus y Holguín) y el número de Centros de Hibridación, de cinco (Habana, Matanzas, Sancti Spíritus, Camagüey y Holguín) a uno (Sancti Spíritus).

Para lograr una máxima floración como la que se necesita para los programas de mejora, el cultivo de la caña debe tener un abastecimiento adecuado de nutrientes. También para lograr el buen desarrollo de los margullos que se utilizan en los cruzamientos, el suelo utilizado debe estar bien fertilizado.

Especial atención debe prestársele al manejo del nitrógeno, ya que este elemento juega un importante papel en el cambio del estado de la fase desarrollo vegetativo a la reproductiva, por lo que si este no se suprime en determinado período la caña de azúcar continúa su crecimiento y no florece (Clements y Awada, 1967; Stevenson, 1965; Gosnell, 1973; Nuss 1977; Allam y col., 1978). Pero el nitrógeno juega un rol importante en la formación de la semilla, por tanto una buena opción sería interrumpir su uso en el período inductivo y continuar su uso al formarse la flor (LaBorde, 2007).

En Java fue encontrado a inicios del siglo XX que cañas florecidas cortadas y mantenidas en agua podían abrir sus flores y dejar caer polen más o menos normalmente por uno o dos días, según las condiciones ambientales, esto fue utilizado con progenitores masculinos en cruces de caña de azúcar (Stevenson, 1965).

En Hawái se amplió el tiempo haciendo cortes diarios y cambiando el agua, esto creó la teoría del bloqueo de los vasos conductores por la acción de las bacterias, esto hizo que se estudiaran cientos de sustancias de acción bacteriana (Verret 1925), este experimento mostró que las cañas cortadas y mantenidas en una solución diluida de ácido sulfuroso produjo semilla viable, lo cual creó la base para un sistema donde pueden ser mantenido ambos progenitores en solución.

Este método, aunque altamente exitoso en Hawái ha planteado problemas en todas partes, las variedades exhiben diferencias considerables en su tolerancia, en la India la solución se volvió rápidamente tóxica, en Barbados sólo fue efectiva con el empleo de agua lluvia, en Luisiana el alto contenido de Sodio en el agua redujo su efectividad y en Mauricio y África del Sur el método fue insatisfactorio (Heinz y Tew, 1987).

En Cuba la solución empleada era la que aparece en las normas y procedimientos del mejoramiento Genético (Jorge y col., 2011), la cual fue utilizada principalmente

para los tallos masculinos, pero con la construcción de la casa de cruzamientos en Holguín se empleó a gran escala en tallos femeninos desnudos, donde sufrió pocas modificaciones.

Esta tecnología, muy valiosa por la alta variabilidad genética que aporta, al incrementar el número de progenitores y cruzamientos, se incorpora al Centro Nacional de Hibridación de Sancti Spíritus en 1998, y se utiliza durante cuatro campañas sucesivas, con baja producción de posturas.

### **Problema científico**

La baja producción de posturas en cruzamientos de caña de azúcar, montados en solución, limita el uso de esta tecnología en el Centro Nacional de Hibridación, al no poder explotar la variabilidad genética que aportan los progenitores, se reducen las probabilidades de obtención de nuevos cultivares.

### **Objetivo general**

Perfeccionar la tecnología de solución, para hacer más eficiente los cruzamientos de caña de azúcar, que permita aprovechar sus bondades a partir del aumento de la producción de posturas.

### **Objetivos específicos**

1. Comparar la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países.
2. Modificar la tecnología de solución empleada en cruzamientos de caña de azúcar en Cuba.
3. Proponer nuevas variantes de manejo para cruces de baja producción de posturas en la técnica propuesta.

**Hipótesis:** Si la puesta en práctica de nuevas variantes incrementa la producción de posturas de los cruzamientos de caña de azúcar, con tallos mantenidos en solución, permitirá al programa de mejoramiento genético, incrementar la explotación de la variabilidad genética y la probabilidad de obtener nuevos cultivares en Cuba.

## Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación

### 1.1. Caña de azúcar

La caña de azúcar, desde los albores de nuestra nación, ha estado estrechamente ligada a nuestra economía. Esta exuberante planta, a pesar de no ser indígena de Cuba, encontró en nuestra isla un hábitat idóneo para su establecimiento y desarrollo (Martín y col., 1987).

La industria azucarera en Cuba ha sufrido un proceso de redimensionamiento, descapitalización y profunda depresión, donde se mantiene como telón de fondo la baja producción y rendimientos en el cultivo, a pesar de que datos conservadores de la evaluación de las tierras dedicadas a este cultivo, muestran que es posible producir en condiciones de secano, más de seis y medio millones (6,5 MM) de toneladas de azúcar en aproximadamente un millón de hectáreas (1MM ha), de las tierras aptas. De su recuperación, y el logro de una estabilidad necesaria, depende en mucho el futuro de grandes extensiones de tierras dedicadas al cultivo, evitando la aplicación de políticas pasadas que reforzaban el monocultivo y la alta dependencia de insumos.

En la actualidad se acepta como clasificación taxonómica de la caña de azúcar:

Reino: *Eukaryota*

Subreino: *Cormobionta*

División: *Magnoliophytina*

Clase: *Liliatae*

Orden: *Poale*

Familia: *Poaceae*

Tribu: *Andropogonoidea*

Subtribu: *Saccharininae*

Género: *Saccharum*

Especies: *S. officinarum* L.

*S. spontaneum* L.

*S. robustum* Brandes & Jesw.

*S. barberi* Jesw.

*S. sinensis* Roxb.

De estas especies la *S. officinarum* es la que produce azúcar y era la que se cultivaba en el siglo XVIII, pues hasta la década de 1880 se suponía que la caña de azúcar era estéril, ya que los únicos clones cultivados en el hemisferio occidental, la “Criolla” y la “Borbón”, eran androestériles. El descubrimiento de su fertilidad se efectuó simultáneamente en Java y Barbados en 1888, lo cual permitió que se emprendiera con rapidez la organización del trabajo de cruzamientos en ambos países con vista a contrarrestar la incidencia de enfermedades (Stevenson, 1965).

Los primeros trabajos de mejora consistieron en la recopilación de panículas fecundadas libremente, pero muy pronto se tuvo en cuenta la necesidad de buscar un mejor control de los cruzamientos. En Java comenzaron a emplearse como progenitores femeninos, clones que producían poco o ningún grano de polen, situándolas en forma de tableros de ajedrez junto a otros seleccionados por la alta fertilidad del polen. Posteriormente, comenzaron a controlarse los cruzamientos mediante linternas de cristal o bolsos de tela, para proteger los progenitores femeninos del polen extraño y diariamente se espolvoreaba el polen del masculino

En la década de 1920 las investigaciones se centraron en lograr conservar vivos los tallos cortados. Un éxito importante se logró al mantenerlos en perfecto estado en una solución diluida de ácido sulfuroso (Stevenson, 1965); a partir de aquí se inician los trabajos para perfeccionar la tecnología de cruzamientos, que incluyó casas de fotoperíodo, de cruzamientos e invernaderos.

## **1.2. Mejoramiento genético en Cuba**

En la actualidad este instituto tiene una red de estaciones provinciales que abarca todo el país y entre sus logros está que el 85 % de los cultivares que se explotan

en Cuba han sido obtenidas a través del programa de mejora cubano (MINAZ-INICA, 2009), lo que ha permitido mantener un trabajo ininterrumpido y de esta forma disminuir la incidencia de plagas, problema que ha causado grandes pérdidas agrícolas en determinadas épocas y países (Tew, 2003), para lo cual Cuba ejecuta varios proyectos de investigación, tales como:

- ✓ Programa comercial de obtención de nuevos cultivares de caña de azúcar adaptado a las principales regiones agroclimáticas del país.
- ✓ Obtención de genotipos resistentes a las principales enfermedades del cultivo (roya, carbón, escaldadura, raquitismo de los retoños y síndrome de amarillamiento foliar).
- ✓ Ampliación y explotación de los recursos genéticos de la caña de azúcar en Cuba.
- ✓ Obtención de cultivares de caña de azúcar de alto contenido azucarero y maduración temprana.
- ✓ Obtención de nuevos cultivares de caña de azúcar tolerantes a condiciones de estrés ambiental (mal drenaje y sequía).

La evolución y situación actual del programa de mejoramiento genético es producto de la continuidad de los trabajos y los resultados de Bernal y col. (1997); Pérez y col. (1997); Caraballosa y col. (2000); Jorge y col. (2003); Jorge y col. (2004); Jorge y col. (2007); Jorge y col. (2010).

### **1.3. Base genética de la caña de azúcar**

El “complejo *Saccharum*” lo integran los géneros *Saccharum*, *Erianthus*, *Narenga*, *Sclerostachya*, *Miscanthus*, *Imperata*, *Eccoilopus*, *Eriochrysis* y *Spodiopogon*; los primeros cinco han sido los más relacionados con la evolución de la caña de azúcar (Alexander, 1973).

A muchos factores pueden atribuirse las ganancias por selección obtenida en los programas de mejoramiento de la caña de azúcar; sin embargo, es de extrema

importancia el manejo y utilización del germoplasma y su composición juega un rol primordial (Prada, 1998).

La caña de azúcar tiene el genoma más complejo dentro de las plantas cultivadas, resultado de una limitada serie de cruces y retrocruces dentro de las diferentes especies de *Saccharum* (Grivet y Arruda, 2001; Manners y col., 2004). Es conocido que el uso y explotación que se ha llevado a cabo por parte de los mejoradores en el mundo, ha sido muy limitado, lo que ha traído como consecuencia un alto índice de parentesco entre los cultivares comerciales actuales; éstos tienen una base genética estrecha, lo cual ha sido reportado mediante estudios a nivel de ADN por Nair y col. (2002); Rodríguez y col. (2005); Srivastava y col. (2006b) y Arencibia y col. (2006), este último se refiere a los cultivares de reciente obtención en Cuba.

Para atenuar estos problemas, en el mundo se trabaja en diferentes frentes, primeramente caracterizando el germoplasma a través de marcadores moleculares, destacándose los trabajos publicados por Jannoo y col. (1999); Coto y col. (2002); Tai y Miller (2002); Nair y col. (2002); Schenck y col. (2004); Arro (2005); Matsuoka y col. (2005); Selvi y col. (2005); Queme y col. (2005a); Rodríguez y col. (2005); Aitken y col. (2006); Arro y col. (2006); Cedeño y col. (2006); Delvadia y Patel (2006); García y col., (2006); Srivastava y col. (2006b); Tew y Pan (2006); Aljanabi y col. (2007); Dookun y col. (2007). También se ha sugerido la creación de colecciones núcleo (Balakrishnan y col., 2000; Coto, 2001) y el uso de la diversidad presente en los géneros *Saccharum*, *Miscanthus* y *Erianthus* que no han sido explotados con anterioridad (Rao y Martin, 2000; Tai y Miller, 2002; Tew, 2002; Schenck y col., 2004; Selvi y col., 2005; Miller y col., 2005; Alwala y col., 2006).

Como resultado del enfoque planteado anteriormente, Barbados ya ha reportado los primeros resultados en la obtención de cultivares con base genética amplia (BB) con el uso de *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L., *Saccharum*

*robustum* Brandes & Jesw, *Erianthus arundinaceus* (Retz.) Jeswiet, de los cuales se han logrado clones con variabilidad amplia (Rao y Martin, 2000).

También en Estados Unidos se reportan trabajos de ampliación de la base genética en los dos centros más importantes de este país. En Luisiana, Tew (2002) reportó la obtención de dos clones de interés comercial derivados de *Saccharum spontaneum* en la retrocruza cuatro (Back Crossing, BC<sub>4</sub>); mientras que en Canal Point (CP), Miller y col. (2005) emplearon cruzamientos entre cultivares y representantes de los géneros *Saccharum*, *Miscanthus* y *Erianthus* y encontraron que cuando se emplea *S. robustum*, con la primera retrocruza (BC<sub>1</sub>) se pueden hacer selecciones comerciales, pero para el resto de las combinaciones se necesitan al menos cuatro generaciones.

Trabajos más complejos se realizan empleando el “mapeo” de poblaciones derivadas de cruces entre cultivares de caña de azúcar, lo cual permitió un gran avance como complemento en el uso y manipulación de los genes (Hoarau y col., 2001, Hoarau y col., 2002; García y col., 2006).

La transgénesis es otra vía que se está explotando y que ha logrado resultados importantes en otros cultivos, y en el caso de la caña de azúcar ya se muestran avances a nivel mundial en Australia, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Mauricio y Sudáfrica, con las transformaciones más importantes en resistencia a herbicidas y plagas (Dookun y col., 2007; Maldonado y col., 2008). Sin embargo en espera que se logren resultados espectaculares con la manipulación de los genes, la vía fundamental para obtener cultivares mejorados de caña de azúcar es a través de métodos “convencionales” de hibridación y selección.

El Banco de Germoplasma cubano está compuesto por formas originales del género *Saccharum* y otros afines, híbridos comerciales, incluidos aquellos procedentes de los primeros híbridos obtenidos en Java y la India, de los cuales han surgido los principales cultivares comerciales que se han cultivado y/o se cultivan en la

actualidad a nivel mundial, y un número considerable de híbridos cubanos y extranjeros en diferentes estadios de avance generacional. Su nivel de explotación es muy bajo, principalmente las formas originales y géneros afines, imposibilitado la ampliación de la base genética (Pérez, 2009).

#### **1.4. Sistema de reproducción de la caña de azúcar**

El mejoramiento de un cultivo depende en buena medida, del conocimiento de su proceso reproductivo, como el tipo (sexual o asexual), naturaleza de las estructuras florales, cantidad de polen, grado y tipo de incompatibilidad y la cantidad de polinización cruzada, dentro de las más importantes.

La caña de azúcar es considerada una planta alógama, en la cuál es posible además de la polinización cruzada, la autofecundación (Stevenson, 1965) o reproducción sexual, pero este cultivo también se reproduce asexualmente por medio de propágulos.

La floración de la caña de azúcar es una característica indeseable para la producción comercial, significa la terminación del ciclo biológico, por lo que si la cosecha se efectúa después de este período, pueden producirse pérdidas significativas en la producción de azúcar, sin embargo para la mejora resulta imprescindible su ocurrencia (Martín y col., 1987).

La floración se produce normalmente cuando existe un decrecimiento del período vegetativo, a causa del acortamiento de los días y cuando las temperaturas son más bajas en la noche (Blackburn, 1984).

La caña de azúcar posee una inflorescencia o panícula abierta y ramificada, que se asemeja a una flecha, la que varía de acuerdo a la longitud de los ejes principales y laterales, de acuerdo a las especies y cultivares. Las espiguillas están dispuestas en pares, una sésil y otra pedunculada, las que poseen los órganos reproductores masculino y femenino (Martín y col., 1987) y largos

mechones de pelos en su base, que le dan a la inflorescencia una apariencia sedosa general.

### **1.5. La hibridación como forma de mejoramiento**

La necesidad de ampliar la base genética ha sido una preocupación en los programas de mejora en el mundo, pero diversos investigadores han considerado que la base actual puede continuar dando respuesta a las exigencias del cultivo, destacando los avances obtenidos por dichos programas, tanto en el incremento de los rendimientos agroindustriales como en el enfrentamiento de las principales plagas (Hogarth y Berding, 2006).

Abrantes y col. (2007) analizaron esta situación para Cuba, y señalaron que a pesar de haberse obtenido 49 cultivares en el período 1966-2005, se aprecia un decrecimiento en su número por año, principalmente por las exigencias a que son sometidos en las condiciones de cultivo.

La necesidad de dar respuesta a un elevado número de objetivos, demanda de una base genética renovada, con progenitores desarrollados sobre la base de fuentes de resistencia y condiciones de explotación (Pérez y col., 2007).

No obstante lo señalado, Jorge y col. (2008) acotan que el programa de mejoramiento genético cubano, con toda su red de ambientes, garantiza que constantemente se estén incorporando a la producción nuevos cultivares para sustituir los que van declinando y/o comienzan a ser susceptibles a plagas.

### **1.6. Sistemas de cruzamientos**

Las diferentes técnicas de hibridación adoptadas por los mejoradores de la caña de azúcar pueden ser ampliamente clasificados como:

1. Cruce efectuado con ambos progenitores aislados.
2. Cruces efectuados con los güines de uno o ambos progenitores aislados.

Por lo tanto las técnicas adoptables localmente se probaron y modificaron de cuando en cuando en diferentes centros de mejoramiento (Stevenson, 1965).

**Cruces in situ:** El progenitor femenino se planta en un surco de control y flanqueados a ambos lados del progenitor masculino. Güines de ambos progenitores de los surcos cercanos se agruparon juntos y el cruzamiento se realiza in situ. El primer intento en el cruzamiento controlado se realizó trayendo las panículas de ambos progenitores de los surcos adyacentes dentro de una bolsa de tela asegurada en posición por un poste en el campo. Aunque esto funcionalmente es un método fácil y natural, el problema principal es que los progenitores seleccionados tenían que tener floración sincrónica y debían tener el mismo hábito de crecimiento para traer las panículas convenientemente ensacadas. Tales cruces en el campo en bolsas, con modificaciones menores, se usan también en Java, Barbados, Mauricio y Formosa (Stevenson, 1965).

- **Cruces con uno o ambos progenitores aislados**

Los progenitores femeninos seleccionados deben ser masculinos estériles completos o parcialmente, si fueran fértiles se pudieran utilizar métodos de emasculación como el de succión, probado por Hill en Mauricio, tratamiento con agua caliente, pues el uso de productos químicos no ha sido muy exitoso (Stevenson, 1965).

- **Cruzamientos de ambos progenitores aislados**

Dos métodos muy empleados para el manejo de cruces aislados de panículas han sido:

- La técnica de margullo enraizado.
- La técnica de solución.

### **Técnicas de margullo**

Según Ethirajan (1987) los primeros en concebir la idea de aislar los tallos florecidos de caña de azúcar por la técnica de *tile top* es en Jaway, induciendo el enraizamiento en 1 ó 2 nudos en los tallos de las cañas paradas rodeándolos con suelo sujetado por dos mitades de una maceta unidas y asegurados.

Después del enraizamiento, los tallos se separan por debajo de la maceta, los progenitores femeninos y masculinos aislados por éste método se colocaron de manera que las panículas, cuando nacieron, estaban en estrecha proximidad y el cruzamiento natural se facilitó. Se puso también un cercado para proteger contra el polen indeseado dándosele el nombre humorístico apropiado “Alcoba Nupcial” (Ethirajan, 1987).

Los mejoramientos subsiguientes al método de margullo (Marcot) en Coimbatore fue el uso de una masa de lino en vez de suelo para el cruzamiento, reemplazando la maceta con polietileno transparente (Stevenson, 1965) y propiciando un ambiente favorable con humedad por encima del 80% y una temperatura en la raíz de los margullos aislados de 22°C.

Otras variantes para mejorar el enraizamientos son indicados en Ethirajan (1987) quien señala que en La Florida, se encontró que el uso del bagazo molido con un agente oxidante como el peróxido de sodio indujo buen enraizamiento, en Sudáfrica prefirieron una mezcla de suelo, polvo de sierra y bagazo. Por ello tanto en Estados Unidos como Sudáfrica se empleó durante mucho tiempo el margullo para traer las inflorescencias a la cámara de cruzamiento del invernadero (Dunkelman y Legendre, 1982).

### **Técnicas de Solución**

El otro método de inflorescencia aislada fue desarrollado por Vernet en Hawaii y popularizado en muchos países, que consiste en mantener las cañas enteras por largos períodos, en una solución diluida de ácido sulfuroso (0.03%) y ácido

fosfórico (0,01%); la naturaleza conservativa de la solución fue mejorada previamente por la adición de ácido nítrico y sulfúrico.

El método fue usado extensivamente en Hawái (Stevenson, 1965) para cruces biparentales, con el uso de variedades femeninas masculinas estériles con masculinos fuertes.

También se empleó en cruces en “tina” (esencialmente un poli cruce) con el empleo de un alto número de variedades progenitoras, independiente de sus estatus de fertilidad masculina, para facilitar la polinización libre al azar, y las semillas fueron colectadas de cada tallo por separado. Estos cruces en solución se realizaron en áreas aisladas, lejos de las plantaciones comerciales, los soportes de cruzamientos especiales se utilizan para poner las panículas para facilitar la máxima polinización.

### **Cruzamientos Controlados en Linternas**

El cruzamiento controlado es posible en un lugar abierto o en un invernadero encerrando las panículas masculinas y femeninas, mantenidas por el método de margullo o de solución, y en linternas de hibridación semejantes a las jaulas de cruzamientos.

Una amplia investigación ha ido a la medida, forma y construcción de las linternas y el tipo de tejido para cubrirlas. La clásica “linterna Barbados”, primero utilizada para cruces en el campo en ese país, fue una construcción grande (75cm x 75cm x 75cm), difícil de manejar, de madera pulida.

En Mauricio se utilizó una pequeña versión de la anterior. Posteriormente, cuando los cruzamientos con caña enteras se popularizó, se fabricaron otros tipos de linternas. Finalmente en Barbados, baterías altas con linternas hechas de angulares de hierro y montado con ataduras cruzadas, barras horizontales se fijaron permanentemente en el propio invernadero.

En Houma, EUA, se utilizaron facilidades de fotoperíodo para manipular la floración y un invernadero para la hibridación, con arreglos para controlar la luz, la temperatura y la humedad. El cruzamiento se realiza en cubículos de aislamientos para evitar la contaminación del polen indeseado de un cruce al próximo dentro del invernadero. Los cubículos están hechos de una estructura de aluminio cubierta con una lámina plástica. Cada cubículo se ajusta con barras cruzadas para atar los tallos de caña vertical traídos para el cruzamiento. Tres semanas después de que el margullo aéreo tiene lista la flor, los tallos masculinos y femeninos son cortados y movidos con mínimo de trauma al cubículo de aislamiento en invernadero y mantenidas las raíces vivas a través del período de cruzamiento y maduración de la semilla. Este procedimiento con buen control ambiental en el invernadero ha conducido a efectuar muchos cruces deseados con excelente brote de la semilla en la inflorescencia femenina.

El mal tiempo es la causa principal del fallo de los cruces en el campo, por ello se utilizan instalaciones que protegen los cruzamientos.

Según González (2005) la construcción de una casa de cruzamiento en la provincia de Sancti Spíritus ha traído las ventajas siguientes para Cuba:

- Concentración de los cruzamientos en menor número de localidades, en este caso se elimina las localidades de Camagüey, Jovellano, Diana y Madruga, lográndose una mejor eficiencia por que se favorece con las condiciones climáticas naturales que prevalecen en el área principal de floración en Buenos Aires y en las complementarias del macizo montañoso. Algo similar se ha desarrollado en Barbados, Colombia, Guatemala, EUA, África del Sur, China y Australia, Entre otros. En este último país hace varios años toda esta actividad la concentraban en el área de la Estación Meringa por lo cual crearon una instalación foto periódica valorada en más de 250 000 dólares (solo la inversión, según Berding y col., 2007) téngase presente los gastos que se incurren al tener que crear condiciones

artificiales de iluminación, temperatura y humedad a utilizar para garantizar la disponibilidad de los tallos florecidos.

- Aumento del número de posturas por combinaciones realizadas debido a la posibilidad de manejar mayor número de tallos en cada cruzamiento y mejores condiciones para el proceso de polinización y formación de semillas de la caña de azúcar, que unido al incremento del peso de las panículas, permite garantizar los compromisos del plan de posturas cada año y disponer del material básico de reserva para las campañas siguientes y como es lógico poder manejar mayor variabilidad y un incremento en el uso de los progenitores año tras año lográndose su comercialización e intercambio de semillas con otros países.
- Evitar las afectaciones que se han venido produciendo históricamente en la floración y la germinación de la semilla botánica.
- Mayor utilización de las capacidades instaladas para los cruzamientos al entrar en funcionamiento un área de maduración, resultados alcanzados en la casa de cruzamiento de Holguín indican un coeficiente de utilización tres veces superior a lo tradicional.
- Durabilidad de los recursos materiales se utilizan anualmente como la tela, lográndose aumentar cinco veces su utilización.
- Poder utilizar medidas profilácticas mediante el empleo de productos biológicos para el control de la Microflora pato genética asociada a la semilla botánica de la caña de azúcar.
- Incremento de las facilidades para un mantenimiento más efectivo de los cruzamientos que se realizan durante un periodo relativamente corto, además de poder utilizar diferentes técnicas en esta actividad.
- Esta instalación permite crear mejores condiciones de trabajo a las existentes en las zonas de montaña, que implican albergamiento del personal por un periodo mayor de 4 meses y trabajo físico duro.

## 1.7. Metodología de manejo de las soluciones en Cuba

Según Jorge y col. (2011), la Tecnología de Soluciones incluye dos tipos de soluciones una nutritiva y otra preservativa.

La solución nutritiva (Solución A) parte de la obtención de una solución concentrada, que se prepara a partir de los ácidos (sulfúrico, nítrico y fosfórico) los que se mezclan con el agua (que debe ser destilada), la que se prepara para toda la temporada, de esta solución concentrada se agrega 1 ml a 4 L de agua de lluvia o destilada para el montaje de cruces.

La solución preservativa ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), solución B, parte de la dilución de  $\text{SO}_2$  en agua (preferentemente lluvia) bien fría, haciendo burbujear el  $\text{SO}_2$  procedente de un tanque con el gas concentrado al frasco de agua mediante una manguera con orificiosa lo largo de su extremo inferior una aguja fina (0.5-1 mm) en la punta para la salida del gas. Pasado un tiempo (30 min.) se desconecta la manguera y se valora, para conocer la concentración por el método yodimétrico, cuyos pasos aparece a continuación:

- Diluir un volumen conocido de yodo 0.1N en varios volúmenes de agua (10 ml. de yodo para la solución madre y 1 ml. para la solución diluida).
- Agregar 1-2 gotas de HCl o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Enrasar la bureta con solución de  $\text{SO}_2$  (50 ml).
- Agregar lentamente, agitando de continuo con una bureta cuyo pico está cerca de la solución de yodo.
- Poco antes de terminar de pipetear, cuando la solución está casi decolorada, agregar 3 gotas de solución de almidón.
- Continuar agitando hasta decoloración total.
- Anotar el volumen gastado de la solución de  $\text{SO}_2$ .

Por último con los resultados obtenidos se realizan los cálculos de las concentraciones del SO<sub>2</sub>, tanto para la solución madre como para la diluida, la fórmula de cálculo aparecen a continuación:

**Para solución madre.**

$$CSM = \frac{1000}{V_{gastado}} \times 32$$

Donde:

CSM = Concentración de la solución madre.

**Para solución diluida.**

$$CSD = \frac{1000}{V_{gastado}} \times 3,2$$

Donde:

CSD = Concentración de la solución diluida.

Una vez conocida la concentración de la solución madre o preservativa (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) esta se aplica para preparar la solución diluida, con la siguiente fórmula:

$$VSM = \frac{VSP}{CSM} \times CD$$

Donde:

VSM = Volumen solución madre.

VSP= Volumen de la solución a preparar.

CSM = Concentración de la solución madre.

CD=Concentración deseada (En Cuba se utiliza una concentración de 150 ppm).

Como el SO<sub>2</sub> es un gas muy volátil, se necesita reponer las pérdidas diarias.

Se parte de la toma de varias muestras de la solución contenida en cubos utilizados en los cruzamientos, estas muestras se valoran mediante el método yodimétrico, cuyos pasos fueron explicados anteriormente.

Al valor obtenido se le resta 150 (concentración recomendada) para conocer la concentración de la solución del cubo en ese momento.

Para restituir la pérdida, se calcula la cantidad de la solución madre que se debe añadir, aplicando la fórmula anterior.

### **1.8. Bioestimulantes**

La regulación del crecimiento vegetal, mediante el uso de bioestimulantes o fitoreguladores, que son productos químicos sintéticos o naturales, estimulan diferentes procesos fisiológicos de los cultivos, su uso es una tecnología relativamente nueva en producción comercial en Cuba (excepto para la maduración química y la inhibición de la floración, generalizada desde 1990 en la agricultura cañera), no así en países desarrollados, donde esta tecnología está establecida. Entre los procesos fisiológicos donde se ha visto influencia de los biostimulantes están: la germinación, el ahijamiento, el crecimiento y la maduración.

Numerosos productos de diversas firmas e instituciones cubanas han sido evaluados y desarrollados por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) desde la década de los 80 y 90, incluyendo los casos citados de maduradores e inhibidor de floración, y otros no generalizados, pero con más intensidad en los últimos años del presente siglo. Algunos de los grupos de bioestimulantes más frecuentes en el mercado incluyen los constituidos por aminoácidos y oligopéptidos (pequeñas cadenas de aminoácidos), los derivados de algas marinas, los que contienen estimuladores de crecimiento como el triacantanol, las B-vitaminas, los que contienen biofertilizantes como Azospirillum, y productos que combinan varios de los anteriores. Desde el año 2005 el MINAZ ha desarrollado planes de generalización de los bioestimulantes Fitomás-E, Enerplant y Vitazyme en caña de azúcar y desde el presente 2006 en cultivos varios. Enerplant y Vitazyme están certificados, además, como completamente naturales y aptos para utilizar en agricultura orgánica.

El Fitomas-E es un producto de origen natural que actúa como bionutriente vegetal con marcada influencia antiestrés. Se presenta como formulado acuoso compuesto de sales minerales y extractos naturales integrados por sustancias bioquímicas de alta energía, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, oligosacáridos bioactivos polisacáridos. Entre los componentes, se destacan el nitrógeno, fósforo y potasio. Su acción se centra en:

- ◆ Estimular el RNA mensajero en la síntesis de proteínas, con ahorro de energía.
- ◆ Sus propiedades estimulantes, que aceleran crecimiento, floración, fructificación, germinación y enraizamiento y acorta los ciclos de los cultivos.
- ◆ Su efecto antiestrés, que se manifiesta en casos de sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, desequilibrios nutricionales, salinidad, plagas y enfermedades, daños mecánicos (vientos fuertes, podas, trasplantes, etc.).
- ◆ Es un potenciador de agroquímicos al disminuir las dosis en el uso de fertilizantes.

## Capítulo II. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló con cruzamientos de las campañas del 2001 a 2011, en el Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar ubicado en Sancti Spíritus, empleando la tecnología de solución y experimentos montados con el fin de modificarla.

### 2.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

En la campaña 2001-2002, se comparó la solución nutritiva empleada para el sustento de los tallos florecidos en los cruzamientos de caña de azúcar de Cuba, la que según Jorge y col. (2011) está compuesta a base de los ácidos fosfórico, nítrico y sulfúrico, al igual que las utilizadas por otros países (Heinz y col., 1987), donde se desconocía si era similar en las concentraciones que se empleaban por estos.

#### 2.1.1. Cálculo de las concentraciones

Para el cálculo de la concentración de la solución nutritiva utilizada en Cuba, se procedió de la siguiente forma:

Primero se tomaron los datos reportados por Jorge y col. (2011), indicando que se debía añadir 1 ml de la solución madre para 4 litros de agua (Tabla 1).

**Tabla 1. Volumen (ml) de reactivos para la solución madre.**

País	Solución madre (ml)		
	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Cuba	115	100	65

Para conocer la concentración final de la solución nutritiva fue necesario convertir a partes por millón (ppm), lo cual se realizó con las siguientes fórmulas:

Empleando la conocida relación:

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$C_2 = (V_1 \times C_1) / V_2$ ; (Fórmula 1) donde:

$V_1$  = Volumen de la solución madre (ml).

$C_1$  = Concentración de la solución madre (ppm).

$V_2$  = Volumen de la solución nutritiva (ml).

$C_2$  = Concentración de la solución nutritiva (ppm).

Para calcular  $C_1$  fue necesario corregir la densidad de cada reactivo, teniendo en cuenta su pureza.

Densidad corregida = Densidad x Pureza

Los valores de densidad y pureza de los reactivos aparecen en la tabla 2.

**Tabla 2. Valores de densidad y pureza de los reactivos empleados:**

	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Densidad (g/ml)	1,84	1,42	1,70
Pureza	0,97	0,70	0,85

Como las ppm = mg/l es necesario llevar la densidad de g/ml a mg/l lo que se logra al multiplicar por 1000. El valor obtenido se multiplica por los ml añadidos del reactivo (Tabla 1) a la solución madre.

A partir de aquí se soluciona la fórmula 1.

### **2.1.2. Comparación de las concentraciones**

Con este resultado se obtiene la concentración de solución nutritiva empleada en Cuba y se compara con las utilizadas en Australia y Mauricio, que según la literatura (Moore y Nuss, 1987) son las que aparecen en la tabla 3.

**Tabla 3. Concentraciones de la solución nutritiva.**

Países	Solución nutritiva (ppm)		
	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Australia	37,5	37,5	78
Mauricio	25	25	50

Para comparar las soluciones nutritivas empleadas en los tres países antes mencionados, se necesitó preparar soluciones madres, que facilitaran añadir volúmenes iguales que las empleadas en Cuba, para ello se procedió de la siguiente forma:

Primeramente se partió de los datos que aparecen en la tabla 3 y empleando la conocida relación:

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Se procedió a calcular la concentración de la solución madre de Australia y Mauricio, teniendo en cuenta los reactivos de que se disponía (Tabla 2)

$C_1 = (V_2 \times C_2) / V_1$  (Fórmula 2); donde:

$V_1$  = Volumen de la solución madre (ml).

$C_1$  = Concentración de la solución madre (ppm).

$V_2$  = Volumen de la solución nutritiva (ml).

$C_2$  = Concentración de la solución nutritiva (ppm).

Con los datos conocidos se calcula  $C_1$  (Fórmula 2), cuyo resultado es en ppm y como las ppm = mg/l y como es necesario preparar 1 litro de solución madre, se necesito conocer los ml que hay que añadir del reactivo que se va a emplear, cuya densidad está en g/ml y para llevarla a mg/l hay que multiplicarla por 1000 y corregirla, teniendo en cuenta su pureza.

### **2.1.3. Comparación de la producción de posturas**

Con toda la información ya calculada se procedió a montar cinco cruces, con tres réplicas, para cada una de las soluciones nutritivas de los países Cuba, Australia y Mauricio, siendo la variable evaluada posturas/g.

### **2.2. Modificaciones en la tecnología de solución empleada en cruzamientos de caña de azúcar en Cuba**

Con la solución nutritiva de valores más altos de posturas, registrada en el acápite anterior, se montaron los siguientes trece cruces y para cada uno de ellos, con diferentes progenitores masculinos (PC):

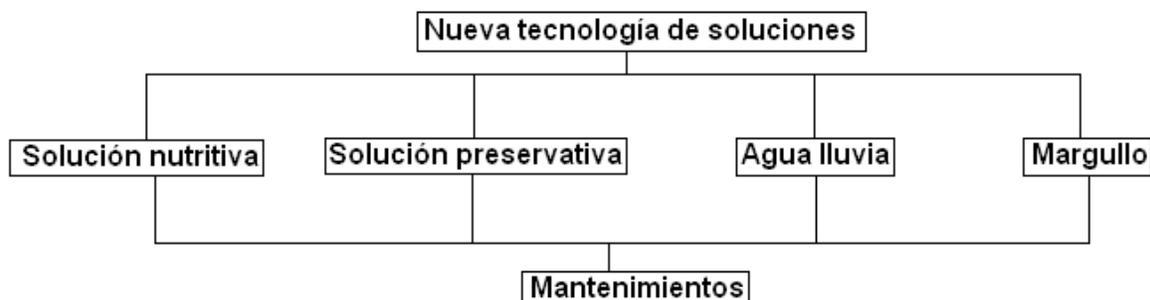
- B45181 x PC
- C147-86 x PC
- C229-84 x PC
- C86-12 x PC
- C88-553 x PC
- C90-501 x PC
- Co281 x PC
- CP48-103 x PC
- CP52-43 x PC
- CP72-356 x PC
- HG90-72 x PC
- M165/38 x PC
- Pomex72 x PC

Cada uno de estos cruces fueron comparados con una nueva variante que consistió en ponerle un margullo en el momento de introducir el tallo hembra al de montar el cruce en solución y antes de poner el progenitor masculino, el margullo se realizó en la parte central del tallo usando una proporción 2:1 de suelo - cachaza, y cubriendo tres nudos, el mantenimiento y el manejo posterior se realizó en ambos casos según la metodología para la solución nutritiva. En ambos casos se trabajó con un diseño de bloque al asar con tres réplicas y la variable dependiente utilizada fue las posturas/g.

### **2.3. Nuevas variantes de manejo para cruces de baja producción de posturas en la técnica propuesta**

Con el precepto de que los resultados obtenidos anteriormente se podían mejorar, se trabajó con cruces de baja producción de posturas, en los que se probaron

nuevas variantes para incrementarla. La nueva tecnología de soluciones propuesta aparece en la figura 1.



**Figura 1. Componentes de la nueva tecnología propuesta.**

Se trabajó en modificar cada uno de sus componentes por separados, dejando el resto de la estructura sin modificar. Como testigo se empleó la nueva tecnología sin modificación.

### **2.3.1. Modificaciones en la solución nutritiva**

En este experimento se partió del montaje del cruce CP52-43 x CP70-1133 en la campaña 2009-2010 con la solución nutritiva de Australia, pero a partir del día siguiente, se sustituyó por **Fitomás-E** al 20% lo que continuó hasta el final del cruzamiento.

### **2.3.2. Modificaciones en la solución preservativa**

En este experimento con la solución preservativa, se sustituyó el Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) por **metabisulfito de sodio** que también produce ácido sulfuroso al mezclarse con agua. El proceso de mantenimiento es igual que si se utiliza  $\text{SO}_2$ . La solución madre de metabisulfito se trabajó a 32 000 ppm de  $\text{SO}_2$ . El cruce y año fue igual que en el acápite anterior.

#### **2.3.4. Modificaciones en el agua**

Esta variante incluyó el uso de agua de pozo, para ello se sustituyó, desde el inicio, el agua lluvia por agua de pozo. Se utilizó el cruce y año que se indicó en los dos acápites anteriores.

#### **2.3.5. Modificaciones en las frecuencias del mantenimiento de las soluciones**

Esta modificación incluyó dos alternativas en el mantenimiento de los cruces, el primero consideraba mantenimiento en días alternos y el segundo los mantenimientos se dividieron en dos partes, la primera se desarrolló durante los primeros 7 días, con mantenimientos normales (un día se utiliza solución nutritiva más preservativa y el otro sólo preservativa), a partir de aquí se pasó a dar cada tres días, hasta el final del cruce. El cruce empleado fue C86-165 x Mex66-1235 en la campaña 2010-2011.

#### **2.3.6. Modificaciones en el riego del margullo**

Se probaron dos variantes para el riego del margullo, en la primera se le añade al agua Fitomas E con una proporción de 100:1 y en la segunda miel final con una proporción de 200:1. El cruce y año fue el indicado en el acápite anterior.

#### **2.4. Procedimiento estadístico utilizado**

En todos los experimentos realizados se empleó un análisis de varianza cuya variable dependiente fue las posturas/g obtenidas, para la comparación de medias se utilizó una prueba de Tukey, en ambos casos la precisión fue 0,05 de probabilidad y el software el Statistica v.6.0 (Stat Soft, 2003).

### Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

En la tabla 4 se puede apreciar que la solución nutritiva utilizada en Cuba difiere de las manejadas por otros países, con valores más altos en el ácido sulfúrico e inferiores para el fosfórico.

**Tabla 4. Comparación de las concentraciones de la solución nutritiva de Cuba con la de Australia y Mauricio.**

Países	Solución nutritiva (ppm)		
	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Cuba	<b>51</b>	25	<b>24</b>
Australia	37,5	37,5	78
Mauricio	25	25	50

El uso de valores altos de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pueden tener efectos tóxicos para las planta pues tiene poca movilidad y se puede acumular en determinadas partes y provoca quemaduras en los tejidos (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1996; Grant y col., 2001).

Los valores inferiores en las concentraciones de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) en la solución pudieran provocar déficit del elemento en la planta e influyen en:

- Interrumpir el crecimiento y en alargar el periodo de maduración (National Pak, 2004).
- Ruptura del metabolismo del nitrógeno (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1996; Grant y col., 2001).
- Disminución en la formación de proteínas, de azúcares y de almidones en las gramíneas (Humbert, 1965; Sreewarome y col., 2005).
- Reducción en la división celular y en el crecimiento (Grant y col., 2001).

- La floración y fructificación, así como la formación de semilla (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1996; Grant y col., 2001).
- La aparición de las raicillas en el sistema radical (NationalPak, 2004; Sreewarome y col., 2005).

Para hacer esta comparación se calcularon los ml de los reactivos a añadir en la solución madre, cuyos valores aparecen en la tabla 5.

**Tabla 5. Volumen (ml) de reactivos para la solución madre.**

Países	Solución madre (ml)		
	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Cuba	<b>115</b>	100	<b>65</b>
Australia	85	150	215
Mauricio	55	100	140

La tabla 6 muestra la existencia de interacción significativa cruce por solución.

**Tabla 6. Análisis de varianza para las posturas/g en cinco cruces y soluciones de tres países.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Cruces (C)	95498	4	23874	151,2	0,0001
Soluciones países (SP)	7025	2	3512	22,2	0,0001
C x SP	7542	8	943	6,0	0,0001
Error	4738	30	158		

Al comparar las medias de las interacciones (cruce x soluciones), la solución de Australia permitió obtener mayor cantidad de posturas/g en cuatro de los cinco cruces estudiados (Tabla 7).

**Tabla 7. Promedio de posturas/g de las soluciones nutritivas utilizadas en los países estudiados.**

Cruce	Australia	Mauricio	Cuba
B6368 x PC	8d	2d	1d
C90-501 x PC	165a	129b	82c
My54-129 x PC	52c	19d	8d
CP70-1133 x PC	63c	29d	17d
L60-25 x PC	61c	30d	14d
Promedio	70	42	24

Valores de la interacción = 30 (MDS) no hay diferencia para 0.05.

El cruce de B6368 x PC tuvo baja producción de posturas en las tres soluciones analizadas, mientras que el cruce C90-501 x PC fue el de valores más altos, dentro de cada tipo de solución pero con diferencia para cada tipo de solución. Esto hizo que se tomara como punto de partida la solución de Australia para continuar el perfeccionamiento de la misma tecnología.

### 3.2. Modificación de la tecnología de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre las fuentes de variación, incluyendo la interacción cruce por tecnología (Tabla 8).

**Tabla 8. Análisis de varianza de las posturas/g para trece cruces y dos tecnologías de solución.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Cruces (C)	19362	12	1613	130	0,0001
Tecnología de solución (TS)	5187	1	5187	419	0,0001
C x TS	13315	12	1110	90	0,0001
Error	322	26	12		

En seis, de los 13 cruzamientos realizados, la mayor producción de posturas se obtuvo con la nueva variante de la tecnología de solución, para el resto no hubo diferencias significativas (Tabla 9).

**Tabla 9. Promedio de las posturas/g para los trece cruces en las dos variantes técnicas de solución.**

<b>Cruces</b>	<b>Nueva variante</b>	<b>Solución</b>
B45181 x PC	<b>40cd</b>	<b>1h</b>
C147-76 x PC	<b>22ef</b>	<b>2gh</b>
C229-84 x PC	<b>54bc</b>	<b>15efgh</b>
C86-12 x PC	17efg	30de
C88-553 x PC	<b>102a</b>	<b>1h</b>
C90-501 x PC	<b>91a</b>	<b>49bc</b>
Co281 x PC	2gh	1h
CP48-103 x PC	13fgh	3gh
CP52-43 x PC	20ef	20ef
CP72-356 x PC	<b>63b</b>	<b>23e</b>
HG90-72 x PC	4gh	9fgh
M165-38 x PC	3gh	3gh
Pomex72 x PC	29de	15efgh
<b>Promedio</b>	<b>35</b>	<b>13</b>

Valores de la interacción = 15 (MDS) no hay diferencia para 0,05.

Las diferencias entre las técnicas de solución, pudieran deberse a que al enraizar el tallo en el margullo, la nutrición que realiza la solución es sustituida por la que aporta el margullo a través de las raíces. En el experimento se observó que el enraizamiento se produce a partir del séptimo día de montado el cruzamiento.

Se destaca que no se conocen reportes de uso de esta variante en el mundo, lo que hace este resultado único y de grandes perspectivas para su explotación extensiva pues no solo aumenta la producción de posturas como se analizó anteriormente sino que facilita el movimiento a un área de maduración al concluir la fecundación del tallo florecido, ya que en este momento el tallo no requiere de las soluciones, y el mantenimiento se reduce a mantener húmedo el margullo.

Al producirse mayor cantidad de posturas con la nueva variante propuesta se abren nuevas posibilidades para el empleo de la tecnología de solución, por ser la que más variedades puede manejar, lo que contribuye a aumentar la explotación de la variabilidad genética y por tanto aumenta las probabilidades de obtención de nuevos cultivares.

La nueva tecnología incluye:

1. Solución nutritiva utilizada en Australia (ver tabla 4 del acápite 3.1)
2. Solución preservativa con 150 ppm de SO<sub>2</sub>.
3. Agua lluvia como base de las soluciones anteriores.
4. Margullo con mezcla de suelo + cachaza en proporción 2:1.
5. El mantenimiento diario a la solución preservativa, cada dos días a la solución nutritiva y mantener húmedo el margullo.

### **3.3. Nuevas variantes de manejo para cruces de baja producción de posturas en la técnica propuesta**

Partiendo de la necesidad de aumentar la producción de posturas se trabajó en la modificación de todos los elementos que incluyen la nueva tecnología expuesta anteriormente, los resultados se presentan a continuación.

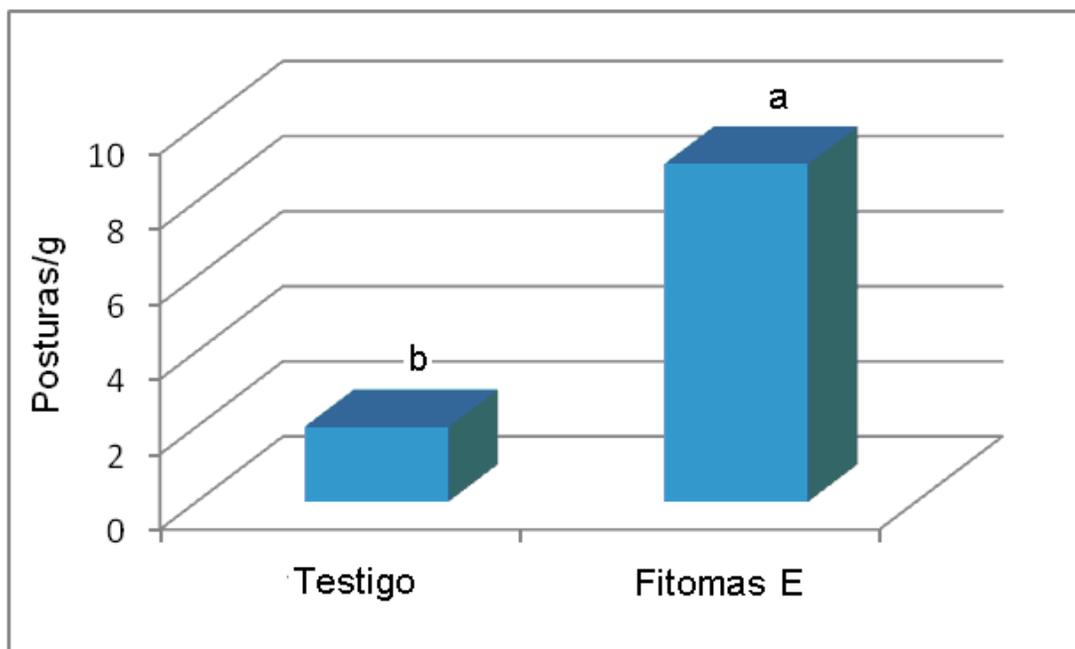
#### **3.3.1. Modificaciones en la solución nutritiva**

En este experimento, como variante de la tecnología anterior, se sustituyó la solución nutritiva por Fitomas E y se encontró diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 10).

**Tabla 10. Análisis de varianza para las posturas/g en la sustitución de solución nutritiva por Fitomas E.**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Tratamiento	65,3	1	65,3	6,9	0,05
Error	38	4	9,5		

La media más alta correspondió al uso de Fitomas E (Figura 2), lo que es muy favorable al ser un producto de origen natural obtenido de la caña de azúcar.



**Figura 2. Promedio de posturas/g para dos tipos de soluciones nutritivas.**

El Fitomas E, un promisorio estimulante del crecimiento agrícola, es hoy, por sus apreciables beneficios, el producto líder del Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca). Como ha explicado Alberto García García, investigador de esa entidad y autor principal del proyecto, se trata de un bionutriente que aumenta y acelera la germinación de las semillas, favorece el desarrollo de las raíces, tallos y hojas; además de mejorar la nutrición, la floración y el cuajado de los frutos, compensa los efectos negativos de la sequía, el exceso de humedad, salinidad y otros factores ambientales (Varela, 2012).

Además, al ser un producto inocuo, facilita su manipulación sin los peligros que traen el manejo con los ácidos que componen la solución nutritiva, por lo que se disminuye la exposición a quemaduras, tanto para la planta como para el operario.

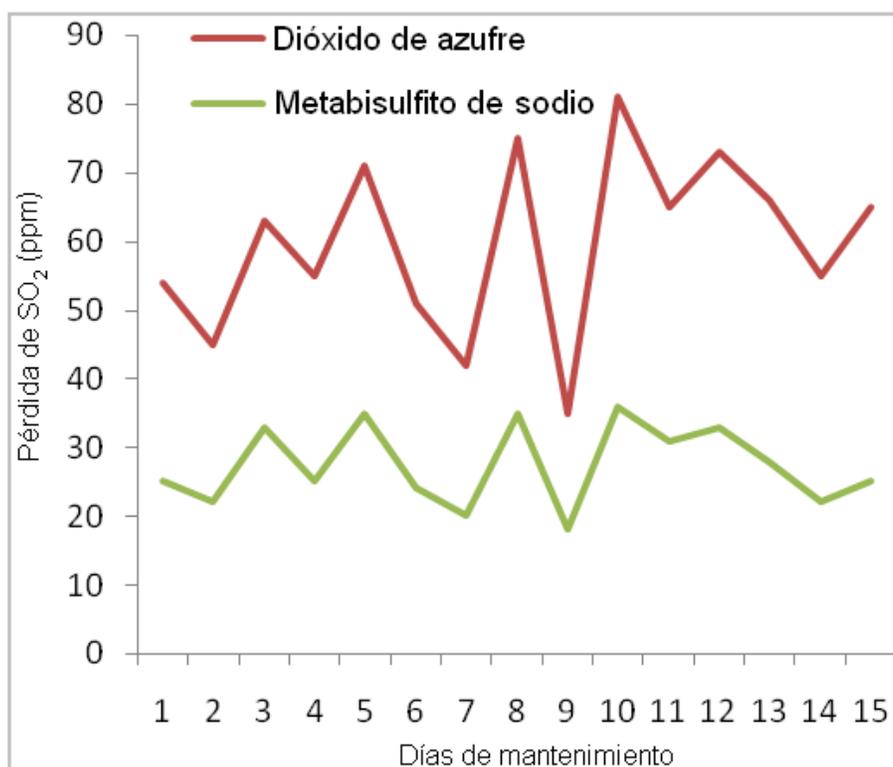
### 3.3.2. Modificaciones en la solución preservativa

La sustitución del SO<sub>2</sub> (gaseoso) por metabisulfito de sodio no mostró diferencias significativas (Tabla 11), esto permite poder usar ambas variantes de la solución preservativa.

**Tabla 11. Análisis de varianza de las posturas/g en la sustitución de solución preservativa a base de dióxido de azufre por metabisulfito de sodio.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	3,0	1	3,0	0,65	0,47
Error	18,5	4	4,6		

En el experimento se encontró que las pérdidas eran menores con el uso del metabisulfito de sodio (Figura 3).



**Figura 3. Pérdidas de SO<sub>2</sub> diarias, según valoraciones por método yodimétrico.**

El  $\text{SO}_2$  es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de toz. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos periodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos. La concentración máxima permitida en los lugares de trabajo es de 2ppm (Wikipedia, 2011).

El dióxido de azufre daña al medio ambiente, al ser el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico (Wikipedia, 2011).

La manipulación del  $\text{SO}_2$  es dificultoso por ser muy volátil y necesitar el uso de agua fría para su dilución, pero como se maneja bajo condiciones de temperatura ambiente hace que se escapen cantidades de vapores que provoca pérdidas en las soluciones que deben ser restituidas diariamente, además de las quemaduras que le produce a las hojas de la plantas.

Por el contrario el metabisulfito de sodio se encuentra como un polvo y no requiere del proceso de preparación descrito para el  $\text{SO}_2$  gaseoso, aunque de igual forma produce ácido sulfuroso con el agua, pero las pérdidas son menores bajo temperatura ambiente disminuyendo los efectos adversos y agresivos sobre las personas y las plantas.

Por tanto el poder sustituir el dióxido de azufre por el metabisulfito de sodio favorece su manipulación en todo el proceso de mantenimiento de los tallos en los cruzamientos y provoca menores afectaciones a la planta y la salud del personal que trabaja con esta sustancia.

### 3.2.4. Modificaciones en el agua

En este experimento se sustituyó el agua lluvia por agua de pozo sin diferencias significativas entre ambos tratamientos (Tabla 12).

**Tabla 12. Análisis de varianza de las posturas/g para sustitución de agua y solución preservativa.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	21,33	1	21,33	6,1	0,07
Error	14	4	3,5		

Los resultados obtenidos indican que al sustituir el agua lluvia por la de pozo da la posibilidad de su uso, cuando existan limitaciones con la recolección del agua lluvia, pues debido a los cambios climáticos y la sequía, hace más difícil su almacenamiento para el montaje y mantenimiento de los cruzamientos, trayendo como consecuencia una disminución en la explotación de la tecnología propuesta; por tanto esta es una variante viable a ser explotada.

Intentos anteriores no habían dado resultados en otros países (Stevenson, 1965), quizás la respuesta lograda se deba al apoyo que produce el margullo, lo que nunca había sido experimentado.

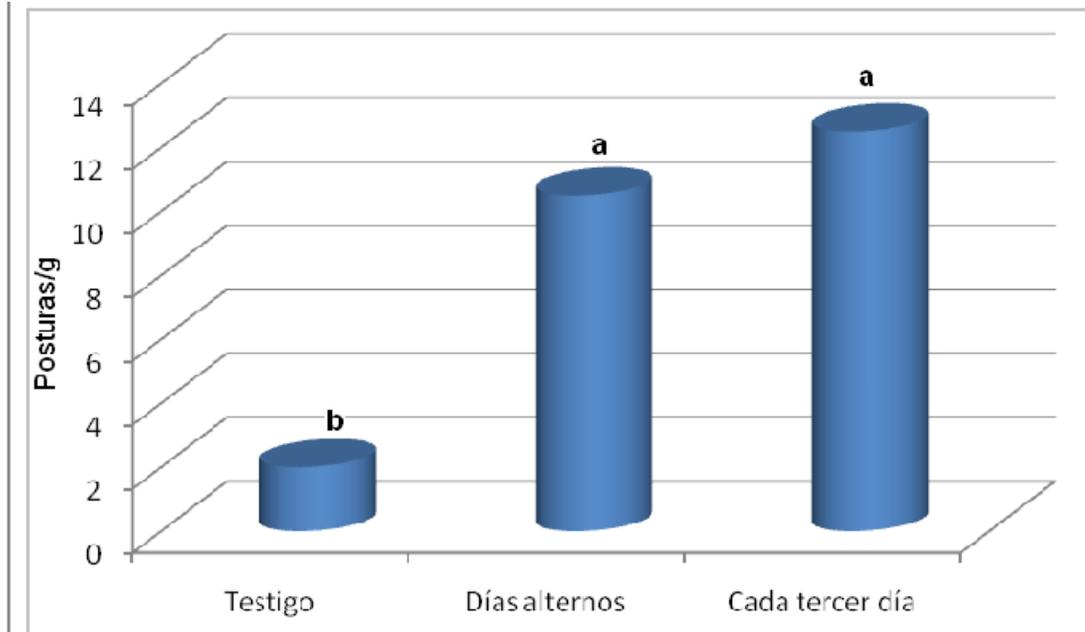
### 3.2.5. Modificaciones en la frecuencia del mantenimiento de las soluciones

Cuando se probaron dos nuevas variantes en la frecuencia de los mantenimientos y un testigo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 13).

**Tabla 13. Análisis de varianza de las posturas/g para tres frecuencias en los mantenimientos a las soluciones.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	184,5	2	92,3	167	0,002
Error	15	5	3,0		

Las dos nuevas variantes en los mantenimientos de las soluciones lograron valores significativos más altos en la producción de posturas (Figura 4). En ambos cambios en la frecuencia de los mantenimientos se apreciaron disminuciones en las quemaduras del follaje.



**Figura 4. Promedios de posturas/g para dos nuevas formas de mantenimiento frente al testigo.**

La disminución de las quemaduras en el follaje debe de ser consecuencia de que la planta estuvo menos expuesta a los productos químicos. La disminución de los mantenimientos, sin provocar reducciones en la producción de posturas sugiere que la nueva variante de manejo de la solución apoya su alimentación con el margullo y no necesita de ser tan riguroso en los mantenimientos. Estas alternativas ahorran tiempo, trabajo, reactivos y agua.

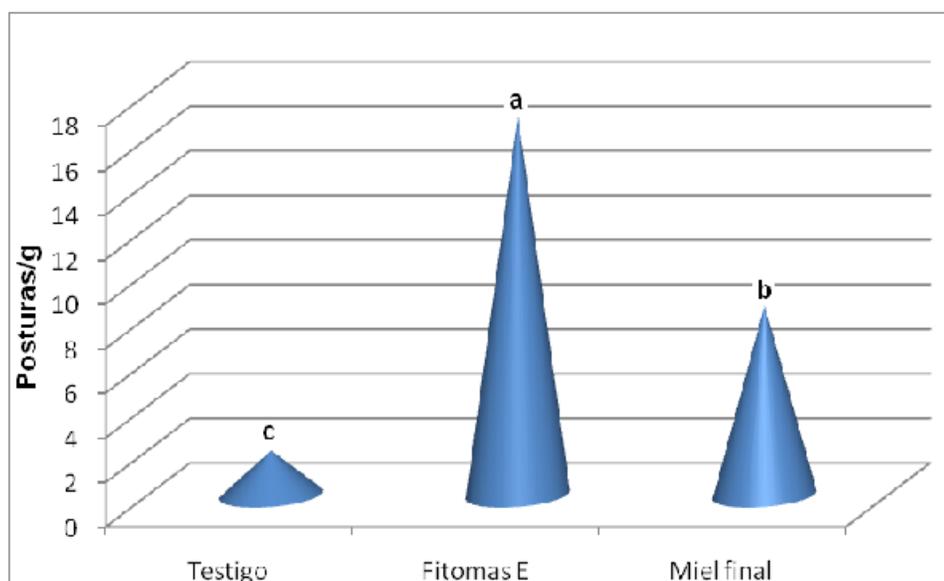
### **3.2.6. Modificaciones en el riego del margullo**

La sustitución del agua sola al riego del margullo por Fitomas E y miel final mostró diferencias significativas (Tabla 15).

**Tabla 15. Análisis de varianza de las posturas/g para los riegos en el margullo.**

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	303,4	2	151,7	41	0,0008
Error	18,5	5	3,7		

En la comparación de las medias el valor más alto correspondió al uso de Fitomas E, seguido de la miel final con diferencia entre ambos y con el testigo (Figura 5).



**Figura 5. Promedios de posturas/g para dos suplementos nutricionales al margullo y el testigo con agua.**

Las diferencias con el uso de Fitomas E pudieran estar asociadas en primer lugar por su efecto bioestimulante, que favorece la formación de las raíces y los productos nutricionales que aporta el mismo, haciendo que el enraizamiento sea más rápido e incida en la alimentación de las raíces y posteriormente del tallo.

El efecto de la miel final puede deberse al altísimo contenido de hidrato de carbono que presenta y aporta a la nutrición, además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que se destaca el hierro, cobre y magnesio (Wikipedia, 2011).

## **CONCLUSIONES**

1. La solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba, al aumentar la producción de posturas, en cruces montados en solución.
2. La nueva tecnología de solución, al ser modificada con el uso de un margullo, logró resultados superiores a la empleada anteriormente.
3. Con las nuevas variantes utilizadas, para cruces de baja producción de posturas, se logró que con los cambios en la solución nutritiva, la frecuencia de mantenimiento y el riego al margullo se incrementara la cantidad de posturas.

## **RECOMENDACIÓN**

1. Implantar lo propuesto en este trabajo, en el programa de mejoramiento genético del Centro Nacional de Hibridación, por los resultados obtenidos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abrantes, I., L. Cabrera, G. Pérez, M. Cabrera y Sandra Vidal. 2007. Cuatro décadas de mejoramiento de la caña de azúcar de la EPICA de Matanzas. Memorias 60 Aniversario EPICA Jovellanos. CD - ISSN1028-6527.
- Aitken, K., P. Jackson, G. Piperidis, C. Qing and F. Yuanhong. 2006. Genetic diversity in a large collection of *Saccharum spontaneum*. Proc. ISSCT breeding and germplasm workshop, Ecuador.
- Alexander, A.G. 1973. Sugarcane Physiology: A comprehensive Study of the *Saccharum* Source-to-Sink System. Elsevier, Amsterdam. 752 pp.
- Aljanabi, S.M., Y. Parmessur, H. Kross, S. Dhayan, S. Saumtally and A. Dookun. 2007. QTL mapping of sugarcane resistance to brown spot (*Cercospora longipes*, Butler.). In Fifth ISSCT molecular biology workshop report. 26: 932-942.
- Allam, A.I., A.H. Nowr and T.A. Fayed. 1978. Effect of nitrogen and moisture on sugarcane flowering. Proc. ISSCT CONGRESS. 16: 875-882.
- Alwala, S., A. Suman, J. A. Arro, J. C. Veremis and C. A. Kimbeng. 2006. Target region amplification polymorphism (TRAP) for assessing genetic diversity in sugarcane germplasm collections. Crop Sci. 46: 448-455.
- Arencibia, A., M. Delgado, H. Jorge, O. Coto, I. Jorge y H. García. 2006. Caracterización molecular de variedades cubanas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mediante AFLP. Rev. Fitotec. Mex. 20 (1): 19-25.
- Arro, J. A. 2005. Genetic diversity among sugarcane clones using target region amplification polymorphism (TRAP) markers and pedigree relationships. A thesis of Master of Science.
- Arro, J. A., J. C. Veremis, C. A. Kimbeng and C. Botanga. 2006. Genetic diversity and relationships revealed by AFLP markers among *Saccharum spontaneum* and related species and genera. Journal American Society of sugarcane Technologists. 26: 101-115.

- Balakrishnan, R., N. V. Nair and T. V. Screenivasan. 2000. A method for establishing a core collection of *Saccharum officinarum* L. germplasm based on quantitative-morphological data. *Genetic resources and crop evolution* 47: 1-9.
- Berding, N., R.S. Pendrigh and V. Dunne. 2007. Can flowering in sugarcane be optimized by use of differential declinations for the initiation and development phases?. *Proc. ISSCT CONGRESS*. 26: 699-711.
- Bernal, N., F. Morales, G. Gálvez e Ibis Jorge. 1997. *Variedades de caña de azúcar, Uso y manejo*. Ed. IMAGO. 95 pp.
- Blackburn, F. 1984. *Sugar-Cane*. Longman. New York, NY, Pp.30-42.
- Caraballosa, V., F. González, R. Rábagos, N. Bernal y Angela Tomeu. 2000. Fundamentación de la creación del Centro Nacional de Hibridación de la caña de azúcar en la provincia Sancti Spíritus. *Cuba & Caña*: 7-14
- Cedeño, K. E., R. O. Castillo and G. Silva. 2006. Genetic diversity assessment of the Ecuadorian sugarcane collection using RAPD markers. *Proc. ISSCT breeding and germplasm workshop*, Ecuador.
- Clements, H.P and M. Awada. 1967. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. *Proc. ISSCT CONGRESS*. 12: 795-812.
- Coto, O. 2001. *Diversidad molecular de clones del Saccharum spp. de interés para el mejoramiento cañero revelada mediante RFLP*. La Habana. Tesis doctorado. 100 pp.
- Coto, O., M. T. Cornide, D. Calvo, E. Canals, A. D'Hont and F. de Prada. 2002. Genetic diversity among wild sugarcane germplasm from Laos revealed with markers. *Euphytica* 123: 121-130.
- Cuellar, I., M. de León, A. Gómez, Dolores Piñón, R. Villegas e Ignacio Santana. 2003. *Caña de azúcar paradigma de sostenibilidad*. Ed. PUBLINICA. 175 pp.
- Delvadia, D. R. and A.D. Patel. 2006. Genetic variability and heritability in sugarcane. *Madras Agric. J.* 93 (7-12): 165-168.
- Dookun, A., A. D. Hont, E. Mirkov, B. Hockett and E. C. Ulian. 2007. Fifth ISSCT molecular biology workshop report. *Proc. ISSCT CONGRESS* 26: 932-942.

- Dunckelman, P.H. and B.L. Legendre. 1982. Guide to sugarcane breeding in the temperate zone. Agric. Res. Serv., Agricultural Reviews and Manuals, Southern Series, 22: 1-26.
- Ethirajan, A.S. 1987. Sugarcane hybridization techniques. Copersucar Int. Sug. Breeding workshop: 129-146.
- García, A.A., E. A. Kido, A. N. Mesa, H.M. B. Souza, L.R. Pinto, M. M. Pastina, C.S. Leite, J.A. G. da Silva, E. C. Ulian, A. Figueira and P. Souza. 2006. Development of an integrated genetic map of a sugarcane (*Saccharum* spp.) commercial cross, based on a maximum-likelihood approach for estimation of linkage and phases. *Theor Appl. Genet* 112: 298-314.
- González, F. 2005. Perfeccionamiento de la tecnología en la primera etapa del proceso de obtención de nuevas variedades de caña de azúcar mediante Hibridación Tesis Maestría, Univ. La Habana.
- Gosnell, J. M. 1973. Some Factors affecting flowering in sugarcane. Proc. 47 conf. s. Agricultural Sug. Tech. Assoc: 144-147.
- Grant, C. A.; Flaten, D. N.; Tomaszewicz, D. J.; Sheppard, S. C. 2001. Importancia de la nutrición temprana con fósforo. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Informaciones Agronómicas* (44): 1-5, julio.
- Grivet, L. and P. Arruda. 2001. Sugarcane genomics: depicting the complex genome of an important tropical crop. *Curr Opin Plant Biol* 5:122-127.
- Heinz, D. J. and T.L. Tew. 1987. Hybridization procedure (cap. 8). In Heinz, D.J. (Ed.): *Sugarcane improvement through breeding*. Elsevier, Amsterdam: 313-340.
- Hoarau, J.Y., L. Grivet, B. Offmann, L.M. Raboin, J.P. Diorfar, J. Payet, M. Hellmann, A. D'Hont and J.C.Glaszmann. 2002. Genetic dissection of a modern sugarcane cultivar (*Saccharum* spp) II .Detection of QTLs for yield components. *Theor Appl Genet*. 105:1027-1037
- Hoarau, J.Y., L. Grivet, B. Offmann, A. D'Hont, A.M. Risterucci, D. Roques, J.C. Glaszmann and L. Grivet L. 2001. Genetic dissection of a modern sugarcane cultivar (*Saccharum* spp.) I. Genome mapping with AFLP markers. *Theor Appl Genet* 103: 84-97.

- Hogarth, D. M. and N. Berding. 2006. Sugar Cane International, March / April vol. 24 (2): 26-31.
- Humbert, R. P. 1965. El cultivo de la caña de azúcar. La Habana. Editora Universitaria. p. 108-300
- Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1996. La importancia del fósforo en la salud del cultivo, en su calidad y en el medio ambiente. Informaciones Agronómicas. Edición para México y Norte de Centroamérica 1 (5): 5, abril.
- Jannoo, N., L. Grivet, M. Seguin, F. Paulet, R. Domaingue, P. S. Rao, A. Dookun, A. D'Hont and J.C. Glaszmann. 1999. Molecular investigation of the genetic base of sugarcane cultivars. Theor Appl. Genet 99: 171-184.
- Jorge, H. H. García, N. Bernal e Ibis Jorge. 2007. Taller mejoramiento genético "Programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba, situación actual". En 60 Aniversario EPICA Jovellanos. CD - ISSN1028-6527.
- Jorge, H., I. Jorge y N. Bernal (ed.). 2010. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Publinica. 99 pp.
- Jorge, H., I. Jorge, I. Santana, O. Santana y R. González. 2008. Manejo y explotación de variedades de caña de azúcar en Cuba. Cuba y Caña. 1: 26-28.
- Jorge, H., Ibis Jorge y A. Arencibia (Ed.). 2003. Programa de Fitomejoramiento. Impacto en la producción azucarera cubana. Ediciones Graficas. ISBN: 959-7140-03-9. La Habana, Cuba, 100 pp.
- Jorge, H., Ibis Jorge y A. Arencibia. 2004. Catálogo de nuevas variedades de caña de azúcar. PUBLINICA. 101 pp.
- Jorge, H., R. González, M. A. Casas e Ibis Jorge (Ed.). 2011. Normas y procedimientos del programa de mejora genética de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín No. 1 Revista Cuba & Caña, INICA. 315 pp.
- LaBorde, C. 2007. Sugarcane tasseling under artificial photoperiod condition as affected by nitrogen rate and temperature. Thesis Philosophy.

- Maldonado, A., M. Melgar and P. Lamport. 2008. Worldwide advances in sugarcane transgenesis. *Sugar Journal*.
- Manners, J., L. McIntyre, R. Casu, G. Cordeiro, M. Jackson, K. Aitken, P. Jackson, G. Bonnett, S. Lee and R. Henry. 2004. Can genomics revolutionize genetics and breeding in sugarcane?. 4th International Crops Science Congress 1-9.
- Martin, J., G. Galvez; R. de Armas, R. Espinosa, R. Vigoa y A. León. 1987. La caña de azúcar en Cuba. Editorial Científico Técnica, La Habana. 612 pp.
- Matsuoka, M., M. Sato, Y. Tamura, M. Tanio, K. Suwabe and H. Fukuoka. 2005. Microsatellite markers for cultivar identification in sugarcane (*Saccharum* spp.). Proc ISSCT Silver jubilee Congress Guatemala.
- Miller, J. D., P. Y. P. Tai, S. J. Edme, J. Comstock, B. Glaz and R. Gilbert. 2005. Basic germplasm utilization in the sugarcane development program at Canal Point, Florida, USA. Proc Silver Jubilee Congress Guatemala, Jan. 30 - Feb. 4.
- MINAZ-INICA. 2009. Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. Sancti Spíritus. 54 pp.
- Moore, P.H. and K. J. Nuss. 1987. Flowering and flower synchronization. In: Heinz, D. J. (ed.) *Sugarcane Improvement through breeding*, Elsevier, Amsterdam: 273-311.
- Nair, N. V., A. Selvi, T. V. Sreenivasan and K. N. Pushpalatha. 2002. Molecular diversity in India sugarcane cultivars as revealed by randomly amplified DNA polymorphisms. *Euphytica* 127: 219-225.
- NationalPak. Sugarcane Fertilizer requirements [En línea]. Department of Agronomy. University of Agriculture, Faisalabad. Disponible en: [http://www.nrf.ac.za/sajs/sm\\_may98.stm](http://www.nrf.ac.za/sajs/sm_may98.stm) [Consulta: enero 13, 2004]
- Nuss, K.J. 1977. Recent experiments in the cane breeding glasshouse at the experiment station. *Proc. South Africa Sugar Technol. Assoc.* 51: 27-29.
- Pérez, G. 2009. Composición genética del Banco de Germoplasma de Cuba. Proyecto presentado al CITMA en 2009.

- Pérez, G., A. China, I. Abrantes, L. Cabrera, O. Carvajal y Sandra Vidal. 2007. Base genética de la caña de azúcar en Cuba y su influencia sobre la obtención de variedades resistentes a enfermedades, Memorias 60 Aniversario EPICA Jovellanos. CD - ISSN1028-6527.
- Pérez, G., N. Bernal, A. China, J. P. O'Relly y F. de Prada. 1997. Recursos Genéticos de la caña de azúcar. Edit. IMAGO. 249 pp.
- Prada, F. 1998. Estudio y utilización de los recursos genéticos de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). (Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas). MINAZ - INICA. Cuba. 106 pp.
- Queme, J. L., L. Molina and M. Melgar. 2005a. Analysis of genetic similarity among 48 sugarcane varieties using microsatellite DNA sequences. Proc ISSCT Silver jubilee Congres Guatemala.
- Rao, P. S. and M. Martin-Gardiner. 2000. Performance of selected clones from genetic base broadening programme in Barbados. 6th ISSCT breeding workshop Barbados.
- Rodríguez, A. M., M. A. Castillo y E. P. Flores. 2005. Diversidad genética de los cultivos de caña más importantes de México. Gnosis (online), vol. 3, art. 1.
- Santana, I., J.C. Santos y S. Guillen (eds.). 2007. Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. Primera edición, PUBLINICA. ISSN 1028-6527. 148 pp.
- Schenck, S., M. W. Crepeau, K. K. Wu, P. H. Moore, Q. Yu and R. Ming. 2004. Genetic diversity and relationships in native Hawaiian *Saccharum officinarum* sugarcane. *Journal of Heredity* 95(4): 327-331.
- Selvi, A., N. V. Nair, J. L. Noyer, N. Singh, N. Balasundaram, K. C. Bansal, K. R. Koundal and T. Mohapatra. 2005. Genomic constitution and Genetic relationship among the tropical and subtropical Indian sugarcane cultivars revealed by AFLP. *Crop Sci.* 45: 1750-1757.

- Sreewarome, A.; Toomsan, B.; Limpinuntana, V.; Jaisil, P.; Rao, M. S.; Krishnamurthi, M. Effect of phosphorus on physiological and agronomic parameters of sugarcane cultivars in Thailand. En: Hogart, D. M. (ed). International Society of Sugarcane Technologists Proceedings XXV Congress (2005: Guatemala City, 30 January-4 February: Guatemala) p. 126-132
- Srivastava, S., P. S. Gupta and B. L. Srivastava. 2006b. Genetic diversity of sugarcane genotype (*Saccharum* spp hybrids) using agronomic attributes and RAPD markers. 8th ISSCT breeding and germplasm workshop. Ecuador.
- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stevenson, G.C.1965.Genetic and Breeding of sugarcane. Longmans, London. 284pp.
- Tai, P.Y. and J. D. Miller. 2002. Germplasm diversity among four sugarcane species for sugar composition. *Crop Sci.* 42: 958-964.
- Tew, T. 2002. The Louisiana basic breeding program past, present and future. *Journal American Society of sugarcane Technologists.* 22: 120.
- Tew, T. 2003. World sugarcane variety census-Year 2000. *Sugar cane international*, March/April. 12-18.
- Tew, T. I. and Y. Pan. 2006. Microsatellite-based paternity analysis of a seven-parent sugarcane polycross. *Proc. ISSCT breeding and germplasm workshop*, Ecuador.
- Varela, J. 2012. Oportuna alianza entre investigadores y productores. *Periódico Gramma* 12 de Mayo. Pág 8.
- Verret, J. A., 1925. A method of handling cane tassels for breeding work. *Hawaiian Planter's Rec.*, 29, 84 - 95.
- Wikipedia, 2011. Wikitaxi copyright 2008-2010 by Ralf Junker. E-mail: [mail@wikitaxi.org](mailto:mail@wikitaxi.org).