



Facultad de Ciencias Agropecuarias

UNIVERSIDAD DE MATANZAS

Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias Agrícolas.
Mención Producción de Caña de Azúcar.



Título: Evaluación de cinco cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.* híbrido) para ser utilizadas como cepas de ciclo largo en la provincia de Malange República de Angola.

Autor: Ing. Reinaldo de Jesús Montalvo Quian

Matanzas, 2015



UNIVERSIDAD DE MATANZAS

*Facultad de Ciencias
Agropecuarias*

Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias Agrícolas.
Mención Producción de Caña de Azúcar.

Título: Evaluación de cinco cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.* híbrido) para ser utilizadas como cepas de ciclo largo.

Autor: Ing. Reinaldo de Jesús Montalvo Quian

Tutores: Ing. José C. Acosta Granados. MSc

Consultante: Ing. Jesús Torres Paz

Matanzas, 2015

Nota de aceptación

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Ciudad y fecha

Declaración de autoridad

Declaro que soy el único autor de este Trabajo y como tal autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas y a la Filial Universitaria Municipal “César Modesto Rodríguez Alayón” de Calimete a hacer, en dependencia de su importancia, contenido y estructura, la utilización que estimen pertinente del mismo.

Ing. Reinaldo de Jesús Montalvo Quian

Dedicatoria

A mi esposa e hijas por la ayuda y el interés prestado en la elaboración de este trabajo.

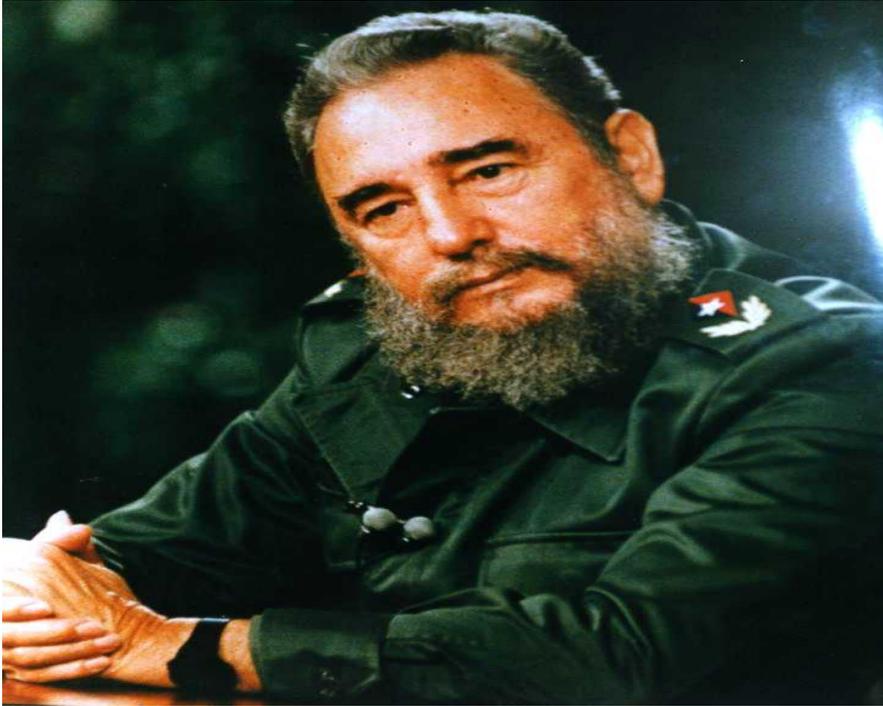
Agradecimientos

- A la Revolución cubana, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y poder aportar mis modestos esfuerzos en la construcción de una sociedad justa y verdadera.
- A mis Tutores, MSc José Acosta Granados y Jesús E. Torres Paz por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.
- Al Dr. Sergio Rodríguez Jiménez por su constante preocupación por mi superación.
- A mi esposa y mis hijas por toda su ayuda en la elaboración de este trabajo y la insistencia en que terminara y con la calidad requerida.
- Al claustro de profesores de la Maestría por la dedicación y profesionalidad en su desempeño, que me permitieron alcanzar nuevos conocimientos.

A todos aquellos amigos que me han ayudado y apoyado en la realización del presente trabajo de tesis.

A todos, muy agradecido.

Pensamiento



....“ Hay que apoderarse de la técnica, hay que dominar la técnica y aplicarla, porque la productividad del trabajo radica en eso”.....

Fidel 22 de febrero de 1992

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Fidel Castro', written in a cursive style. The signature is enclosed within a simple, hand-drawn rectangular border.

Opinión del tutor.

El estudio “**Evaluación de cinco cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp. híbrido*) para ser utilizados como cepas de ciclo largo en la provincia de Malange en la República Popular de Angola**”, que hoy se presenta como Tesis en opción al Grado Académico de Máster en Ciencias Agrícolas en la Mención Producción de Caña de Azúcar por el Ing. Reinaldo de Jesús Montalvo Quian, reviste especial importancia e interés por varias razones entre las que se puede mencionar el hecho de ser totalmente novedoso para las condiciones en que se desarrolla ya que en esa zona no es costumbre técnica dejar cañas en ciclos largos de producción para comenzar con ellas la cosecha, con lo cual se desaprovechan oportunidades de incrementos en la producción de azúcar por área; por tal razón los resultados alcanzados en el estudio podrán crear un precedente muy bien acogido por aquellos productores que buscan incrementar el resultado de su gestión productiva.

Este tipo de estudio resulta largo y complejo, con evaluaciones multidisciplinarias que casi siempre son afrontadas por el trabajo en equipo de variados profesionales que abordan la situación desde diferentes ángulos científicos y en este caso tal posibilidad no siempre estuvo presente. A lo anterior cabe añadir las muy diferentes condiciones de latitud geográfica, cultivares desconocidos, variados suelos, condiciones climáticas diferentes y hasta los imprevistos del idioma y la idiosincrasia de la población.

Supo combinar de forma adecuada la investigación con el desarrollo de su actividad docente como profesor universitario y pudo conducir con éxito el trabajo de dos estudiantes para los cuales estos resultados constituyeron sus respectivos Trabajos de Diploma que pudieron defender con éxito.

Resultó también arduo y a la vez interesante todo el proceso de redacción y traducción del documento final al formato exigido, pues aunque son idiomas procedentes de una raíz común, muchas veces nos juegan sus malas pasadas. En resumen considero que el documento que hoy presenta el aspirante es el fruto de su gran esfuerzo por brindar un aporte al desarrollo científico técnico cañero del hermano pueblo de Angola y de sus hijos y que hoy presentado y defendido por él deben ser suficientes como para permitirle cumplir con los requisitos que se exigen para lograr su grado de Master en Ciencias Agrícolas.

Muchas gracias_____

Ing. José C. Acosta Granados MSc.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Resumen

El estudio se realizó en áreas del municipio de Cacuso, provincia de Malange en el proyecto BIOCOM (Compañía de Bioenergía de Angola, Lda.). El trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de las cinco cultivares en cuanto a los parámetros de rendimiento agrícola, floración, incidencia de plagas y enfermedades y brix como cepas de ciclo largo para ser utilizadas para iniciar zafras. Dicho experimento ocupó una área de 1 ha, donde cada parcela para las cultivares en estudio ocupó una área de 0,2 ha, la plantación se realizó a una distancia de 1,60 m entre surcos. El diseño experimental fue de bloques al azar. En cuanto a los resultados logrados las cultivares de mejor comportamiento fueron los SP78-4764, y a RB75126, los cuales fueron propuestos para iniciar zafras como cepas de ciclo largo, y el resto de ellos, para ser utilizados en los diferentes períodos de cosechas con edades entre 12 y 14 meses. En cuanto a la floración SP78-4764 no tuvo floración y RB75126 presentó un 3%, en la incidencia de plagas los cultivares SP78-4764 y RB75126 mostraron ser resistentes a las mismas, los brix logrados en cada una de los cultivares fueron los siguientes, SP81-3250 con 20,2, RB75126 con 20,0, SP78-4764 con 19,2, SP75-3048 con 18,7 y SP79-1011 con 18,5. Se utilizó el paquete estadístico Infostal, Prueba Duncan 0,05%.

Palabras claves: Caña de azúcar, rendimiento agrícola, incidencia de plagas, floración y brix.

Summary

The study was carried out in areas of the municipality of Cacuso, county of Malange in the project BIOCUM (Company of Bioenergía of Angola, Lda.). The work had as objective to evaluate the behavior of the five cultivares as for the parameters of agricultural yield, flowery, incidence of plagues and illnesses and brix like stumps of long cycle to be used to begin harvests. This experiment occupied an area of 1 there is, where each parcel for the cultivares in study occupied an area of 0,2 there is, the plantation was carried out at a distance of 1,60 m among furrows. The experimental design was at random of blocks. As for the achieved results the cultivares of better behavior was the SP78-4764, and to RB75126, which were proposed to begin harvests like stumps of long cycle, and the rest of them, to be used in the different periods of crops with ages between 12 and 14 months. As for the flowery SP78-4764 didn't have floración and RB75126 it presented 3%, in the incidence of plagues the cultivares SP78-4764 and RB75126 showed to be resistant to the same ones, the brix achieved in each one of the cultivares was the following ones, SP81-3250 with 20,2, RB75126 with 20,0, SP78-4764 with 19,2, SP75-3048 with 18,7 and SP79-1011 with 18,5. the statistical package Infostal was used, Duncan 0,05% Proves.

Passwords: Sugar cane, agricultural yield, incidence of plagues, flowery and brix.

Contenido	Páginas
Introducción	1
Problema científico	4
Hipótesis.....	4
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
Objeto de estudio:	4
Campo de acción:.....	4
Métodos y técnicas utilizadas en la investigación	4
Teóricos:	4
Empíricos:	5
Revisión bibliográfica	6
Revisión histórica de la caña de azúcar	6
Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	6
Principales países productores de caña de azúcar.....	8
Botánica de la caña de azúcar	9
Fases de desarrollo de la caña de azúcar	16
Condiciones climáticas para el desarrollo y maduración de la caña de azúcar	16
Principales nematodos y plagas de la caña de azúcar	18
Otras plagas importantes.....	20
Importancia de las plagas en la caña de azúcar	27
Ecología de la caña de azúcar	27

La irrigación	28
Sistemas de irrigación en caña de azúcar.....	29
Los cultivares de ciclo largo.....	37
Influencia de la floración en el manejo de los cultivares	38
Cultivares.....	34
Formación de los viveros.....	35
Materiales y métodos	41
Caracterización de la zona objeto de estudio.....	41
Diseño experimental	
Cronograma de trabajo	44
Atenciones Culturales	45
Clima	41
Fitotecnia de la caña de azúcar aplicada en el estudio.....	45
Siembra	46
Cultivo de desyerbe	46
Aplicación de herbicidas.....	47
Riego de agua	47
Muestreos	47
Muestreo de floración.....	47
Muestreo de plagas.....	47
Cálculo del rendimiento (Estimado).....	47
Determinación del brix.....	48
Evaluación estadística	48
Resultados y discusión	49
Conclusiones.....	54

Recomendaciones.....	54
Bibliografía	57

Introducción

La caña de azúcar es una planta perteneciente a la clase *Liliopsidae* de amplia variabilidad genética, sus cultivares son híbridos complejos logrados por cruzamientos genéticos, desarrollados para ser compatibles con propiedades tales como:

- Aumento de la producción de caña por unidad de área.
- Resistencia a plagas.
- No ocurrencia de florecimiento en períodos de cosecha, entre otras.

La gestión de cultivares precoces es una estrategia muy importante para la obtención de altos rendimientos en el cultivo de caña de azúcar, este factor es sin dudas uno de los pilares para alcanzar buenos resultados para cualquier agroindustria productora (Humbert, 1970; Cuellar, 2002).

Las cañas quedadas o de ciclo largo responden al objetivo de lograr materia prima de alta calidad y necesaria para iniciar molidas en los ingenios, el objetivo principal es lograr altos rendimientos agrícolas en el área cosechada con lo cual se alcanza mayor producción de caña de azúcar, así como estabilidad en los niveles de producción de azúcar, estas cepas justifican económicamente el manejo a que son sometidas, siempre que no haya deterioro en los parámetros que afecten el rendimiento industrial ni aumente el costo de la cosecha (Pérez *et al.*, 1997).

Las cañas a dejar quedar corresponden a las áreas de alto potencial cañero, en los suelos de drenaje deficiente y bajos donde no se puede comenzar zafras, no se debe dejar quedar cañas.

En el caso de las cepas a dejar quedar estas recibirán toda la atención fitotécnica necesaria para garantizar altas producciones agrícolas, teniendo como mínimo 1,6 veces el rendimiento que correspondería a cañas de ciclo anual (Pérez *et al.*, 1997).

Las cultivares para su adecuado desarrollo requieren temperaturas óptimas para que sus raíces puedan alcanzar un buen crecimiento. Un suelo húmedo y cálido es adecuado para la brotación y el rápido crecimiento inicial. La selección de cultivares de caña con elevado contenido de azúcar capaz de aumentar la

producción por área es un objetivo de los programas de mejoramiento en cualquier país (González *et al.*, 2001).

Cesar *et al.*, (1987), señalan que varios factores interfieren en la producción de caña y azúcar, siendo los principales la interacción suelo-clima y el manejo del cultivar escogido. Estudiar el cultivo en su ambiente de desarrollo puede generar una enorme cantidad de información para adecuar el mejor manejo del cultivar a las condiciones específicas de suelo y clima. Así es posible explotar al máximo la zona de producción para promover el mejor rendimiento del cultivo y consecuentemente los mayores índices de rentabilidad y competitividad para la agroindustria azucarera.

Almeida (2006), plantea que la caña exige altas temperaturas, agua abundante, buena penetración de la luz solar y aeración durante el período de crecimiento. Existen nuevos cultivares de gran importancia desde el punto de vista económico para los países productores, pues a través de ellos se pueden eliminar un grupo de deficiencias.

El suelo es apenas uno de los componentes de un conjunto complejo de factores de producción, destacándose por su importancia el papel de suministrar a las plantas soporte físico, agua y nutrientes. Por tanto, el conocimiento de las características inherentes a cada suelo, los llamados factores edáficos, son importantes para juzgar el potencial de la producción agrícola (Lepsch, 1987).

La disponibilidad de agua en el suelo gobierna la producción vegetal, así su falta o exceso afectan de manera decisiva el desarrollo de las plantas (Reichardt, 1996), pues alteran la absorción de los nutrientes (Humbert, 1968). La caña de azúcar presenta elevado consumo de agua, necesitando 250 partes de agua para formar una parte de materia seca en la planta (Dillewijn, 1952).

Actualmente la caña de azúcar es una de las mejores opciones dentro de las fuentes de energía renovables, presentando gran importancia en el escenario agrícola mundial (Días, 1997).

La importancia de la caña de azúcar puede ser atribuida a su múltiple utilización, pudiendo ser utilizada de forma natural como forraje, para alimentación animal, o

como materia prima para la fabricación de raspadura, melado, aguardiente, azúcar y alcohol (Raij, 1999).

La caña requiere para su adecuado desarrollo de un conjunto de actividades que deben ser efectuadas según un orden o secuencia que deberá basarse en la calidad, que son los siguientes:

- La preparación del suelo
- El surcado
- La fertilización de fondo equilibrada
- La plantación
- Las atenciones culturales (desyerbe manual, mecánica y química)
- La irrigación
- La cosecha

Se han hecho evaluaciones sobre los efectos de las atenciones culturales en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, a fin de ubicar las plantaciones de este cultivo en las fechas en que los factores estudiados causan mayor efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de este cultivo y estén presente en su mayor potencial para un buen desempeño productivo agrícola con las aplicaciones de riego programadas como factor predominante (Barreto, 2009).

Para alcanzar la eficiencia de la producción de caña y rentabilidad deben plantarse cultivares de alto rendimiento que se adapten a las condiciones climáticas de Angola y cumplir los requisitos para ser cosechados como cultivares de ciclo largo.

Problema científico

En Malange, República Popular de Angola no es costumbre utilizar plantaciones de ciclo largo (18 – 22 meses) para iniciar zafra por lo que se desaprovechan las potencialidades de estas cepas para obtener mayores producciones de azúcar.

Hipótesis

Si se evalúan algunos cultivares en cuanto a rendimiento agrícola, floración, resistencia a plagas y contenido azucarero, es posible seleccionar entre ellos los que puedan ser empleados como cepas de ciclo largo para iniciar zafra con altos rendimientos en caña y azúcar.

Objetivos

Objetivo general

Seleccionar cultivares que cumplan los principales requisitos exigidos para poder ser utilizados como cepas de ciclo largo en el comienzo de la zafra.

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de algunos cultivares al ataque de las principales plagas características de la zona de estudio.
- Estudiar la manifestación del florecimiento en los cultivares evaluados.
- Determinar el rendimiento agrícola de los cultivares en estudio.
- Medir el contenido de sólidos solubles totales (Brix) de los cultivares en estudio en el período de cosecha.

Objeto de estudio: selección de cultivares

Campo de acción: empresa

Métodos y técnicas utilizadas en la investigación

Teóricos:

- Método lógico histórico

- Método analítico - sintético

Empíricos:

- Análisis de documentos
- Observaciones
- Cálculos estadísticos-matemáticos

Métodos teóricos:

Método lógico histórico; fue utilizado para precisar la preparación del proyecto en estudio, permitió seguir la trayectoria real desde su inicio hasta su terminación.

Método analítico–sintético: permitió obtener los fundamentos teóricos para la investigación y la valoración de los métodos empíricos empleados.

Métodos empíricos:

Análisis de documentos; se revisaron todos los documentos disponibles en la empresa Biocom con el objetivo de estudiar y analizar la información de una manera objetiva, sistemática y cuantitativa, para hacer inferencias válidas y confiables de los datos.

Observación; se mantuvo un control visual permanente del desarrollo de los cultivos y de la incidencia de los factores que influyeron en su crecimiento.

Métodos estadístico-matemáticos; se procesó con el objetivo de realizar el cálculo porcentual, y estadístico para el procesamiento de los datos obtenidos en la aplicación de los instrumentos.

Revisión bibliográfica

Revisión histórica de la caña de azúcar

Según Jorge *et al.*, (2004), la caña de azúcar pertenece a la familia *Poaceae* y al género *Saccharum*, que abarca varias especies, las cañas actualmente cultivadas, en su mayoría, son híbridas. Es una planta perenne y propia de climas tropicales y subtropicales.

La nueva clasificación taxonómica APG (*Angiosperma Phylogeny Group*) se inició en 1998, conocida como APG-I. Luego, fue corregida en 2003 y apareció el APG-II. El APG-III es la última versión ya corregida que apareció en el 2009 (APG, 1998; Arévalo y Chinea, 2012).

La Taxonomía APGIII, es filogenética, basada en criterios moleculares del ADN contenido en el Núcleo, Mitocondrias y Cloroplastos. La APG III según Arévalo y Chinea (2012) está estructurada en: Súper-Reino: *Eukaryota*; Reino: *Plantae*; Clado: *Angiospermae*; Clado: *Monocotyledoneae*; Clado: *Commelinides*; Orden: *Poales*; Familia: *Poaceae*; Clado: *PACCAD*: compuesto de las Subfamilias: *Panicoideae*. *Arundinoideae*. *Chlorideae*. *Centothecoideae*. *Aristoideae* y *Danthonoideae*. Subfamilia: *Panicoideae*; Tribus: *Andropogoneae*; Género: *Saccharum*; Especies; Cultivares.

Por lo tanto los actuales cultivares comerciales no son *Saccharum officinarum* puros, sino híbridos comerciales de éstos con otras especies del género *Saccharum*; por lo cual, lo correcto es considerarlos *Saccharum spp.* híbridos.

Posee tallos gruesos muy ricos en azúcar, exigentes en cuanto al clima y suelo. Planta de porte medio alto. Son conocidas como cañas nobles, cañas gruesas tropicales y entre sus variedades más antiguas se citan; caña negra, la rosa, la surcada, la púrpura, la cristalina, la cinta, la Badilla, la Otahite, de la tierra, la Bourbon; la mantequilla y otras.

Roach y Daniel (1987), afirman que el centro de origen de esas especies ha sido propuesto por diversos autores. Las islas del Archipiélago de la Polinesia, Nueva Guinea y la India están entre las regiones más citadas. Los mismos autores

señalan que la especie *S. officinarum* ya era conocida en la India desde los tiempos remotos, fecha de 6 000 años A.C. en Asan y Bastón.

Fue en la Nueva Guinea que el hombre tuvo el primer contacto con la caña de azúcar y de ahí fue llevada para el sur de Asia, donde fue usada, de inicio, principalmente en forma de jarabe. De allá, la planta pasó a la India, la palabra “azúcar” es derivada de "shakkar" o azúcar en sánscrito, antiguo idioma de la India (Azzi, 1938).

Desconocida en el Occidente, la caña de azúcar fue observada por algunos generales de Alejandro el Grande, en 327 A.C y más tarde, en el siglo XI, los árabes introdujeron su cultivo en Egipto en el siglo X. Se atribuye a los egipcios el desarrollo del proceso de clarificación del caldo de la caña y de obtener un azúcar de alta calidad para la época (Daniels y Roach, 1987). El azúcar era consumido por reyes y nobles en Europa, que la adquirían de mercaderes monopolistas, que mantenían relaciones comerciales con el Oriente que era la fuente de abastecimiento del producto. Por ser fuente de energía para el organismo, los médicos suministraban azúcar en granos para la recuperación o alivio de los moribundos. En el inicio del siglo XIV, hay registros de comercio del azúcar por cuantías que hoy serían equivalentes R\$200,00/kg. Por eso, ciertas cantidades de azúcar eran registradas en los testamentos por reyes y nobles.

A través de los viajes realizados por Cristóbal Colón es como llega la caña al Nuevo Continente, a la isla La Española, (actual República Dominicana y Haití), donde se cultivó a gran escala, expandiéndose posteriormente a otros países como Cuba, México, el resto del Caribe y América de sur. A Brasil la caña fue introducida por los portugueses, los franceses la llevaron a sus colonias del Océano Indico y los holandeses a las Antillas; de igual manera fueron los españoles quienes impulsaron el cultivo de caña de azúcar en Filipinas y el Archipiélago del Pacífico en Asia (Stevenson, 1965; Fauconnier y Bassereau, 1980; Torres *et al*, 1989 y Pérez *et al*, 2007).

Principales países productores de caña de azúcar

Brasil es el líder en la producción cañera en el mundo, seguido de India, China y Tailandia; en el año 2004 alcanzó el 31% de la producción de azúcar (13,2 millones de toneladas) y el 27% del área plantada de caña (20,29 millones de hectáreas). En la evolución del ranking mundial de 2000 al 2004, se destaca la fuerte caída de la participación de Cuba, así como, la ascensión de Colombia y Filipinas. La producción brasileña de caña molida en la zafra 2004/2005 fue de 383 millones de toneladas, representando un crecimiento del 7,6% con relación al año agrícola anterior. Entre las zafras 2001/2002 y 2004/2005 hubo una expansión media anual del 10,5%, o sea, el doble de la tasa obtenida en el período 1995/1996 - 1999/2000. Brasil, India, China, Tailandia, México y Australia, en su conjunto representaron el 72% de la oferta mundial de azúcar de caña en el ciclo 2011/12. De esta forma, para dicho ciclo se espera una producción de 134,7 millones de toneladas de azúcar de caña. Así, la producción mundial de azúcar se ha incrementado a una tasa media de 2% en los últimos 10 años. Cabe mencionar que las principales variaciones en la producción obedecen al comportamiento de países como Brasil e India que son el principal productor y el principal exportador, respectivamente. En este sentido se estimó en la zafra 2011/12 la producción mundial de este dulce en el orden de 168 millones de toneladas, de esta forma, los proveedores principales fueron Brasil (23,5%), India (16,8%), Unión Europea (9,1%), China (7,1%), Tailandia (5,8%), Estados Unidos (4,4%) y México (3,4%), (USDA, 2011).

El azúcar es uno de los productos agroindustriales de mayor importancia para la economía de diversos países. Además de ser uno de los principales *commodities* agrícolas que se comercializan en el mercado internacional. En la actualidad, a nivel mundial, tanto la producción como el consumo de azúcar registran una tendencia creciente, el mercado del azúcar a nivel global se encuentra en recuperación luego del déficit de 9,2 millones de toneladas que se observó durante el ciclo 2008/09. Durante la zafra 2010/11 el mercado presentó un superávit de 1,6 millones de toneladas, situación que propició una corrección moderada de los

precios internacionales hacia la baja. En México, el mercado del azúcar presentó un incremento del 7,4% en la producción del dulce durante la zafra 2010/11 respecto a la zafra del ciclo anterior. Por otro lado, en la tendencia de la demanda en varios países, destacan los cambios en los hábitos de consumo de la población por razones de salud. Aunque los jarabes de maíz, la estevia y los edulcorantes de alta densidad, como los que contienen aspartame, están desplazando al azúcar en un segmento importante del mercado (García, 2011 y Ojeda y Torres, 2012). De todas formas no solo el azúcar, sino también otros muchos productos agrícolas primarios o importantes están sometidos a competencias y fluctuaciones ocasionales de mercado y sin embargo su producción y demanda crecen de manera permanente y como ejemplo de ello, y a pesar de todas las coyunturas de precios y problemas del comercio, cada año las producciones de azúcar y sus derivados se incrementan a un ritmo promedio del 2,8% anual para poder satisfacer las demandas de azúcar de la humanidad (Álvarez, 2011 y 2014).

Botánica de la caña de azúcar

Sistema radical

El crecimiento y la renovación del sistema radicular pasan por otros desafíos en virtud de algunos factores destacados por Ruckset *et al.*, (2004), la arquitectura geométrica compleja del sistema radicular, la amplia gama de tipos y diámetros de raíces de las plantas perennes, las diferencias en la actividad fisiológica de raíces en diferentes edades, el rápido crecimiento y descomposición de raíces finas, los procesos microbiológicos que ocurren en la interface suelo/raíz, las relaciones simbióticas en la rizosfera y por la variabilidad del ambiente edáfico (físico, químico y biológico), en el cual las raíces se desarrollan.

No todas las raíces provisorias brotan al mismo tiempo, una parte permanece en estado latente y solo se desarrollan en caso que las primeras emitidas sean damnificadas. Esas raíces que nacen en la región del nudo alimentan la planta en el principio de su desarrollo, yendo poco a poco muriendo y dando lugar al apareamiento de otras raíces definitivas, más gruesas y fuertes (Rodríguez, 1995).

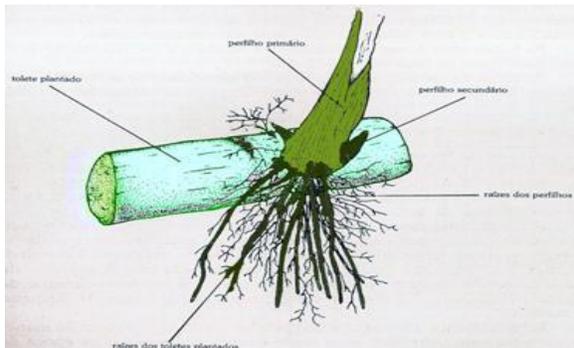


Fig. 1. Estadio inicial de brotación y desarrollo (Dillewijn, 1952).

La mayoría de sus raíces se desarrolla entre 30 y 50 cm de profundidad, ocurriendo que, en determinados tipos de suelos, algunas raíces puedan profundizar aún más. Los llamados rizomas con aspecto de tallos subterráneos tienen entrenudos cortos y yemas que son grupos de células capaces de multiplicarse activamente. Se desarrollan más o menos horizontalmente en el suelo y de ellos brotan numerosas raíces (Bernal y China, 1997).

Después del corte de los tallos la porción subterránea garantiza la emisión de nuevos tallos. De los tallos recién plantados nacen dos tipos de raíces: las raíces de estacas y las raíces de tallos; las primeras son finas, altamente ramificadas, superficiales, y efímeras, por el contrario las del tallo son gruesas, blancas y menos ramificadas. Las principales funciones del sistema radicular son: sustentación de la planta, absorción y transporte de agua y nutrientes (Pérez *et al.*, 1997).

Tallo

Rodriguez (1995), plantea que conjuntamente con las hojas y la inflorescencia, forma la parte aérea de la planta. Es constituido por un cilindro sólido lleno y fibroso, con espacios libres entre los haces vasculares ocupados por un tejido parenquimatoso con células ricas en azúcar. Está dividido en nudos y entrenudos, su longitud puede oscilar entre 2,0 - 5,0 m, ocurriendo que en algunos casos alcancen hasta 6,0 m, principalmente cuando se acuestan. El diámetro varía entre 2,0 cm y 5,0 cm y la distancia de los entrenudos es de 5,0 cm hasta 22,0 cm.

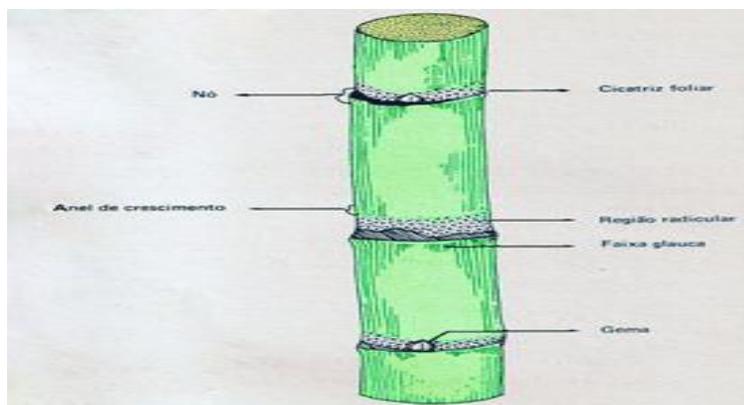


Fig. 2. Tallo de la caña de azúcar (Bacchi, 1983).

La variación del diámetro, forma, longitud y el color son puntos a tener en cuenta en los cultivares; otras funciones son: la conducción de agua y nutrientes para las hojas de elementos disponibles que se desplazan para otras partes de la planta cuando son necesarios para el crecimiento futuro, almacenamiento de azúcar y otros materiales (Pérez *et al.*, 1997).

El color varía con el cultivar y con las condiciones especiales de suelo y de acuerdo con el grado de maduración e insolación; puede ser verde, amarillo, verdoso, púrpura o rojo (Pérez *et al.*, 1997).

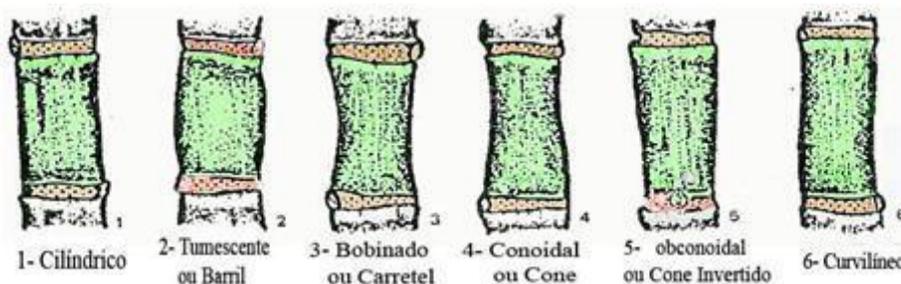


Fig. 3. Diferentes formas del entrenudo (Artschwager y Brantes, 1958)

Yema

Humbert (1970), afirma que la yema es la parte constituyente de la caña localizada en cada nudo, posicionadas 180° una con relación a otra, o sea, en posiciones exactamente opuestas en los nudos.

La yema ésta localizada en la banda de la raíz, generalmente una en cada nudo. Su gran variación en las características de tamaño, forma y otras aporta

elementos que permiten diferenciar los cultivares, o sea su principal importancia es de carácter taxonómico (Humbert, 1970).

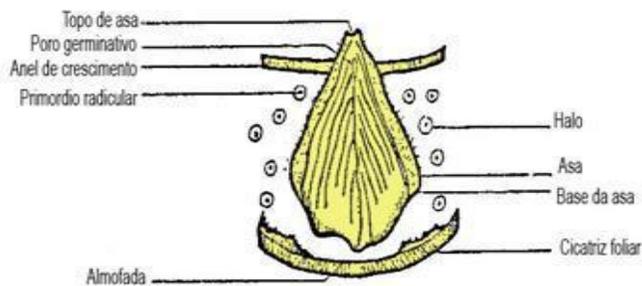


Fig. 4. Partes constituyentes de la yema (Humbert, 1970).

El propio autor señala que también la yema puede ser clasificada en función de su forma en; triangular (1), ovalada (2), obovada (3), pentagonal (4), romboidea (5), redonda (6), oval (7), rectangular (8) y picuda (9) según puede observarse en la figura 5 y su principal interés es también taxonómico.



Fig. 5. Tipos de yemas de la caña de azúcar según su forma.

Rodríguez (2012), señala que son variados los factores que ejercen influencia en la brotación de las yemas de las estacas plantadas, citando entre los principales a:

- Gradiente de brotación
- Cobertura en las estacas
- Número de yemas y estacas por metro/lineal
- La composición mineral y el estado nutricional de los tallos
- Temperatura
- Agua
- La humedad del aire y del suelo

- Viento
- Altura sobre el nivel del mar
- Suelo
- Latitud
- Cultivar
- Origen geográfico
- Posición de la yema al momento de plantar
- Retraso entre el corte y la plantación
- Tratamiento térmico con agua caliente y fría
- Aireación del suelo
- Incidencia de plagas
- Pre-tratamiento dado a la estaca
- Dominancia apical

Dillewijn (1975), afirma que las diferencias en la brotación entre cultivares es un factor genético, tanto del punto de vista de su tasa inicial de brotación como en su porcentaje total.

Hojas

Según Vara y Alcolea (1983), la vaina de la hoja es generalmente de color verde-claro, pero la situación varía hasta el verde-amarillento o verde-oscuro, en función tanto del cultivar, como del estado nutricional de la planta. Los bordes de las hojas son generalmente dentados y las vainas de éstas están casi siempre cubiertas con un pelo fino, que en algunos cultivares puede resultar molesto al tacto.

Las hojas son alternadas, largas, midiendo de 1,00 a 1,80 m de largo por 5,0 a 7,0 cm de ancho, teniendo la base auriculada; se distinguen en ella la vaina y el limbo. El limbo falta en las plantas nuevas. La vaina forma un tubo que envuelve el tallo, estando recubierta de vellos o no, con vestigios de cera en su superficie. En el punto de unión de la vaina con el limbo está la lígula membranosa de forma variable, que impide la entrada del agua. El limbo está provisto de una nervadura central, fuerte, larga y blanquecina, hundida en la faz superior (cóncava) y

abultada en la parte inferior (convexa). En la medida que el tallo se desarrolla, las hojas inferiores van muriendo (Abeles *et al.*, 1996).

El crecimiento y desarrollo del cultivo depende fundamentalmente del desarrollo progresivo de su área foliar, el cual le permite utilizar de forma eficiente la energía solar en el proceso de fotosíntesis (Cayón, 2001).

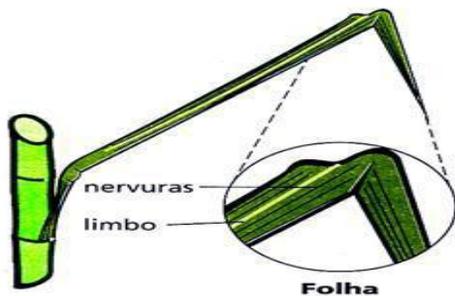


Fig. 6. Hoja de la caña de azúcar (Bacchi, 1983).

Inflorescencia

La inflorescencia o panícula de la caña de azúcar es llamada flecha, bandera o flor y presenta tamaño, color y formación variable en dependencia de las especies o cultivares. Se origina de la yema apical, presentando un eje principal o raquis que es el prolongamiento del último entrenudo del ápice de la caña de azúcar. Del raquis salen los ejes secundarios y de éstos los terciarios, disminuyendo la ramificación de abajo para arriba, de ello se origina el aspecto piramidal o de flecha de la inflorescencia (Fernández *et al.*, 1988).

En las ramificaciones terciarias de la base secundarias del ápice, se localizan las espigas, dispuestas en pares, siendo una sésil y otra pedunculada y colocadas alternadamente a lo largo de los ejes secundarios y terciarios; cada espiguilla contiene una flor. La flor es hermafrodita, presentando un ovario ovalado con un solo óvulo, dos pistilos terminados por estigmas plumosos de color púrpura o rojizas (López-Hernández, 1965).

El órgano masculino está constituido de tres estambres que sostienen una antera cada una. Las anteras son de coloración amarillo-claras al inicio y oscuras o moradas cuando maduran, están divididas en dos lóbulos por una depresión longitudinal (Stehle, 1955).

Las otras partes de la flor son: dos brácteas protectoras envolviendo la flor, siendo una gluma externa y a otra interna y envuelta por esas glumas aparecen dos glumillas, la externa y la fértil. Las brácteas son también envueltas por pelos largos y sedosos (Machado, 1987).

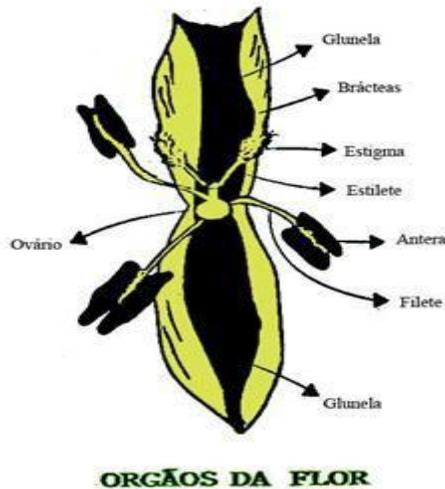


Fig. 7. Parte de la inflorescencia (Blackburn, 1984)

La caña es propagada asexualmente a través de partes (estacas) del tallo y que constituyen la semilla agrícola; cada yema puede desarrollar un eje principal, que a su vez pueden formar tallos secundarios (Dillewijn, 1980).

La inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula abierta ramificada, comprende un eje principal, se desarrolla desde el último entrenudo, éste presenta formas diferentes que a su vez ayudan a identificar el tipo de cultivar (Fernández *et al.*, 1988).

La panícula contiene flores, que pueden producir semillas fértiles, permitiendo la obtención de nuevos cultivares. Los cultivares tienen como característica que difieren en cuanto a la floración, algunos son de floración precoz y otras de floración tardía (Vara y Alcolea, 1983).

Fases de desarrollo de la caña de azúcar

Según Fernández et al. (1988) la caña de azúcar pasa por tres estadios en su ciclo de desarrollo; el desarrollo inicial o etapa heterogónica, caracterizado por predominancia del consumo de reservas industrializadas. En este período ocurre la brotación de la estaca y el surgimiento de tallos de las yemas o apenas la germinación de semillas verdaderas.

Durante este estadio de desarrollo se pueden producir fenómenos fisiológicos considerados puntos críticos, que constituyen saltos cualitativos que el hombre puede modificar o actuar sobre ellos. El primer punto crítico en la caña de azúcar es la germinación, o sea, el momento que una estaca empieza a desarrollarse desde la brotación de las yemas o de la germinación de semillas verdaderas o cariósida. Después de rebrote de la planta, pasa para otro punto crítico, el ahijamiento, que es simplemente el desarrollo de retoños laterales.

La segunda etapa es conocida como el período de crecimiento, después de haber concluido la fase heterogónica. La planta ya alcanzó su población de tallos y cuenta con dos aparatos de asimilación (hojas-raíces) de tamaño apropiado. Esta fase comienza generalmente entre 70 a 90 días después del surgimiento de los brotes. Durante la misma fase, del 70 al 80% de los tallos pueden alcanzar la altura total. Aproximadamente a los siete meses de edad las plantaciones de ciclo corto, comienzan la etapa de maduración, donde el crecimiento disminuye y comienza la acumulación de sacarosa.

Condiciones climáticas para el desarrollo y maduración de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta tropical prefiriendo, clima caliente y húmedo con temperaturas que oscilan entre 16 y 33°C, aunque también se desarrolla bien en las condiciones subtropicales donde la temperatura media gira en torno a 24°C. Algunos cultivares con importancia industrial pueden desarrollarse a temperaturas algo superiores a los 24°C, según Jorge *et al.* (2009). Las temperaturas generalmente consideradas óptimas para la brotación están entre los 26-32°C y los valores por debajo de 20°C y superiores a 40°C la afectan. El ahijamiento es

ideal entre 25-32°C, por debajo de 20°C y por encima de 32°C se desarrolla pobremente aun en buenas condiciones de luz y de humedad en el suelo.

Para el óptimo crecimiento de la planta, los valores de temperatura deben estar en un rango entre 25-30°C, con menos de 18°C el proceso de crecimiento es lento y por encima de 35°C puede llegar a ser nulo. Un período seco y la existencia de bajas temperaturas, inferiores a 20°C, favorecen el proceso de maduración del tallo (Fernández *et al.*, 1988).

Puede ser cultivada económicamente desde el nivel del mar hasta la altitud de 1 400 m. Precipitaciones pluviométricas de 1 270 mm de lluvia anualmente son suficientes para mantener un crecimiento adecuado de la caña de azúcar, siempre que esa pluviometría este convenientemente distribuida durante el año. Dos tercios del período vegetativo de la caña requieren de lluvias frecuentes y calor, a fin de favorecer el ahijamiento y desarrollo, mientras que el tercio restante debe ser de baja pluviosidad, de modo que favorezca la maduración y el enriquecimiento de sacarosa para la cosecha (Jorge *et al.*, 2011).

En las regiones muy calientes y húmedas hay un activo desarrollo vegetativo y perjuicio de la maduración la cual se retarda dando tallos pobres en azúcar. La plantación de la caña es determinada por las condiciones climáticas, con dos épocas de plantación bien definidas, produciendo caña de año y caña de un año y medio. La caña de año es plantada en septiembre y octubre, esa caña tendrá 7 meses de desarrollo vegetativo, cuando entonces la temperatura cae y la precipitación pluviométrica disminuye a casi nada. En ese momento, la caña ya desarrollada vegetativamente, inicia la maduración alcanzando el grado máximo de sacarosa cerca de 4 a 6 meses después, dependiendo si el cultivar es precoz, medio o tardío. La caña de un año y medio es plantada en febrero y marzo y 2 a 3 meses después pasan por invierno frío y seco sin que la caña haya crecido vegetativamente en cantidad suficiente para iniciar el almacenamiento de sacarosa, sufriendo entonces paralización en su crecimiento. La gama de germinación entre un cultivar y otro es un factor genético, tanto del punto de vista de su tasa inicial de brotación por porcentaje (Rodríguez, 2012).

Dillewijn (1975), argumentó que no hay correlación estrecha entre la tasa inicial de germinación y la realización final del cultivar.

Principales plagas de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar no está exento al ataque de plagas. A pesar de todo el trabajo de científicos e investigadores, cada día las afecciones aumentan y en ello influye el aumento del tránsito o difusión de cultivares de un lugar a otro (Cuellar *et al.*, 2002).

Las plagas son un factor que tiene una marcada influencia en la permanencia de los cultivares en la producción, a través del tiempo se ha demostrado que la resistencia de los cultivares ha sido el método más efectivo para controlarlas, haciendo en general realidad el principio de que “para cada plaga que es un problema, un cultivar resistente es la solución, aunque también se dice que “todo buen cultivar termina por una mala plaga”, haciendo de todo esto un proceso muy dialéctico (Jorge *et al.*, 2002, 2003, 2004; China y Rodríguez, 2007; Delgado *et al.*, 2012; Rufin *et al.*, 2012; Aday *et al.*, 2014; Carvajal *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2014).

Nemátodos

Dinardo-Miranda y García (2002), afirman que en las condiciones de clima tropical húmedo, tres especies de nematodos son económicamente importantes para la caña de azúcar, en función de los daños que causan al cultivo: *Meloidogyne javanica*, *M. incógnita* y *Pratylenchus zaeae*.

En muchos cañaverales poco desarrollados y con baja producción, son encontradas altas poblaciones de por lo menos alguna de ellas. El ataque de los nematodos a la caña de azúcar se restringe a las raíces, de donde extraen nutrientes para el crecimiento y desarrollo. Además del daño causado por la utilización de nutrientes de la planta, estos parásitos inyectan toxinas en el sistema radicular, resultando en deformaciones en las raíces.

En consecuencia del ataque de nematoides, las raíces se vuelven poco desarrolladas, pobres en radículas, deficientes e imposibilitadas de desempeñar

normalmente sus funciones. Los perjuicios de la parte aérea son reflejos de un sistema radicular debilitado, incapaz de absorber agua y nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plantas, que en consecuencia, se vuelven menores, raquílicas, cloróticas, con síntomas de “hambre de minerales”, marchitas en las horas más calientes del día y menos productivas.

Dada la ausencia de cultivares comerciales resistentes a una o a más especies de nematodos, el manejo de áreas infestadas, actualmente se ha basado de forma principal en el uso de nematicidas químicos aplicados en las plantaciones. Tres nematicidas son registrados para uso comercial en caña de azúcar: Carbofuran, (Furadan 50G ó 100G ó 350SC) y Terbufós (Counter 150G). En el plantío, son aplicados en el surco, sobre los trozos de semilla, inmediatamente antes de la cobertura de los mismos con suelo (García *et al.*, 1997).

Dinardo-Miranda *et al.* (2002), la evaluación a criterios de datos experimentales y de otros logrados en áreas comerciales, reveló que los daños causados por los nemátodos varían en función de la especie o especies presentes en el área, de sus niveles poblacionales y del cultivar plantado. Como promedio, *M. javanica* y *P. zae* causan cerca de 20 a 30% de reducción de productividad en cultivares susceptibles. *M. incognita* puede ocasionar pérdidas mayores, de alrededor de 40%. En casos de cultivares muy susceptibles y niveles poblacionales muy altos, las pérdidas provocadas por nematodos pueden llegar hasta el 50% de la producción.

El período entre el corte del cañaveral y la aplicación de los nematicidas en retoños ejerce gran influencia sobre los incrementos de productividad consecuentes. Así, en estudios desarrollados por Dinardo-Miranda y García (2002), en área recolectada en agosto, los mayores incrementos de productividad se lograron cuando los productos fueron aplicados a los 40 y 60 días después de la cosecha, mientras los menores en aplicaciones hechas a los 20 días después del corte. Esos datos sugieren que para un cañaveral cosechado en el período seco de la zafra, la aplicación tardía de nematicidas (a los 40 ó 60 días después del corte) es más adecuada porque probablemente una mayor cantidad de los productos se vuelve disponible en el suelo y en la planta en la primavera, período

en el que las poblaciones de los nemátodos se elevan, favorecidas por las temperaturas más altas y lluvias abundantes. Por otro lado, en cañaverales recolectados al final de la zafra, en período de lluvias abundantes y temperaturas elevadas en el cual hay crecimiento pleno de raíces y de las poblaciones de nemátodos, las aplicaciones de nematicidas hechas inmediatamente después del corte resultan en mayores incrementos de la producción.

Como medidas auxiliares en el manejo de áreas con problemas de nematodos se puede citar la aplicación de cachaza en el fondo del surco y la plantación de crotalaria en áreas de barbecho. Aunque esas medidas no interfieran, de una manera general, en las poblaciones de nemátodos en el área, por lo menos la cachaza aplicada y la crotalaria empleados en nuestras condiciones, aportan condiciones para un mejor desarrollo del cultivo y capacitan la planta, siendo por tanto bastantes indicadas para áreas con infestaciones medias o altas de nemátodos (Dinardo-Miranda *et al.*, 2003).

Otras plagas importantes

Cigarra de las raíces (*Mahanarva fimbriolata*)

Los adultos presentan aproximadamente 13 mm de largo por 6,5 mm de ancho. Los machos son enrojecidos, con alas orladas de castaño oscuro y con una banda longitudinal del mismo color. Las hembras normalmente son más oscuras, marrones enrojecidas, con bandas de las alas prietas. Tienen hábitos crepusculares. Son voladores de poco alcance, pero muy activos. Los adultos viven cerca de 15 a 20 días y una hembra pone entre 50 y 60 huevos. En condiciones de temperatura y humedad elevadas, las ninfas emergen de los huevos 15 a 20 días después de la postura y se dirigen a las raíces de donde succionan gran volumen de savia (Coyne *et al.*, 2011).

En condiciones de humedad y temperatura elevadas, el ciclo evolutivo completo es de 45 a 60 días. El nombre vulgar, cigarra de las raíces, está, por tanto, relacionado al local de alimentación y desarrollo de las ninfas, en las raíces. Los

factores climáticos tienen gran influencia en la dinámica poblacional de estos insectos.

Los daños a la caña de azúcar son causados principalmente por las formas jóvenes de la cigarra de las raíces, que extraen de éstas gran cantidad de agua y nutrientes. Las ninfas al succionar las radículas alcanzan los vasos del xilema, donde inyectan secreción salivar de donde retiran savia bruta conteniendo sales inorgánicas de nutrientes extraídos del suelo, varios aminoácidos y azúcares.

Como consecuencia del ataque de los adultos y principalmente de las ninfas, el proceso de fotosíntesis se reduce y como no ocurre la formación de azúcares en las hojas, no hay acumulación en los retoños y éstos se vuelven menores, más finos y con entrenudos más cortos. Bajo infestaciones severas, los retoños se presentan desnutridos y deshidratados, secándose del tope para la base, las hojas se vuelven de inicio amarillentas y posteriormente secas y toda la planta puede alcanzar la muerte. El cañaveral se pone completamente seco, con aspecto quemado. Estos síntomas pueden ser notados en la época de las lluvias, aunque sean más evidentes en el período seco subsiguiente.

Las pérdidas de rendimientos pueden llegar a 40-50 %, en cañas cosechadas en el final de zafra. En cañas recolectadas en comienzo de zafra, las pérdidas son menores, aunque muchas veces, las poblaciones encontradas en esas áreas sean más elevadas que en las demás. Eso revela que las cañas recolectadas en el inicio de zafra soportan mejor el ataque de la plaga, probablemente porque las plantas están más desarrolladas, con varios entrenudos (Dinardo-Miranda *et al.*, 2001).

Debido a la gran extensión de las áreas cultivadas con caña de azúcar, son observadas en campo muchas variaciones con respecto a condiciones edafoclimáticas, tratos culturales, cultivares, nivel poblacional de la plaga, u otros factores que interfieren en la eficiencia de las medidas de control. De esta forma, el manejo de áreas con problemas de cigarra, se presenta a continuación un programa de manejo de cigarra de las raíces en caña de azúcar, extraído de (Dinardo-Miranda, 2003).

Del punto de vista económico y ambiental, el método más adecuado para reducir los daños causados por la cigarra, así como por cualquier otra plaga o patógeno, es el uso de cultivares resistentes. Sin embargo, datos experimentales y de áreas comerciales muestran que casi la totalidad de las cultivares cultivadas comercialmente es atacada por la plaga, sufriendo significativas reducciones en los rendimientos (Gallo *et al.*, 1988).

Es necesarios levantamientos poblacionales de la plaga, la base para cualquier programa de manejo bien realizado. Como las ninfas comienzan a eclosionar de los huevos en diapausa, cerca de 15 a 20 días después las primeras lluvias de la primavera, los levantamientos poblacionales deben ser iniciados en esa ocasión, cuando las primeras ninfas son observadas en campo. Deben ser mostrados dos puntos por ha, siendo cada punto constituido por 2 m de surco. En cada punto, se debe contar los adultos en las hojas y cartuchos de las plantas y enseguida, alejar con cuidado la paja entre los tallos, disponiéndola en la entrelínea, a fin de que los puntos de espuma puedan ser visualizados. Después de eso, se cuentan las ninfas y adultos en las raíces. Para visualizar los insectos en las raíces, éstos pueden ser retirados de la región radicular, en la subsuperficie del suelo, con auxilio de un palito de madera o hierro, con cerca de 20 cm de largo y 0,5 cm de diámetro. La ocurrencia de enemigos naturales, especialmente de la mosca *Salpingogasternigra* (Díptera, *Syrphidae*) y de ninfas y adultos de cigarra muertos por la acción de hongos, tales como *Metarhiziumanisopliae* y *Batkoa*, (Macedo, 1988).

Chinea (2000), dice que mucho se discute sobre la densidad poblacional de cigarra-de las-raíces (*Mahanarva fimbriolata*) arriba de la cual se debe entrar con medidas de control, sean ellas químicas o biológicas. Ese valor, llamado en entomología de nivel de control (NC), es siempre inferior al nivel de daño económico (NDE), que, por definición, es la densidad poblacional de la plaga en la cual ella causa perjuicio a la cultura semejante al costo de adopción de una medida de control.

Por considerar costos (de los insumos, de las aplicaciones, de la caña, del azúcar, del alcohol y otros), el NDE no es un valor fijo, constante. Es variable de un año

agrícola para otro, visto que los precios de los insumos y productos oscilan, así como la época de cosecha, la renovación de cultivares y otros factores. Cuanto más susceptible la cultivar, más bajo es el NDE, pues bajo misma infestación de la plaga, sufre mayor daño que una cultivar menos susceptible (Chinea, 2000).

Por otro lado, varios estudios muestran que determinada cultivar sufre mayores daños cuanto más tarde se da su cosecha. Por tanto, el NDE es menor para cosechas de final de zafra de lo que de inicio. Para las situaciones en las que se puede adoptar medidas y/o productos más baratos, el NDE es más bajo del que para aquéllas en las cuales se adoptan medidas y/o productos más caros (Chinea, 2000).

El análisis económico (margen de contribución industrial y agrícola) de los resultados observados en áreas comerciales y experimentales, en las cuales se adoptó medidas de control de la plaga en varias regiones e involucrando diversa cultivares, épocas de corte, poblaciones de la cigarra de las raíces y otras. Sugiere que el NDE, hoy, está probablemente entre 4 - 10 insectos/m, poniéndose más próximo del límite inferior cuatro insectos/m en cañaverales recolectados al final de zafra y en el límite superior 10 insectos/m en cañaverales de inicio de zafra. Como las medidas de control deben ser adoptadas antes que las poblaciones alcancen el NDE, los valores de NC son menores que los citados. Visto que los insecticidas, químicos o biológicos, poseen características distintas, el NC varía con el producto escogido para el control, así como con su dosis. Así, cuanto mayor es el efecto de choque del insecticida, más próximo del NDE se encuentra el NC, o sea, la medida de control puede ser adoptada (NC) en una densidad poblacional bien próxima, pero ligeramente menor, de la de aquélla definida como NDE (Gallo et al., 1988).

Gallo y Nakano (1988) dicen que la ocurrencia natural del hongo *M. anisopliae*, atacando cigarra de las raíces en cañaverales de todo el país, es bastante común e incentiva el uso de ese agente de control biológico en áreas infestadas por la plaga. Sumándose a ése, el hecho de que un programa que involucre control biológico es extremadamente interesante, por razones ambientales y también económicas y muchos esfuerzos se han realizados en estudios involucrando en

esta herramienta. Actualmente el hongo encontrado en el comercio es reproducido en granos de arroz y puede ser adquirido en el arroz o en esporas ya separadas del arroz. Aunque, su utilización haya crecido en los últimos años, son frecuentes los relatos de ineficiencia del hongo en el campo, aún cuando las aplicaciones son hechas en condiciones ideales (ausencia de sol y alta humedad relativa del aire). Dado el costo relativamente bajo del hongo reproducido en granos de arroz y cuya acción inicial es relativamente lenta, comparado con ciertos insecticidas químicos, se recomienda que su uso sea hecho, preferencialmente, en áreas en las cuales las infestaciones estén entre 0,5-2 insectos/m, pulverizando la base de las plantas con el hongo en dosis de aproximada de 2 a $4 \cdot 10^{11}$ esporas viables/ha, lo que corresponde a cerca de 1 a 2 kg/ha de arroz ($2 \cdot 10^8$ esporas/g de arroz). Estas aplicaciones deben ser hechas de preferencia al final de la tarde, por la noche o en días nublados, a de modo evitar la incidencia de rayos ultravioletas que afectan la viabilidad de las esporas. Para aplicaciones aéreas la distribución directa de los granos de arroz infestado parece más apropiada que la de esporas en almíbar, ya que el grano de arroz alcanza el suelo con más facilidad. Las gotas de agua conteniendo las esporas pueden, en gran parte, quedar retenidas en las hojas, sujetas a la acción de los rayos solares. Esas inferencias, sin embargo, carecen de una comprobación científica. En ambos los casos, después la aplicación del hongo, las áreas deben ser continuamente monitoreadas y una segunda aplicación puede ser hecha si las infestaciones asciendan para 3 a 4 insectos/m. Aunque el control biológico deba ser priorizado, aplicaciones de *M. anisopliae* las veces mostraron resultados poco satisfactorios, especialmente bajo altas infestaciones iniciales de la plaga. En esos casos, el control químico es más eficaz (Chinea, 2002).

Dinardo-Miranda (2002), plantea que el control químico es una herramienta bastante valiosa en el programa de manejo de la cigarra, especialmente en cañaverales recolectados desde agosto (medio para final de zafra), que sufren mayores daños debido al ataque de la plaga y en aquéllos severamente infestados. Aunque los insecticidas químicos generalmente sean caros y más agresivos al ambiente del que los biológicos, su uso criterio resulta en una relación

costo/beneficio bastante interesante y en bajos riesgos ambientales. Los insecticidas registrados para control de cigarra son *thiamethoxam* 250WG, en la dosis de 0,6 a la 1,02 kg/ha, *imidacloprid* 480SC a 1,5 a 1,8 L/ ha y *aldicarb* 150G, de 10 a 12 kg/ha.

La aplicación de insecticidas químicos es recomendada en las áreas cuyas poblaciones, entre final de octubre y diciembre, estén alrededor de 5 a 10 insectos/m. Como cañaverales recolectados en inicio de zafra soportan poblaciones mayores de la plaga, insecticidas químicos pueden ser aplicados cuando las infestaciones son superiores a 10 insectos/m (Dinardo-Miranda y Ferreira, 2000).

Broca de la caña de azúcar (*Diatraea sacharalis*)

D. sacharalis es una de las plagas de la caña de azúcar más conocida, tanto por los daños que causa cuanto por su dispersión: es encontrada en prácticamente todos los cañaverales de América. Es un insecto de desarrollo holometábolo, o sea, pasa por las fases de huevo, larva, pupa y adulto. El adulto es una mariposa con las alas anteriores de coloración amarillo-paja con manchas más oscuras, recordando dos “Vs” invertidas cuando están cerradas. Las alas posteriores son blanquecinas. La envergadura de las alas mide cerca de 25 mm. Las hembras son ligeramente mayores, de abdomen voluminoso y alas menos pigmentadas de lo que el macho. El número de huevos en cada postura es variable de 5 a 50, en media 12., siendo la postura imbricada, asemejándose a un segmento de cuero de cobra o escama de pescado. Cada hembra puede colocar de 200 a 500 huevos. La eclosión es de 4 a 9 días, como media, variando con la temperatura principalmente. Las larvas recién nacidas se alimentan inicialmente del parénquima de las hojas o de la cáscara del entrenudo (Terán, 1983).

Según Macedo (1988), la filosofía de los programas de manejo integrado es reducir los perjuicios económicos ocasionados por la plaga, causando impactos ambientales mínimos o preferencialmente nulos. De esa forma tales programas, en general, preconizan la adopción de varios recursos o métodos de control toda vez que para cada situación ambiental será lo más adecuado. Para el caso de la

broca de la caña, el manejo está basado casi que exclusivamente en el uso de enemigos naturales y es uno de los ejemplos mundiales de eficiencia de control biológico a larga escala.

Almeida (2005), señala que los estimados de la intensidad de infestación son realizados durante la zafra, (antes, durante o después del corte del cañaveral). En áreas de cosecha los muestreos son hechos poco antes de la cosecha por la máquina, para que el muestreo sea representativo, con muestras colectadas en varios puntos del cañaveral. Los tomadores de muestras generalmente acompañan la cosechadora colectando tallos aún no cortados, en varios puntos del campo, a medida que la cosecha avanza. En áreas de cosecha manual el muestreo es realizado generalmente después del corte.

Mosaico de la caña de azúcar

Chinea (2000), describe que el mosaico es una enfermedad de importancia oscilante, variando con la estirpe del virus predominante, susceptibilidad de las cultivares y de la proximidad de los cañaverales a plantas hospederas, de los pulgones transmisores y de los virus. Como ya se describió anteriormente, la enfermedad asumió forma epifitótica desastrosa cuando se cultivaban las cañas nobles (*Saccharum officinarum*), decreciendo en su importancia cuando éstas fueron sustituidas por los cultivares POJ, que aunque no eran resistentes, si eran tolerantes a la enfermedad y lograban producciones satisfactorias. En nuestros días, es preocupación de los investigadores, que un cultivar sea resistente a la infección de las razas del virus predominante y no solo tolerante a la enfermedad, pues, los cultivares tolerantes aumentan la fuente de inóculo y facilitan la variabilidad de los virus que podrán provocar futuras epidemias. El agente causal es el virus de RNA, de la familia *Potyviridae*.

Carbón de la caña de azúcar

Es una de las enfermedades de la caña considerada de gran capacidad de diseminación y con enormes inclinaciones de asumir un estado epifitótico cuando abusamos de la utilización de cultivares con resistencia intermedia o cultivares susceptibles. La distribución y multiplicación de un cultivar, sin el previo

conocimiento de su reacción para el carbón, o mismo la negligencia en el plantío y en el uso de materiales sabidamente susceptibles o con calidad fitosanitaria dudosa, podrá acarrear serias consecuencias (Tokeshi, 1997). Su agente causal es el hongo *Sporisorium scitamineum* (*Ustilago scitaminea*) es un parásito muy específico de la caña de azúcar. Penetra por las regiones meristemáticas de la planta y puede tornarse sistémico. Su ciclo en el interior de la planta hasta su esporulación puede durar de 50 a 100 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Hughes *et al.*, 1964).

Importancia de las plagas en la caña de azúcar

Duarte y Bernal (2013), afirman que en el cultivo de la caña de azúcar, la importancia de las plagas es de difícil cuantificación, por la diversidad de los cultivares y de las condiciones ambientales en que son explotadas. Como una enfermedad es producto de la interacción patógeno-hospedero- ambiente, sus efectos pueden variar de un local para otro y solamente con estudios y pesquisas para cada condición es que se puede llegar al establecimiento de su importancia y de los medios más eficientes de control. Como las más importantes enfermedades de la caña son de carácter sistémico, por tanto son fácilmente diseminadas por las cañas utilizadas como material de plantación, por lo que se debe dar especial atención a la calidad de las semillas de las nuevas plantaciones, pues podría significar la introducción de una enfermedad en un ambiente extremadamente favorable a su desarrollo y provocar serios problemas.

Ecología de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar está limitado principalmente por dos componentes ecológicos: clima y suelo, el primero se comporta bastante regular en todas las regiones cañeras del mundo y aunque el segundo resulta más variable, pueden obtenerse rendimientos aceptables en la mayor parte de las zonas cultivadas (Hernández y Amaya, 2002; citado por Marcano *et al.*, 2005).

La caña tiene marcadas y diferentes exigencias climáticas durante las dos fases principales del proceso: el crecimiento y la maduración. El crecimiento puede ser

retardado o detenido por dos factores climáticos: las bajas temperaturas y la sequía. La maduración no se alcanza, o se realiza de forma deficiente a causa del exceso de lluvias o por temperaturas elevadas durante la noche (Extremidad, 2001).

La humedad relativa del aire ejerce influencia sobre la planta, tanto en la estación seca como en verano. Durante el período seco la humedad relativa está mayormente determinada por las temperaturas más bajas. El aumento y crecimiento de la caña está condicionado por factores externos, como lluvias, temperaturas y su gama de variaciones (Gonzales *et al.*,2001).

Pérez *et al.* (1997), señalan que el complejo conjunto de factores ambientales crea una respuesta diferenciada en cada cultivar, que son negativamente afectados en diferentes intensidades, aunque se manifiesta que la temperatura, la luz y la humedad son los principales elementos que definen el crecimiento de la caña. Arencibia (1999), destaca entre otros factores claves que regulan el crecimiento, la temperatura, luz y humedad del suelo. Observando que hormonas (auxinas, giberelinas y citosinas) transmiten dentro de la planta mensajes del medio ambiente. George *et al.* (2002), en estudios realizados en Cuba en tres cultivares, apreciaron una alta correlación entre el crecimiento y la precipitación y también que los cultivares responden de forma diferente a la intensidad de la lluvia.

La irrigación

Álvarez (2006), plantea que la irrigación es una operación agrícola que tiene por finalidad suplir las necesidades hídricas de las plantas. Esa técnica no funciona sola, sino conjugada con otras prácticas de manejo del cultivo, siendo imprescindible en las áreas áridas y semiáridas pues en estas regiones la lluvia, en la mayoría de las veces, es insuficiente para el buen desarrollo del cultivo. En las regiones húmedas que presentan períodos de déficit hídrico en determinado período del año, la irrigación también se puede volver necesaria para la obtención de elevadas producciones. Para los agricultores, la irrigación es un componente

para el éxito del cultivo, de la misma forma que la aplicación de fertilizantes, el control de plagas.

Ha sido importante para el aumento de la producción mundial de alimentos, el desarrollo sostenible en el campo, con generación de empleos, seguridad en los bienes agrícolas producidos y la consecuente y estable rentabilidad. Se considera que más de la mitad de la población mundial depende de alimentos producidos en áreas irrigadas (Scardua, 1985).

Sistemas de irrigación en caña de azúcar

Si se asume como válida la inexistencia de un sistema de irrigación ideal, cada sistema puede ser caracterizado por las ventajas y limitaciones que presenta con relación a otros. Cualquier sistema de irrigación tiene por finalidad suministrar la cantidad de agua requerida por el cultivo, cumpliendo siempre el compromiso de mantener elevados niveles de uniformidad y eficiencia de aplicación del agua al menor costo posible y siempre preservando los recursos naturales. El ingeniero proyectista debe identificar la aptitud de cada sistema a las condiciones específicas consideradas y por medio de un análisis técnico y económico definir el sistema más recomendable (FAO, 2009).

Existen básicamente tres formas de aplicación de agua que caracterizan los principales sistemas de irrigación: el sistema superficial, sistemas de aspersión y el riego localizado. Diversas variables determinan la elección de un sistema de irrigación (Souza *et al.*, 1999). Dentro de esas variables se puede considerar el clima, suelo, topografía, energía disponible en la propiedad, costo de mano de obra, tipo de cultivo, disponibilidad y calidad de agua, entre otros.

Sistema de irrigación superficial

La irrigación por la superficie fue el primer método de irrigación en ser usado por el hombre. Según Mantovani *et al.* (2006) hace 6 000 años las civilizaciones de la Mesopotamia, Egipto y China ya empleaban ese método de irrigación, aún de forma rudimentaria. En 1980 cerca de 16% de las tierras cultivadas en el mundo eran regadas, de ellas el 10% por la superficie y el 6% por otros métodos. En 1982

el Estado de Minas Gerais contaba con una área regada de 123 000 ha, de los cuales el 74% eran regados por la superficie, llegando en 2004 a 1 700 000 ha irrigadas con esta técnica.

Consiste en un método de irrigación no-presurizado en que el agua se mueve por gravedad directamente sobre la superficie del suelo, de canales o tubería, hasta cualquier punto de infiltración, exigiendo por tanto, áreas sistematizadas y con pendientes de 0 a 6%. No es recomendado para suelos con alta permeabilidad, por ocurrir grandes pérdidas por percolación ni para suelos inestables por la formación de cráteres (Mantovani *et al.*, 2006). Debido a la forma de distribución del agua es un método de irrigación que consume más agua comparado con los otros sistemas, en razón de la menor eficiencia de aplicación y distribución originando grandes pérdidas durante la aplicación. Está influida además por otros factores tales como: la falta de combinación adecuada de la longitud del área, la pendiente del suelo, el flujo aplicado, el tiempo de aplicación y el manejo deficiente (Bernardo, 1998).

Wiedenfeld (2000) señala que la irrigación superficial puede ser dividida en: irrigación por banda, irrigación por inundación e irrigación por surco. En la irrigación por banda, el agua es aplicada en bandas de tierra, generalmente con cierta declividad longitudinal, separadas por elevaciones denominadas diques o tapias. Es muy usada para irrigación de pastos y cultivos que tienen la característica de cubrir toda la superficie del suelo.

La irrigación por inundación tiene como característica la aplicación del agua de forma temporal sobre la superficie del suelo. Las áreas más comunes donde se aplica esta técnica de riego son las rectangulares y en contorno. Su tamaño varía de acuerdo con los sistemas de manejo, siendo este manual o mecanizado. Es muy utilizado en el cultivo de arroz (Dalri, 2006).

La irrigación por surcos consiste en la aplicación de agua en pequeños canales, surcos o badenes. El agua aplicada en los surcos infiltra a lo largo del perímetro mojado y se mueve vertical y lateralmente, humedeciendo el perfil del suelo. La productividad media lograda por la agroindustria cañera en las áreas regadas por surcos es de 90,41 t.ha⁻¹ (Dalri, 2006).

Sistema de irrigación por aspersión

Fonseca y Pérez (2005) definen que es un sistema de irrigación en el cual el agua es aplicada como una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre el terreno, a fin de que se infiltre en el mismo punto donde cae. Esto requiere una red de distribución que permita que el agua de irrigación con una presión suficiente permita una buena utilización del agua.

La irrigación por aspersión es el método en el que el agua es asperjada sobre la superficie del terreno, asemejándose a una lluvia, a causa del fraccionamiento del chorro de agua en gotas. Para tal efecto, el agua es conducida y aplicada a las áreas por medio de equipos, como motobombas, tuberías y aspersores de las más diversas capacidades y características de fabricación. Cuando la fuente de agua esté en un lugar mucho más elevado que el área a regar, no habrá necesidad de motobomba (Bernardo *et al.*, 2006).

Ventajas de la irrigación por aspersión

- a) La distribución de agua es bastante uniforme en el terreno.
- b) Puede ser usado en suelos con altas tasas de infiltración.
- c) Uso adecuado en tierras con pendientes acentuadas.
- d) Alta eficiencia de aplicación (adecuado para regiones con limitaciones de agua).
- e) Puede ser operado durante la noche.
- f) Los sistemas pueden ser instalados de forma más rápida.
- g) Se pueden aplicar pequeñas normas de irrigación.
- h) Permite la mecanización y automatización del sistema de irrigación.
- i) No interfiere el trabajo de la mecanización agrícola (tuberías portátiles o subterráneas).
- j) El fertilizante puede ser aplicado con el agua de irrigación (fertirrigación).
- k) Permite irrigar la mayoría de los cultivos.
- l) Enriquecen el agua con oxígeno tomado del aire, lo que es muy importante para la planta.

Desventajas de la irrigación por aspersión

- a) Requiere alto consumo de energía en comparación con otros métodos de irrigación.
- b) Elevados costos de instalación con relación a la irrigación por gravedad.
- c) Los costos de operación son más elevados con relación a otros métodos porque necesitan una presión de funcionamiento en la salida del aspersor por lo menos del orden de 20 mca.
- d) Reducción de la eficiencia cuando hay velocidad del viento por encima de 2,5 m/s.

Cuanta más gruesa sea la textura del suelo mayor será la ventaja del uso de irrigación por aspersión, pues suelos arenosos y franco-arenosos poseen gran capacidad de infiltración de agua lo que ocasiona percolación cuando se usa la irrigación por superficie (Rosenfeld y Leme, 1984). Esos tipos de suelos también poseen baja capacidad de retención de agua, requiriendo irrigaciones frecuentes, con aplicación de menor cantidad de agua de riego, lo que es más fácil de ser logrado con irrigación por aspersión y localizada que por superficie.

El viento, la humedad relativa del aire y la temperatura son los principales factores climáticos que afectan el uso de irrigación por aspersión. El viento afecta la uniformidad de distribución de agua de los aspersores y, junto con la temperatura y la humedad relativa del aire, determinan la pérdida de agua por evaporación y escurrimiento. De ese modo, en regiones sujetas a vientos constantes y fuertes, a baja humedad relativa del aire y temperatura elevada, se recomienda la irrigación por goteo o por superficie (Fonseca y Pérez, 2005).

Bernardo *et al.*, (2006), plantean que los principales sistemas de irrigación por aspersión utilizados en caña de azúcar son: convencional, pivote central fijo o revocable de desplazamiento lineal y autopropulsado con carrete enrollador.

Los sistemas de irrigación por aspersión convencional normalmente son instalaciones constituidas por tuberías portátiles, tanto en la línea principal como en las líneas laterales, con características que les tornan de fácil transporte, instalación y montaje de tal modo que las operaciones sean asequibles manualmente, (Bernardo *et al.*, 2006). La irrigación por aspersión por pivote

central es una alternativa de uso en caña de azúcar y consiste en un sistema de movimiento circular, autopropulsado por energía hidráulica o eléctrica. El uso de pivote central revocable, ha sido utilizado por productores de caña de azúcar en el centro-sur y nordeste de Brasil, por la maximización de su uso debido a la posibilidad de movimientos para otras áreas. El sistema de aspersión de desplazamiento lineal es otra opción viable para la práctica de irrigación en caña de azúcar, poseyendo todas las ventajas del pivote central y en ese sistema no ocurre la pérdida de área regada, pues la línea lateral se desplaza a lo largo del área. Es ideal para áreas rectangulares y con relieve suavemente ondulado y que el ancho del campo sea por lo menos cuatro veces mayor que el largo. El sistema de irrigación por aspersión del tipo autopropulsado es movido por energía hidráulica, estando conformado por un cañón hidráulico (aspersor cañón), montado sobre una plataforma que se desplaza sobre el terreno irrigándolo simultáneamente.

Sistema de irrigación localizada o por goteo superficial

La irrigación por goteo consiste en la aplicación de agua directamente sobre la región de mayor concentración radicular con pequeña intensidad de aplicación de agua y alta frecuencia, posibilitando mantener el suelo con humedad próxima a la capacidad de campo (Dalri, 2006). En ese sistema de irrigación el agua se distribuye por una red de tubería, bajo baja presión. Los emisores son fijos en las tuberías dispuestas en la superficie del suelo o soterradas al lado de los surcos del campo. En el goteo, los emisores son denominados goteros a través de los cuales el agua escurre después de ocurrir una disipación de presión a lo largo de la red de conductos. Los flujos son usualmente pequeños variando de 2-10 L/ha. Los goteros deben tener como características fundamentales: flujo constante y uniforme a través de la disipación de la presión del agua, orificio relativamente grande para evitar problemas de tupidones, ser barato y resistente.

Hlavek (1996) afirma que la calidad del agua es la condición general que permite usos específicos, esta calidad es determinada por la hidrología, las características físico-químicas y biológicas de la masa de agua utilizada para la irrigación en la

plantación de caña. Las características hidrológicas son más importantes porque indican el origen, la cantidad de agua y el tiempo gastado entre otros datos. Estas condiciones son importantes cuando se tienen en cuenta los tipos de sustratos que viajan sobre el agua, dependiendo de la composición y de la solubilidad de los materiales de dichos sustratos.

Castro (1998) critica la idea de la caña de secano; plantea que el día en que se ejecuten todas las posibilidades de sistemas de irrigación y que el 80 % de las plantaciones de caña sean con irrigación, entonces se habría dado un paso importante para el desarrollo de la producción cañera y se lograría una mayor eficiencia económica.

La irrigación y el medio ambiente

La irrigación del suelo es una de las influencias antropogénicas más importantes sobre la biosfera, ya que ejerce una acción considerable sobre sus principales elementos en el mundo; las plantas y los animales. Desde el punto de vista ecológico la irrigación de la tierra es la actividad técnica destinada a mejorar las condiciones de la naturaleza a fin de garantizar la producción de alimentos. La experiencia de la irrigación demuestra que cuando no es suficiente el régimen de irrigación basado en la elección y técnicas de los sistemas de obras, la irrigación de las tierras puede llevar a la salinización secundaria (Azevedo, 2002).

Los cultivares de caña de azúcar

El proceso de hibridación de la caña de azúcar constituye un cruce entre cañas nobles (*S. officinarum*) y silvestres (*S. spontaneum*), la primera aporta en el cruce la característica de mayor producción de sacarosa y la segunda la resistencia. Con posterioridad el retrocruzamiento con *S. officinarum* reforzará los caracteres azucareros (Leila *et al.*, 2008).

El evento más marcado en el mejoramiento lo constituyó la obtención de POJ2878, lograda en la *Proefstation Oost-Java* en 1921. Los clones comerciales obtenidos desde los cruces entre clones de fases avanzadas empezaron a predominar desde los años 1950.

González (2011) afirma que el método de obtención de cultivares cuenta con tres etapas:

- 1-Selección de los progenitores.
- 2- Cruces (biparentales o poli cruzamientos).
- 3- Selección de los individuos.

En la actualidad existen más de 25 programas de mejoramientos de caña de azúcar en el mundo, la mayoría seleccionada de programas regionales, clones importados de otras estaciones y clones de especies salvajes importadas de las colecciones mundiales. El objetivo principal de los programas de mejoramiento de caña de azúcar es obtener nuevos cultivares que amplíen la productividad de energía, azúcar, alcohol y fibras.

Abiche *et al.*, (2007) consideran que los resultados del Programa de Fito mejoramiento cubano han permitido la explotación de un grupo de cultivares con distribución equilibrada, seleccionadas por su potencial de contenido azucarero para las diferentes etapas de la zafra. La sustitución de cultivares de caña de azúcar por otras más productivas y resistentes constituye una práctica común, sin la cual la industria azucarera mundial se vería privada de una de sus principales fuentes de desarrollo, pero es imprescindible manejarlas de acuerdo a sus características, dentro de las cuales está su resistencia a la sequía, su respuesta al riego, resistencia a plagas y la no floración en la etapa de cosecha.

Formación de los viveros

La producción de semillas de calidad y con los requerimientos necesarios es imprescindible para la producción de caña de azúcar, que aunque se reproduce por vía agámica, el hecho de permanecer en el campo por varios años bajo la influencia del medio y de las prácticas culturales la hacen susceptible a modificaciones de sus caracteres deseados. Por mucho tiempo se pensó que las características de cada cultivar permanecían inalterables y que solamente había que velar a la hora de seleccionar la semilla por su estado fitosanitario y su vigor vegetativo, pero se ha visto durante el transcurso de este siglo que cultivares que en un principio daban altas y rentables producciones, han decaído en sus

rendimientos siendo reemplazadas por otras más productivas, las que a su vez al cabo de cierto y determinado periodo también han tenido que sustituirse (INICA 2007).

Todas las etapas del proceso de producción de caña de azúcar son fuertemente influenciadas por la calidad adoptada en la planificación y formación de los viveros para las plantaciones comerciales, siendo éste el gran “capital” que agrega valor a lo largo de las demás etapas de producción (Sanguino, 2005). El equipo de planeamiento debe trabajar centrado en el escenario actual, sin embargo atendiendo siempre a las tendencias a medio y largo plazo, a fin de definir las estrategias a ser adoptadas en la formación de las diversas categorías de bancos. Básicamente estos viveros son agrupados en tres tipos

- Viveros básicos: también denominados de pre-primarios formados desde yemas provenientes de tratamiento térmico;
- Viveros primarios: originados de la multiplicación del vivero básico, hace parte de esta categoría también a maja del vivero básico;
- Viveros secundarios: son originados de la multiplicación de la maja del vivero básico y del primario, siendo su tamaño, por tanto, de 10 a 15 veces superior a los anteriores.

Sanguino (2005) afirma que para el planeamiento y formación de los viveros de mudas de una unidad productora es necesario considerar y conocer un conjunto de factores que darán referencias a los equipos de planeamiento.

El primer factor a ser considerado es la estimativa de la demanda de materia prima a ser suministrada a la unidad industrial, pues éste está relacionado con la capacidad instalada de la unidad. El segundo factor se refiere a la calificación de los diversos ambientes de producción dentro de la unidad productora, que irán a dirigir la adecuada composición de cultivares, determinando no solamente cual genotipo debe ser plantado, sino también influenciando la longevidad del cañaveral. El tercer factor a ser considerado es la localización del vivero, que deberá ser situado preferentemente en las mejores áreas, con disponibilidad de irrigación y lo más próximo posible al área de plantación a escala comercial, lo que reduce el costo de transporte.

Los cultivares de caña de ciclo largo

Son los cultivares cosechados con edades comprendidas entre los 18 y 24 meses, poseen la característica de tener un mayor rendimiento agrícola en el inicio de la cosecha, manteniendo así un elevado y estable suministro de caña a las fábricas. Éstas son cepas que reducen significativamente el costo del cultivo ya que pasan la mitad de su ciclo sin recibir atenciones culturales, solo irrigación y mantenimiento de guardarrayas.

En la caña de azúcar las labores de cosecha se planifican y ejecutan en períodos secos. Los períodos más críticos en cuanto al rendimiento fabril ocurren en la primera etapa de la zafra, lo cual ha sido una preocupación de los productores y un reto para los mejoradores (Jorge *et al.*, 2011). Gracias al trabajo de mejoramiento genético hoy se cuenta con cultivares que en ese período crítico muestran elevados rendimientos, aunque siempre sus máximos potenciales están en el período óptimo de madurez que normalmente se presenta a mediados de zafra. Estos genotipos son normalmente denominados como aptos para ciclos largos de primavera (Jorge *et al.*, 2011).

El modo más barato que existe para aumentar la producción es dejar crecer las plantaciones de primaveras que tengan 11 meses en noviembre y cosecharlas de 18 y 19 meses en junio o en la primera quincena del próximo julio. Prácticamente su rendimiento se incrementa a un ritmo de ocho a 10 toneladas de caña por hectárea por meses sin que cueste un centavo; si se piensa como verdaderos empresarios no se debe renunciar a este incremento a tan bajo costo. Una de las vías para lograr mayor rentabilidad en la explotación comercial del cultivo de la caña de azúcar es la composición y manejo de las cultivares. La selección de aquellas que permitan mayor producción de azúcar por unidad de área cosechada, con un volumen mínimo de materia prima a procesar por la industria ofrecen un mayor beneficio económico (Martín *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2007).

En Cuba el INICA desde su creación ha trabajado de forma periódica en función de satisfacer las necesidades de nuevos cultivares para dar respuesta a diferentes condiciones ambientales y estrategias de cosecha, incluidas entre ellas: aptitud

para la mecanización, comportamiento ante plagas, adaptabilidad a diferentes tipos de suelos y condiciones hídricas, respuesta a la aplicación del riego, así como sus características de maduración para satisfacer todos los períodos de cosecha, garantizando a la vez altos rendimientos agrícolas e industriales al inicio y durante toda la zafra (Jorge *et al.*, 2010).

Es muy importante en la práctica, la obtención de cultivares que aumenten al menos en un 60% los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar, hace años se han estado realizando estudios encaminado a la obtención, selección y recomendación de cultivares de caña de azúcar de alto rendimiento agrícola e industrial, con adaptación a las condiciones de suelo, estrés ambiental y resistencia a las principales enfermedades que atacan al cultivo, lo cual ha permitido contar en la actualidad con cultivares suficientes para establecer una adecuada composición en las unidades (Barroso *et al.*, 2006; MINAZ–INICA, 2007).

Al cierre de 2006 en Cuba se habían recomendado 19 nuevos cultivares que ocupaban un área total de 182 888.8ha, representando el 32,4% del área cultivada, con genotipos adaptados a ciclo largo pero que no se adaptaban a todas las condiciones de suelos fundamentalmente al déficit hídrico. Ya en 2006 se explotaban comercialmente 22 cultivares adaptados a este ciclo en un área total de 269 331,3 ha, lo cual representa el 47.8% del área cañera nacional (Jorge, 2006).

Los cultivares y la floración.

La floración en la caña es el inicio del proceso reproductivo y es un factor importante en la producción de sustancias reguladoras del crecimiento que provocan variaciones en el metabolismo de la planta, producto de ello se afecta la capacidad de almacenaje de azúcar en los tallos. Esto da una idea de la importancia de ese factor en ciclos de producción entre 18 y 22 meses y cuando la floración alcanza 35% sería capaz de producir pérdidas de 6 t/ha, en la producción de azúcar (Barros, 1993).

Caracterización de los cultivares en estudio

La disponibilidad de cultivares y el establecimiento de los viveros de “mudas” (motas), la observación del comportamiento de los cultivares para elaboración del Plan de Evolución de la Agricultura Comercial, las recomendaciones técnicas inherentes a la interacción local Genotipo x Ambiente y obviamente la situación actual, constituyen los principales resultados parciales de un proyecto.

Barreto (2009) evaluó en varias regiones de Brasil el comportamiento de un grupo de cultivares. Aquellos más destacados fueron introducidos en Angola en la provincia de Benguela y de estos los de mejor comportamiento están sujetos a evaluaciones integrales entre las que se incluyen su comportamiento en ciclos largos de cosechas. Las características más generales de estos clones son las siguientes:

SP78-4764. Cultivar recomendado para irrigación, mostrando buena brotación, cierre de campo en aproximadamente 64 días, crecimiento erecto, precoz, resistentes a plagas, sin síntomas de floración. Sus plantones son compuestos por una media con 14 tallos, buen desempeño agrícola y apto para la mecanización agrícola.

SP79-1011. Tiene buena germinación y necesita de riego regularmente para el buen cierre de campo, crecimiento erecto, baja incidencia de la floración, presencia de agujeros de brocas en baja infestación y resistente a enfermedades, buen desarrollo agrícola con rara ocurrencia de brotes nuevos.

RB75-126. Cultivar recomendado para irrigación, con buena brotación y crecimiento erecto y precoz, resistente a plagas y enfermedades, baja incidencia de florecimiento, tiene una media de 13 tallos por plantones y buen desarrollo agrícola.

SP75-3046. Cultivar recomendado para áreas irrigadas, buena brotación y cierre lento del campo, de crecimiento erecto, amplia floración, presencia de manchas foliares en las hojas más viejas, buen desarrollo agrícola y apto para la mecanización agrícola.

SP81-3250. Cultivar recomendado para plantar en áreas de irrigación, tiene buena brotación, cierre de campo tardío, crecimiento erecto, bajo florecimiento y puede presentar síntomas de amarillamiento, tiene una media de nueve tallos por plantón, razonable desarrollo agrícola y apta para la mecanización agrícola.

Barreto (2009) en sus estudios afirma que estos materiales deben ser ampliamente probados y multiplicados en los demás ambientes de producción, sin embargo se debe respetar el límite de hasta 25% de participación en la composición de cultivares. El proyecto BIOCUM que se encuentra en la provincia de Malange, necesita aún de mayor variabilidad genética y otras opciones de cultivares para proporcionar una mayor seguridad en el aspecto productivo, pues a pesar de que algunos cultivares presenten buenos resultados también presentan limitaciones principalmente relacionadas con el florecimiento.

Materiales y métodos

Caracterización de la zona objeto de estudio

El estudio fue realizado en Cacuso, provincia de Malange, sobre suelo ferralítico rojo en condiciones de irrigación. La región presenta relieve llano o suavemente ondulado, favorable para la mecanización. No se verifican áreas con declive por encima de 12% que pueda no permitir tal práctica.

1. Clima

- Temperatura

Se muestra en la figura 3.2 el comportamiento de la temperatura mínima mensual durante el periodo de estudio, donde se aprecia que los meses de temperaturas más bajas son: junio, julio y agosto.

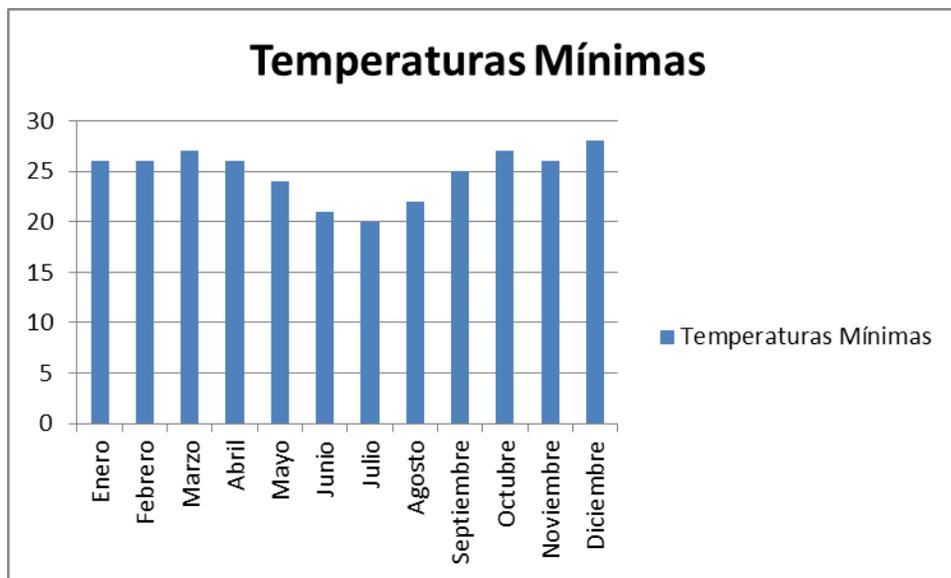


Fig. 3.2. Temperaturas mínimas del año 2013 en grados centígrados por meses.

La temperatura máxima mensual durante la etapa de estudio se refleja la figura 3.3, donde los meses de más altas temperaturas son en los meses de febrero, marzo y diciembre.

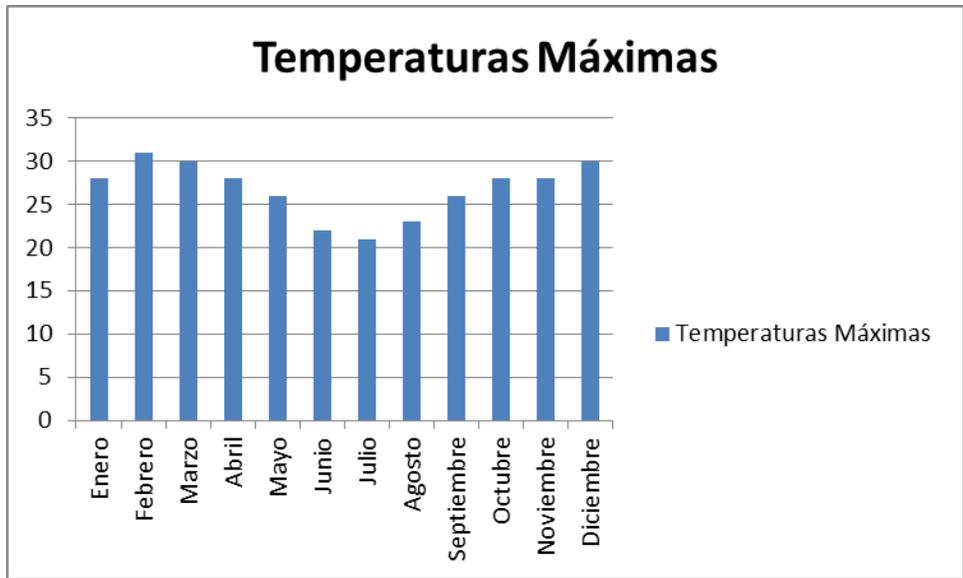


Fig. 3.3. Temperaturas máximas del año 2013 en grados centígrados por meses.

La figura 3.4 refleja el comportamiento de la temperatura media durante la etapa de estudio, las cuales se presentan más bajas en los meses de junio, julio y agosto, y más altas en los meses de febrero, marzo y diciembre.

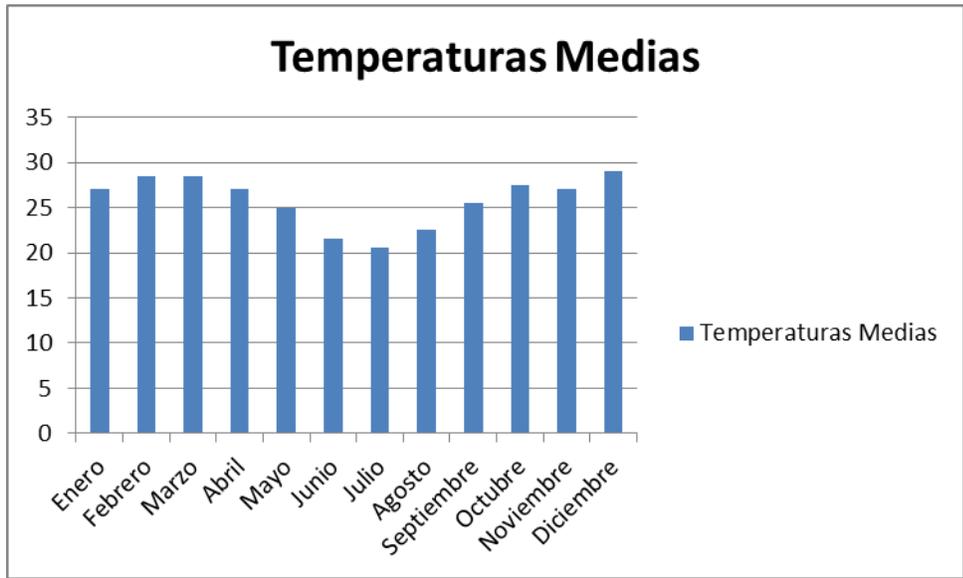


Fig.3.4. Temperaturas medias del año 2013 en grados centígrados por meses

2. Precipitaciones

- **Media de precipitaciones por años**

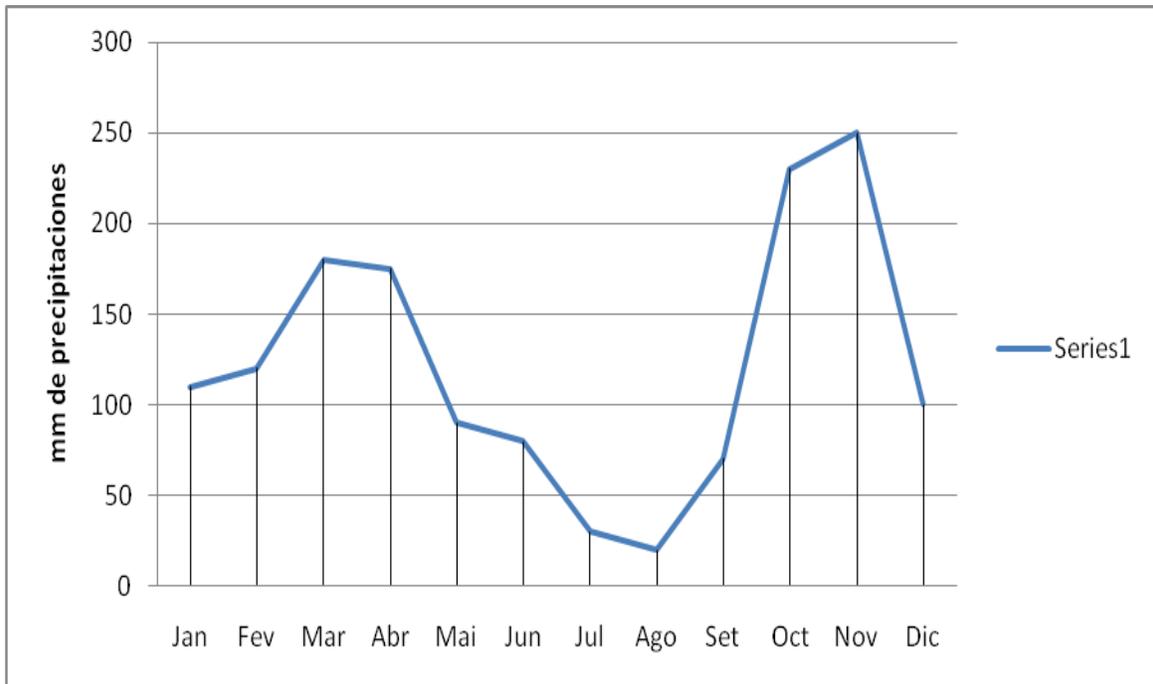


Figura 3.5. Precipitaciones año 2012

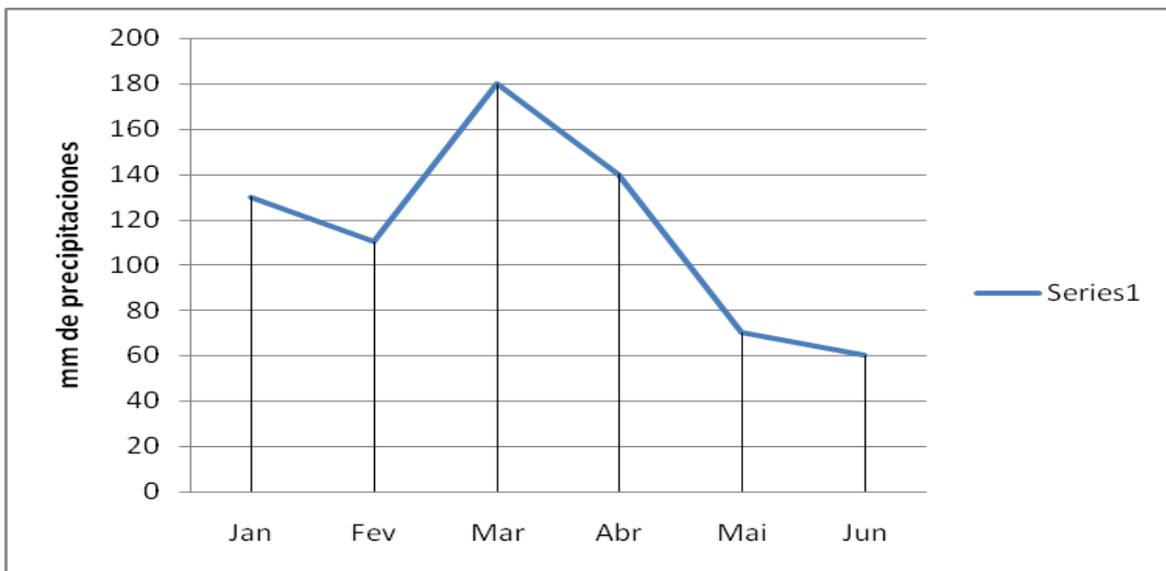


Figura 3.6. Precipitaciones año 2013

En las figuras 3.5 y 3.6, aparece la representación de las lluvias medias anuales obtenidas por la Internet y fueron complementadas con los informes presentados por BIOCUM, (2012, 2013).

3. Montaje del estudio

- Fecha de plantación: Diciembre/2011
- Sistema de plantación: Mecanizada
- Edad de la semilla: 9 meses
- Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

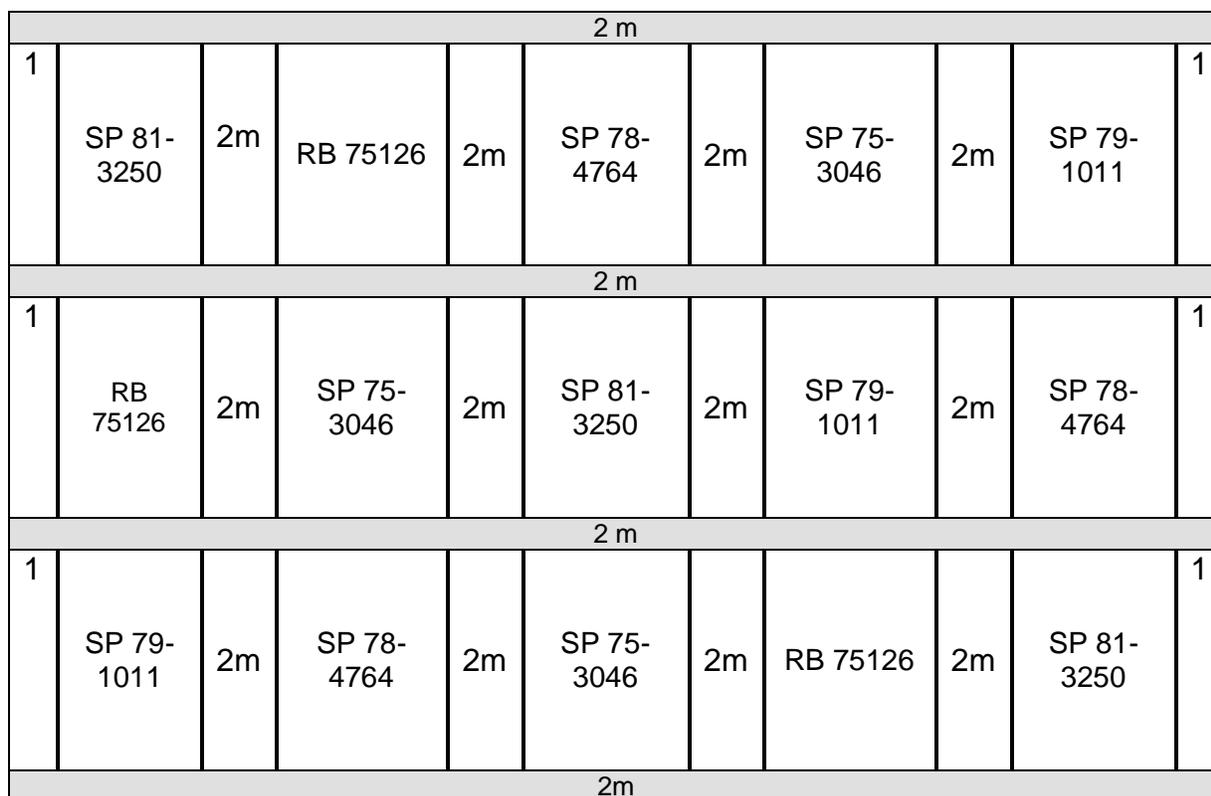


Fig. 3.1. Diseño experimental

Cronograma de trabajo

En el cronograma de trabajo se muestra (tabla 3.1) cómo se distribuyó el trabajo de atención al estudio durante las diferentes etapas, desde la siembra hasta la recogida de los datos para su procesamiento.

Para el análisis del rendimiento agrícola, fueron tomadas 10 tallos de plantas en cinco puntos del campo para mostrar el desempeño, donde las mismas fueron pesadas para determinar la producción de cada bloque experimental por el método tradicional de estimados, en el caso de la floración y el comportamiento de las plagas fue realizada por los métodos de muestreo y observación.

Tabla 3.1 **Tabla de cronograma de trabajo por meses**

ACTIVIDADES	D 2011	E-M 2012	A-J 2012	J-S 2012	O-D 2012	E-M 2013	A-J 2013
Plantación	X						
Irrigación	X	X	X	X	X	X	
Muestreo de tallos		X		X		X	
Cuidados Culturales	X	X	X	X	X	X	X
Muestreo de floración y plagas			X		X		X
Recogida de datos							X
Cosecha							X

Fitotecnia de la caña de azúcar aplicada en el estudio

Preparación de suelo

La preparación de suelo comenzó 45 días antes de la plantación, visto que las áreas eran vírgenes. Después de la deforestación con buldócer se pasa un subsolador a 0,70 m de profundidad con la secuencia de varias limpiezas manuales de los restos vegetales. Seguidamente como labor de rotura se pasa arado de discos acoplado a un tractor de 240 CV, después la grada picadora acoplado a un tractor de 180CV. La profundidad de trabajo del arado es de 0.60 m con un ancho de trabajo de 2,80 m, la grada picadora trabaja a una profundidad de 0,50 m y un ancho de trabajo de 3,0 m, la misma tiene el objetivo de mejorar la

estructura del suelo para garantizar la aireación del suelo, así como la infiltración de agua y absorción de nutrientes.

Plantación

La primera labor realizada para esta actividad, fue la fertilización de fondo (pre-plantación), con el abono NPK de la fórmula 12-24-12.

La plantación se realizó de forma mecanizada. Para el excelente funcionamiento y eficiencia de la máquina para la plantación fueron hechas regulaciones para que fueran plantados trozos que distribuyera esta semilla de 10 a 13 yemas por metro lineal, usando 9,3 t / ha de caña de semillas, lo que garantizó una germinación por encima del 95 % de las cultivares en estudio.

Atenciones culturales

Los cuidados culturales se les realizaron a las cinco cultivares en estudio de igual forma, con el objetivo que no existiera ningún factor en la evaluación que afectase la comparación que se haría al finalizar el experimento.

Fertilización con NPK

N -- 88,8 kg.ha⁻¹

P₂O₅ -- 54,2 kg.ha⁻¹

K₂O -- 116, 5 kg.ha⁻¹

Cultivo de desyerbe

Fue realizada utilizando cultivadores de rejas y discos, regulado a una anchura de trabajo de 1,60 y 1,10 m con finalidad de eliminar arvenses en las entre líneas, los implementos efectuaron los trabajos de desyerbe mecanizado en las áreas donde las plantas tenían una altura menos de 1,0 m; y donde las cañas ya sobrepasaban 1,20 m se emplearon hombres a realizar esta labor.

Cultivador multidisco -- 2 pases

Cultivador con rejas -- 1 pase

Aplicación de herbicidas

Una aplicación inicial de herbicidas a los tres meses para controlar algunas arvenses presentes en el campo utilizando una dosis de esterol de un litro por hectárea y diurón 0,5 kg por hectárea.

Esta actividad fue realizada antes del cultivo de desyerbe cultivo con rejas, apenas para hilo (máquina, con lanzas).

Limpia manual

Una limpia manual

Riego de agua

Se aplicó la técnica de riego por aspersión con una norma de 150 m³/ha en el primer estadio con un intervalo de riego de 10 días, en el período de cierre de campo y en el gran período de crecimiento se aumentó la norma a 3 000 m³/ha con intervalo de riego de una semana.

Muestreos

Muestreo de floración

Este muestreo se realiza tomando todos los tallos florecidos caminando el campo desde un de sus vértices para el vértice opuesto, quiere decir en forma diagonal, contándolos tallos florecidos y calculando el porciento de acuerdo al porciento de población del campo.

Muestreo de plagas

El muestreo se hizo utilizando el método de "sobre sellado", donde se toman cuatro puntos en las esquinas de cada campo, y uno en el centro, en los cuatro puntos de los vértices del campo se debe entrar de cinco a diez metros para el interior del mismo y ahí tomar las muestras.

Cálculo del rendimiento (Estimado)

Es un pronóstico empírico sobre bases técnicas, del volumen de caña existente en una área determinada, mediante la estimativa del rendimiento agrícola (volumen del

caña por unidad de área), en ese se conjugan múltiples factores fitotécnicos, edáficos y climáticos.

- Cantidad y calidad de las labores culturales aplicadas o por realizar (limpia, cultivo, fertilización, herbicidas, riego de agua, entre otras).
- Población del campo expresa en %.
- Características agronómicas, cultivar, cepa, ahijamiento, deterioro, floración, etc.
- Características de los suelos (fertilidad, drenaje, profundidad y potencial de producción).
- Grado de enyerbamiento que existió y tiempo durante lo cual afectó.
- Comportamiento de las precipitaciones, cantidad y distribución durante la etapa de crecimiento y desarrollo de la planta.
- Tipo de cosecha.
- Nivel esperado de pérdida de cosecha.

El cálculo es dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (t/ha)} = \frac{\text{Producción estimada (t)}}{\text{Área plantada (ha)}}$$

Determinación del brix

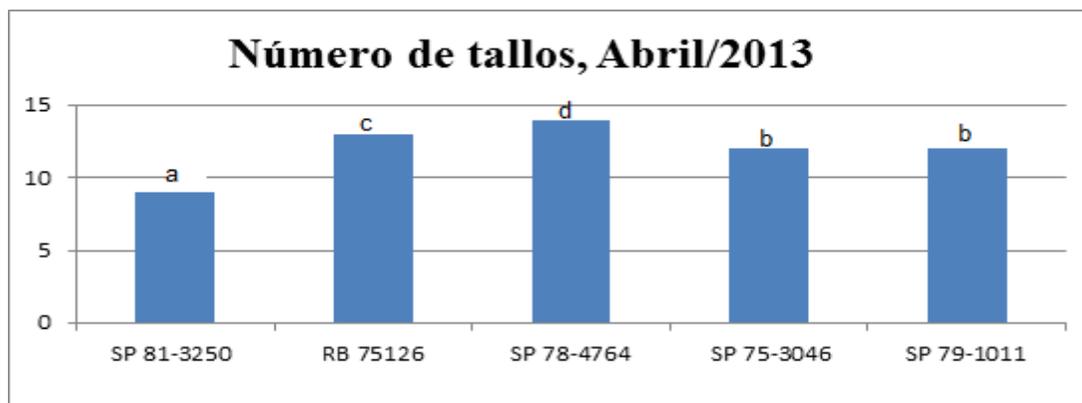
Éste se determina tomando muestras de jugos en el primer entrenudo del tallo y en el entrenudo que se encuentra antes del primer *dewlap* visible, se determina el valor situando cada muestra en el refractómetro y se determina la media de los dos valores.

Evaluación estadística

Se utilizó el paquete estadístico INFOSTAL con análisis de variación y prueba Duncan al 0,05 %.

Resultados y discusión

Después el procesamiento de los datos de los estudios y observaciones hechas en cinco cultivares estudiadas, se logró los resultados presentados abajo:

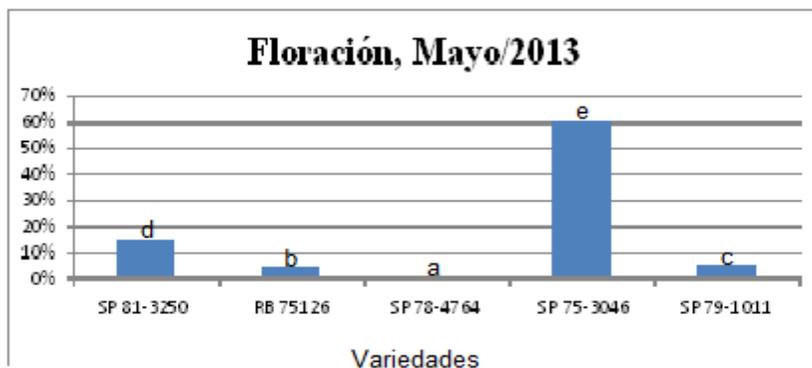


Tratamientos	Medias	Letras
SP 81-3250	8,83	a
SP 79-1011	12	b
SP 75-3046	12,1	b
RB 75 126	13,1	c
SP 78-4764	13,93	d

Cv --- 2,44 Letras distintas indican diferencias significativas para ($p \leq 0,05$) Es --- 0,0859
Figura 4.1 Número de tallos, abril 2013.

En la figura 4.1 se muestra las diferentes cultivares para determinar la producción agrícola lo cual fue calculado a partir del número de tallos por plantones, que serán aquéllos que atienden las condiciones de producción para ser escogidas como cultivares de ciclo largo. En este caso las cultivares seleccionadas RB75126 y SP78-4764, presentan una media de 14 a 13 tallos por plantón, respectivamente. Estos resultados son semejantes a los logrados por (Cuellar, 2002) que afirma que estas cultivares de ciclo largo depende fuertemente de la irrigación, que eso es esencial para asegurar que estos cultivares rindan completamente su ganancias y, arriba de todo dar siempre resultados confiables. Esto no es apenas considerando

el efecto de la irrigación en el rendimiento por área, pero también la posibilidad de alcanzar la estabilidad en los retornos de los rendimientos.



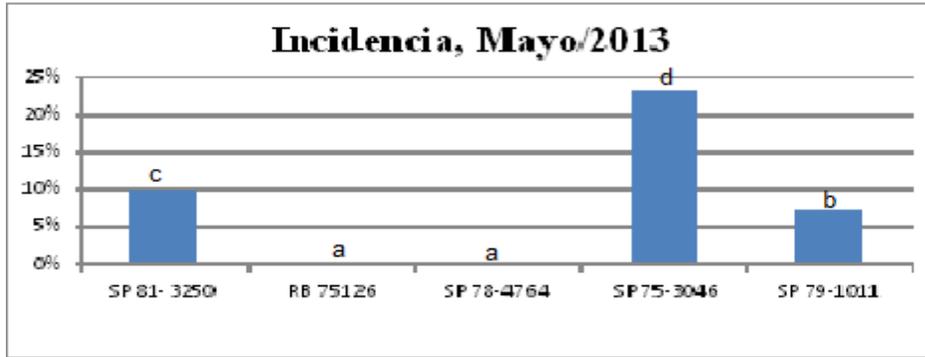
Tratamientos	Medias	Letras
SP 78 4764	0	a
RB 75 126	2	b
SP 79-1011	4	c
SP 81-3250	14	d
SP 75-3046	60	e

Cv --- 7.74 Letras distintas indican diferencias significativas para ($p \leq 0,05$) Es --- 0.0523
 Figura 4.2. Cálculo de la floración.

En la agricultura cañera la floración es un factor importante en la selección y localización de los cultivares para la fecha de cosecha, los cultivares que florecen muy temprano deben ser preparadas para el inicio de la zafra y nunca deben ser usadas como cultivares de ciclo largo, porque sufren pérdidas de la producción de sacarosa.

En la figura 4.2, podemos ver que hay un cultivar que no florece y uno que es de floración profusa.

Estas aseveraciones fueron hechas por (Barros, 1993) que afirma que los cultivares de ciclos entre 18 y 22 meses, cuando la floración se encuentra a 35 % en el área plantada, serían capaces de producir pérdidas de hasta 6t/ha en la producción de azúcar.



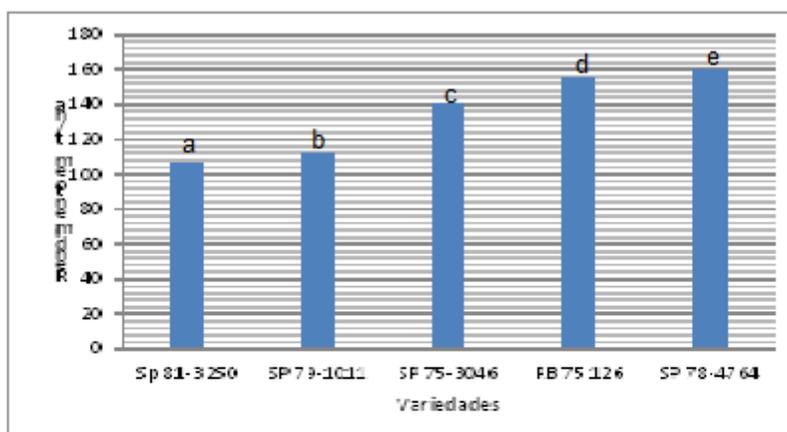
Tratamientos	Medias	Letras
RB 75 126	0	a
SP 78-4764	0	a
SP 79-1011	6,5	b
SP 81-3550	10	c
SP 75-3046	24	d

Cv --- 8,62 Letras distintas indican diferencias significativas para ($p \leq 0,05$) Es --- 0,50
 Figura 4.3. Incidencia de plagas Mayo/2013

La figura 4.3 nos muestra los cultivares SP75-3046 con una incidencia de la plaga broca de la caña de azúcar (*Diatraea sacharalis*) con un 23 % de incidencia y los otros dos cultivares presentan baja afectaciones el 10 %.

Se puede ver que la incidencia aumenta a la medida que el tiempo pasa, porque en la experiencia no fue planificada la aplicación de insecticida para hacer una observación real hasta donde podría acontecer el ataque y el grado de susceptibilidad de los diferentes cultivares.

Reynoso (1999) y Guagumilin (1996) ambos plantearon que muchas veces la plaga se alimenta de hojas tiernas de los rebrotes, hay también taladradores que agujerean el tallo de la caña, estos son los perteneciente al género de insectos defoliantes (Mocis o Leucania). La caña de azúcar bajo regadío es más susceptible a plagas, porque su cáscara tiende a ser más suave, y generalmente facilita la entrada de insectos como la broca del tallo.



Tratamientos	Medias	Letras
SP 81-3250	106	a
SP 79-1011	112	b
SP 75-3046	140	c
RB 75 126	155	d
SP 78-4764	160	e

Cv --- 0,70 Letras distintas indican diferencias significativas para ($p \leq 0,05$) Es --- 0,0065

Figura 4.4 Rendimiento de los cultivares en t/ha

Tabla 4.1 Rendimiento en caña planta de 12 meses de los cultivares RB75–126 y SP78–4764

Cultivar	Rendimiento (t/ha)
RB75–126	100
SP78–4764	105

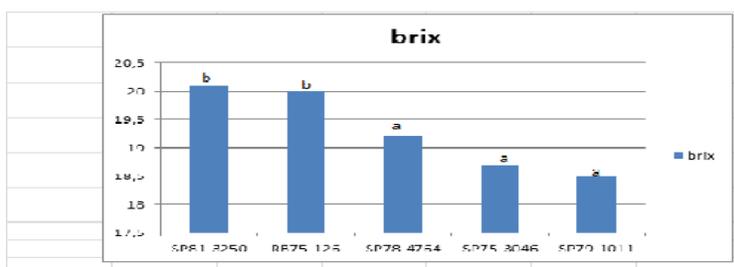
La figura 4.4 muestra los rendimientos de cada una de las cultivares donde se puede apreciar que sobresalen en este parámetro las cultivares SP78–4764 con rendimiento de 160 t/ha y la RB75–126 con rendimiento de 155 t/ha y en la tabla 4.1 se aprecian los rendimientos de los cultivares RB75–126 y SP78–4764 en caña planta de 12 meses.

Estos cultivares demostraron tener condiciones para ser utilizadas como cepas de ciclo largo logrando rendimientos que están dentro de las medias de los países productores de caña de azúcar.

Estos resultados coinciden con los logrados por (Jorge et al., 2002) lo cual señala que cuando las cañas reciben buenas atenciones culturales, manteniéndose podadas, así como recibiendo los beneficios del riego según sus necesidades, las mismas son capaces de alcanzar altos rendimientos agrícolas.

Resultados de los brix por cultivares.

Tabla 4.2 Comportamiento del brix en los cultivares estudiados



Tratamientos	Medias	Letras
SP 79-1011	18,5	a
SP 75-3046	18,7	a
SP 78-4764	19,2	a
RB 75 126	20,0	b
SP 81-3250	20,1	b

Cv --- 2,05 Letras distintas indican diferencias significativas para ($p \leq 0,05$) Es --- 0,1561

La tabla 4.2 muestra los resultados del muestreo del Brix, éste es un parámetro que indica la cantidad de sólidos solubles en el jugo de la caña y el mismo determina además cuando es que la caña está en condiciones de ser cosechada.

Estudios hechos por químicos del departamento de laboratorios industriales de la área de fabricación de azúcar MINAZ (1997) demostraron que la fila de valores del Brix para que una materia prima sea aceptada en la industria debe estar entre 18 y

21° brix, esto evita pérdidas en azúcar por bajos rendimientos industriales, además evita tener que moler mayores volúmenes de caña para alcanzar determinadas producciones de azúcar.

Evaluación económica

En un período de nueve meses cuando comparamos con cañas cortadas con 12 meses se nota un incremento de 55 t más de caña por el concepto de dejar quedar la cepa hasta 18 ó 20 meses, esto implica de acuerdo al precio actual de la caña en Angola de USD \$15.00 un incremento del valor de la producción de USD \$825,00 por hectárea.

Conclusiones

- Los cultivares de mejor comportamiento en cuanto al rendimiento agrícola fueron la SP78-4764 y la RB75-126 con 160 t/ha y 155 t/ha respectivamente; en el caso de la floración la SP78-4764 no floreció y la RB75-126 que floreció en un 2 %; y estos dos cultivares no presentaron incidencia en cuanto al ataque de las diferentes plagas.
- Los cultivares que por sus características pueden ser utilizados como cepas de ciclo largo son las SP78-4764 y la RB75-126, porque presentan un incremento de USD \$825.00 por hectárea.

Recomendaciones

- Utilizar los cultivares SP78–4764 y RB75–126 como cepas de ciclo largo para iniciar períodos de zafras con edades entre 18 y 22 meses.
- Realizar estudios similares a otro grupo de cultivares para ser utilizado en diferentes suelos en otras regiones del país donde se vaya a fomentar este cultivo con la finalidad de producir azúcar.

Bibliografía

- Abeles, F.A., Morgan, P.W., Saltveit JR., M.E. 1996. *Ethylene in plant biology*. San Diego: Academic Press Inc., 414p.
- Abiche, W.; A. Salvador; R. Martínez; R. Rodríguez; Yaquelín Puchades; Mónica Tamayo; Yoslane Gallardo. 2007. Comportamiento agro productivo de nuevas cultivares de caña de azúcar de la selección 95. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur. Evento 60 Aniversario de la Estación de Investigaciones de la Caña de Azúcar “Antonio Mesa”. ISSN1028-6527.
- Almeida, L.C.; 2005. *Casos de sucessos do controlo de cana-de-açúcar usando 3- metodologias recomendadas pelo CTC*. In: *Seminário Nacional Sobre Controlo de Pragas de Cana-de-Açúcar, 1.,. Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: (CD-ROM)*.
- Almeida, R. G. 2006. Las instrucciones para la producción de bancos de semillas,
- Álvarez, A. 2006. Producir caña competitiva en un plazo corto. Exposición en la Cátedra Álvaro Reynoso de la Universidad de La Habana.
- Arencibia, A. 1999. Aplicación de la influencia genética para mejorar caña. Biodiversidad y Biotecnología. A. Cornides ED. Elfos Scintiae. Habana. p. 161.
- Artschwager, E.; Brandes, E.W. 1958. *Sugar-cane (Saccharum officinarum L.): origin, classification, characteristics, and descriptions of representatives clones*. Washington: USDA,. P 307. (Agriculture Handbook, 122).
- Azevedo, H. M. 2002. *Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba*. Campina Grande: UFCG, 102 p. Tese de Doutorado.

- Azzi, R. 1938. *A cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, P. 75 (Boletim da Secretaria da Agricultura Indústria e Comercio do Estado de São Paulo).*
- Bacchi, O.O.S. 1983. *Botânica da cana-de-açúcar. In: Orlando Filho, J. (Ed.). Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: IAA/Planalsucar, P 25-37. Coleção Planasucar, 2.*
- Barreto, E. 2009. *Relatório Técnico Canavialis. Programa de gestão varietal em cana-de-açúcar. Projeto Pungo Andongo – Angola Agosto. Pp. 2. 15-16*
- Barros, A. 1993. *Manual de Caña de Azúcar. Asociación Técnica de cultivos tropicales.*
- Bernal *et al.*, 1997. *Cultivares de caña. Uso y manejo. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (INICA), Habana, Cuba.*
- Bernardo, S. 1998. *Irrigación y Productividad. IN: Manuel Alves Faria (ed.), Manejo de Irrigación. Lavras-MG. UFLA/ SBEA, , p. 117 – 132.*
- Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. 2006. *Manual de irrigação. Viçosa: ed. UFV. 625p*
- Blackburn, F. 1984. *Sugarcane. England: Longman House, 414p.*
- Castro, F. 1998. *Sugar Fórum Nacional. Cuba.*
- China M. A. 2000. *Enfermedades y daños de la Caña de Azúcar en Latinoamérica. Imprecolor, Barquisimeto, Lara, Venezuela, 108pp.*
- Coyne, D. L; J. M. Nicol y B. Claudius-Cole. 2011. *Nematología Práctica: Una guía de campo y de laboratorio. Consultada en: www.spipm.cgiar.org ISBN978-131-338-2.*
- Cuellar, L. A. 2002. *Álvaro Reynoso: 140 años después. Sustentabilidad de la caña. Habana. Editorial PUBLINICA.*

- Dalri, A.B. 2006. Irrigação em cana-de-açúcar. In: Segato, S.V.; Pinto, A. de S.; Jendiroba, E.; Nóbrega, J.C.M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, p.157-170.
- Dellewijn, V. 1980. Botánica y Fisiología de la caña. Editorial Revolución. Habana. 460 pp,.
- Dias, L.C.S.; Zanin, R.; Tamelline J.R.; A. 1997. *Produção de cana pelo sistema de meiose. STAB, Piracicaba, Vol. 14, p.13-15,.*
- Dillewijn, V. 2003. Surgimiento de la caña. Ed. Revolución. Habana. Enciclopédia.
- Dillewijn, V. 1952. *Botany of sugarcane. Watham, Mass, P 371.*
- Dinardo-Miranda, L.L. 2002. *O papel da retirada de palha no manejo da cigarrinha das raízes. Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 20, n. 5, p.23, Dinardo-Miranda, L.L.; Ferreira, J.M.G. 2003. Eficiência de inseticidas no controle da cigarrinha das raízes, Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemíptera: Cercopidae), em cana-de- açúcar. In: Congresso Brasileiro de Entomología.*
- Dinardo-Miranda, L.L.; Ferreira, J.M.G.; Carvalho, P.A.M. 2001. *Influência da época de colheita e do genótipo de cana-de-açúcar sobre a infestação de Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae). Neotropical Entomology, Londrina, v. 30, n. 1, p. 145-149.*
- Dinardo-Miranda, L.L.; Ferreira, J.M.G.; Carvalho, P.A.M. 2000. *Influência das cigarrinhas das raízes, Mahanarva fimbriolata, sobre a qualidade tecnológica da cana-de- açúcar. STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 19, n. 2, p.34-35,*
- Duarte, O. y J. Bernal. 2013. Identificación de nematodos fitoparásitos asociados con los cultivos de caña de azúcar en Paraguay.

- FAO. 2009. *Internacional Sugar Conference*. Recuperado el 20 de febrero de 2011, de <http://www.cubagob.cu/desecco/azucar.htm>.
- Fernandez, A. R, *et. al.* 1988. Botânica e Fisiologia da cana. Editorial Pessoas e Educação, p.25-32.
- Gallo, D. Nakano, O.; S, S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.C.; Berti Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zuchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramin, J.D. 1988. Manual de Entomologia Agrícola. São Paulo, Ceres. 649p.
- Garcia, V.; Silva, S.F.; y Dinardo-Miranda, L. L. 1997. *Comportamento de cultivares de cana-de-açúcar em relação a Meloidogyne incognita*. *Revista Nacional do Álcool e Açúcar*, v. 17, n. 87, p. 14-19.
- González, R.; Santana, M; Hernández F.; Cartegaza, P. L y Fernández, A. 2001. Resultados de plantío de diferentes técnicas de caña. Fitotecnia de la Caña de Azúcar. La Habana. Editorial de libros para Educación.
- González, R. 2011. Informe al a XIX Reunión Nacional de Cultivares y Semilla. INICA. Cuba.
- Hlavek, R. 1996. Fundamentos de hidrología y práctica de la irrigación. *Londres: Oxford University Press*.
- Hughes, C. G. *et al.* 1964. *Sugar cane diseases of the world*. Amsterdam, Elsevier Publishing Co. vol 2 – 354pp.
- Humbert, P.R. 1968. "El cultivo de la caña de Azúcar". Editorial Continental, S. A. 381-436.
- Humbert, R. P. 1970. "El cultivo de la caña de azúcar." Ed. Ciencia y técnica. Habana. MINAZ 2010.

- INICA. 2007. Fundamentos tecnológicos y económicos para la extensión del riego por goteo subterráneo en caña de azúcar. Informe Parcial. 23 p.
- Jorge *et al.*, 2002. Necesidades de agua de los cultivos. Comisión Nacional de Irrigación. Universidad de Concepción. Chillán. Chile.
- Jorge, et al., 2009. Programa de mejoramiento. Impacto en la producción de azúcar cubana. INICA - MINAZ. Impreso por Publinica. Habana.
- Jorge, H.; Íbis Jorge y N. Bernal. 2010. Principios y conceptos básicos para el manejo de cultivares y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. PUBLINICA. ISSN 1028-6527. La Habana.
- Jorge, H; F. Morales; Ibis Jorge; H. García; A. Arencibia; I. Santana; O. Coto; Miladis Delgado; R. Cruz; J. Rodríguez; A. Céspedes; L. Cabrera; I. Abrantes; O. Carvajal; G. Pérez; O. Nodarse; O. Díaz; J. Gómez; Y. Estévez; J. Vallina; R. Montalbán; A. González; A. Vera; F. González; V. Carballosa; S. Castro; R. Rodríguez; H. Gámez; R. Rill; J. Mesa; A. González; E. Ojeda y R. González. 2004. Catálogo de nuevas cultivares de caña de Azúcar. La Habana, p.21-75.
- Jorge, H.; R, González.; M. Casas e Íbis Jorge. 2011. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, PUBLINICA. 308p.
- López-Hernández, J.A. 1965. *The quality of flowering cane. Sugar cane, v.60, p.41-42,*
- Manual de normas y procedimientos 1997.
- Macedo, N.; Botelho, P.S.M. 1988. *Controlo integrado da broca da cana-de-açúcar Diatraea sacharalis(Fabr., 1794) (Lepidóptera, Pyralidae). Brasil açucareiro, v.106, p.2-14.*
- Machado, E.C. 1987. *Fisiologia da produção de cana-de-açúcar. In: Cana-de-açúcar; cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, P.56-87.*

- Mantovani, E.C.; Bernardo, S.; Palaretti, L.F. 2006. *Irrigação: Princípios e Métodos*. Viçosa: ED. UFV, 318 p.
- Martín, J. R. y J. C. Díaz. 2001. La caña de azúcar en Cuba. Edit. Ciencia y Técnica. La Habana.
- Martin, J.P. et al, 2001. *Sugarcane diseases of the world*. *Ámsterdam, Elsevier Publishing Vol 1*.
- Martín. J, R; G. Gálvez; R. Armas; R. Espinosa; R. Vigoa y A. León. 2001. La caña de azúcar en Cuba. Edit. Ciencia y Técnica.
- Miguelina Marcano; E. Rivas; U. Manrique; Moraima García; F. Salcedo y M. Delvalle. 2005. Prueba de ocho cultivares de Caña de Azúcar (*Saccharum sp.*) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del estado Monagas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Revista UDO Agrícola 5(1):54-61.
- Perez, G. Bernal, N. Chinea, A. O'Reilly. J. P. Prada, F. 1997. Recurso genético de la caña. INICA, Publicación. Imago.pp-15.
- Rodrigues, J. D. 1995. *Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências Campus de Botucatu. Fisiologia da cana-de-açúcar. Pp 7-98*.
- Rodríguez L. R. 2012. Evaluación de diferentes densidades de yemas durante la plantación de la *Saccharum spp.* Híbrido (caña de azúcar) en la UBPC “San Juan”. Trabajo de Diploma. Universidad “Oscar Lucero Moya”, Holguín. 40pp.
- Rosenfeld, U.; Leme, R.J.A. 1984. *Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão-estudo de épocas de irrigação. In: Congresso Nacional da Stab, 3, , São Paulo. Anais...p. 77-84*.
- Sanguino, A.; V. A Moraes. y M. V. Casa-grande, 2005. *Curso de formação e condução de viveiros de mudas de cana-de-açúcar. Outubro p.43*.

- Souza, E.F.; Bernardo, S.; Carvalho, J.A. 1999. Función de la producción de caña-de-azúcar en relación al agua para tres cultivares en Campos dos Goytacazes. *Ingeniería Agrícola*, Jaboticabal, v.19, n.1, p.12-28,.
- Stehle, H. 1955. *The principal agronomic aspects of the flowering of sugar cane; growth, methods of cultivation, maturity, deterioration after arrowing, rippen point of cutting. In: BRITISH WEST INDICES SUGAR TECHN., Barbados, 1955. Proceedings. Barbados, p.49-62.*
- Stevenson, G. C. 1965. *Genetics and breeding of sugar cane. London: Longmans, P. 284.*
- Teran, F.O. 1983. Factores que afectan o manejo integrado de *Diatraea sacharalis* Fabr., (lepidóptera: *pyralidae*) em cana-de-açúcar.1983. f. Dissertação (Mestrado em entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba,
- Tokeshi, H. 1997. *Cana-de-açucar (Saccharum officinarum) Controllo de doenças. In: Vale F.X.R.; UFV: Suprema Gráfica e Editora,. P. 658-751.*
- Vara, F. y R. Alcolea, 1983. *Agrotécnia de la caña. Editorial Revolución. Habana.*
- Wiedenfeld, R.P. 2000. *Water stress during differente sugar cane growth periods on yield and response to N fertilzer. Agricultural Water Management., Elsevier, v.43, p.173-182.*

Anexos

Temperaturas mínimas

Meses		Temperatura
Enero		26
Febrero		27
Marzo		26
Abril		27
Mayo		28
Junio		28
Julio		28
Agosto		28
Septiembre		26
Octubre		28
Noviembre		23
Diciembre		23

Temperaturas medias

Meses		Temperatura
Enero		26
Febrero		27
Marzo		26
Abril		25
Mayo		26
Junio		27
Julio		27
Agosto		26
Septiembre		28
Octubre		23
Noviembre		23
Diciembre		23

Grados de brix por cultivares

Cultivar	brix
SP81-3250	20,1
RB75-126	20,0
SP78-4764	19,2
SP75-3046	18,7
SP79-1011	18,5

Precipitaciones año 2012

Meses		Lluvia en mm
Enero		110
Febrero		120
Marzo		175
Abril		170
Mayo		75
Junio		80
Julio		75
Agosto		30
Septiembre		25
Octubre		60
Noviembre		250
Diciembre		200

Precipitaciones año 2013

Meses		Lluvia en mm
Enero		130
Febrero		110
Marzo		180
Abril		140
Mayo		70
Junio		60