

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
José Martí Pérez

Facultad de Ingeniería

Carrera: Ingeniería en Procesos Agroindustriales



Trabajo de Diploma

Título: Propuesta de modificaciones en la Tecnología de Cruzamientos en el Centro Nacional de Hibridación.

Autor: Ailén Blanco Pérez

Tutor: DrC. Víctor Manuel Caraballosa Torrecilla

MSc. Ing. Oristela Lumpuy Lumpuy

Curso 2012 – 2013

Pensamiento

Nadie alcanza la meta con un solo intento..., ni perfecciona la vida con una sola rectificación..., ni alcanza altura con un solo vuelo.... Nadie hace obras sin martillar sobre su edificio, ni cultiva amistad sin renunciar a sí mismo. Pero nadie deja de llegar cuando se tienen la claridad de un don, el crecimiento de la voluntad, la abundancia de la vida, el poder para realizarse y el impulso de sí mismo.... Nadie deja de llegar cuando de verdad se lo propone.

Anónimo

.

Dedicatoria

A mi hija, luz que ilumina mi vida y razón de mi existir.

*A mi madre, la cual ve realizados sus sueños a través de mi
realización profesional.*

Agradecimientos

A la Revolución que nos dio esta maravillosa oportunidad.

A mis tutores por su dedicación , apoyo y paciencia.

A mi familia, en especial a mi tía y a mi mamá que me ayudaron incondicionalmente en el cuidado de mi hija.

A mi compañero por darme aliento y cariño en el momento preciso.

A mis compañeros de estudio, por compartir buenos momentos que siempre recordaré con mucho cariño.

A todos los profesores, que en el transcurso de estos seis años nos impartieron sus conocimientos con sabiduría y constancia.

A mis compañeros de trabajo, que de una forma u otra me ayudaron en la realización de este trabajo.

Muchas Gracias.

Resumen:

A partir del 2005, todos los trabajos de hibridación de Cuba son asumidos por el Centro Nacional de Hibridación (CNH), ubicado en Sancti Spíritus. Este hecho ha provocado una disminución en la producción de posturas de caña de azúcar, al emplearse nuevos manejos en la tecnología. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue proponer modificaciones en dicha tecnología. Para cumplir con ello se realizó una amplia revisión bibliográfica sobre la temática, que facilitó adquirir una amplia información teórica de la materia, un diagnóstico general del centro y de forma específica del área donde se ejecutan los cruzamientos, lo que permitió conocer las principales dificultades donde se desarrolló la investigación. Los métodos empleados incluyeron el análisis de documentos, la observación, la entrevista y el trabajo de un grupo de expertos, todo permitió conformar un diagrama causa- efecto. Las investigaciones realizadas y el trabajo de los expertos permitieron proponer un grupo de modificaciones en la tecnología, que incluyen; el movimiento rápido, el cuidado durante el traslado de los tallos florecidos y la ubicación bajo condiciones no estresantes en el área de espera para la ejecución de los cruzamientos, la combinación acertada de los recipientes y el color de los gorros para los cruces. Como elemento más importante, considerar el manejo del ambiente de los cruzamientos que incluya; mantener las temperaturas entre 26,5 y 28,5°C con la combinación de las áreas de cruzamientos y uso de técnicas, para subir o bajar la temperatura y por último un manejo eficiente de los progenitores.

Summary:

Starting from the 2005, all the hybridization's works in Cuba they was assumed by the National Hybridization's Center, located in Sancti Spíritus. This fact has caused a decrease in the production of sugar cane's postures, when being used new handlings in the technology. The objective to the present work it is propose modifications in this technology. To carry out with this we made a wide bibliographical revision on the thematic one that facilitated to acquire a wide theoretical information, a general diagnosis to the center and give specific form the surface area where the crisscrossings are executed, what allowed to know the main difficulties where the investigation was developed. The used methods included the observation, the interview and the work gives a expert's group this allowed to conform a diagram it causes - effect. The work gives the experts and the realized investigations allowed to propose a lot of modifications in the technology, include the movement and care gives the flourished shafts, the proper combination gives the recipients and the color gives the caps, and I eat more important element to manage the atmosphere to the crossing that include the regulation of temperatures (between 26,5 and 28,5) in the crossing's areas and the handling gives the parents.

Indice:

Introducción	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica:	6
1.1 La industria azucarera en el mundo.....	6
1.2 La industria azucarera en Cuba. Situación actual.	7
1.3 Mejoramiento genético	8
1.3.1 Floración.....	11
1.3.2 Producción de Posturas en el mundo	15
1.4 Tecnología de cruzamientos en el mundo	17
1.5 Tecnología de cruzamientos en Cuba	17
1.6 Resultados que avalan la tecnología de cruzamientos.....	19
Capítulo II. Diagnóstico de la tecnología de cruzamientos	25
2.1 Procedimiento para realizar el diagnóstico	25
2.2 Caracterización del centro	26
2.3 Conformación del equipo multidisciplinario (Selección de los expertos por el Método Delphi).	30
2.4 Planificación y realización del diagnóstico (entrevistas)	34
2.5 Elaboración del Diagrama Causa- Efecto.....	34
Capítulo III. Definición del manejo adecuado de la tecnología.	35
3.1 Resultados de las entrevistas.....	35
3.2 Diagrama Ishikawa o Causa- Efecto.....	36
3.3 Condiciones de traslado de los tallos hacia el área de cruzamiento.	37
3.4 Uso de recipientes y gorros para el montaje de los cruzamientos.....	39
3.5 Interacción genotipo por ambiente.....	42
3.6 Áreas de cruzamiento.....	44
Conclusiones:	49
Recomendaciones:	50
Referencias Bibliográficas.	51
Anexos.....	57

Introducción

En 1858 J.W. Parris, un agricultor de Barbados, apreció por primera vez la fertilidad de la semilla botánica de la caña de azúcar (Parris, 1954), sin embargo este hecho no fue debidamente valorado hasta el año 1885 en que es redescubierto por Soltwedel en Java y 3 años después por Harrison y Bovell en Barbados (Parris, 1954), es a partir de entonces que se inician las labores de cruzamiento en ambos países y a su vez se extienden a otras regiones geográficas.

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 fotoperiodo, 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 han logrado 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.

Según Pérez y col. (1997), en Cuba los trabajos de mejoramiento se iniciaron, en 1905, por el Sr. R. H. Grey, en el Jardín Botánico de la Universidad de Harvard, que se encontraba ubicado en la provincia de Cienfuegos. Posteriormente aunque en forma inestable, comenzaron trabajos en este sentido en la estación experimental agronómica de Santiago de las Vegas, en 1943.

Le continuaron, casi de manera paralela, en 1948 el entonces central Jaronú, en Camagüey y en 1952 el Central "Preston" en Holguín bajo la dirección de la *United Fruit Sugar Co.*, estos se dieron a la tarea de obtener nuevas variedades de caña de azúcar adaptadas a las zonas edafoclimáticas donde se localizaban las principales propiedades de las compañías azucareras que operaban en el nordeste de la región oriental de Cuba.

Estos trabajos se continuaron con irregularidades hasta que en el año 1964 se fusionaron todos los trabajos que hasta entonces se habían desarrollado en el país, con la creación del Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA), que entre sus principales objetivos tenía la obtención y selección de nuevas variedades de caña de azúcar, para ello se utilizaba básicamente las zonas de Guamuta y Madruga.

El mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba se ha hecho más complejo, motivado por la ampliación de los objetivos de mejora, la aparición de nuevas plagas, la necesidad de adaptar el cultivo a condiciones adversas y la diversificación (Pérez y col., 2007). Lo anterior necesariamente, requiere de una estrategia que valide cada uno de los aspectos que intervienen en la obtención de una adecuada variabilidad a partir de la hibridación y posibilite alcanzar mayor eficiencia; fenómeno caracterizado en los últimos tiempos por la reducción de la colección activa de progenitores.

A lo anterior se le unen que para los procesos de fitomejoramiento en caña de azúcar, el órgano que reviste mayor importancia es la flor, ya que permite realizar nuevas combinaciones, pero como la floración tiene efectos negativos en el rendimiento azucarero 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 pueden perder de 15 al 20% en sus rendimientos de azúcar por hectárea (Arrivillaga, 1988), lo que motiva que, bajo condiciones de cultivo la floración se exprese poco, producto del efecto de selección negativa que se realiza sobre este carácter.

También existe una relación estrecha de la floración con la posición geográfica (latitud y altitud), lo que modera la manifestación de un grupo de factores ambientales como fotoperíodo, temperatura, humedad del suelo y del aire. También inciden otros como el momento de la plantación, y otros de tipos biológicos como edad fisiológica, relación de auxina, interferencia con el crecimiento vegetativo (Polo, 2005; LaBorde, 2007).

Bajo estas condiciones adversas para el mejoramiento, en septiembre de 1985 la dirección del INICA, creó una comisión adjunta al grupo de Germoplasma para efectuar un estudio mediante la evaluación de Colecciones de Floración en diferentes localidades teniendo en cuenta que en 1984 floreció en el país solamente un 47 % del material de la Colección Internacional. Hasta ese momento, las localidades de floración que existían en el país se encontraban en Madruga (La Habana), Diana y Jovellanos (Matanzas), Florida (Camagüey), Guamuta y Pinares de Mayarí (Holguín).

Desde un inicio se planteó la factibilidad de establecer Colecciones de Floración en las regiones de Viñales, Sierra del Rosario, Madruga, Unión de Reyes, San Miguel de los Baños, Valle de Guamacaro, Alturas de Sancti Spíritus, Cunagua, Florencia, Alturas de Trinidad, La Gran Piedra, Bayate y Yateras, todas ubicadas en alturas donde se conjugan mejor los factores que favorecen la floración. De estas zonas se seleccionaron 8 localidades en el país para plantar una colección de individuos constituidas por 23 formas de la *S. officinarum*, 6 de las *S. robustum* y 97 híbridos para un total de 126

genotipos, de ellos 94 fueron considerados de floración escasa y rebeldes, de acuerdo al comportamiento histórico de la floración en la EPICA Matanzas (Morales y col., 1999).

Como resultado del estudio de las diferentes localidades del país y la necesidad de reducir los costos en el programa, se determinó que las provincias de Sancti Spíritus y Holguín eran las más aptas, tanto por los porcentajes de floración como por la producción de la semilla. Por esa razón en el año 1999 se declaró la Estación Provincial de Investigaciones de Sancti Spíritus como Centro Nacional de Hibridación (CNH), para garantizar las posturas al Occidente y Centro del país y la Estación Provincial de Investigaciones de Holguín para suministrarlas a la región Oriental (Jorge y col., 2003).

A partir del 2005, todos los trabajos de hibridación son asumidos por el CNH, ubicado en Sancti Spíritus, con las áreas de Buenos Aires y Guayos, al que se le había anexado la localidad de Mayarí, en Cienfuegos (Carballoso y col., 2000).

El hecho de asumir todo el trabajo de Cuba por un solo centro, implicó necesariamente hacer cambios en la tecnología de cruzamientos, para poder responder a las necesidades del programa mejora del cultivo. A partir del 2000 y a partir de estudios previos desarrollados en el centro, donde se incluyen nuevas formas de manejo de las flores y procedimientos en el montaje de los cruces (Cordobés, 2008; Rodríguez, 2009; Carballoso, 2012; González, 2012; Quintanilla, 2012; Rodríguez, 2012; López, 2012; Díaz, 2012; Díaz, 2013), se fue modificando todo el proceso de mejora. Estas técnicas aumentaron la eficiencia de uso del banco de germoplasma disponible en Cuba, pero como se emplearon nuevos métodos, surgieron nuevas dificultades, que incidieron sobre la producción de posturas.

Lo señalado constituye la situación problemática de la presente investigación, de acuerdo con esta situación se puede plantear como **problema científico**: ¿Qué dificultades se presentan en la tecnología de manejo de los cruzamientos de caña de azúcar en el CNH?

Para dar solución al problema planteado se traza el siguiente **objetivo general**: Proponer modificaciones en la tecnología de cruzamientos en el CNH.

El que se divide en los siguientes **objetivos específicos**:

- 1- Realizar una revisión bibliográfica sobre la tecnología de cruzamientos para la obtención de posturas de caña de azúcar en el mundo y Cuba.
- 2- Diagnosticar la tecnología de cruzamientos que se emplea en el CNH.
- 3- Definir la mejor forma de manejo de la tecnología para la ejecución de los cruzamientos en el CNH.

De este sistema de objetivos y los elementos anteriormente planteados se deriva la siguiente **hipótesis**: Si se proponen modificaciones en la tecnología de cruzamientos de caña de azúcar, entonces se podrá obtener un incremento en la producción de posturas.

Capítulo I. Revisión bibliográfica:

La revisión de la literatura especializada y otras fuentes, se estructuró de forma tal, que permitiera el análisis de la temática objeto de estudio, posibilitando crear las bases teórico-prácticas del proceso de investigación y con ello, contribuir a sustentar los principales resultados obtenidos, así como su valor metodológico y práctico, para lo cual se elaboró el hilo conductor de dicho marco teórico referencial como se muestra en la figura 1.

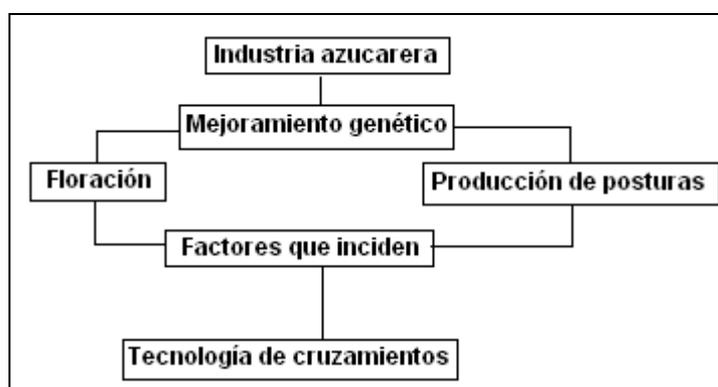


Figura 1. Hilo conductor

1.1 La industria azucarera en el mundo.

La caña de azúcar es cultivada en el mundo por más de 100 países sobre un área de 22 millones de hectáreas, que representan aproximadamente el 0,5% del total dedicado a la agricultura (FAOSTAT, 2008). La producción mundial de azúcar para el período 2009-2010 se estimó en 159,6 millones de toneladas; además, se registró una tendencia al incremento de los precios del azúcar (IAPSIT, 2009).

1.2 La industria azucarera en Cuba. Situación actual.

Actualmente el grupo AZCUBA 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 $50 \text{ t.caña}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ o más y costos competitivos, protegiendo el medio ambiente, aprovechando las nuevas tecnologías y el conocimiento acumulado (Gómez y col., 2008).

La industria azucarera cubana 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).

Papel de las variedades

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 y col., 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 y col., 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 y col., 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 y col., 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.

1.3 Mejoramiento genético

La mayor parte de los países que cultivan la caña de azúcar en más de 50.000 háts poseen un programa de mejoramiento con la consiguiente obtención de variedades por los métodos de la hibridación sexual y la selección (Heinz, 1987).

Hogarth y Berding (2006) han destacado que el incremento del número de caracteres a tener en cuenta al momento de efectuar la selección viene constituyendo una limitante importante para el mejorador poder dar respuesta a las diversas exigencias del cultivo, considerando que hay consenso general en la necesidad de minimizar el número de criterios de selección con el objetivo de aumentar la ganancia genética.

En Cuba, con la creación del Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA) en 1964, se integran los trabajos de mejoramiento genético de variedades que se realizaban por otras instituciones, teniendo como objetivo

principal la obtención, selección y recomendación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum híbrido*), en reemplazo de otras que durante su período de explotación comercial han sufrido no solo una gradual depresión de sus rendimientos, sino también el deterioro de sus capacidades de reacción frente a las principales enfermedades, lo que constituye uno de los pilares donde se sustenta la permanencia actual y futura de la industria azucarera cubana (Jorge y col., 2003).

Esta situación se ha ido patentizando en el mejoramiento de la caña de azúcar en Cuba con el aumento de los objetivos a mejorar, fundamentalmente en los últimos años, debido a la notable aparición de nuevas enfermedades que afectan al cultivo, tales como roya, carbón, escaldadura y el síndrome de la hoja amarilla (YLS), que unido a las enfermedades ya existentes como el virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA), la pudrición roja del tallo y otras, conjuntamente con la necesidad de continuar incrementando el rendimiento agrícola, la calidad del jugo y la adaptabilidad a condiciones adversas como sequía, salinidad y deficiente drenaje, traen como consecuencia la necesidad de dar respuesta a un elevado y disímil número de objetivos, lo cual demanda de una base genética renovada, con progenitores desarrollados a partir de fuentes de resistencia para cada una de estas enfermedades o condiciones de explotación (Pérez y col., 2007).

Abrantes y col. (2007) analizaron los resultados alcanzados en los últimos años en la estación de Jovellanos e indicaron que, a pesar de lo señalado anteriormente se ha logrado recomendar 49 variedades, de las cuales 19 ocupan en la actualidad el 50 % del área cañera nacional.

Para cambiar las variedades existen dos vías fundamentales:

- Introducir variedades que se destacan en otros países: Esta vía se utiliza actualmente y algunas de las variedades que se emplean en la producción son fruto de la introducción de variedades procedente, el lo fundamental de Barbados, Canal Point (EEUU), México y Brasil.

- Liberando variedades provenientes de un programa de mejoramiento autóctono. Esta vía facilita una mayor seguridad y continuidad, para ello la técnica más empleada es utilizando el cruzamiento entre variedades (Hibridación).

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, que continúan siendo las principales causas de eliminación de las poblaciones en las etapas iniciales del esquema de selección (Jorge y Jorge, 2003).

Para la hibridación es necesario que se produzca la floración de las variedades que queremos mejorar.

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.

En el caso de la caña de azúcar la limitante más grande lo es la floración, la que no siempre está disponible en los progenitores que se quieren emplear.

1.3.1 Floración

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. Aunque es reconocido que la floración tiene efectos negativos sobre el rendimiento (Berding y Hurney, 2005). Se ha determinado en algunos experimentos de campo, que la planta que florece en un 35% de sus tallos puede perder entre el 15% y el 20% de su rendimiento normal (en toneladas de azúcar por hectárea) (Arrivillaga, 1988).

Generalmente las plantas tienen distintas fases en su crecimiento y éstas se pueden dividir en dos etapas: a) vegetativa y b) reproductiva. En la etapa vegetativa la planta pasa por los estados de crecimiento y desarrollo hasta alcanzar cierta madurez fisiológica, la cual la lleva a la etapa reproductiva donde el vegetal pasa por dos estados: a) floración y b) fructificación, siendo estos dos estados distintos. El crecimiento vegetativo y el de fructificación dependen de la nutrición de la planta, mientras que el de floración está regido por hormonas específicas (Meyer y col., 1970).

Cuando los tallos alcanzan cierto desarrollo y se dan las condiciones que estimulan un cambio en el ápice de un estado vegetativo (primordio foliar) a un estado reproductivo (primordio floral) se da origen a la inflorescencia (panícula o panoja). El proceso de la floración es producto de una larga cadena de procesos fisiológicos complejos que se producen dentro de un período de más de 120 días después de la siembra, incluyendo la maduración fisiológica, la inducción y organización floral, así como la posterior emergencia de la panícula y luego el paso a la etapa de formación de la semilla y maduración de la misma (Moore, 1974).

La floración tiene gran influencia en dos aspectos: el primer aspecto se remite a la producción del azúcar, que se ve disminuida debido a que la planta utiliza gran parte de la energía (carbohidratos y sacarosa) presente en su tallo para la formación de la inflorescencia, disminuyendo su rendimiento, y el segundo aspecto es el mejoramiento genético, donde se utiliza la floración para la

realización de cruzamientos (Arrivillaga, 1988), evento trascendental para los ensayos de nuevas combinaciones híbridas en programas de mejoramiento. Para estos programas la floración es importante ya que da origen a los mecanismos para la producción de nuevas combinaciones híbridas, indispensables en los programas de mejoramiento genético a nivel mundial. Por esto en muchos países donde las condiciones no favorecen a la floración en condiciones naturales, promueven y se experimentan con la inducción artificial de la floración persiguiendo la sincronización de las variedades de caña de azúcar a cruzar (Moore, 1974).

La floración en caña de azúcar está genético y ambiental.bajo control

Factores que inciden sobre la floración

Un grupo de factores ambientales como el fotoperíodo, temperatura y humedad del suelo, son reconocidos como los que más influyen en la floración (Polo, 2005; LaBorde, 2007):

El fotoperíodo es el factor más importante para que se produzca la floración. fotoperíodo es la duración del día (Castro, 1996), además de esto, el período de oscuridad desempeña una participación importante en la respuesta fotoperiódica, ya que una interrupción de la noche inhibe el florecimiento de las plantas de día corto y estimula el de plantas de día largo. Al parecer el fitocromo detecta la luz y su eficacia depende del tiempo de irradiación (Salisbury y Ross, 1994).

La caña de azúcar es sensible a los cambios en el fotoperíodo, especialmente a la disminución en la longitud del día cuando ésta es larga (13 horas de luz hasta 12 horas de luz), lo cual estimula la floración de la planta. Así en las condiciones de la zona azucarera de Colombia, el estímulo de la floración ocurre al inicio del segundo semestre y se manifiesta en los últimos meses del año (Buenaventura, 1986).

En cuanto al fotoperíodo, se puede decir que la caña de azúcar es una planta de día corto (Arrivillaga, 1988). De acuerdo a experimentos realizados, se ha encontrado que períodos nocturnos de 11 horas y 32 minutos (12 horas y 28

minutos de luz) son los más cercanos para inducir a la floración, mientras que períodos de 11 horas de oscuridad (13 horas de luz) suprimen la floración y períodos de oscuridad de 13 horas 30 minutos (10 horas 30 minutos de luz) atrasan la floración (James y Miller, 1972).

La temperatura tiene mayor cantidad de cambios de un año hacia otro que el fotoperíodo y se cree que éste es más importante en latitudes alejadas del Ecuador (Stevenson, 1965).

La respuesta de todas las plantas en sus procesos metabólicos depende del rango de temperaturas que prevalezcan en el lugar donde ésta se desarrolle, si la temperatura sobrepasa el intervalo, las reacciones se pueden frenar debido a la desnaturalización de las sustancias de origen proteico que intervienen en todas estas reacciones (Salisbury y Ross, 1994).

Se reconoce su importancia sobre la inducción de la floración, el desarrollo de la inflorescencia y viabilidad del polen (Moore, 1974a). Las temperaturas extremas, máxima diurna ($>32^{\circ}\text{C}$) y mínima nocturna ($< 19^{\circ}\text{C}$), inhiben la inducción de la floración (Rangel, 1984). Se ha encontrado que las temperaturas óptimas nocturnas inductivas están entre 21 y 24°C (Viveros, 1990) y que 18°C es la temperatura crítica en el período de inducción y 10 noches en el período inductivo con esta temperatura suprime la floración.

Se señala que entre $6-10^{\circ}\text{C}$ es un buen rango de diferencia entre la temperatura máxima y mínima para que se produzca la floración, (Clemente y Awada, 1967) plantean que puede existir buena floración con temperaturas mínimas de 16°C si la máxima no excede de 31°C . En otros lugares temperaturas sobre los 32°C puede producir buena floración si la mínima también es alta en el orden de los $21^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$.

En un mismo sitio la temperatura puede variar cuando existen modificaciones en los regímenes de humedad.

Clements (1968) señaló que la caña de azúcar es muy sensible a la falta de agua y no florece si está bajo tensión. En República Dominicana (Röhring y col., 1960) aumentaron la floración en la variedad POJ 2878 del 4.9 al 16.3% mediante el aumento del riego, de aplicaciones trisemanales a semanales. Un

clima húmedo o tratamiento con agua son reportados como causantes de un mayor % de floración por Gosnell (1973).

La baja humedad reduce la extensión de la floración (Yeu, 1980). La relación cuantitativa entre la cantidad de irrigación aplicada y la extensión de la floración indican la sensibilidad floral a la sequía (Gosnell, 1973).

En áreas donde las temperaturas son normalmente inhibitoras de la floración, la extensión variable de la floración entre años es primeramente el resultado de diferencias anuales en el agua, la adecuación del agua fue medida como la proporción de agua disponible a la evaporación de los tanques clase A standard para los 2.5 meses precediendo la inducción. Las observaciones por períodos de más de 6 años sobre la intensidad de la floración en un grupo de clones de híbridos de caña de azúcar mostraron un aumento de la floración con el aumento del agua. La relación positiva entre la intensidad de la floración y la adecuación del agua indican lo provechoso de la irrigación para parcelas de mejoramiento. En adición la fuerte correlación entre el agua y la intensidad de la floración se ha usado en Hawái para predecir qué años tendrán densa floración para requerir la aplicación de tratamientos para obstaculizar dicho proceso.

La observación de que el clima nublado durante el período de inducción promueve el inicio de la flor (Gosnell, 1973) mientras que el clima soleado tiende a inhibirla, está indudablemente basado en el efecto de la humedad. Un día lluvioso no solo le brinda agua a la tierra sino que reduce la pérdida transpiracional del agua del plantón manteniendo la planta más hidratada. El aumento de la floración en medios áridos a través del uso de la fumigación ha sido reportado (Röhring y col., 1960).

La hoja juega un papel importante en el balance de humedad, pues ésta es responsable de mantener el equilibrio del agua dentro de la planta y se le consideran otras funciones más importantes en la percepción del estímulo floral.

1.3.2 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 EEAO, 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 EEAO 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 Tecnología de cruzamientos en el mundo

Se suponía que la caña de azúcar era estéril, ya que las únicas variedades cultivadas en el hemisferio occidental hasta 1880, la Criolla y la Borbón, era androestériles. El descubrimiento de la fertilidad de la caña de azúcar efectuado en Java y Barbados en 1888, desencadenó la ejecución de programas de mejora de diversos países (Stevenson, 1965).

En la actualidad mucho se ha avanzado en el manejo de la floración para realizar los cruzamientos, basado en el empleo de fotoperíodos artificiales y casas de cruzamientos donde se regulan las principales variables climáticas (Nuss y Berding, 1999; Berding, 2005; Berding y col., 2007; LaBorde, 2007), pero dichas tecnologías son altamente costosas y no están al alcance de países de escasos recursos económicos, como es el caso de Cuba.

1.5 Tecnología de cruzamientos en Cuba

Según Jorge y col. (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 mas 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.

1.6 Resultados que avalan la tecnología de cruzamientos

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

Según Cordobés (2008):

- Existe una estrecha relación entre la latitud de origen de los progenitores y su floración, la cual es linealmente positiva.
- La mayor floración de los progenitores estudiados se produce entre 400 y 600 m de altitud, las cuales están presente en los principales macizos montañosos de Cuba, influyendo, principalmente la estabilidad de la temperatura, la lluvia y humedad del ambiente.
- La población de progenitores pudo ser dividida en varios grupos de acuerdo a su estabilidad en la floración entre y dentro de localidades en los diferentes años.
- La floración ocurre más temprano entre 250 y 400 m de altitud y más tardía a 800 m con valores intermedios para los 100 y 600 m.
- El grupo de progenitores que tiene mayor probabilidad de sincronizar sus flores es el 1, el cual corresponde a los progenitores que florecen en las cinco áreas estudiadas en todos los años y el menor al grupo 0 (floración nula).

- La mayor sincronización se logra con el uso combinado de las cinco localidades, siendo las de mayor importancia las ubicadas entre 400 y 600 m, por reunir alta floración y diferentes fechas de emisión de la misma.

Por su parte Rodríguez (2009) encontró que:

- Para aumentar la cantidad de flores es necesario el uso de localidades donde en el mes de septiembre la temperatura media promedio esté por debajo de 27° Celsius, la lluvia sobrepase los 200 mm, distribuida, como promedio por encima de 11 días.
- En Guayos, la floración fue más temprana e intensa en la plantación de octubre, coincidiendo con la no aplicación de fertilizante, mientras que fue menos intensa y más tardía en la plantación de enero similar a lo ocurrido con el aumento de las dosis de fertilizante.
- Las aplicaciones de riego semanales en la etapa inductiva favorecieron la aparición de flores en variedades donde no se producía esta en condiciones naturales, mientras que el uso del Fitomás-E aceleró el proceso en aquellas que lo habían iniciado.
- Los resultados aquí obtenidos permitieron proponer una tecnología de manejo de las flores en progenitores de alta, media y baja floración

Carballoso (2012) en su tesis de doctorado concluyó que:

- En la región central de Cuba se pudieron identificar tres regiones bien diferenciadas por su floración, en lo que tuvo la mayor influencia la altitud y las variables del clima asociadas a ella.
- El alto efecto de las localidades dentro del componente ambiental, facilita el aprovechamiento de la interacción genotipo x ambiente, mediante el empleo de una red de puntos para la inducción natural de la floración.
- El estudio de la estabilidad en la floración en localidades y años propició la formación de cinco grupos de progenitores, que facilitan su manejo

dentro de la red de localidades propuesta, donde Buenos Aires permite incrementar su uso.

- Quedó definida una estrategia, basada en el uso combinado de las tres localidades estudiadas, apoyada por la zonificación de las variables de floración para la región central, el pronóstico temprano de la floración en función del clima y la correcta ubicación de los progenitores a través del algoritmo elaborado.
- La explotación de forma combinada de la red de localidades propuesta, proporcionó incrementos en el número de progenitores florecidos y combinaciones de cruces entre ellos, respecto a la localidad patrón, facilitando un mayor aprovechamiento de los recursos fitogenéticos al aumentar la inducción y sincronización de la floración lo que debe contribuir a la ampliación de la base genética en los nuevos cultivares a liberarse.

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 óptima 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.

López (2012) encontró que:

- La altitud induce diferencias en la fecha de floración y la fertilidad del polen, las que pueden ser empleadas para la ubicación y manejo de nuevas localidades en función de la sincronización de la floración de las variedades.
- Cuando se emplean las áreas de floración actuales del Centro Nacional de Hibridación, la mayor posibilidad de cruzamientos se alcanza entre el 1 y 22 de diciembre y como máximo se consigue un 35,31% de sincronización de la floración entre las variedades, al emplear de forma combinada las tres localidades, en todo el período de cruzamientos.
- Al incorporar dos nuevas áreas para la floración, se incrementa la sincronización, la que llega a un máximo de 75.61% de sincronización de la floración entre las variedades cuando se combinan las cinco

localidades, lo cual favorece el incremento en la explotación de la variabilidad genética y aumentar las probabilidades de obtener nuevas variedades para su uso comercial.

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.

Capítulo II. Diagnóstico de la tecnología de cruzamientos

2.1 Procedimiento para realizar el diagnóstico

Para realizar el diagnóstico se empleó el método de investigación participativa que consistió primeramente en realizar una caracterización general de la unidad y la utilización de herramientas, entre las que se encuentran; el análisis documental, que incluyó las normas metodológicas del departamento, los resultados de las investigaciones realizadas en los últimos 20 años de realización de cruces, la observación directa del área de cruzamientos, entrevistas realizadas a los trabajadores del área objeto del diagnóstico y la tormenta de ideas desarrollada por los expertos para la posterior conformación de un diagrama causa-efecto.

Los pasos para la elaboración del diagnóstico fueron los siguientes:

1. Caracterización del Centro incluyendo el área objeto del diagnóstico.
2. Conformación del equipo multidisciplinario a través del método de expertos.
3. Planificación y realización del diagnóstico mediante entrevistas.
4. Conformación de un diagrama causa- efecto.
5. Proponer soluciones.

El trabajo del equipo multidisciplinario se apoyó en la experimentación científica de algunos elementos que no estaban claros como incidían en el proceso de cruzamientos, los que consistieron en:

- 1- Determinar si las condiciones de traslado de los tallos hacia el área de los cruzamientos inciden en la producción de posturas.
- 2- Identificar como pueden influir los recipientes y gorros utilizados en el montaje de los cruzamientos, en la producción de posturas.
- 3- Determinar como influyen las variaciones del genotipo y del ambiente sobre la producción de posturas.
- 4- Conocer como es la producción de posturas en las áreas de cruzamiento que dispone el centro.

2.2 Caracterización del centro

En la Estación Provincial de Investigaciones de la caña de azúcar (EPICA) de Sancti Spíritus se desarrollan distintos proyectos de investigación los cuales están asociados a diferentes programas y servicios que se desarrollan tales como el programa de Fito-mejoramiento de caña de azúcar, programa de Manejo Agronómico de los suelos, programa de Extensión Agrícola, así como también diferentes servicios tales como el de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas, de Variedades y Semillas, Fitosanitario, de Riego y de Control Integral de Malezas. El centro está situado en el Km 1½ de la carretera que va a Tres Palmas, al oeste limita con el poblado de Guayos, al norte con la CPA Elcires Pérez y al sur con la UBPC La Esperanza. Cuenta con una plantilla de 91 trabajadores conformada por técnicos, ingenieros, obreros agrícolas y personal de servicios. La EPICA tiene como **Objeto Social:**

1. Obtener variedades de alto potencial azucarero adaptadas a las principales condiciones climáticas del país, con resistencia a las principales plagas.
2. Diseñar y validar las tecnologías para el manejo integral de la caña de azúcar con énfasis en la realización de menores gastos energéticos y reducción de los costos de producción compatibles con el medio ambiente.
3. Monitorear y controlar las principales plagas y diseñar sistemas integrales para su combate, incluyendo la protección contra los agentes exóticos.
4. Diseñar y validar las tecnologías para la protección de la caña de azúcar y otros cultivos (en condiciones de cuarentena) con énfasis en la realización de menores gastos energéticos y reducción de los costos compatibles con el medio ambiente.
5. Realizar programas de capacitación dirigidos a los investigadores docentes y productores con el fin de elevar su nivel en los fundamentos científicos técnicos y económicos vinculados al uso de la ciencia y la técnica para mejorar continuamente el proceso productivo.

6. Propiciar la asimilación y desarrollo de tecnologías novedosas de producción de caña mediante la generación, transferencia, adaptación, difusión, uso y comercialización de tecnologías y productos, así como los servicios asociados.
7. Ofrecer los servicios científicos-técnicos desarrollados por la institución, en pesos cubanos.
8. Prestar servicios de capacitación dirigidos a productores cañeros, agropecuarios, a los asociados a formas de producción en cooperativas de créditos y servicios y a productores que adquirieron tierras en usufructo de las entidades agrícolas del país, en pesos cubanos.
9. Producir y comercializar de forma mayorista variedades y semillas de caña y de otros cultivos, en pesos cubanos.
10. Brindar servicios de tecnologías de manejo integral agrícola de alto valor agregado derivadas de la investigación tales como estudios de suelos, gestión del conocimiento, fertilización, riego y drenaje, organización territorial y pruebas de productos, en pesos cubanos.
11. Brindar servicios de laboratorios para muestras de suelo y análisis químicos al sistema del Ministerio del Azúcar en pesos cubanos.
12. Producir y comercializar de forma mayorista caña de azúcar experimental, destinada a la industria azucarera en pesos cubanos.

Como **Misión** el centro tiene:

Diseñar y ejecutar programas y proyectos de ciencia e innovación tecnológica que contribuyan a obtener producciones de caña de azúcar de más calidad a menor costo, con criterios de sostenibilidad del agro ecosistema, dirigidos en lo fundamental a:

- Obtención de variedades de alto potencial agro azucarero, adaptadas a las principales condiciones edafoclimáticas de la provincia y con resistencia a las plagas de mayor importancia.

- Monitoreo y control de las principales plagas y diseño de sistemas integrales para su combate, incluyendo la protección contra los agentes exóticos.
- Producción de Semilla Básica de caña de azúcar y cultivos varios.

En la **Visión** está que:

- Da respuesta a la problemática de la agricultura cañera y la diversificación en lo referente a la obtención y recomendación de nuevas variedades de caña de azúcar y su manejo fitosanitario.
- Produce semilla de alta calidad genética.

Para ello cuenta con la siguiente **plantilla**:

Plantillas propuesta	91
Cubiertas	87
Dirigentes	5
Servicios	16
Profesionales	12
Técnicos	18
Obreros	36

En el anexo 1 se muestra la estructura de dirección del centro.

Sistema

Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA).

Dependencias

- Banco de semilla básica
- Lote de floración Mayarí Cienfuegos
- Lote de floración Buenos Aires

Atributos

- Departamento de economía
- Departamento de administración
- Departamento de servicios técnicos

- Departamento de Fito mejoramiento
- Grupo de manejo agronómico
- Brigada de campo
- Grupo de servicios

Caracterización del área objeto del diagnóstico.

Los estudios de la presente investigación se desarrollaron en las tres áreas de cruzamientos de la caña de azúcar:

- **Guayos:** Ubicada dentro de la EPICA y es donde se desarrollan los cruzamientos, para ello se dispone de una Casa de cruzamientos, áreas para la plantación de los progenitores, un laboratorio para el procesamiento de la semilla y el personal científico técnico, preparado para realizar todo el proceso.
- **Buenos Aires:** Ubicado a 40 Km de la EPICA, cuenta con las áreas para producir las flores, un técnico y un auxiliar de las investigaciones para el manejo de las plantaciones y todo el proceso de chequeo y traslado de las flores hacia el área de cruzamientos de Guayos.
- **Mayarí:** Distante a 140 Km de la EPICA, cuenta con las áreas de producción de flores, un técnico y un auxiliar de investigaciones para su atención, chequeo y procesamiento para su envío hacia el área de cruzamientos de Guayos.

El área en general cuenta con una plantilla conformada por cuarenta trabajadores distribuida en investigadores, técnicos y obreros agrícolas, los que ejecutan todo el proceso de obtención de semilla de caña, material inicial para el proceso de mejoramiento genético del cultivo.

Principales clientes: (Servicios a terceros):

1. Programa de fitomejoramiento de Cuba, que incluye:
 - EPICA Matanzas.

- Estación Territorial de investigaciones (ETICA) Villa Clara.
 - ETICA Ciego de Ávila y Camagüey
 - EPICA Holguín
 - ETICA Oriente Sur (Santiago de Cuba, Granma y Guantánamo)
2. Programa de mejoramiento genético de la República de Irán.

2.3 Conformación del equipo multidisciplinario (Selección de los expertos por el Método Delphi).

Para la ejecución de este trabajo se empleó el método de expertos delphi con el fin de confeccionar el equipo multidisciplinario para la elaboración del diagnóstico y la posterior conformación del diagrama causa- efecto.

El método tiene como ventajas que recoge el criterio de los técnicos y/o individuos cuya habilidad y experiencia puedan hacer confiables dichos criterios y que se puede trabajar con valores numéricos y admite análisis estadístico.

Su desventaja radica en que es un método subjetivo, pues depende fundamentalmente del criterio de cada experto y se corre el riesgo de sufrir falsa información, cuando se realiza por puro formalismo ; de ahí la necesidad de la buena selección del personal que interviene en el panel de expertos.

Para la selección de los expertos se utilizó el procedimiento de Hurtado de Mendoza (2003), que aparece en el anexo 2, cuyos pasos se muestran a continuación.

1. Confección de una lista inicial de los especialistas que puedan cumplir los requisitos para ser expertos en el tema motivo de investigación. En este caso la lista de los posibles expertos incluyó a:
 - Osmany Rodríguez Jiménez
 - Enesdrey González Gómez

- Estrella Rodríguez Fernández
- Antonio Vera Méndez
- Raúl Torres Jiménez
- Alfredo Álvarez Rojas
- Marlene Quintanilla Opizo
- Ricardo Rábago Machín
- Maida Barata Piñero
- Migdalia Varela Martínez

2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, evaluando de esta forma los niveles de conocimiento que poseen sobre la materia. Para ello se realizó una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión. En esta pregunta se les pidió que marcaran con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar, como se muestra en el anexo 2.

3. A partir de aquí se calculó el Coeficiente de Conocimiento o Información (K_c), a través de la ecuación 1:

$$K_{cj} = n \times 0.1 \quad (1)$$

Donde:

K_{cj} : Coeficiente de Conocimiento o Información del experto j.

n: rango seleccionado por el experto j.

4. Se realizó una segunda pregunta que permitió valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar, el cual se muestra en el anexo 2.

5. Aquí se determinaron los aspectos de mayor influencia. Las casillas marcadas por cada experto en la tabla se llevaron a los valores de una tabla patrón que se muestra en el propio anexo 2.

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación del tema a estudiar permitieron calcular el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto según la ecuación 2:

$$Ka = \sum_{i=1}^6 ni \quad (2)$$

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación.

ni : Valor correspondiente a la fuente de argumentación i (i =1;.....; 6).

7. Una vez obtenidos los valores de Kc y Ka se procedió a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K), que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula según la ecuación 3:

$$K = 0,5 \times (Kc + Ka) \quad (3)$$

Donde:

K: Coeficiente de Competencia

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

A continuación se muestra el cálculo del Coeficiente de Competencia de los posibles expertos tabla 2.1.

Tabla 2.1 Cálculo del Coeficiente de Competencia de los posibles expertos.

Fuentes de argumentación	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
Experiencia obtenida	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
Trabajos nacionales consultados	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Trabajos extranjeros consultados	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Intuición	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ka	0,9	1	0,9	0,7	0,9	0,8	1	0,9	0,9	0,9
Kc	0,7	1	0,8	0,6	0,8	0,7	1	0,9	1	0,9
K	0,8	1	0,85	0,65	0,85	0,75	1	0,9	0,95	0,9

8. Posteriormente, obtenidos los resultados se valoró el nivel de competencia según la siguiente escala:

$0,8 < K < 1,0$ Coeficiente de Competencia Alto (A)

$0,5 < K < 0,8$ Coeficiente de Competencia Medio (M)

$K < 0,5$ Coeficiente de Competencia Bajo (B)

El resumen de este paso se muestra en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Valoración de los resultados del Coeficiente de Competencia de los posibles expertos.

Coeficiente de competencia	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	0,8	1	0,85	0,65	0,85	0,75	1	0,9	0,95	0,9
Valoración de K	A	A	A	M	A	M	A	A	A	A

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizarán expertos de competencia baja.

Luego de realizados todos los pasos quedan como posibles elegidos para el trabajo como expertos: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 y 10.

Para el cálculo del número de expertos se aplicó la fórmula de Cuesta Santos (2005)

$$n = \frac{p \times (1 - p) \times k}{i^2}$$

Donde:

n: número de expertos necesarios

p: máximo error que se tolera en el juicio de los expertos.

i: nivel de precisión a utilizar.

K: constante que cambia según el nivel de confianza.

Se consideró como datos los siguientes:

Datos:

$$i = 0,10$$

$$p = 0,01$$

$$K = 6,6564, \text{ para un nivel de confianza del } 99\%.$$

Resultando necesario la opinión de 7 expertos, los que fueron elegidos entre los de mayor grado de competencia, identificados por los números: 2, 3, 5, 7, 8, 9 y 10.

2.4 Planificación y realización del diagnóstico (entrevistas)

Las entrevistas realizadas tuvieron como objetivo conocer las principales dificultades incidentes dentro del área de Hibridación y fueron realizadas a los trabajadores de dicha área a los que se les realizaron cuatro preguntas (anexo 3).

2.5 Elaboración del Diagrama Causa- Efecto.

Esta técnica la desarrollaron los expertos seleccionados mediante la aplicación de la tormenta de ideas, después de analizar los resultados de las entrevistas.

Capítulo III. Definición del manejo adecuado de la tecnología.

3.1 Resultados de las entrevistas

Los resultados de las entrevistas permitieron identificar la mayor cantidad de problemas y variantes posibles con el propósito de formarnos una imagen general de la realidad actual. Se realizaron cuatro preguntas (anexo 3). Los resultados se muestran en la figura 3.1.

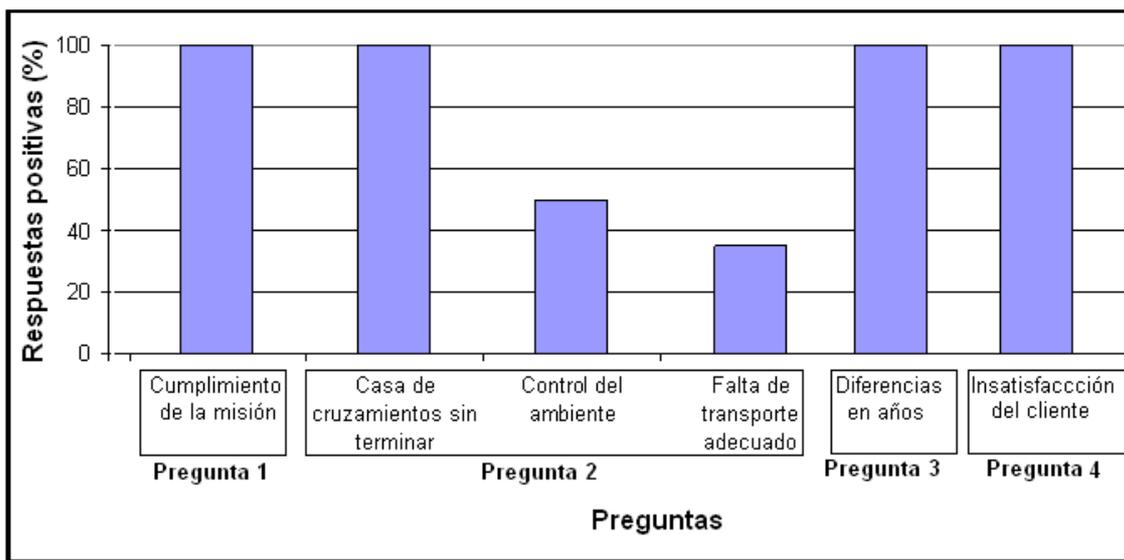


Figura 3.1 Resultados de las entrevistas.

En la **primera pregunta** el 100% de los entrevistados coinciden en que el área de hibridación cumple con la misión asignada por el centro, que es producir posturas para crear variabilidad genética y poder obtener nuevos genotipos.

La **segunda pregunta** estuvo enmarcada en las dificultades que influyen en la realización de las distintas tareas desarrolladas en el área, las que se pueden resumir en los aspectos que se muestran en la figura anterior, donde destaca coincidencia que la principal causa de la baja producción de posturas es la no terminación de la casa de cruzamientos, aunque incide el poco control del ambiente y la falta de transporte adecuado.

En la **tercera pregunta** los entrevistados coincidieron en que no en todas las campañas existen las mismas dificultades, pues las campañas varían en

cuanto a la obtención de las posturas, pues según datos históricos se logran entre 200 y 600 mil posturas, lo que muestra una amplia variabilidad.

La **cuarta pregunta**, sobre la satisfacción que pueden tener los clientes, se pudo constatar la insatisfacción, en ocasiones de los mismos, la principal queja radica en el cumplimiento de los cruzamientos solicitados, lo que está asociado a que la baja o nula producción de posturas de algunos cruces no ha permitido se les puedan enviar los solicitados por ellos.

Después de analizar las respuestas en su conjunto, los expertos llegaron a la conclusión de que los principales problemas del área están influenciados por la baja producción de posturas de caña de azúcar, lo que conllevó a la confección del diagrama causa- efecto.

3.2 Diagrama Ishikawa o Causa- Efecto

Esta técnica que se muestra a continuación figura 3.2, se desarrolló mediante la tormenta de ideas lo que posibilitó determinar de forma más clara y sencilla las causas reales que están incidiendo en la baja obtención de posturas.

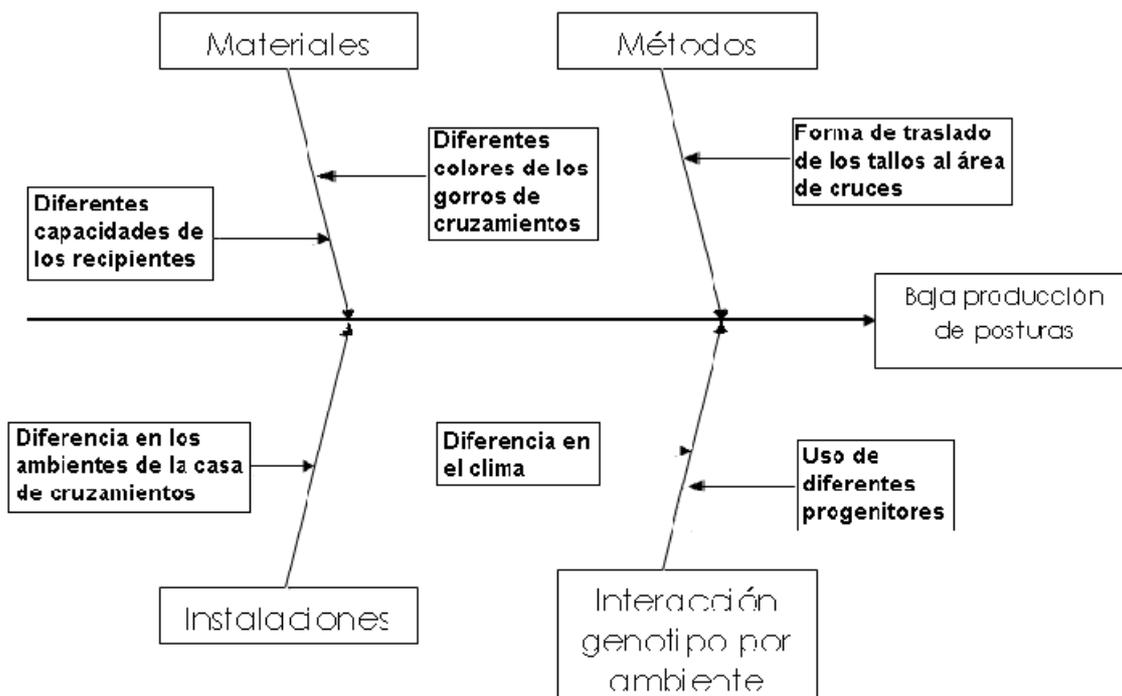


Figura. 3.2 Diagrama Causa-Efecto

Teniendo en cuenta que no se encontraban bien definidas algunas causas de la baja producción de posturas, se precisaron, mediante el empleo de la experimentación científica las causas que mas peso pudieran tener en la baja producción de posturas.

3.3 Condiciones de traslado de los tallos hacia el área de cruzamiento.

Para el desarrollo de este estudio se compararon tres formas de traslado de las flores femeninas para el montaje de los cruzamientos. Para ello se emplearon flores procedentes de los tres puntos de floración con que cuenta el centro, cuyas características aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los puntos de floración del CNH.

Puntos de floración	Altitud (msnm)	Distancia al área de cruces (Km.)	Transporte para las flores
Guayos	100	0	Bueyes
Buenos Aires	400	40	Bueyes y camión
Mayarí	800	120	Camión

Para comparar las tres formas de transporte se utilizaron los datos de cruzamientos de las campañas de cruzamiento 2010-2011 y 2011-2012, los que fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) factorial, se empleó una precisión de 0.05 de probabilidad de error.

Como resultado se logró producir mayor cantidad de posturas cuando el traslado de los tallos se realizó a 40Km (tabla 2) o menor distancia de la localidad de Guayos (área de cruces), las afectaciones se produjeron cuando el traslado fue de la localidad de Mayarí.

Tabla 2. Producción de posturas según los puntos de floración

Puntos de floración	Posturas/g
Guayos	48 ± 15 a
Buenos Aires	51 ± 20 a
Mayarí	37 ± 21 b

Letras iguales no hay diferencias para $p = 0.05$

Como posible solución los expertos plantearon ubicar un área a menor distancia con características similares a la localidad Mayarí, es decir en un área donde la floración ocurra de forma más tardía que en Buenos Aires y similar que en Guayos para que pueda sincronizar, lo que según López (2012) ocurre por encima de 600 m.

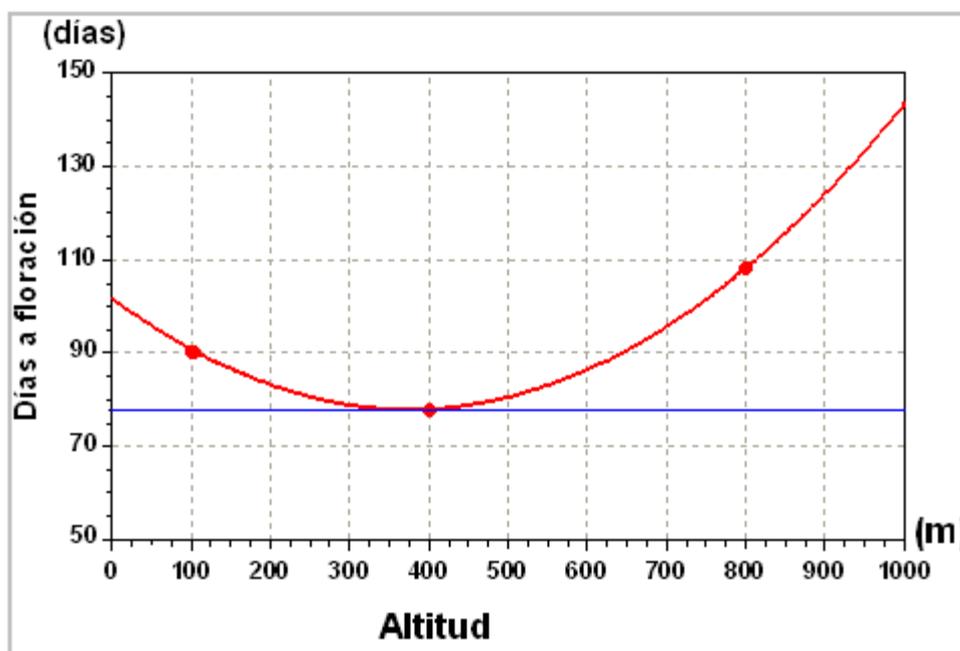


Figura 3.3. Relación de la altitud y los días a inicio de floración.

Fuente: López (2012).

Para ubicar los posibles puntos se buscó a través del programa Mapinfo, con la capa de altitud, sobre el mapa de la región en estudio la zona más próxima a

Guayos, como resultado se constató que podía ser en una zona ubicada a poco más de 1,5 Km del área de Buenos Aires, conocida como Lomas Peladas, lo que favorece el traslado con recursos que se dispone en esta localidad, la foto del mapa aparece en la figura 3.4.

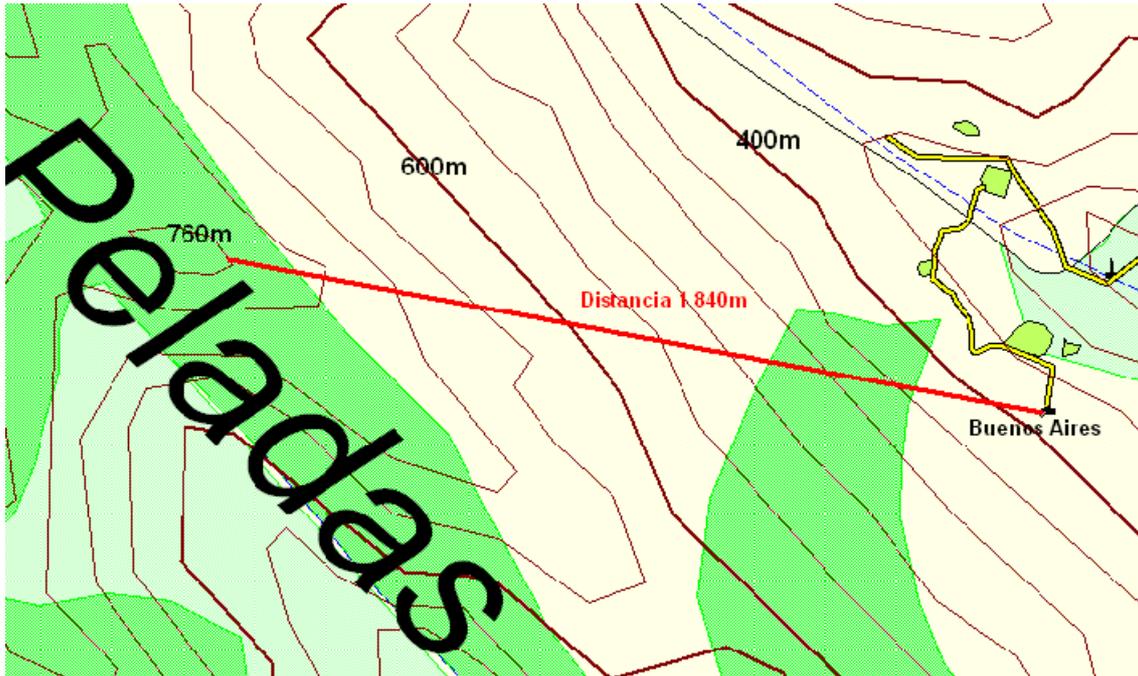


Figura 3.4. Ubicación del área propuesta. Distancia entre curvas 40m.

3.4 Uso de recipientes y gorros para el montaje de los cruzamientos.

El grupo de trabajo, para la ejecución de los cruzamientos cuenta con recipientes de diferente capacidad (5 y 8 L) y gorros de diferentes colores (blanco y verde), la figura 3.5 muestra esta variabilidad y según algunos autores han indicado la influencia de ambas variables en la producción de posturas (Lii y col., 1967).



Figura 3.5. Área de cruzamientos.

Para probar esto se realizó un diseño de bloques al asar con cuatro réplicas y se ejecutaron cinco combinaciones de progenitores tomadas al asar dentro de los ejecutados en la campaña 2012-2013, para el procesamiento estadístico se utilizó un ANOVA factorial, cuyas variables independientes eran, la capacidad del recipiente y el color de los gorros y la dependiente la producción de posturas, se empleó una precisión de 0.05 de probabilidad de error.

La capacidad de los cubos y el color de los gorros de forma independiente no influyen en la obtención de posturas, pero si la interacción color del gorro y la capacidad de los recipientes tabla 3.

Tabla 3. Resultado del ANOVA

Fuente de variación	Diferencias	VFT (%)
Color del gorro	ns	1
Capacidad del recipiente	ns	29
Interacción	*	70

VFT(%): Variación fenotípica total; * diferencias para $p = 0.05$

Al analizarlos la interacción se encontraron diferencias en los gorros verdes donde fue superior la producción de posturas cuando se usan los recipientes de 5L, en los gorros blancos hubo una tendencia a mejores resultados con los recipientes de 8L figura 3.6.

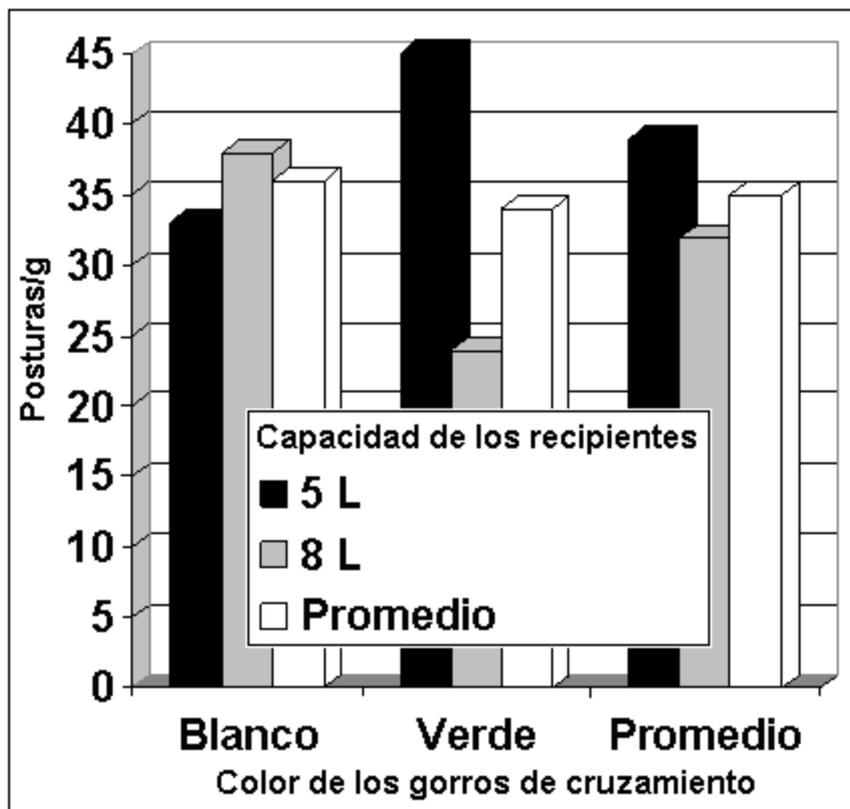


Figura 3.6. Producción de posturas según color de los gorros y capacidad de los recipientes

3.5 Interacción genotipo por ambiente

Sobre la base de que el centro cuenta con una casa de cruzamientos sin concluirse y un área sin techar (Figura 3.7) y que según Díaz (2012) reciben de forma diferente la radiación solar, lo que incide sobre la temperatura, además estas áreas son afectadas de forma distinta por la acción de los vientos.



Figura 3.7. Áreas de cruzamiento establecidas para el estudio.

Fuente: Díaz (2012).

Con el conocimiento de que se utilizan progenitores de diferente composición genética, se desarrolló un experimento con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El procesamiento estadístico se realizó empleando un ANOVA, cuyas variables independientes eran, el ambiente de cruzamiento (áreas A, B, C, D y E) y el progenitor (10 femenino y 10 masculinos) y la dependiente la producción de posturas, se empleó una precisión de 0.05 de probabilidad de error.

Influencia de los años

En el estudio se emplearon los resultados de 22 años de cruzamientos en la localidad de Guayos, cuyos resultados de producción de posturas se aprecian en la figura 3.8.

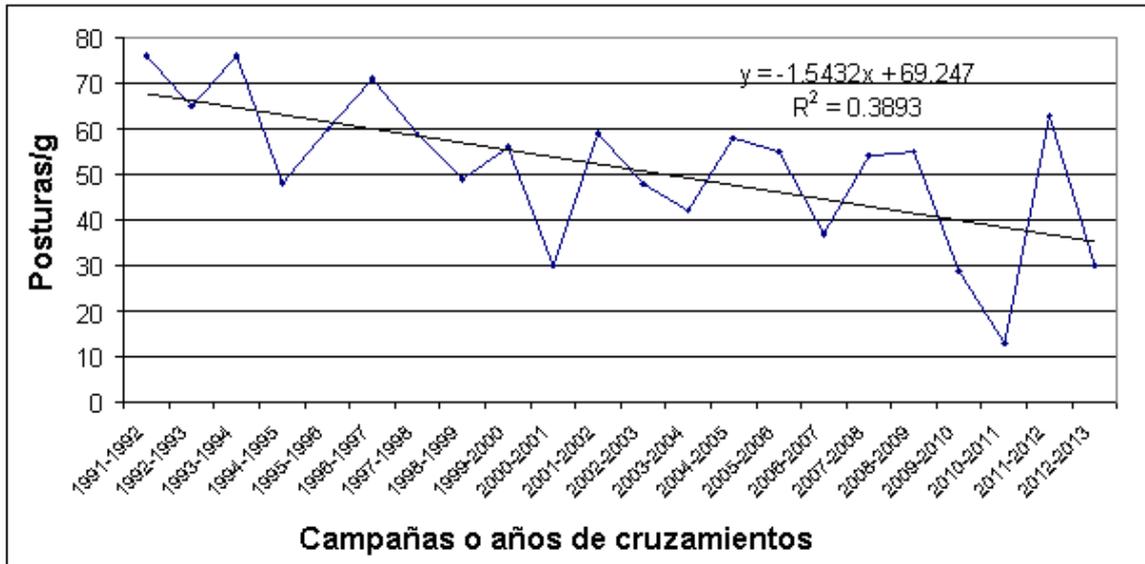


Figura 3.8. Producción de posturas históricas durante 22 años en Guayas.

Se aprecia una tendencia a disminuir la eficiencia en la producción de posturas lo que está asociado, según Díaz (2013) a las oscilaciones de las temperaturas máximas del mes de diciembre. La oscilación en años va desde 13 posturas/g en la campaña 2010-2011 (valor mínimo) hasta la mayor producción alcanzada en las campañas 1991-1992 y 1993-1994 donde se obtuvieron 76 posturas/g.

Influencia de los progenitores

Los progenitores femeninos presentaron las mayores oscilaciones, incluyendo el valor más bajo en Pomex72 con 14 posturas/g y el más alto para CP70-1133 con 82 posturas/g figura 3.9.

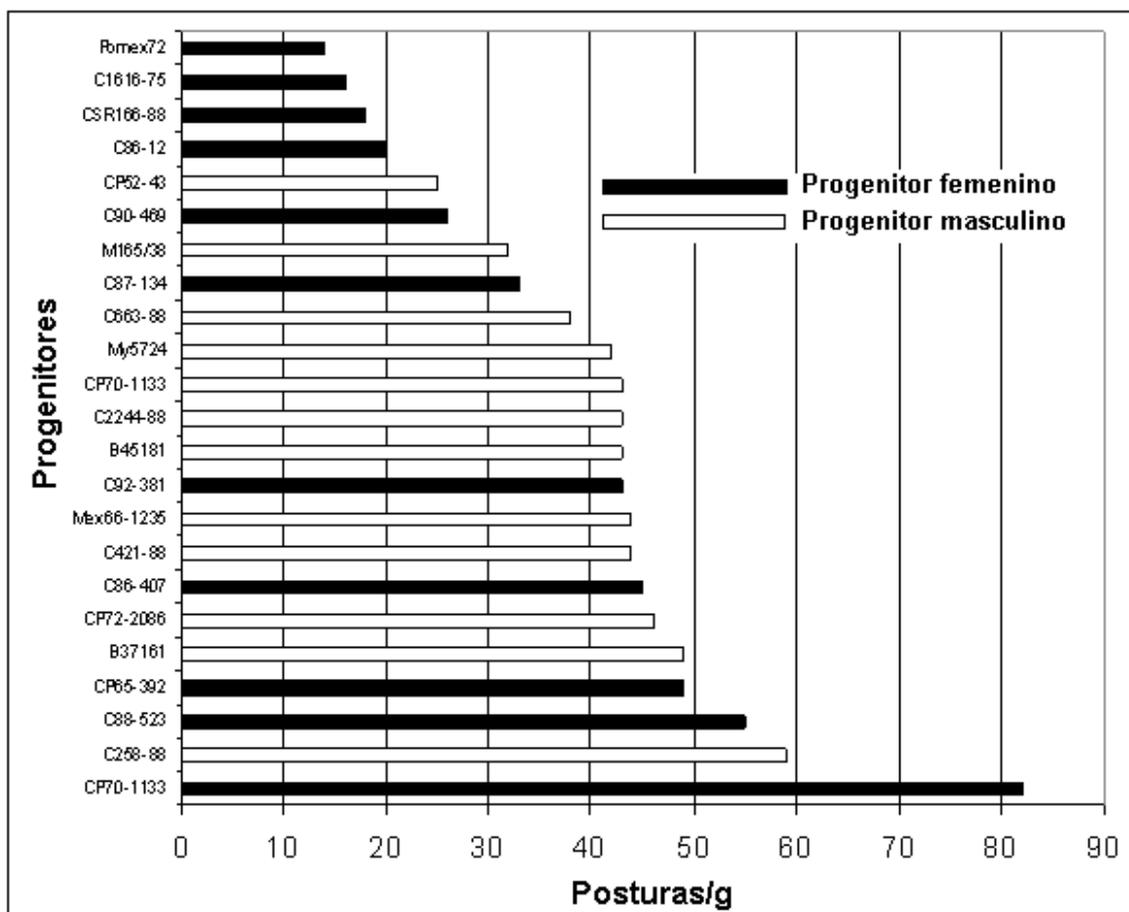


Figura 3.9. Producción de posturas promedio de los 23 progenitores de mayor uso durante 22 campañas.

Los progenitores masculinos presentaron valores más estables, con una menor producción de posturas, con CP52-43 con el valor más bajo (25 posturas/g) y C258-88 con el valor más alto (59 posturas/g). Con el dominio de estos resultados se recomienda trabajar con más cuidado los progenitores de valores más bajos de producción de posturas.

3.6 Áreas de cruzamiento

Como nos muestra la figura 3.10, existen diferencias para la obtención de posturas en las distintas áreas donde se montan los cruces, con una mayor producción alcanzada en las áreas C y E mientras que en las áreas A y B la

producción alcanza los valores menores, según Díaz (2012), estas diferencias se deben a la temperatura y la humedad.

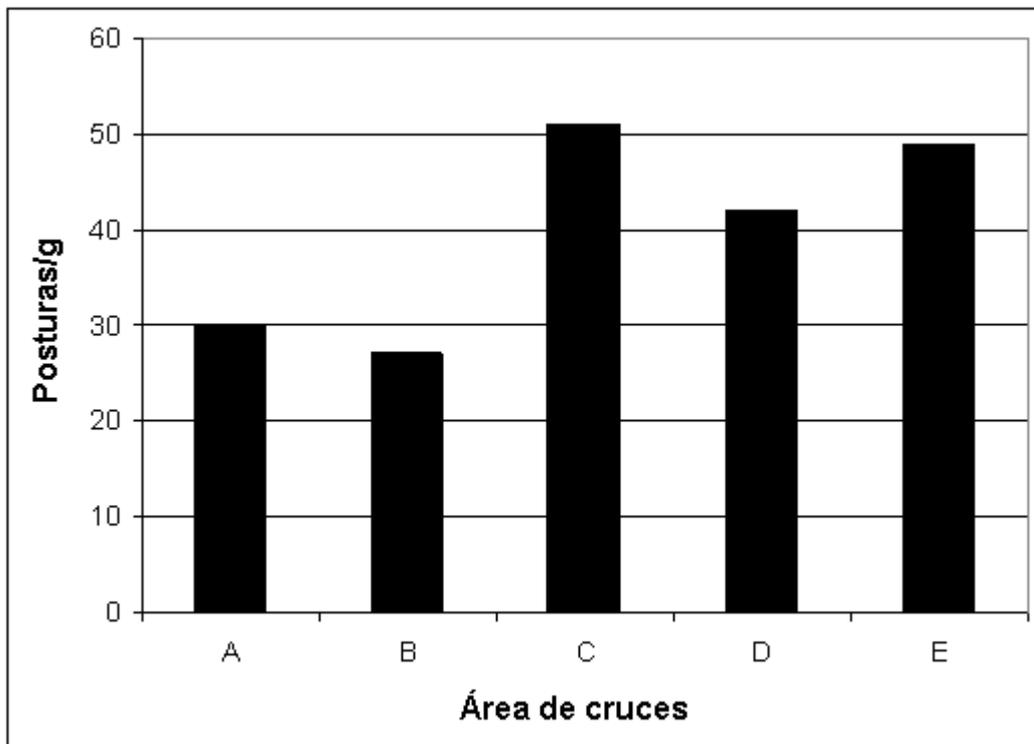


Figura 3.10. Diferencias en los ambientes de cruzamientos

Las diferencias en temperatura y humedad, según Díaz (2012), están asociadas a:

- Incidencia del sol.
- Las diferencias en el techado.
- La presencia de algunos árboles que rodean las áreas de cruzamientos
- La dirección del viento

Los valores de temperaturas por área aparecen en la figura 3.11.

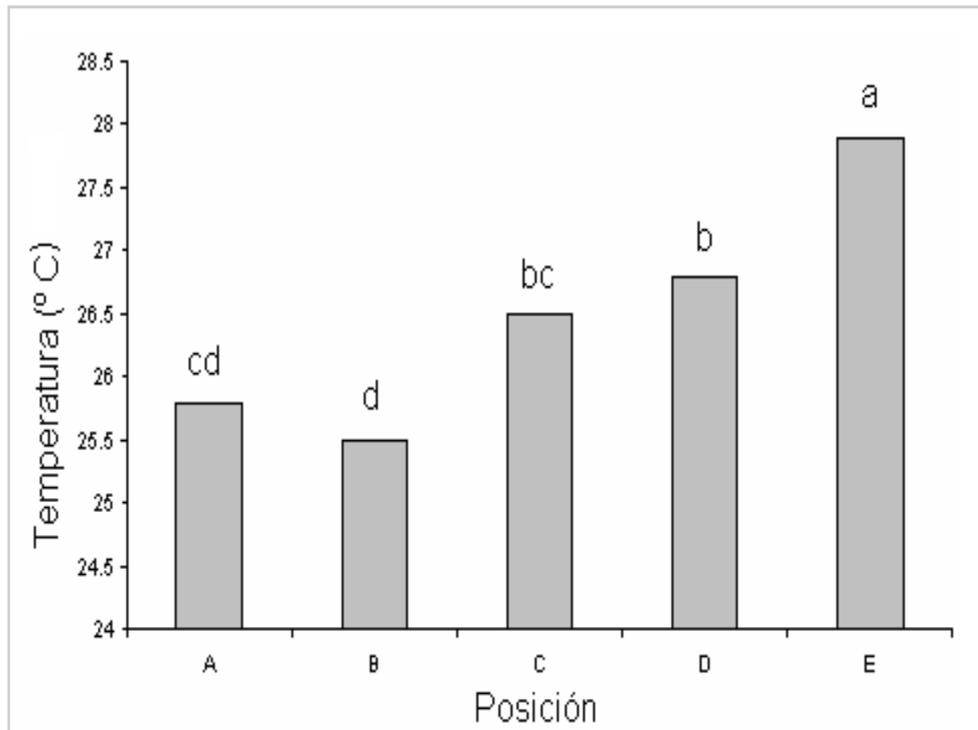


Figura 3.11. Diferencias de temperatura en los ambientes de cruzamientos

Fuente Díaz (2012)

Para lograr los objetivos se debe registrar la temperatura, según Díaz (2012) en los horarios del mediodía, si los valores están o se pronostica que estén por debajo de 26°C, los cruzamientos se ejecutan en las áreas de mayor temperatura (áreas C,D y E) y si por el contrario los valores estarán por encima de 28°C se realizarán los cruces en las áreas A y B. Como apoyo a los valores de temperatura se pueden utilizar métodos empleados en Jovellanos, bajo condiciones de germinación de la semilla de caña de azúcar, que incluye subir temperatura con el uso de carbón vegetal en las noches y bajar la temperatura con el uso del riego en los horarios del medio día, utilizando riego con microaspersores, teniendo en cuenta la relación inversa entre humedad y temperatura, como muestra la figura 3.12.

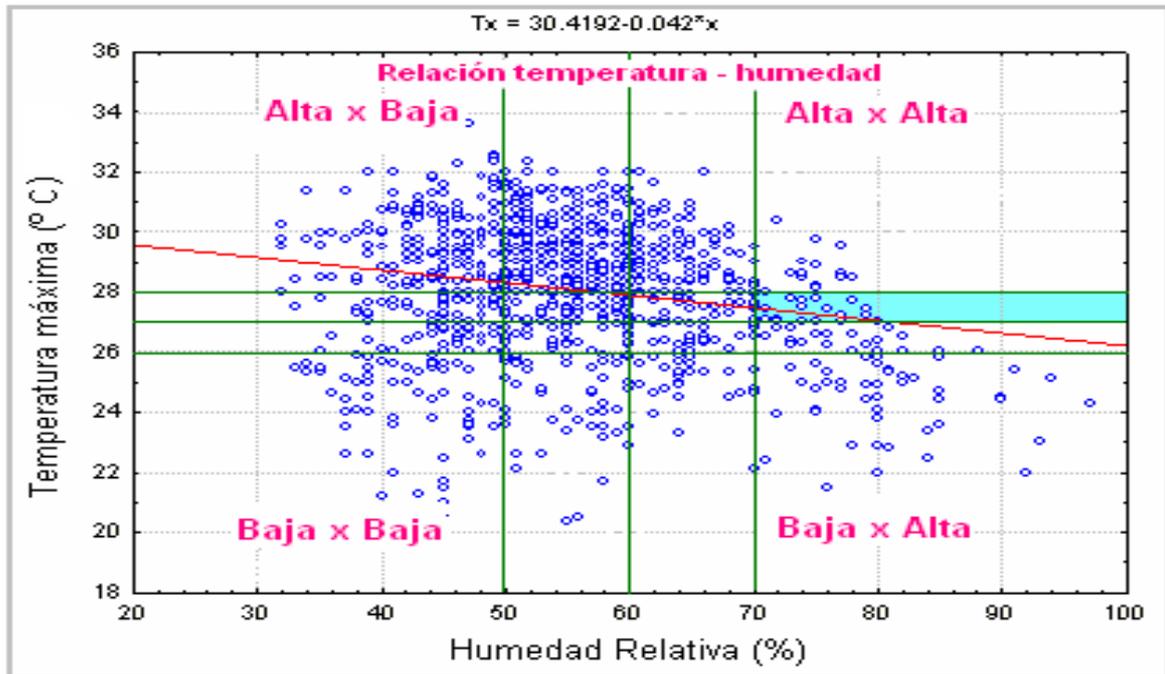


Figura 3.12. Relación de temperatura y humedad en las áreas de cruzamientos.

Fuente Díaz (2012)

Propuesta de modificaciones en la Tecnología de Cruzamientos en el Centro Nacional de Hibridación:

- 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.

Conclusiones:

- Con el análisis de la literatura especializada y las fuentes consultadas se constató la necesidad de realizar modificaciones en la tecnología de cruzamientos de caña de azúcar.
- Las herramientas empleadas facilitaron realizar el diagnóstico de la situación actual del área objeto de estudio.
- Las modificaciones realizadas en la tecnología de cruzamientos de caña de azúcar en el CNH, permitirán obtener mejores resultados en futuras campañas.

Recomendaciones:

- Analizar con los trabajadores del área el resultado del diagnóstico.
- Presentar la propuesta de modificaciones de la tecnología resultado de la investigación, a la dirección del centro, con el objetivo de buscar apoyo en la implementación de los cambios a realizar.
- Continuar investigando en la temática.

Referencias Bibliográficas.

- 1 . 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.
- 2 . Arrivillaga, J. 1988. Floración de la caña de azúcar. Revista ATAGUA 5:7-16.
- 3 . Berding, N. 2005. Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement program: Diagnosis and resolution of major breeding impediment. Proc. ISSCT CONGRESS. 25: 493-503
- 4 . Berding, N. and A. P. Hurney. 2005. Flowering and lodging, physiological - based traits affecting cane and sugar yield What do we know of their control mechanisms and how do we manage them?. Field Crops Research 92: 261-275. www.elsevier.com/locate/fcr.
- 5 . 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.
- 6 . Brett, P.G.C. 1950. Flowering and pollen fertility in relation to sugarcane breeding in Natal. Proc. ISSCT 7: 43-56.
- 7 . Buenaventura, O.C. 1986. El cultivo de la caña de azúcar. Calí, Colombia, CENICAÑA. 759 p.
- 8 . Caraballos, 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
- 9 . Caraballos, V; H. Jorge; H. Garcia; A. González; N. Bernal; A. Céspedes; R. Rodríguez; Y. Puchades y A. Arencibia. 2012. Manejement Flowering Ability to Increase Efficiency in the Sugarcane Breeding Program. Sugar Tech, SSN 0972-1525.
- 10 . Carrobello, Caridad. 2005. Tierras ex cañeras. Diversificación. Bohemia. Año 97. No 19 septiembre. p. 28-35.

- 11 . Castro Pérez, S. 1996. Planeamiento y selección de un programa de mejoramiento de caña de azúcar. La Habana, Cuba, s.e. 16 p.
- 12 . Clements, H.F. 1968. Longtheningrersus shortening dark period and blossoming in sugarcane as affected by temperature. Plant physiology. No 43 pp 57-60.
- 13 . Clements, H.P and M. Awada. 1967. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. Proc. ISSCT CONGRESS. 12: 795-812.
- 14 . Cordovéz, E. 2008. Sincronización de la floración de progenitores de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) empleando cinco altitudes del macizo montañoso de Guamuhaya. Tesis Ingeniería Agrónoma. Universidad Sancti Spíritus. 65 pp.
- 15 . Cruz, R., F. González, A. Céspedes y J. Rodríguez. 2007. Efecto de algunos factores del clima sobre la floración de la caña de azúcar. Proc. 55 Aniversario Estación de Investigaciones de la caña de azúcar de Holguín, Libro de resúmenes.
- 16 . Cuenya, M. 1. 1997. Producción de variedades genéticamente mejoradas en Louisiana (EE. UU.). Avance Agroindustrial 71: p. 11.
- 17 . Cuesta Santos, A. 2005. Tecnología de la Gestión de RecursosHumanos. Ed. Félix Varela. Ciudad de La Habana. Cuba.
- 18 . Díaz, E. 2012. Manejo de las áreas de cruzamientos del Centro Nacional de Hibridación de la caña de azúcar en función de la temperatura. Tesis Ingeniería en procesos Agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. 70p.
- 19 . Díaz, L. 2013. Estrategia para incrementar la producción de posturas en cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Tesis de ingeniería Agrónoma. Universidad Sancti Spíritus. 55 pp.
- 20 . Edme, S.J., Miller, J.D., Graz, B., Tai, P.Y.P., Comstock, J.C. 2005. Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years. Crop Sci., 45, 92-97.
- 21 . FAOSTAT. 2008. [Consultado 20, mayo, 2009]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

- 22 . Gómez, S.; I. Rossi; C. Fernández y Juana Prieto. 2008. Tecnologías conservacionistas y sostenibles en el cultivo de la caña de azúcar. Diver 2008
- 23 . González, E. 2012. Procedimientos para el manejo eficiente de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) que permita perfeccionar el programa de mejoramiento genético del cultivo. Tesis Ingeniería en procesos Agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. 70p.
- 24 . Gosnell, J. M. 1973. Some Factors affecting flowering in sugarcane. Proc. 47 conf. s. Agricultural Sug. Tech. Assoc: 144-147.
- 25 . Hallauer, A. R. and Pandey, S. 2006. Defining an Achieving Plant-Breeding Goals. In A. R. Hallauer Symposium, Iowa State University and CIMMYT. Chapter 4, pp: 73-89.
- 26 . Heinz, D.J. (Ed.) 1987: Sugarcane improvement through breeding. Elsevier, Amsterdam: 313-340.
- 27 . Hogarth, D. M. and N. Berding. 2006. Sugar Cane International, March / April vol. 24 (2): 26-31.
- 28 . Hurtado de Mendoza, F. S. 2003. Cómo seleccionar los expertos. En <http://www.monografias.com>.
- 29 . IAPSIT. 2009. International Association of Professional in Sugar and Integrated Technologies. Newsletter. 4(2): 2-3.
- 30 . James, N.I. and J. D. Miller. 1972. Photoperiod control in the USDA sugarcane crossing program. Proc. ISSCT CONGRESS. 14: 341-347.
- 31 . Jorge, H. e Íbis Jorge. 2003. Programa de fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana. Ed. PUBLINICA. 99 pp.
- 32 . Jorge, H. Íbis Jorge y H. García. 2001. Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. En: Contribución al conocimiento y manejo de las variedades de caña de azúcar" R. M. González ed.:23-34.

- 33 . 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.
- 34 . 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.
- 35 . 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.
- 36 . LaBorde, C. 2007. Sugarcane tasseling under artificial photoperiod condition as affected by nitrogen rate and temperature. Thesis Philosophy.
- 37 . Lii-jang Liu, J.F. Van Breemen, T.O.Ellis y G.Arceneaux. 1967. Effect of on lantern temperature and seed set from sugarcane crosses in solution. Proc. ISSCT CONGRESS. 12.
- 38 . López, D. 2012. Propuesta de esquema para aumentar la sincronización de la floración entre variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) mediante el manejo de la altitud. Tesis Ingeniería en procesos Agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. 70p.
- 39 . Meyer, B.S., D.B. Anderson y R.H. Bohring. 1970. Introducción a la fisiología vegetal. 2 ed. Buenos Aires, Argentina, Editorial Universitaria. 520 pp.
- 40 . Moore, P. H. 1974. Flowering control with Diquat. Hawaii. Plant.Rec., 58: 323-329.
- 41 . Moore, PH. 1990. Prospects for strengthening the conventional breeding og sugarcane molecular-based approaches. BSES, Plant Breeding Workshop, December, 1990, 28 pages.

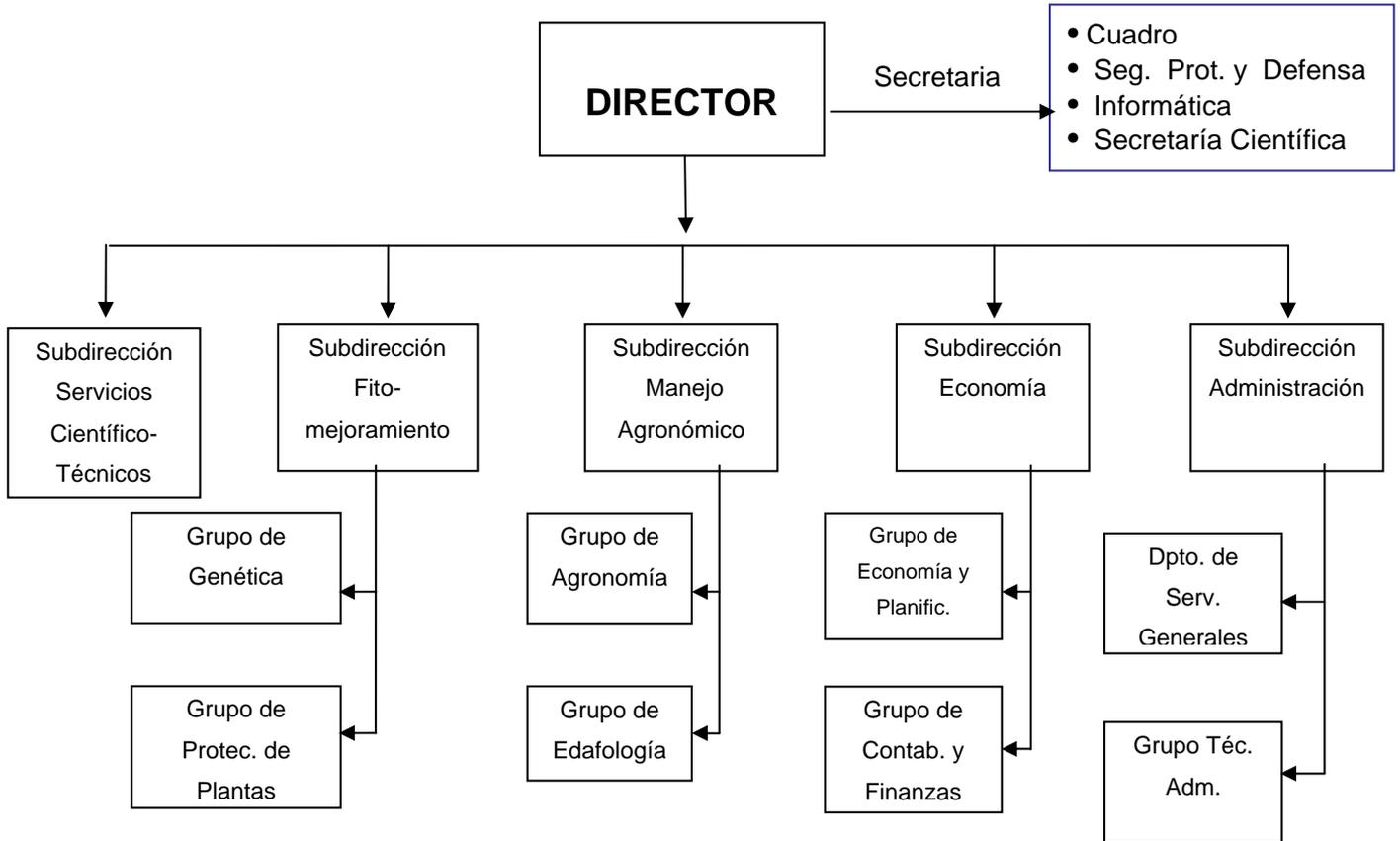
- 42 . Morales, F., Mayra Guerra, Betty Bendig, Marilú López, L. Cabrera, A. Valdés y V. Carabaloso. 1999. Factores que afectan la floración y conservación de la semilla botánica de la Caña de Azúcar en el Programa Nacional de obtención de variedades. Informe Final del proyecto CITMA, La Habana. 54 pp.
- 43 . Nuss, K.J. and N. Berding. 1999. Planned recombination in sugarcane breeding: artificial initiation of flowering in sugarcane in subtropical and tropical conditions: 202-205
- 44 . Paliatseas, E.D.1963. Futher studies on flowering of sugarcane in Luisiana. Proc. ISSCT. 11. 504-515
- 45 . Parris, G. K. 1954. In James W. Parris. Discover of sugarcane seedlings. Garden J. (September-October): 144-151.
- 46 . Pérez, G., A. Chinaea, 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.
- 47 . Pérez, G., N. Bernal, A. Chinaea, J. P. O'Relly y F. de Prada. 1997. Recursos Genéticos de la caña de azúcar. Edit. IMAGO. 249 pp.
- 48 . Polo, P. A. 2005. 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.
- 49 . Quintanilla, M. 2012. Perfeccionamiento de la tecnología de solución para el manejo de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Centro Nacional de Hibridación. Tesis Ingeniería en procesos Agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. 75 pp.
- 50 . Rangel, H. 1984. El problema inductivo de la floración en Colombia. In Congreso de La Sociedad Colombiana de Caña de Azúcar (1., 1984, Colombia). Colombia, TECNICAÑA. p. 23-32.

- 51 . Rodríguez, E. 2012. Perfeccionamiento de las técnicas de manejo de la semilla botánica de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Centro Nacional de Hibridación. Tesis Ingeniería en procesos Agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. 65 pp.
- 52 . Rodríguez, I. 2009. Propuesta de una tecnología de manejo de las flores de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para el Centro Nacional de Hibridación. Teis de maestría en Agricultura sostenible. Universidad de Cienfuegos. 80 pp.
- 53 . Röhrig, P.E.Ellis, T.O.Arceneaux, G., 1960. Microclimate modification by mist sprays within polyethylene enclosures in relation to flowering of sugarcane.Proc. ISSCT.10.794-801
- 54 . Romero, María I., Carolina Díaz Romero; Ernesto R. Chavenne.2000. Incremento en cantidad y calidad en la producción de semillas botánica de caña de azúcar de la EEZOC
- 55 . Salisbury, F.B and C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. México, Iberoamérica. 759 p.
- 56 . Stevenson, G.C.1965.Genetic and Breeding of sugarcane. Longmans, London. 284pp.
- 57 . Viveros, C.A. 1990. Efecto de la edad de la planta y de varios tratamientos foto inductivos en la inducción de la floración de la caña de azúcar. Colombia, CENICAÑA. 63 p.
- 58 . Yeu, W.K. 1980. Studies of flowering of sugar cane in the south of Hainan, China. Proc. ISSCT CONGRESS. 17: 1301-1306.

Anexos

Anexo 1:

ESTRUCTURA DE DIRECCION DE LA ESTACIÓN PROVINCIAL DE INVESTIGACIONES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (CATEGORÍA II)



Anexo 2

Selección de los expertos. Fuente: (Hurtado de Mendoza, 2003)

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
...										
...										
...										
n										

A - 6.1 Grado de conocimiento del posible experto, según autoevaluación

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

A - 6.2 Nivel de argumentación sobre el tema del posible experto

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0,3	0,2	0,1
Su experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Trabajos de autores nacionales	0,05	0,05	0,05
Trabajos de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su intuición	0,05	0,05	0,05

A - 6.3 Patrón del nivel de argumentación del posible experto

Anexo 3:

Entrevista:

Objetivo:

Definir los problemas que inciden en el área de Hibridación.

1- ¿El área cumple con la misión asignada por el centro?

2- ¿Cuáles son las dificultades que más inciden en el cumplimiento de las tareas del área?

3- ¿En todas las campañas se presentan las mismas dificultades?

4- ¿Están satisfechos los clientes con lo que reciben?