

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS

José Martí Pérez

Facultad de Agronomía

Carrera: Ingeniería Agrónoma

Filial Universitaria Municipal Cabaiguán



Trabajo de Diploma

Título: Incremento de la producción de posturas con el manejo del ambiente en cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Autor: Andrés Álvarez Muñoz.

Tutor: Ing. Víctor Manuel Caraballosa Torrecilla, Dr.

Curso 2013 – 2014

Resumen

En la actualidad existe una baja producción de posturas en los cruzamientos de caña de azúcar, lo que es un inconveniente para explotar la variabilidad genética, necesaria para el proceso de selección. Para ello se trazó como objetivo proponer cómo lograr incrementos en la producción de posturas, a partir del manejo eficiente de las condiciones ambientales. Para ello se determinó la influencia de la interacción genotipo por ambiente que se produce en las seis áreas de cruces identificadas, con el uso de tres combinaciones biparentales de progenitores. También se analizaron las condiciones de manejo de los cruces del período 2013-2014 y se identificaron las mejores condiciones para la producción de posturas y por último se puso a disposición de los expertos los elementos y se propusieron las mejores alternativas. Como resultado se encontró que la fuente de variación que más influyó sobre la producción de posturas fue la combinación de progenitores, pero con diferencias entre ambientes e interacciones combinaciones por ambientes. La mayor producción de posturas del período se logró con el uso de combinaciones poliparentales manejadas sin bolsos de cruzamientos fuera de la casa de cruzamientos con flores femeninas de Guayos. Con toda la información suministrada, el grupo de expertos pudo encontrar las posibles causas de las diferencias de posturas y recomendar medidas para incrementarlas.

Abstrat

Nowadays, there is a low production of inner plants in the crossing of sugar cane, this is a handicap to explain the genetic variability, necessary in the chosen process. For this we aim as an objective to propose how to increase the production of inner plants, apart from an efficient management of weather condition. For this the influence of genotype interaction that is produced in six areas of identified crossing was determined. Also the condition in the management of crossing during the 2013-2014 was analyzed and the best of them were identified with the use of the three biparental combination of progenitors and the best conditions that were identified for the production of the inner plants and then it was put at the disposition of the experts and the best alternatives were proposed.

As result it was found that the variation sources that influence the most in the production of inner plants was the combination of progenitors, but with differences in the environmental or interactions combinations for environments.

The greatest production of inner plants of the period was obtain with the use of poliparental combination managed without crossing bags, out of the crossing house with the female flowers of Guayos. With the amount of this given information, the expert group could found the possible causes of the differences in the inner plants and recommends measures to increase them.

Tabla de contenido.

Introducción.....	4
1. Fundamentación teórica.....	10
1.1 Situación actual del cultivo de la caña de azúcar en Cuba.....	10
1.2 Mejoramiento genético de la caña de azúcar.....	11
1.3. Principales factores que afectan la floración.....	13
1.3.1. Fotoperiodismo.....	13
1.3.2. Temperatura.....	14
1.4. Hibridación.....	15
1.4.1 Producción de Posturas en el mundo.....	16
1.4.2 Tecnología de cruzamientos en Cuba.....	18
1.5 Resultados que avalan la tecnología de cruzamientos actual.....	20
2. Materiales y métodos.....	23
2.1 Fuentes de interacción genotipo por ambiente.....	23
2.2 Principales causas del ambiente que incidieron en la producción de posturas.....	25
2.3 Propuesta de soluciones que contribuyan al incremento de la producción de posturas.....	25
3. Resultados y discusión.....	26
3.1 Fuentes de interacción genotipo por ambiente.....	26
3.2 Principales causas del ambiente que incidieron en la producción de posturas.....	27
3.3 Propuesta de soluciones que contribuyan al incremento de la producción de posturas.....	31
Capítulo IV. Conclusiones.....	33
Capítulo V. Recomendaciones.....	34

Introducción

Un análisis reciente del mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba muestra que la complejidad del mismo ha ido en ascenso, determinado por la aparición de nuevas enfermedades y la limitada base genética de la colección activa de progenitores que ha venido caracterizando al mismo (Pérez et al., 2007), esto hace que los programas de mejora están limitados a menos variedades, las cuales no siempre florecen.

Para los procesos de fitomejoramiento en caña de azúcar, el órgano que reviste mayor importancia es la flor, ya que permite realizar nuevas combinaciones híbridas, pero como la floración tiene efectos negativos el rendimiento en azúcar de una variedad, lo cual ha sido determinado en algunos experimentos de campo, donde se ha encontrado que plantas que florecen en un 35% de sus tallos puede perder de 15% a 20% en sus rendimientos de azúcar por hectárea (Arrivillaga, 1988), hace que la floración sea difícil que se produzca bajo las condiciones de cultivo, producto del efecto de selección negativa que se realiza sobre este carácter.

Los primeros trabajos de mejora consistieron en la recopilación de panículas fecundadas libremente. Muy pronto se buscó un mejor control de los cruzamientos, en Java, comenzaron a emplearse como progenitores femeninos, variedades que producían poco o ningún grano de polen fértil, situándolas en forma de tableros de ajedrez junto a variedades seleccionadas productoras de granos de polen con fertilidad. Posteriormente, comenzaron a controlarse los cruzamientos mediante linternas de cristal o bolsos de tela, para proteger los progenitores femeninos, mientras que diariamente se espolvoreaba el polen de los masculinos (Stevenson, 1965).

Ya en la década de 1920 se centraron las investigaciones en lograr conservar vivos los tallos cortados. Un éxito importante resultó que estos se podían mantener en perfecto estado en una solución diluida de ácido sulfuroso (Stevenson, 1965). A partir de aquí se inician los trabajos para perfeccionar la tecnología, que incluye casas de fotoperíodo, de cruzamientos e invernaderos.

Dado el alto costo económico de la creación de las condiciones artificiales para la inducción de la floración, la mayoría de los países aprovechan las condiciones naturales, principalmente los países tropicales donde la caña de azúcar tiene buena floración. Los mejores resultados de floración se obtienen en Barbados, Brasil, Hawai, India, Mauricio, México y Cuba; mientras que los países de latitudes subtropicales, necesitan casas de fotoperiodo pues la floración es escasa. Estas condiciones artificiales han sido desarrolladas en los Estados Unidos, Sudáfrica y Argentina. En otros países tropicales se emplean ambas condiciones (naturales y artificiales), por lo que el proceso es más eficiente, se destaca en este aspecto Australia, en los ubicados en el ecuador la floración es errática por lo han optado por condiciones artificiales, entre ellos está Colombia y Ecuador.

Los trabajos de mejoramiento en Cuba se iniciaron, según Pérez et al. (2007), en 1905 por R.H. Grey en el jardín botánico de la universidad de Harvard en el antiguo Central Soledad de la provincia Cienfuegos, a estos le siguieron otros sitios de la geografía cubana hasta que a partir de 1964, estos se fusionaron en el Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA) el que fue ampliando sus centros de cruzamientos hasta el año 1997, año en que se realizaba en cinco provincias del país, que empleaban 10 localidades con características favorables para la floración y se efectuaban entre 1500 y 1800 cruces anualmente (Carabaloso *et al.*, 2000). Como resultado de estudios en las diferentes localidades del país y de la necesidad de reducir los costos en el programa, en 1999 se creó el Centro Nacional de Hibridación en la provincia Sancti Spíritus (Carabaloso *et al.*, 2003), y a partir del 2005, queda como única estación de cruzamientos en Cuba.

La brusca reducción de localidades hace que disminuya las posibilidades de explotación de la variabilidad genética con que cuenta el programa de mejora, el que para ejecutar un programa de selección en caña de azúcar, es muy importante la obtención de un número alto de plántulas, pues se conoce que mientras más numerosa sea la población heterocigota obtenida, mayor será la probabilidad de obtener individuos superiores.

La producción de semilla verdadera de caña de azúcar en áreas tropicales se encuentra fuertemente influenciada por las condiciones ambientales, lo cual produce

significativas fluctuaciones en la calidad de los materiales obtenidos a través de los años. Los efectos negativos de origen climático se encuentran mayormente controlados en países capaces de realizar importantes inversiones en instalaciones y equipamiento. No obstante el significativo nivel de sofisticación logrado en algunas áreas del mundo, el efecto año mantiene una importante influencia en los resultados alcanzados.

La semilla de la caña de azúcar es una cariósida muy pequeña, cubierta por una envoltura resistente de pelos y glumas con la función de proteger el embrión de una futura planta y su difusión por el viento, lo que dificulta su visualización (Fuaconnier y Bassereau, 1980; Guerra y Espino, 1996).

La pequeña extensión latitudinal de Cuba permite ubicar su territorio entre 20 y 23° de latitud norte, o sea, situado muy cerca de la frontera septentrional de la zona tropical. Por ello, los cambios del régimen de radiación solar incidentes son pequeños en todo el territorio nacional y cuando existe, se debe a peculiaridades locales del punto de observación, al grado de exposición de la pendiente o a la interacción con otros elementos meteorológicos como la nubosidad (Lecha et al., 1996).

En su cuarto informe de evaluación el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, IPCC (por sus siglas en inglés), concluyó que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco” lo que es evidente a partir del incremento promedio observado en las temperaturas mundiales del aire (0.74° Celsius), de los océanos, el generalizado derretimiento de los hielos y el aumento del nivel medio del mar (0.17m en el siglo XX) (García, 2010).

Una característica del cambio climático global es el incremento en la frecuencia de las temperaturas extremas, la cual reduce la fertilidad de las cosechas y los rendimientos (Porter, 2005; Porter y Semenov, 2005; Tubiello et al., 2007), particularmente si las altas temperaturas coinciden con las etapas sensibles del desarrollo reproductivo (Prasad et al., 2002; Porter, 2005). El tiempo y frecuencia de las temperaturas extremas podría ser más importante que el incremento de las temperaturas medias (White et al., 2006).

Las evidencias observables indican claramente que el clima de Cuba se ha hecho más cálido. Desde mediados del pasado siglo hacia acá la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0.9° Celsius (García, 2010).

Las evidencias crecientes de que el clima global está cambiando han provocado un aumento de la preocupación por las consecuencias que esto tendrá para los ecosistemas naturales. Aunque las evidencias que dan respuesta biológicas al clima cambiante han ido aumentando, pero en muchas especies esto no se conoce (Inouye et al., 2002).

Hedhly et al. (2009) consideran que la fase reproductiva es buena candidata para ser afectada por el cambio del clima debido a: (1) los eventos de cambios son irregulares y reducidos; (2) los cambios previsto en la temperatura principalmente ocurren en la primavera, durante la estación de floración de muchas especies de la plantas, y (3) la información disponible sobre el efecto directo que provoca el stress por la temperatura en la fase reproductiva.

La temperatura a partir de que comienzan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas se llama cero biológico y por encima de ésta, temperatura efectiva, en Cuba este cero biológico, en la mayoría de las plantas, es superior a 10-15°C.

Las plantas son muy sensibles a los cambios térmicos. En general bajo el efecto de temperatura del aire inferior a 10°C, la mayoría de las plantas recesan su ciclo vegetativo, pero al someter a temperatura muy elevada del aire se incrementa la evapotranspiración del cultivo y se somete la planta a un estrés fenológico, que también es muy perjudicial y tiende a la distracción de la misma, sobre todo la temperatura muy alta se combina con vientos fuertes o bajas humedad del aire (Lecha et al., 1996).

Los primeros reportes de la influencia de la temperatura en la producción de posturas a partir de cruzamientos de caña de azúcar se verificaron en estudios desarrollados en Sudáfrica por Brett (1950), quién encontró un incremento de 10 veces la cantidad de posturas obtenidas en cruces controlados, respecto de los que se realizaron en las temperaturas bajas predominantes en las condiciones del invierno, resultados similares se lograron en Luisiana al utilizar invernaderos (Paliatseas, 1963). En trabajos realizados en la zona oriental de Cuba, los análisis históricos indican una

relación estrecha de producción de posturas, humedad y temperatura (Cruz et al., 2007).

En las condiciones de un programa de mejoramiento genético de caña de azúcar, es muy importante la obtención de un número alto de plántulas, a partir del cual se inicia un proceso de selección, mientras más numerosa sea la población híbrida alcanzada, mayor será la probabilidad de obtener individuos superiores a los cultivados.

Pero en la actualidad las condiciones del ambiente provocan una baja producción de posturas en los cruzamientos de caña de azúcar, por lo que se reduce la explotación de la variabilidad genética del cultivo y la probabilidad de obtener nuevas variedades.

Problema científico: ¿Cómo incrementar la producción de posturas de caña azúcar con fines de mejoramiento genético del cultivo?

Hipótesis: Si se logran identificar las mejores condiciones para la producción de posturas en los cruzamientos de caña de azúcar, permitirá al departamento de mejoramiento genético establecer la mejor estrategia para su implementación y lograr incrementar la explotación de la variabilidad genética en función del mejoramiento del cultivo.

Objetivo general: Proponer soluciones para incrementar la producción de posturas en cruzamientos de caña de azúcar, a partir del manejo eficiente de las condiciones ambientales.

Objetivos específicos:

1. Determinar las principales fuentes de interacción genotipo por ambiente para la producción de posturas en cruzamientos de esta gramínea.
2. Definir las principales causas del ambiente que incidieron en la producción de posturas.

3. Proponer soluciones que contribuyan al incremento de la producción de posturas en cruzamientos entre progenitores de caña de azúcar para las condiciones existentes en el centro.

1. Fundamentación teórica

1.1 Situación actual del cultivo de la caña de azúcar en Cuba

Actualmente el grupo AZCUBA (anteriormente MINAZ) acomete un proceso de reorganización que impone una nueva visión a la agricultura cañera, buscando la sostenibilidad sobre la base de un amplio programa de diversificación, con valores agregados a la producción de caña que faciliten la reducción de sus costos y el incremento de la productividad, para alcanzar los niveles de producción de azúcar que requiere el país. Es por ello que en la visión actual de empresas y unidades productoras de caña se plantea: Producir caña con calidad, de forma creciente, cubriendo eficientemente la demanda planificada, con rendimientos agrícolas de 50 t/caña/hás o más y costos competitivos, protegiendo el medio ambiente, aprovechando las nuevas tecnologías y el conocimiento acumulado (Gómez *et al.*, 2008).

La industria azucarera se encuentra afectada por carencias de la materia prima, ineficiencia productiva, por los altos precios del petróleo y sobre todo por afectaciones climatológicas como la sequía que ha provocado los bajos rendimientos obtenidos actualmente (Carrobello, 2005).

Algunas de las tecnologías a las que se atribuye mayor potencial de incremento de los rendimientos son las relacionadas con la genética, biotecnologías e ingeniería genética, que se resumen en la creación y desarrollo de nuevas variedades con mayores potenciales de rendimiento. Un ejemplo clásico de esto es el aumento de los rendimientos en el cultivo del maíz en Estados Unidos que en un período de 60 años (1940-2000) multiplicó cinco veces sus rendimientos y la mayor parte de estos incrementos espectaculares es atribuida a los nuevos genotipos introducidos (Hallauer y Pandey, 2006).

En el caso de la agroindustria azucarera, hay diversos autores que consideran que más del 50 % del incremento de los rendimientos en azúcar por área se debe a la introducción de nuevas variedades (Edme *et al.*, 2005). En el estado de Florida en Estados Unidos, se reportaron ganancias que van de más del 1 % a más del 4 %

anual en un período de tiempo que va desde 1968 hasta el año 2000 atribuible a las nuevas variedades (Edme *et al.*, 2005).

En Cuba también hay diversos autores que coinciden en la importancia de la creación de nuevos genotipos para el incremento de la producción de azúcar por área (Jorge *et al.*, 2001). Los resultados obtenidos en los últimos 40 años son notables debido a la introducción de nuevo germoplasma que de menos de 1000 genotipos llega a casi 4000; liberarse de la dependencia de variedades foráneas que fueron en una época muy importantes y ahora no ocupan más del 15% del área nacional y del establecimiento de programas especiales de resistencia a enfermedades y condiciones adversas, entre otros resultados notables del programa nacional que existe para estos fines (Jorge *et al.*, 2007). Sin embargo, debido al pobre incremento del rendimiento logrado en el período estudiado, es difícil estimar el aporte específico de los nuevos genotipos, aunque su potencial agrícola y de contenido azucarero es alto.

Es por ello que cada vez reviste mayor importancia la mejora genética del cultivo.

1.2 Mejoramiento genético de la caña de azúcar.

Hasta la década de 1880 se supone 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 efectúa simultáneamente en Java y Barbados en 1888, lo cual permite 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 consisten 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 variedades femeninas, clones que producían poco o ningún grano de polen, situadas 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 las variedades femeninas del polen extraño y diariamente se espolvoreaba el polen del masculino (Stevenson, 1965).

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 fotoperiodo, de cruzamientos e invernaderos.

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 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 *et al.*, 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.* Estos enfrentan 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 fusionaron 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 amplió hasta finales de la década del 90, a partir de la cual inicia un proceso de perfeccionamiento, que incluye 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).

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 evitar la incidencia de plagas, problema que ha causado grandes pérdidas agrícolas en determinadas épocas y países (Tew, 2003).

1.3. Principales factores que afectan la floración

La floración de la caña de azúcar es un proceso complejo, que se inicia con un estímulo fotoperiódico, pero para que se complete necesita determinadas condiciones de la planta y del ambiente. Estos requerimientos han sido ampliamente debatido en un grupo de trabajos, entre los que se destacan por su importancia y actualidad los de: Coleman (1960); Clements y Awada (1964); Stevenson (1965); Arceneaux (1967); Coleman (1967); Coleman (1969); Alexander (1973); Clements (1975); Morales (1982); Moore (1987); Moore y Nuss (1987); Nuss y Berding (1999); Polo (2005); LaBorde (2007). Entre los factores del ambiente más relevantes están el fotoperíodo y temperatura.

1.3.1. Fotoperiodismo

El fotoperíodo puede ser definido como una respuesta de la planta a la variación estacional de la longitud del día (Ting, 1982). La floración fue la primera respuesta fotoperiódica que se describió (Devlin, 1982) y en la caña de azúcar uno de los primeros reportes fue realizado por Sartoris (1938), en estudios sobre el clon de *S. spontaneum* "28NG292".

Debido a que el fotoperíodo varía con la latitud y que su efecto está asociado a otros factores, se ha tratado de modelar artificialmente, lo que ocurre bajo condiciones naturales. Un grupo de trabajos se han realizado empleando un fotoperíodo

constante, similar al del Ecuador (0 a 5°), donde el día dura de 12 a 12h 15 min. (Coleman, 1960; Stevenson, 1965; Brett y Harding, 1974; McRae, 1998). Pero los mejores resultados se han logrado imitando la zona reconocida como de mayor floración natural, ubicada de los 5 a los 15° de latitud, en ambos hemisferios, donde la luz va decreciendo alrededor de 30 segundos por día, lo cual se destaca en los trabajos de Coleman (1960); Coleman (1962).

Por último, en latitudes por encima de 15°, el fotoperíodo decrece muy rápido, hasta llegar a alcanzar alrededor de 2 minutos diarios a partir de los 30°, lo que unido a temperaturas nocturnas bajas, hace casi imposible obtener flores en estas condiciones de forma natural, por lo que se emplean simultáneamente casetas de fotoperíodo e invernaderos (Nuss, 2000; LaBorde, 2007).

Para el decrecimiento de los días, se ha generalizado el rango de inicio con 2h 30min. hasta finalizar con 12h (Arceneaux, 1967; Rao et al., 1973; Moore y Nuss, 1987; Nuss y Berding, 1999; Nuss, 2000; LaBorde, 2007). En particular, Australia ha seguido la tendencia de iniciar a partir de 12h 45min. ó 12h 55min. decreciendo 30 ó 60 seg. diarios (Berding y Skinner, 1987; Berding, 1995; Nuss y Berding, 1999; Berding y Moore, 2001; Berding, 2006; Berding et al., 2007).

En el caso de Cuba, ubicada de 19.2 a 23.8° de latitud norte, la inducción natural de la floración se produce en septiembre, con un decrecimiento de los días de 1.15min. a los 22° (Caraballoso et al., 2010), valores cercanos a los que se emplean en algunos países (1min.) para inducir la floración cuando se utilizan condiciones controladas (Brett y Harding, 1974; Nuss y Berding, 1999; Silva et al., 2005; Berding et al., 2007). Esto sugiere que en Cuba el fotoperíodo no es el principal problema y el mismo no se puede ver separado de las condiciones específicas de cada localidad.

1.3.2. Temperatura

Es probable que la temperatura sea el más importante de todos los factores cambiantes, una vez que la adecuada madurez y los requerimientos de la luz para la inducción del primordio han sido satisfechos (Alexander, 1973). En una región geográfica cualquiera, el fotoperíodo natural es aproximadamente constante año tras año, mientras que la floración varía, lo cual está asociado a los cambios que se producen, principalmente en la temperatura y la humedad, cuyas variaciones están

estrechamente relacionadas (Moore y Nuss, 1987). La temperatura en muchos progenitores no sólo influye en la iniciación, sino también en la tasa y grado de brote de los güines y debe verse unida a las etapas de desarrollo de la flor (Stevenson, 1965).

Al igual que el fotoperíodo, la temperatura está asociada a la latitud, pues está determinada por la insolación terrestre, la cual es mayor en la zona intertropical, donde las temperaturas pueden afectar a la floración por exceso, alcanzando valores superiores a 31 ó 32° Celsius, durante el día, lo que se señala en algunos trabajos como limitante de la floración (Carlucci et al., 1988; Nuss y Berding, 1999; Berding y Moore, 2001; Berding, 2005; Berding et al., 2007). Por otra parte, en las latitudes altas, la temperatura restrictiva es la mínima nocturna baja, señalándose valores por debajo de 18 ó 21° Celsius como limitantes de la floración (Clements y Awada, 1967; Gosnell, 1973; Clements, 1975; Nuss, 1980; Nuss, 2000; Miller y Edme, 2003; Bischoff y Gravois, 2004). En otros trabajos se señalan valores adecuados de temperatura para la floración, de 21 a 30° Celsius (Van-Breemen et al., 1963; Ellis et al., 1967; Levi, 1983; Nayamuth et al., 2003; Srivastava et al., 2006; LaBorde, 2007).

En la temperatura, la fluctuación entre la máxima y la mínima diaria debe ser tenida en cuenta, pues rangos estrechos (6-10° Celsius) están asociados a valores altos de floración (Clements y Awada, 1964; Clements y Awada, 1967; Ellis et al., 1967; Rao et al., 1973; Moore, 1987; Carabaloso et al., 2008; Handi, 2009). Las menores oscilaciones están relacionadas a latitudes próximas al Ecuador, donde las variaciones térmicas estacionales son más pequeñas, por la existencia de gran cantidad de vapor en la atmósfera. Al aumentar la latitud, las diferencias entre la temperatura del día y la noche, por lo general, se incrementan, siendo necesario aumentar en altitud, para lograr valores estables.

1.4. Hibridación.

El mejoramiento convencional posee las limitaciones propias de usar el proceso sexual para obtener diversidad genética. La hibridación sexual produce progenies que contienen un complemento completo de genes de cada progenitor. En dependencia de las especies estudiadas y los métodos analíticos utilizados, se

estima que una planta expresa de 20.000 hasta 100.000 genes durante su ciclo de vida (Moore, 1990). El beneficio de la recombinación genética de este número de genes tan grande es que brinda la posibilidad de una combinación superior en una variedad mejorada.

Heinz (1987) indica que las dos mayores limitaciones del mejoramiento convencional son:

- La fuente de genes accesible al mejorador es limitada a aquellas especies que puedan ser sexualmente cruzadas.
- Lo extremadamente grande que es la población en la cual existe una muy baja frecuencia de plantas deseadas.

El trabajo de hibridación en Cuba constituye la base de todo el Programa de Mejora y éste ha estado sometido a un continuo proceso de perfeccionamiento de acuerdo a las principales problemáticas que afectan la producción cañera. En la última campaña luego de un análisis cualitativo y cuantitativo se llevó a cabo una reducción en el número de progenitores a utilizar y se incrementó el uso de progenitores con resistencia a roya y carbón, es una de las principales causas de eliminación de las poblaciones en las etapas iniciales del esquema de selección (Jorge y Jorge, 2003).

1.4.1 Producción de Posturas en el mundo

Resulta interesante efectuar algunas comparaciones con otros centros mundiales de producción de semilla botánica de caña de azúcar, con el objeto de dimensionar el nivel de eficiencia y de calidad alcanzado. Romero y col. (2000) establecen una comparación crítica de los resultados alcanzados por la Estación Experimental Agrícola de Obispo Colomares (EEAOC) en Tucumán, Argentina, en la campaña 1999 / 2000 los que fueron similares a los del período 1992 a 1997 del Centro Universitario Estatal Agrícola de Luisiana en Estados Unidos (LSUAC, por sus siglas en Inglés). Cabe destacar que LSUAC es un centro de investigación de caña de azúcar ampliamente reconocido a nivel mundial; que se encuentra ubicado a 30° de latitud norte y maneja principalmente materiales de tipo comerciales, por lo tanto un punto de referencia válido para la comparación. El análisis comparativo muestra en primer lugar que en la EEAOC pudo tratarse un mayor número de tallos (1568). Las

dimensiones de estos últimos son similares en ambas Instituciones, habiéndose por lo tanto logrado en la EEAOC un aprovechamiento más eficiente del espacio disponible. Este trabajo requirió de una serie de pruebas para ajustar convenientemente el volumen de los recipientes y las mezclas de suelo en equilibrio con el número de tallos. El porcentaje de floración obtenido por la EEAOC fue muy bueno, al tener cuenta que en su plantel de progenitores hay una considerable proporción de progenitores "nuevos", con respuesta desconocida a la floración. En este sentido cabe agregar que LSUAC caracteriza esta respuesta en materiales nuevos en forma previa a su incorporación al programa de cruces, disponiéndose de una amplia infraestructura de invernaderos. Otro punto de referencia es el Programa de floración de la Estación Experimental de la Asociación Sudafricana de Azúcar (SASEX, por sus siglas en inglés), situada a 30° de latitud sur, cuyo resultado promedio entre 1983 y 1997 fue de 60 % de floración en materiales sometidos a tratamientos fotoinductivos.

El mayor número de cruzamientos biparentales logrado por la EEAOC, no significa un mayor espacio disponible en términos comparativos. Por el contrario la realización de 336 cruces por año requiere de un intenso esfuerzo, especialmente en la época "pico" de floración. Si bien el resultado logrado en cruzamientos se aumentó con más "imaginación" que dinero, estas instalaciones deben mejorarse, sobre todo para controlar más eficientemente la temperatura y la humedad relativa. Con respecto a la calidad germinativa de la semilla, el valor alcanzado por la EEAOC es de un muy buen nivel, deseable de mantener y en lo posible, de incrementar a través del tiempo. El valor promedio de LSUAC de 150 posturas/g tiene como extremos en los seis años considerados 73 y 232, demostrándose cuán marcada resulta la influencia del año en la calidad de la semilla.

En el caso de LSUAC las cámaras fotoperiódicas se encuentran calefaccionadas (además de los invernaderos de tratamientos y de cruces), pudiéndose controlar más eficientemente la fertilidad del polen floral. En el caso de SASEX el valor promedio entre 1983 y 1997 es de 58 posturas/g con valores extremos de 26 y 103.

Se puede agregar que LSUAC, pendiente del Estado de Luisiana, conjuntamente con Unidad de Mejoramiento de la caña de azúcar en Houma, Estados Unidos (SRU, por sus siglas en inglés) son los organismos responsables de la producción de variedades genéticamente mejoradas para el área de Luisiana. Ambas Estaciones Experimentales cuentan con moderna infraestructura para producir semilla botánica, además de efectuar el proceso de selección posterior, con todas sus áreas de apoyo relacionadas (Cuenya, 1997). LSUAC concentra sus esfuerzos en producir materiales comerciales con una base de selección de aproximadamente 60000 posturas, efectivamente implantados en campo por año. Por otra parte, SRU produce en su propio centro materiales básicos (alrededor de 20000 posturas anuales), además la vasta y eficiente estación de floración y cruzamientos de Canal Point (Florida, USDA) para producir unas 80000 posturas por año con características comerciales. Esta amplia base de selección anual (160000 posturas) involucra entonces a tres centros de investigación con amplias instalaciones y moderno equipamiento para producir semilla botánica de caña de azúcar.

Los primeros reportes de la influencia de la temperatura en la producción de posturas a partir de cruzamientos de caña de azúcar se verificaron en estudios desarrollados en Sudáfrica por Brett (1950), quién encontró un incremento de 10 veces la cantidad de posturas obtenidas en cruces controlados, respecto de los que se realizaron en las temperaturas bajas predominantes en las condiciones del invierno, resultados similares se lograron en Luisiana al utilizar invernaderos (Paliatseas, 1963). En trabajos realizados en la zona oriental de Cuba, los análisis históricos indican una relación estrecha de producción de posturas, humedad y temperatura (Cruz y col., 2007).

1.4.2 Tecnología de cruzamientos en Cuba

Según Jorge *et al.* (2011), el programa de cruzamientos actualmente empleado en Cuba está encaminado a lograr los objetivos fundamentales siguientes:

- ✓ Obtener variedades con un porcentaje de pol y rendimientos en t pol/ha igual o superior al testigo C86-12 y un porcentaje de fibra entre 12.5 a 14.5.
- ✓ Ser resistente o tolerante a las enfermedades:

- ✓ VMCA
- ✓ roya
- ✓ carbón
- ✓ escaldadura foliar
- ✓ Otras de importancia económica que surjan
- ✓ Dar respuesta a los diferentes ciclos de plantación- cosecha con edades promedios superiores a 15 meses.
- ✓ Dar respuesta a condiciones específicas como la salinidad, sequía y deficiente drenaje interno.

El trabajo se desarrolla a través de Programas de Cruzamientos que se elaboran sobre la base del potencial genético de la Colección de Germoplasma, la información acumulada sobre los progenitores, estudios de las progenies y la experiencia de los investigadores, definidos para líneas de mejora más importantes que actualmente son:

- ✓ Obtención de genotipos de caña de azúcar, resistentes a las principales enfermedades del cultivo (roya, carbón, VMCA y escaldadura foliar).
- ✓ Ampliación y explotación de los Recursos Fitogenéticos de la caña de azúcar.
- ✓ Programa Comercial de Obtención de nuevas variedades de caña de azúcar adaptadas a las principales regiones agroclimáticas del país.
- ✓ Obtención de nuevas variedades de caña de azúcar tolerantes a condiciones de estrés ambiental (deficiente drenaje interno y tolerancia a la sequía).
- ✓ Obtención de variedades de caña de azúcar de alto contenido azucarero y maduración temprana.
- ✓ Convenio con la República Islámica de Irán para el Mejoramiento Genético de los principales tipos de estrés ambiental presentes en Khuzestán, Irán.

La programación de los cruzamientos con fines comerciales se fundamenta en la información acumulada, que incluye las características de los progenitores, los resultados de la evaluación de sus progenies, los principales parámetros genéticos determinados, así como el porcentaje de selección registrado en cada etapa del

esquema, los que en dependencia de su comportamiento se dividen en exploratorios y comprobados.

1.5 Resultados que avalan la tecnología de cruzamientos actual.

Varios trabajos han servido de base para la conformación de la tecnología que existe actualmente en el Centro Nacional de Hibridación, en las conclusiones de ellos destacan:

González (2012) encontró que:

- La producción de posturas está influenciada, en el Centro Nacional de Hibridación por la localidad del cruce, los progenitores, las técnica de manejo y las interacciones localidad x técnica de manejo y progenitores x técnica de manejo.
- La mayor cantidad de posturas en una campaña se puede lograr con el uso de la solución + margullo.
- Se logró aumentar la producción de posturas con el manejo del tallo sin hojas, con un cuarto del tallo, en la fase de hembra montada 48 horas después de su corte.

Quintanilla (2012) demostró que:

- La solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba, al 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.
- 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.

Rodríguez (2012) plantea que:

- El momento óptimo para efectuar la cosecha de los cruces es alrededor de los 32 días después de montados; los mismos según su importancia y destino, serán colectados en panícula individual o unidas.
- En la prueba de germinación se deben mantener los parámetros indicados en las normas metodológicas, con la incorporación de luz artificial durante el proceso.
- La conservación de la semilla botánica a corto plazo se debe realizar en congelación o en locales con aire acondicionado y para largo plazo en condiciones de congelación.

Por su parte Díaz (2012) afirma que:

- La temperatura máxima tuvo una marcada influencia sobre la producción de posturas, la que pudo ser validada con buenos resultados a través de la ecuación obtenida.
- Se encontró diferencia de temperatura en las áreas de cruzamientos estudiadas, con valores más marcados a la 1:00 PM, los que fueron óptimos entre 26 y 27°C para la producción de posturas.
- El sol, el techado, los árboles de alto porte y otras variables del clima provocan diferencias de temperaturas entre posiciones de las áreas de cruzamientos, las que pueden ser aprovechadas y manejadas en función del incremento de la producción de posturas.

Según Díaz (2013):

- En la región central de Cuba se pudieron identificar tres regiones bien diferenciadas para la producción de posturas, en lo que tuvo alta influencia la altitud y las variables del clima asociadas a ella.
- El estudio de la estabilidad en la producción de posturas de las combinaciones y el alto efecto de las combinaciones dentro de las fuentes de variación indica la necesidad de hacer otros estudios genéticos y fisiológicos para definir las

causas de los valores bajos y tomar otras medidas para incrementar las posturas.

- Quedó definida una estrategia, basada en el uso de Guayos como localidad principal de cruzamientos, apoyada en el resto de las localidades para el suministro de flores y el pronóstico temprano de la producción de posturas, en función de la temperatura.
- El incremento de la producción de posturas, factible con el empleo de la estrategia, aquí propuesta, facilita un mayor aprovechamiento de los recursos filogenéticos, al aumentar la variabilidad genética, producto de una mayor sincronización de la floración, lo que debe contribuir a la ampliación de la base genética en los nuevos cultivares a liberarse.

Por último Blanco (2013) propuso las siguientes modificaciones en la Tecnología de Cruzamientos:

- Hacer el movimiento de los tallos florecidos en el menor tiempo posible y bajo condiciones que no sean estresantes para las flores.
- Crear un área de recepción que evite la acción directa de los rayos del sol sobre los tallos florecidos en la espera de ser utilizados como progenitores para montar los cruces.
- En esta área de recepción, crear condiciones de humedad relativa alta, lo cual se puede lograr con riego localizado y ubicando los tallos de forma horizontal dentro de un recipiente con agua.
- En el montaje de los cruces, usar recipientes de 5L en los gorros verdes y los de 8L en los gorros blancos.
- Tratar de mantener todos los días una temperatura máxima, que en el área de montaje de los cruces oscile entre 26,5 y 28,5°C, valor óptimo para la producción de posturas, con mayor énfasis en los progenitores de baja producción de posturas.
- Comenzar a montar los cruces por las áreas C y E, llevando a estas a los progenitores que han presentan una menor producción de posturas.

2. Materiales y métodos.

El presente trabajo se desarrolló en el Centro Nacional de Hibridación de la caña de azúcar ubicado el Km 1½ de la carretera de Guayos a Tres Palmas (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la localidad del estudio.

La información del trabajo se obtuvo de los datos de producción de posturas de los cruzamientos que se realizaron en la temporada 2013-2014, según programa establecido para los principales objetivos de mejora de Cuba y algunos específicos para los objetivos de esta tesis.

2.1 Fuentes de interacción genotipo por ambiente

Para conocer las principales fuentes de variación que intervienen en la producción de posturas, se ejecutó un estudio en la Casa de cruzamientos y áreas aledañas, que se emplean para la hibridación entre progenitores de caña de azúcar, en total se identificaron seis ambientes que se muestran en la figura 2.



Figura 2. Ambientes empleados en los cruzamientos

Para los objetivos de este trabajo, en cada uno de estos seis ambientes se montaron tres cruces con la misma combinación de progenitores, seleccionados al azar y que se relacionan a continuación:

1. C86-12 x CP70-1133
2. C89-161 x C85-277
3. C90-501 x C86-531

Estos cruces fueron ejecutados en fechas diferentes (inicio, mediados y final de etapa de cruces) y empleando un diseño de bloques al azar con cinco réplicas.

Estos cruces fueron montados, conducidos y cosechados según normas metodológicas establecidas por el programa (Jorge et al., 2010), la semilla obtenida fue manipulada en el laboratorio, según las normas ya mencionadas anteriormente, concluyendo con la obtención del número de posturas por gramo de semilla para cada unidad experimental, obtenida a partir de la germinación en una incubadora a 37° C (temperatura óptima).

Con la información generada de las posturas (variable dependiente), se conformó una base de datos que incluía como variables independientes los cruces (3), ambientes (6) y réplica (5) y realizado un análisis de varianza factorial y una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, en ambos casos se consideró significativa para $p \leq 0.05$ y se empleó el software STATISTICA v 8.0 ((StatSoft, 2007).

2.2 Principales causas del ambiente que incidieron en la producción de posturas.

Para conocer las posibles causas que incidieron en la producción de posturas de la etapa de cruzamientos 2013-2014, se conformó una base de datos con los 722 cruzamientos realizados en este período, donde se tuvo en cuenta; las diferencias entre los tipos de cruces (biparentales, jerárquicos, policruces y polinizaciones libres); los colores y telas empleadas en los bolsos de cruzamientos (lienzo blanco, poliéster verde, tela de mosquitero blanca, sin bolso de cruzamiento); áreas de cruzamientos (dentro de la casa de cruces y fuera de la casa de cruces); localidad de origen de las flores femeninas (Guayos, Buenos Aires y Mayarí) y capacidad de los recipientes para la solución nutritiva donde viven los tallos (5 y 8 litros).

Para conocer estas diferencias se realizaron análisis de varianza simple para cada una de las condiciones de cruzamientos y al igual que el acápite anterior se utilizó la prueba de Tukey, en ambos casos se consideró significativa para $p \leq 0.05$ y se empleó el software STATISTICA v 8.0 ((StatSoft, 2007).

También de forma paralela al desarrollo de los cruzamientos se realizaron mediciones, en cada uno de los seis ambientes, de la temperatura máxima y mínima, variables relacionadas con la producción de posturas en estas condiciones según Díaz (2012) y Blanco (2013).

2.3 Propuesta de soluciones que contribuyan al incremento de la producción de posturas.

Teniendo en cuenta los resultados logrados en los acápites anteriores y con el uso de un grupo de expertos en los cruzamientos, la observación de las condiciones actuales, las variables del clima y la información de manejo que existen en otros países, se proponen soluciones que contribuyan a lograr incrementos sostenidos de la producción de posturas bajo las condiciones de los cruzamientos.

3. Resultados y discusión

3.1 Fuentes de interacción genotipo por ambiente

Del resultado de los experimentos conducidos se encontró la alta influencia de la combinación sobre la producción de posturas, pero con diferencias altamente significativas para todas las fuentes de variación (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del ANOVA

Fuentes de variación	GL	VFT (%)	p
Combinación (C)	2	52	0.001
Área (A)	5	15	0.001
C x A	10	30	0.001
Error	72	3	

GL, VFT, p= grados de libertad, variación fenotípica total, probabilidad de error.

Ha sido demostrado que la combinación de progenitores tiene influencia en la producción de posturas (Stevenson, 1965), demostrado en trabajos más recientes (Díaz, 2012, Blanco, 2013). En todos los casos se ha reiterado las dificultades de lograr posturas en algunas combinaciones, en muchos de ellos por la existencia de interacción combinación por ambiente, la que dificulta el trabajo de identificación de la problemática (Quintanilla, 2012 y González, 2012).

En los experimentos desarrollados para la búsqueda de ambientes que favorezcan la producción de posturas la combinación C90-501 X C86-531 resultó la de valores más altos en casi todas las áreas, excepto en las C y D donde no se presentan diferencias entre combinaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios de la interacción combinación por área de cruce

Combinación	Área						Promedio general
	A	B	C	D	E	F	
C86-12 X CP70-1133	5c	16c	9c	17c	1c	30c	13b
C89-161 X C85-277	2c	1c	2c	11c	5c	1c	4b
C90-501 X C86-531	165a	90b	25c	7c	93b	175a	92a
Promedio general	57a	35b	12c	11c	33b	68a	36

Letras iguales en los promedios no existen diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

Lo planteado anteriormente se manifiesta en los valores más altos de posturas en las áreas A y F para los ambientes estudiados y la más baja producción de posturas de la combinación de progenitores C89-161 X C85-277.

3.2 Principales causas del ambiente que incidieron en la producción de posturas.

Lo analizado hasta aquí sugiere que el proceso es complejo, donde se involucran factores tanto genéticos como ambientales para al final lograr altos valores de producción de posturas, como en este trabajo no es objetivo ni se contaban con herramientas necesarias para hacer estudios genéticos, se vio la necesidad de profundizar en las diferencias del ambiente, pero utilizando una amplia variabilidad genética, para poder incrementar las posturas de los cruzamientos.

El primer elemento analizado fue la temperatura, donde destaca que no existen diferencia entre áreas para la temperatura mínima y valores más altos fuera de la casa de cruzamientos (áreas E y F) y más bajos dentro de ella (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de temperatura (máxima y mínima) en las áreas de cruces.

Área	Temperatura mínima			Temperatura máxima		
	mínima	máxima	media	mínima	máxima	media
A	17,5	22,0	20,0	26,5	29,5	28,1
B	17,5	22,0	20,0	26,5	29,5	28,1
C	17,5	22,0	20,0	27,0	30,5	28,4
D	17,5	22,0	20,0	27,0	30,0	28,1
E	17,5	22,0	20,0	29,5	33,5	30,9
F	17,5	22,0	20,0	29,5	32,0	30,4
General	17,5	22,0	20,0	26,5	33,5	29,0

Las temperaturas mínimas no presentaron diferencias, pues se producen en la noche, siendo la incidencia del sol la que provoca las diferencias entre áreas en las máximas.

En general se apreciaron valores altos de temperaturas, respecto a los registrados en los años 2011 (Díaz, 2012) y 2012 (Blanco, 2013), pero en los rangos recomendados por ambos autores como óptimos para lograr valores altos de

posturas, lo que no se logró en este período (Carabaloso, 2014), pues los valores altos para esta localidad están por encima de 70 posturas/g, muy por debajo de las 27 posturas, promedio para cada gramo de semilla germinada (Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedios de posturas en las áreas de cruces.

Área	Posturas/g
A	34ab
B	27bc
C	20c
D	19c
E	26bc
F	36ab
Promedio	27

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

Los valores más altos dentro de las áreas de cruces se producen en la A y F, lo que reafirma que la temperatura no fue el factor más importante, pues ambas áreas son diferentes para la temperatura máxima.

El número de progenitores que participan en el cruce y la presencia o ausencia de bolsos de cruzamientos estuvo asociado y no pudo ser separado su efecto pues los cruces donde participan dos progenitores (uno femenino y otro masculino) siempre fueron ubicados dentro de bolsos de cruzamientos. Contrario a cuando participan más de dos progenitores (poliparental), como es el caso de los jerárquicos (varios femeninos y uno masculino), los policruces (uno femenino y varios masculinos) y las polinizaciones libres (varios femeninos y varios masculinos) en estos sistemas de cruces no se utilizó bolso de cruzamientos.

Los valores más altos de posturas se logran con la combinación sin bolso de cruzamiento-poliparental (Tabla 5).

Tabla 5. Valores promedios de posturas para la asociación tipo de cruce y presencia o ausencia de bolsos de cruzamientos.

Asociación		Posturas/g
Bolso de cruzamiento	Tipo de cruce	
Con	Biparental	12b
Sin	Poliparental	44a
Promedio		27

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

De la tabla anterior surgen dos dudas es la presencia del bolso de aislamiento o el número de progenitores los que intervienen en la producción de posturas.

En ambas formas de asociación se realizaron cruces dentro de la casa de cruzamientos y fuera de ella, los resultados de producción de posturas fueron inferiores cuando se realizaron dentro de la casa de cruzamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Valores promedios de posturas para la asociación tipo de cruce y presencia o ausencia de bolsos de cruzamientos dentro y fuera de la casa de cruzamientos.

Asociación		Casa de cruzamientos	Posturas/g
Bolso de cruzamiento	Tipo de cruce		
Con	Biparental	Dentro	10c
		Fuera	20b
Sin	Poliparental	Dentro	25b
		Fuera	52a
		Campo	30b
Promedio			27

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

De la tabla se puede asumir que cuando el cruce se realiza dentro de la casa de cruzamientos hay afectaciones en la producción de posturas, esto indica que las condiciones que prevalecen en esta instalación están afectando el correcto funcionamiento de los cruces.

También se puede decir que el cruce poliparental produce más posturas que el biparental, esto indica dificultades en la polinización, por incompatibilidad o por la

movilidad dentro del bolso de cruzamientos. También se pudiera cuestionar el enraizamiento del margullo dentro de la casa de cruzamiento debido a temperaturas más bajas que fuera de esta.

Otra causa que está interfiriendo en la producción de posturas es la localidad de procedencia de los tallos florecidos, la que es mayor cuando la flor procede del Escambray (Tabla 7)

Tabla 7. Valores promedios de posturas para la asociación tipo de cruce y presencia o ausencia de bolsos de cruzamientos dentro y fuera de la casa de cruzamientos con flores de dos localidades.

Asociación		Casa de cruzamientos	Localidad de la flor femenina	Posturas/g
Bolso de cruzamiento	Tipo de cruce			
Con	Biparental	Dentro	Escambray	7e
			Guayos	14de
		Fuera	Escambray	10e
			Guayos	30cd
Sin	Poliparental	Dentro	Escambray	20cde
			Guayos	30cd
		Fuera	Escambray	49ab
			Guayos	65a
		Campo	Escambray	35bc
			Guayos	23cde
Promedio				27

Letras iguales no existen diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

El traslado desde el Escambray hacia Guayos de los tallos florecidos provoca varios estreses de la flor, entre los que destaca:

1. Cambio hacia una localidad de ambientes diferentes (temperatura más alta y humedad más baja).
2. Tiempo de traslado del campo hacia la localidad del cruce (aproximadamente 4 horas).
3. Tiempo en el área de espera para el montaje del cruce (17 a 25 horas).

La recolección de flores en el campo produjo más posturas cuando se realizó en el Escambray, lo que sugiere que las condiciones de desarrollo de la flor en esta localidad fueron mejores que en Guayos.

Según lo obtenido hasta aquí la mayor producción de posturas se logra con el uso de cruces poliparental fuera de la casa de cruzamiento sin bolso de cruzamientos con flores femeninas de Guayos.

Las otras variables de manejo no provocaron diferencias en la producción de posturas (Color del gorro, capacidad de los cubos, procedencia de la flor masculina).

3.3 Propuesta de soluciones que contribuyan al incremento de la producción de posturas.

Sobre la base de los resultados que se lograron en los dos primeros acápite un grupo de experto llegó a las siguientes conclusiones de las principales causas que afectan la producción de posturas:

1. El ambiente que existe en la casa de cruzamiento afecta la producción de posturas, en lo fundamental porque provoca valores bajos de humedad los que unido a el uso de sustancia químicas volátiles y agresivas (Sulfuro de hidrógeno), inducen quemaduras en el follaje que impiden completar un desarrollo óptimo del fruto.
2. Los cruces fuera de la casa de cruzamiento se benefician con un ambiente más húmedo y mayor movimiento del aire que rodea la panícula, favoreciendo la polinización, menos quemaduras del Sulfuro de hidrógeno, menos cambios respecto al ambiente natural.

Este mismo grupo de expertos propone las siguientes medidas:

1. Terminar la parte constructiva de la casa de cruzamientos.
2. Crear un mejor ambiente en los alrededores de la casa de cruzamientos con la plantación de árboles y otras plantas que simule las condiciones naturales.

3. Incrementar la humedad relativa en las áreas de cruces dentro y fuera de la casa de cruzamientos con el uso de un sistema de riego.
4. Tomar medidas para la dispersión del polen, como pudiera ser dar toques al progenitor masculino en horas de alta polinización (8 a 10 A.M), para que el polen se esparza sobre el progenitor femenino.
5. Mejorar las condiciones de traslado y recepción de las flores, evitando el estrés y pérdida de humedad, para ello se debe acondicionar el transporte, que evite la incidencia de los rayos solares y mantenga humedad sobre los tallos florecidos. También se debe disminuir el tiempo desde el corte del tallo hasta su montaje en el cruce. Emplear como sustrato del margullo materia orgánica de alta calidad (humus de lombriz o compost, también buenos enraizadores como tripa de palma, aserrín, etc.).

4. Conclusiones

1. La fuente de variación que más influencia tuvo sobre la producción de posturas fue la combinación, aunque existieron diferencias entre ambientes e interacciones combinaciones por ambientes.
2. La mayor producción de posturas se logra con el uso de combinaciones poliparentales manejadas sin bolsos de cruzamientos fuera de la casa de cruzamientos con flores femeninas de Guayos y la peor cuando se emplean combinaciones biparentales dentro de bolsos de cruzamientos dentro de la casa de cruzamientos y con flores femeninas del Escambray.
3. El grupo de experto pudo encontrar las posibles causas de las diferencias de posturas y recomendar medidas para incrementarlas.

5. Recomendaciones

1. Cumplir las recomendaciones realizadas por los expertos para lograr incrementos en la producción de posturas.
2. Hacer nuevos estudios al cambiar las condiciones ambientales de la casa de cruzamientos.

6. Bibliografías

- ARRIVILLAGA, J. Floración de la caña de azúcar: floración de la caña de azúcar. *Revista ATAGUA*, enero 1988, nº 5, pp. 8-9.
- BERDING, N. *Optimization of day-length decrement and commencement of initiation for synchronization of tropical sugarcane flowering*. 8. Ecuador: 8th ISSCT breeding and germplasm workshop, 2006.
- BERDING, N.; DUNNE, V. y PENDRIGH, R. *Can flowering in sugarcane be optimized by use of differential declinations for the initiation and development phases?*. Ecuador: ISSCT CONGRESS, 2007.
- BLANCO, A. Propuesta de modificaciones en la Tecnología de Cruzamientos en el Centro Nacional de Hibridación Tesis de ingeniero en procesos agroindustriales. *Trabajo de Diploma*. Universidad Sancti Spíritus: Universidad Sancti Spíritus, 2013.
- BRETT, P. *Flowering and pollen fertility in relation to sugarcane breeding in Natal* [disco flexible]. Florida, 21 marzo 1950.
- CARABALLOSO, V.; BERNAL, N.; GONZÁLEZ, A.; JORGE, H.; VERA, A.; CRUZ, O. y RÁBAGO, R. *Estudio del efecto de la temperatura sobre la floración de la caña de azúcar en el Centro Nacional de Hibridación*. Congreso Internacional de Azúcar y Derivados: ISBN, 2008.
- CARABALLOSO, V.; MORALES, F.; CRUZ, R.; GONZÁLEZY, F. y VALLINA, J. *Programa de Fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana*. Ciudad de La Habana: Publicina, 2003. pp. 28-37.
- CARABALLOSO, V.; RÁBAGO, R.; GONZÁLEZ, F.; BERNAL, N. y TOMEU, A. *Fundamentación de la creación del Centro Nacional de Hibridación de la caña de azúcar en la provincia Sancti Spíritus*. Sancti Spíritus: Cuba & Caña, 2000. pp. 7-14.
- CARROBELLO, C. Diversificación: tierras ex cañeras. *Bohemia*, septiembre 2005, nº 19, pp. 28-35.
- CRUZ, R.; CÉSPEDES, A. y GONZÁLEZ, F. *Comportamiento de la fertilidad del polen y la producción de posturas de caña de azúcar en las localidades de Guaro y Pinares de Mayarí*. *Proc. 55 Aniversario Estación de Investigaciones de la caña de azúcar de Holguín*. La Habana: Tierras ex cañeras, 2007.
- DÍAZ, E. Propuesta de manejo de las áreas de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) del Centro Nacional de Hibridación para incrementar la producción de posturas en función de la temperatura. *Trabajo de Diploma*. Universidad Sancti Spíritus: Universidad Sancti Spíritus, 2012. h. 40.
- EDME, S.; GRAZ, B.; MILLER, J.; TAI, P. y COMSTOCK, J. *Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years*. Florida: Crop Sci, 2007. pp. 45, 92-97.
- FAUCONNIER, R. y BASSEREAU, D. *La caña de azúcar*. Ciudad de La Habana: Edit. Cient.

Técnico, 1980. p. 359.

- GARCÍA, D. Curso de energía y cambio climático. *Tabloide de Universidad para todos*, 08 enero 2010, p. 16.
- GÓMEZ, S.; FERNÁNDEZ, C.; ROSSI, I. y PRIETO, J. *Tecnologías conservacionistas y sostenibles en el cultivo de la caña de azúcar*. La Habana: Diver, 2008.
- GUERRA, M. y ESPINO, A. La Semilla de la Caña de Azúcar: la semilla de la caña de azúcar. *Cañaveral*, enero 1996, vol. 2, nº 1, pp. 56-60.
- HALLAUER, A. R. y PANDEY, S. *Defining an Achieving Plant-Breeding Goals*. Iowa State University and CIMMYT: CIMMYT, 2006. pp. 73-89.
- HEDHLY, A.; HERRERO, M. y HORMAZA, J. I. *Global warming and sexual plant reproduction* [disco flexible]. Trends in Plant Science, 14 enero 2009.
- HEDHLY, A.; HERRERO, M. y HORMAZA, J. I. *Global warming and sexual plant reproduction*. Trends in Plant Science: Trends in Plant Science, 2009.
- INOUE, D. W.; DODGE, G. y MORALES, M. A. *Variation in timing and abundance of flowering by *Delphinium barbeyi* Huth (Ranunculaceae): the roles of snowpack, frost, and La Niña, in the context of climate change*. U. S. A: Oecologia, 2002.
- JORGE, H. y JORGE, Í. *Programa de fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana*. La Habana: PUBLINICA, 2003. p. 99.
- JORGE, H.; BERNAL, N. y JORGE, I. *Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana*. La Habana: PUBLINICA, 2010. p. 99.
- JORGE, H.; BERNAL, N.; JORGE, I. y GARCÍA, H. Taller mejoramiento genético "Programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba, situación actual. *En 60 Aniversario EPICA Jovellanos* [CD-ROM]. 07 febrero 2007.
- JORGE, H.; GARCÍA, H. y JORGE, Í. *Contribución al conocimiento y manejo de las variedades de caña de azúcar*". La Habana: R. M. González, 2001. pp. 23-34.
- JORGE, H.; JORGE, I.; CASAS, M. A. y GONZÁLE, R. Normas y procedimientos del programa de mejora genética de la Caña de Azúcar en Cuba: boletín no. 1. *Revista Cuba & Caña*, febrero 2011, nº 3.
- LABORDE, C. Sugarcane tasseling under artificial photoperiod condition as affected by nitrogen rate and temperature. *Trabajo de Diploma*. Ecuador: Thesis Philosophy, 2010.
- LECHA, L.; LAPINEL, B. y PAZ, L. *El Clima de Cuba*. La Habana: Academia, 1996. p. 186.
- MOORE, P. *Prospects for strengthening the conventional breeding or sugarcane molecular-based approaches*. South Africa: BSES, 1990. p. 28.
- NAYAMUTH, R.; SOOPAYA, R. y MANGAR, M. *Characterization of natural environments for sugarcane flowering ability*. Réduit, Mauritius: AMAS, 2003. pp. 179-187.
- NUSS, K. *Long-term benefits accrued from photoperiod facilities for the breeding and selection*

programme at Mt. Edgecombe, South Africa. Barbados: ISSCT, 2000.

- PALIATSEAS, E. *Further studies on flowering of sugar cane in Louisiana*. Proc. Int. Soc: Sugar Cane Technol, 1963. pp. 11: 504-515.
- PÉREZ, G.; CHINEA, A. y BERNAL, N. *Recursos Genéticos de la caña de azúcar*. Recursos Genéticos de la caña de azúcar: IMAGO, 1997. p. 249.
- PÉREZ, G.; CHINEA, A.; CABRERA, L.; CARVAJAL, O.; ABRANTES, I. y VIDAL, S. *Base genética de la caña de azúcar en cuba y su influencia sobre la obtención de variedades resistentes a enfermedades* [CD-ROM]. S. Spiritus: Memorias 60 Aniversario EPICA Antonio Mesa, 17 mayo 2007.
- POLO, P. A. Caracterización de la floración en 306 variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con fines de mejoramiento para dos localidades de la zona cañera guatemalteca. *Tesis de Maestría*. La Habana: Universidad, 2005.
- PORTER, J. *Rising temperatures are likely to reduce crop yields* [on line]. Soc. Lond, 10 May 2005 [Consulta: 13 abril 2006]. Disponible en: Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.
- PORTER, J. y SEMENOV, M. *Crop response to climatic variation* [disco flexible]. Soc. Lond, 06 febrero 2008.
- PRASAD, P. *Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean Phaseolus vulgaris L.* [disco flexible]. Change Biol., 07 August 2007.
- SILVA, E. R.; BERDING, N. y CASTILLO, O. *Preliminary result of managed initiation of sugarcane flowering under tropical conditions of Ecuador*. Congress Guatemala: Silver Jubilee, 2005.
- SRIVASTAVA, R. P.; SINGH, S. y SINGH, S. *Artificial induction of flowering in sugarcane under subtropical conditions - A successful approach* [disco flexible]. Mexico, 24 August 2006.
- StatSoft, Inc. *STATISTICA data analysis software system* [disco flexible]. version 6www.statsoft.com, 25 julio 2007.
- STEVENSON, G. *Genetic and Breeding of sugarcane*. London: Longmans, 1965.
- TORBELLINO, J. *Crop and pasture response to climate change* [disco flexible]. U. S. A, 05 enero 2007.
- WHITE, M. *Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century* [disco flexible]. U. S. A, 17 octubre 2006.