

**Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”**

**Facultad de Agronomía**

**Maestría en Ciencias Agrícolas**

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en  
Ciencias Agrícolas

**Titulo: Respuesta de la caña de azúcar  
(*Saccharum spp.*) a la aplicación de  
Fitomás-E en suelos ferralíticos rojos.**

**Autora: Ing. Mayrén Rodríguez Martínez**

**Matanzas, 2013**

**Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”**

**Facultad de Agronomía**

**Maestría en Ciencias Agrícolas**



Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en  
Ciencias Agrícolas

**Titulo: Respuesta de la caña de azúcar  
(*Saccharum spp.*) a la aplicación de  
Fitomás-E en suelos ferralíticos rojos.**

**Autora: Ing. Mayrén Rodríguez Martínez.**

**Tutor: Ing. Pedro Luis Cortegaza Ávila, Dr C.**

**Cotutor: Ing. José Acosta Granados, MSc.**

**Matanzas, 2013**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del Tribunal

\_\_\_\_\_  
Tribunal

\_\_\_\_\_  
Tribunal

\_\_\_\_\_  
Ciudad y fecha

## **Declaración de autoridad**

Declaro que soy la única autora de este Trabajo y como tal autorizo a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y al Instituto Nacional de Investigación de la caña de azúcar [INICA] a hacer, en dependencia de su importancia, contenido y estructura, la utilización que estimen pertinente del mismo.

**Ing. Mayrén Rodríguez Martínez**

## **Dedicatoria**

A personas extraordinarias y sin iguales...

- A quienes me dieron la oportunidad de ver mi primer rayito de sol y mostrarme la vida con sus cantares, realidades y sueños; mis padres.
- A mi pequeño Eryan por soportar tan bien mis ausencias para terminar este trabajo.
- A mi esposo y compañero Yurien, por su apoyo incondicional.
- A todos mis compañeros de trabajo por darme la posibilidad de hacer este sueño realidad.

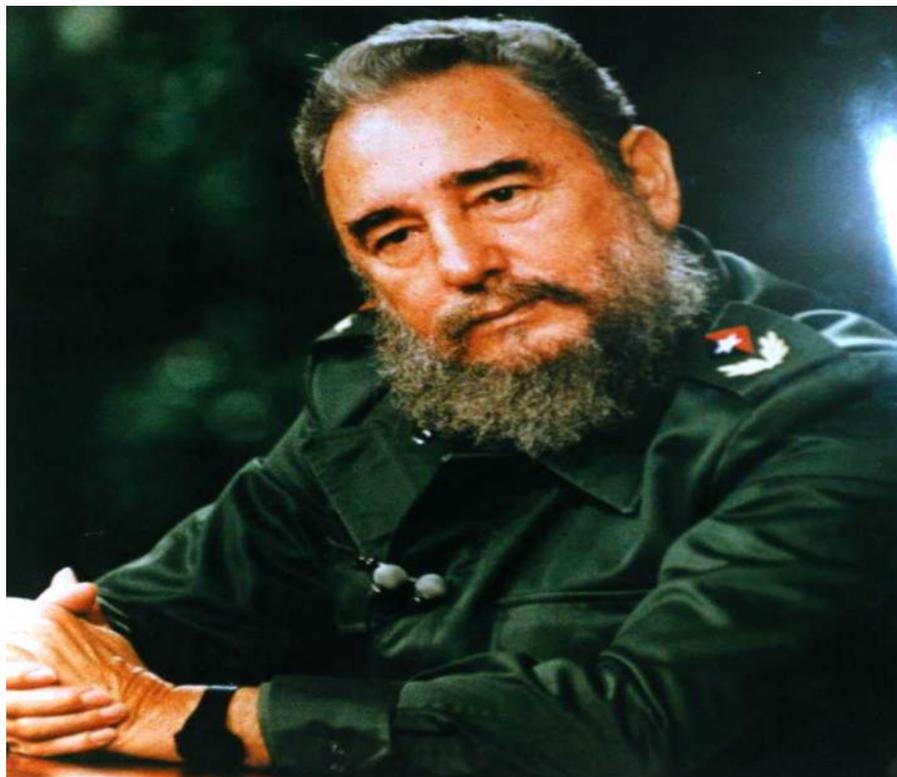
## **Agradecimientos**

- 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 mi Tutor, el Dr. C. Pedro Luís Cortegaza Ávila por la ayuda brindada en la realización y revisión de este trabajo.
- A mi cotutor MSc José Acosta Granados por ayudarme siempre.
- 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, muchas gracias

## 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". The signature is stylized and enclosed within a horizontal line that extends beyond the left and right sides of the text.

## Resumen

Los estudios se desarrollaron en suelos ferralíticos rojos de las provincias de Matanzas y Mayabeque, para evaluar el efecto combinado de diferentes dosis de Fitomás-E sobre las variables de rendimiento agrícola e industrial de la caña de azúcar en cepas de planta y primer retoño. El período experimental fue entre los años 2009-2011 y los resultados mostraron que la aplicación de Fitomás-E en primer retoño provocó incrementos significativos de la longitud y el diámetro de l tallo en comparación con el tratamiento testigo; sin embargo, en caña planta este incremento no fue significativo. De forma general Fitomás-E no influyó en la calidad de los indicadores azucareros analizados (Pol y Pureza), pero se observó que el Brix tiende a disminuir respecto al testigo en la medida que aumenta las dosis del producto. El rendimiento agrícola de la caña con la aplicación de Fitomás-E, fue significativamente superior (de 22 a 27t.ha<sup>-1</sup>), respecto al testigo en primer retoño, pero el incremento no fue significativo en caña planta; además el producto no modificó las variables del suelo a corto plazo. En ambos experimentos el beneficio neto fue mayor con la dosis de 4L.ha<sup>-1</sup>, sin embargo la relación valor-costo sugirió un similar o mayor aprovechamiento de la inversión cuando se aplicaron 2L.ha<sup>-1</sup>. Atendiendo a las afectaciones del brix que fueron observadas cuando se aplicaron las mayores dosis de Fitomás-E y a los resultados de la evaluación económica, se recomienda mantener el uso de 2L.ha<sup>-1</sup> en áreas comerciales, sin descartar que se realicen estudios con otras dosis superiores, dado el impacto observado sobre el rendimiento del cultivo cuando se aumentó la cantidad de producto aplicado. Además, realizar estudios de suelo a más largo plazo, para evaluar posibles impactos de las aplicaciones continuadas de Fitomás-E sobre sus propiedades.

**Abstract**

*In red ferralitic soils of Matanzas's and Mayabeque's provinces, were carried out evaluations of the combined effect of different dose of Fitomás -E on the variables of agricultural performance and industrial of sugar cane in new cane sugar plantations and in his first sprout. The experimental period was conducted among years 2009-2011. The results evidenced that the application of Fitomás -E provoked significant increments of the length and diameter of the stem in first sprout as compared with the witness treatment; however this increment, in plant production was not significant. Of general form Fitomás-E did not influence quality in the majority of sugar examined indicators (Pol and Pureza ), but it was noticed that the Brix tends to decrease in relation to the witness insofar as increases them dose of the product. It was determined than the agricultural performance of the cane with Fitomás-E application, was significantly superior (of 22 to 27t.ha<sup>1</sup>), in relation to the witness, however in first sprout this increment was not significant. It was appraised besides that the product did not modify the variables of the soils in a short-term ground. In both experiments the net profit was bigger with the dose of 4L<sup>1</sup> is, however the relation value a similar or bigger use of investment when they applied 2L. Attending to the brix's affectations that were observed when they were applicable commons Fitomás-E dose and to the results of economic appraisal, the use of 2L recommends maintaining itself at trading areas, without discarding is than come true studies with others superior dose to this standard, once the impact observed on the performance of cultivation when it increased the quantity of applied product itself was given. Besides, accomplishing studies of soils in a longer term most be developed in order to evaluate possible impacts of continued applications continued of Fitomás -E.*

## Indice

<b>1.</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Revisión Bibliográfica</b> .....	<b>4</b>
2.1	Origen y distribución de la caña de azúcar .....	4
2.2	Distribución geográfica de la caña de azúcar .....	5
2.3	Características climáticas adecuadas para la caña de azúcar .....	5
2.4	Influencia de las precipitaciones .....	7
2.5	Influencia de las temperaturas .....	9
2.6	Variedades de la caña de azúcar en Cuba .....	10
2.7	Importancia económica de la caña de azúcar .....	10
2.8	Suelos relacionados con el cultivo de la caña de azúcar en Cuba .....	11
2.9	Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar.....	13
2.9.1	Fertilización nitrogenada .....	14
2.9.2	Fertilización fosfórica .....	16
2.9.2.1	Influencia del fósforo en la caña .....	17
2.9.3	Fertilización potásica .....	17
2.10	Productos bioestimulantes.....	19
2.10.1	Efecto y propiedades de Fitomás-E.....	24
2.10.2	Resultados de Fitomás-E en otros cultivos .....	26
2.10.3	Resultados de Fitomás-E en <i>S. officinarum</i> L. ....	27
<b>3.</b>	<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>28</b>
3.1	Área experimental .....	28
3.2	Precipitaciones promedio registradas .....	28
3.3	Descripción del trabajo experimental .....	29
3.4	Diseño experimental .....	29
3.5	Labores culturales .....	29
3.6	Evaluaciones realizadas .....	30
3.6.1	Análisis de suelo .....	30
3.6.2	Evaluaciones de crecimiento .....	30
3.6.3	Análisis azucareros .....	31
3.6.4	Rendimiento agrícola y azucarero .....	31
3.7	Análisis estadístico .....	31
3.8	Evaluación económica .....	31
<b>4.</b>	<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>33</b>
4.1	Evaluación de la fertilidad de los suelos .....	33
4.2	Análisis Multivariado (análisis de componentes principales o ACP) .....	34
4.3	Evaluación individual de las variables .....	36
4.3.1	Análisis de las variables de crecimiento .....	36
4.3.2	Resultados de los análisis azucareros .....	42
4.4	Resultados de la evaluación económica .....	46
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>61</b>

## Introducción

Desde los albores de la nación cubana, la caña de azúcar ha estado estrechamente ligada a su economía. La superficie agrícola de Cuba es de 6,9 millones de hectáreas —alrededor de 0,6 hectáreas por habitante—. Tres cuartas partes están afectadas por diferentes factores limitantes y procesos de degradación que limitan el potencial de rendimiento de los cultivos. Las áreas administradas por el antiguo “Ministerio del Azúcar”, dedicadas tanto al cultivo de la caña como a otras producciones agropecuarias tienen una situación similar, por lo que resulta indispensable el establecimiento de un sistema agrícola sostenible, capaz de equilibrar las exigencias de incremento en el rendimiento, al tiempo que detiene o revierte los procesos de degradación de los suelos (Cuéllar *et al.*, 2003).

En las últimas décadas se ha incrementado el interés de investigadores y productores por los fenómenos asociados con la pérdida de la capacidad productiva de muchos agro ecosistemas cañeros. La gran mayoría de los reportes relacionan estos procesos con los perjuicios que provocan las prácticas agrícolas inadecuadas en la fertilidad del suelo.

La caña de azúcar, cuyo potencial genético aún está lejos de ser bien aprovechado, puede ser cultivada con técnicas mucho más apropiadas y sustentables, tanto en términos económicos como ecológicos, que las que hasta hoy se han venido "importando" de los países desarrollados, basadas en el uso intensivo de fertilizantes minerales y herbicidas. El concepto de sostenibilidad en el desarrollo se impone en el mundo actual. La repercusión agrícola del problema se encamina, como tendencia mundial, a una agricultura cuyo impacto ambiental, productivo, económico y social, logre un adecuado nivel de sostenibilidad.

El desarrollo tecnológico multidisciplinario actual permite incrementar los rendimientos agrícolas asumiendo esquemas sostenibles, diseñados para que cada proceso logre una eficiencia óptima, al tiempo que se reduce cada vez más el efecto negativo sobre el ambiente, provocado por el uso desmedido de agroquímicos de origen mineral. La introducción de diferentes bioproductos en la agricultura moderna tales como bioplaguicidas, biofertilizantes, maduradores,

inhibidores de la floración y activadores de las funciones biológicas, obtenidos de materiales orgánicos, han sido de los logros más importantes de este desarrollo (Heredia, 2006).

Con la búsqueda de productos que ayuden a mantener el equilibrio en el entorno, se desarrolló en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar [ICIDCA] el producto Fitomás – E, este se presenta como un formulado acuoso al que se le atribuyen propiedades estimuladoras de distintos procesos fisiológicos y acción antiestrés en las plantas. Tales cualidades hacen de la aplicación de Fitomás-E una alternativa atractiva para el incremento de la producción y el rendimiento de los cultivos.

Fitomás-E ha sido probado a dosis entre  $0,75\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $2,0\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  en cultivos como *Lycopersicon lycopersicum L.*, *Cucumis sativus L.*, *Nicotiana tabacum L.*, *Manihot esculenta Crantz*, *Beta vulgaris L.*, *Ipomoea Batata L.*, *Lactuca sativa L.*, *Vigna unguiculata L.* y *Carica papaya L.*, y se ha obtenido favorable respuesta antiestrés a la sequía, al exceso de humedad y a la fitotoxicidad (Montano *et al.*, 2007). Por tal razón, resulta de interés estudiar el posible efecto de este bioestimulante en la producción de caña de azúcar para dar respuesta al siguiente problema científico:

**Dadas las actuales condiciones de la producción de caña de azúcar, se hace necesario conocer si será posible lograr incrementos en los rendimientos cañeros combinando el uso del bioestimulante Fitomás -E con los fertilizantes minerales (NPK) sin que se afecte la fertilidad del suelo, ni la calidad del jugo de la caña de azúcar.**

Para dar solución al problema, se plantea la siguiente hipótesis de trabajo: **“La utilización de Fitomás-E, combinada con la fertilización mineral, permitirá incrementar los rendimientos cañeros y la calidad del jugo de la caña de azúcar sin afectar la fertilidad del suelo”.**

Para dar respuesta a la situación planteada se propone el siguiente objetivo general:

- Evaluar el efecto combinado de diferentes dosis de Fitomás -E y fertilizante mineral sobre las variables de rendimiento agrícola e industrial de la caña de azúcar cultivada en suelos ferralíticos rojos, en dos cepas diferentes.

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar los principales componentes de rendimiento agrícola de la caña de azúcar cultivada en suelos ferralíticos rojos, ante la aplicación combinada de bioestimulante Fitomás-E y fertilizante mineral.
- Valorar la influencia de las combinaciones estudiadas sobre la calidad del jugo de la caña.
- Evaluar la influencia que Fitomás-E ejerce a corto plazo sobre las variables de fertilidad del suelo.
- Valorar la factibilidad económica de la aplicación de Fitomás -E y el fertilizante mineral en la producción de azúcar.

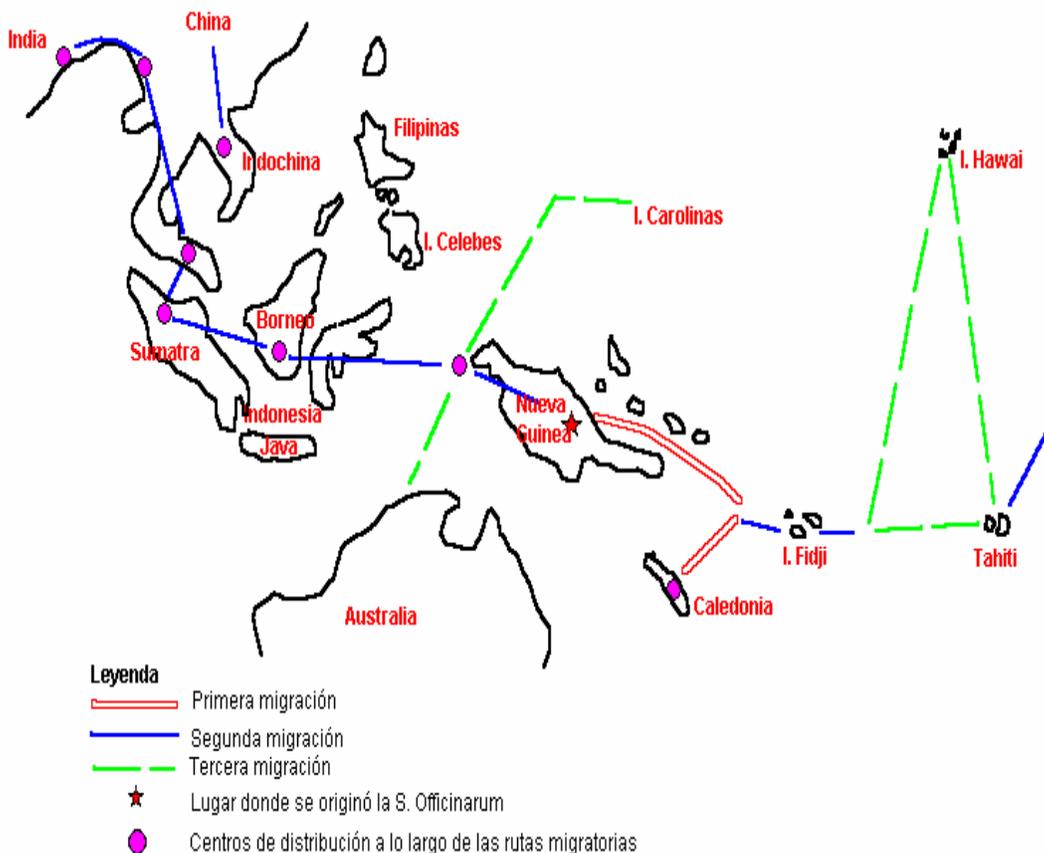
La novedad científica del estudio viene dada por el hecho de que se evalúan dosis del bioestimulante Fitomás-E superiores a las actualmente recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) y se evalúa la influencia del producto no sólo sobre el rendimiento agrícola sino sobre las propiedades del suelo y el jugo de la caña de azúcar.

## 1. Revisión Bibliográfica

### 1.1 Origen y distribución de la caña de azúcar

Humbert (1974), señala que en el año 327 antes de nuestra era, cuando Alejandro El Grande invadió La India, sus escribas anotaron que los habitantes “masticaban una caña maravillosa que producía una especie de miel sin la ayuda de las abejas”.

Kairos (2007), considera que la caña de azúcar es originaria del clima húmedo tropical de Nueva Guinea, donde aparece en forma silvestre y así, a través de distintas migraciones, fue pasando a países europeos como Portugal y después Cristóbal Colón, en su segundo viaje, la introduce en La Española, actual República Dominicana, desde donde se extendió a varios países como Cuba, México, Brasil, Perú y a las Islas de las Indias Occidentales o Antillas, llegando hasta Hawai en el año 1700 (Figura 1).



**Figura 1.** Origen y distribución inicial de la caña de azúcar .

Borsdorf *et al.* (2008), plantean que es probable que la caña de azúcar sea oriunda de Nueva Guinea y llegara a Centro y Suramérica a través de los españoles y portugueses.

Por su parte Kindelán (1983), refiere que la fecha de entrada en Cuba de la caña de azúcar no se conoce con seguridad, pero que pudo ser en 1511 con los primeros pobladores que llegaron a la Isla con Diego Velásquez, procedente de La Española. Sin embargo China *et al.* (2007) señalan que la caña de azúcar fue introducida en Cuba el día 13 de mayo de 1516, por el puerto de Guincho, Nuevitas, Camagüey, procedente de República Dominicana, a bordo del Avemaría, por cuenta y riesgo del señor Pedro Díaz de Tabares, funcionario del Gobierno Real.

## **1.2 Distribución geográfica de la caña de azúcar**

Kindelán (1983), señaló que la caña de azúcar es una planta que se cultiva y desarrolla en los climas cálidos y húmedos, donde la temperatura y humedad deben ser altas en el primer período del ciclo vegetativo (etapa de auge) y bajas al final de dicho período (maduración y zafra). Por tanto, en las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los 35° de latitud norte y 35-40° de latitud sur, encuentra esta planta las condiciones óptimas para su completo desarrollo. De ahí que los países comprendidos en estas zonas, cuya temperatura media anual es aproximadamente 23 °C, sean los más altos productores de este cultivo.

Biswas (1988), Infoagro (2002), y Calaña (2008), fueron del criterio que la producción de la caña de azúcar solo es costeable para regiones del Globo Terráqueo comprendidas entre los 30° de Latitud Norte y los 30° de Latitud Sur, faja climática alrededor del Ecuador y a altitudes que no excedan los 2 000 metros sobre el nivel del mar (msnm), siendo la óptima entre los 800 y 1 600m, pues es donde se reúnen las condiciones térmicas requeridas para que este cultivo pueda producir altos rendimientos.

## **1.3 Características climáticas adecuadas para la caña de azúcar**

La caña de azúcar es un cultivo muy versátil para las condiciones climatológicas, la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre los 21°C – 38°C; sin embargo, sus rangos límites se encuentran entre los 10°C y 40°C con precipitaciones anuales

superiores a los 950mm; estos factores conforman climas que van desde los tropicales y subtropicales de África, hasta los cálidos húmedos y subhúmedos con temperaturas más bajas como en algunos estados mexicanos y norteamericanos (García, 1984).

En el siguiente cuadro se explican los aspectos ecológicos necesarios para el desarrollo de la caña de azúcar.

**Cuadro 1.** Índices climáticos para la caña de azúcar (García, 1984).

Temperaturas	Precipitación
Margen germinación óptima: 32–38°C	Precipitación pluvial menor de 1 500mm anuales y mala distribución necesitan riego
Margen óptimo para la absorción de nutrientes: 21–38°C	Clima templado–cálido (subtropical), varía 3,8–5,6mm.día <sup>-1</sup> todos los días de un año completo
Margen desarrollo normal: 21–28°C	Clima tropical precipitación de 4,8–8,9mm diarios durante un año
Margen donde se retarda el desarrollo: 10–21°C	En México acusan valores de 5,48–6,84mm diarios por un año
Margen que paraliza funciones: por debajo de 10°C	-
Margen donde se daña: por debajo de 2°C	-

Medina (2005) y Calaña (2008), citando a Biswas (1988), plantean que los climas ecuatoriales tienen como limitación la presencia de lluvias durante todo el año, lo que estimula el crecimiento pero retarda la maduración. Sin embargo, los climas sub-tropicales, donde se dispone de condiciones de crecimiento durante un tiempo breve, obligan a utilizar variedades de madurez temprana y resistente al frío, porque las bajas temperaturas, características de estas zonas, provocan en ocasiones daños lamentables por heladas. Las condiciones de climas subtropicales y continentales empeoran aún más la situación por ser muy amplio el rango entre temperaturas máximas y mínimas.

Trusov (1967), Kindelán (1983), Medina (2005) y Calaña (2008), coinciden en señalar que para las condiciones del Caribe y Cuba en particular, los elementos climáticos que más determinan el desarrollo de la caña de azúcar son las precipitaciones y la temperatura.

#### **1.4 Influencia de las precipitaciones**

El agua es un elemento esencial para un desarrollo agrícola sostenible. Su aprovechamiento, utilización y conservación racionales constituyen elementos importantes en cualquier estrategia de desarrollo. Para los cultivos de secano o bajo riego, para la producción ganadera y el desarrollo pesquero o forestal, hace falta un suministro suficiente de agua de buena calidad (FAO, 2012).

Anderson (1995), señala que hay variedades más resistentes unas que otras a la sequía. Las etapas de desarrollo dictan los requerimientos de agua del cultivo, comenzando la demanda inmediatamente después de la plantación o el corte para la brotación de las yemas e incrementándose durante el “gran período de crecimiento” y acumulación de biomasa. Es necesario que estas dos etapas coincidan con el período de lluvias o que se disponga de riego efectivo. El déficit hídrico cuando se presenta en condiciones de alta Evapotranspiración conlleva rápidamente a la marchitez temporal e incluso permanente de la planta ocurriendo la destrucción de tejidos.

Calaña (2008), citando a Hogarth y Allsopp (2000), plantea que el punto de marchitez se alcanza cuando por la poca humedad del suelo se llega a una pérdida de agua por evapotranspiración mayor que la absorbida por las raíces. No obstante, el crecimiento se reduce significativamente antes de que se alcance el punto de marchitez, por lo que deben evitarse condiciones de sequía en las dos primeras etapas críticas del desarrollo del cultivo. La “maduración” es la etapa del desarrollo de la caña de azúcar en que el contenido de sacarosa aumenta y en ella un estrés por sequía de 3-8 semanas antes de la cosecha promueve la acumulación de sacarosa (maduración) en los tallos y sirve para elevar al máximo los rendimientos de azúcar.

CENICAÑA (1995), resaltó que la evapotranspiración equivale al agua que se pierde por evaporación directa desde la superficie del suelo más el agua que se pierde por transpiración a través del tejido foliar; la evapotranspiración es afectada por factores del suelo, la planta y el clima. Cuando el contenido de humedad del suelo es alto, las plantas pueden transpirar a su máxima capacidad y en este momento la evapotranspiración es potencial (ETP). A nivel mundial se han registrado valores de ETP que varían desde  $3,7\text{mm.día}^{-1}$  en Colombia hasta  $15,7\text{mm.día}^{-1}$  en Australia.

Por su parte Kindelán (1983), señala que la distribución de las lluvias es tan importante como la cantidad total y que la caída de 1 500mm anuales de lluvias en los meses de más calor (mayo-octubre), constituye por lo general lo mínimo para una región de clima y suelo como los de Cuba. La distribución de la precipitación es de gran importancia, ya que un exceso de precipitación durante la temporada de lluvias no es solamente ineficaz, sino que puede causar la reducción de los ritmos de crecimiento donde se obstaculiza el drenaje (Humbert, 1974). En la mayoría de los campos de Cuba la caña de azúcar se desarrolla sin la aplicación de riego y por consiguiente, la cantidad y distribución de la lluvia y la forma en que el agua se retenga en el suelo, resulta muchas veces vital para la obtención de altos o al menos rendimientos rentables (Ruíz *et al.*, 2001).

Cuellar *et al.* (2003), resalta que en Cuba los valores promedios anuales de las precipitaciones se encuentran entre 1 200 y 1 300mm; estima que la caña de azúcar requiere durante su ciclo entre 1 300 y 1 600mm de agua para un crecimiento óptimo, de ahí que en años de pocas lluvias, o en aquellas regiones en que el total de precipitaciones anuales es menor de 1 000mm, se produzca un déficit de 300 a 600mm de agua, en dependencia de las características de los suelos y zonas climáticas.

Según Rodríguez *et al.* (2005), en todo el territorio se definen dos estaciones: la de sequía (noviembre-abril) y la lluviosa (mayo-octubre), las que influyen de manera directa en la producción anual de la caña de azúcar. Durante el período de sequía caen menos de 400mm de lluvia, con excepción de la zona norte de

Holguín, donde pueden caer más de 500mm en esa época. Una adecuada disponibilidad de humedad a lo largo del período de crecimiento es importante para obtener los máximos rendimientos. Dependiendo del clima, los requerimientos de agua de la caña de azúcar están entre 1 500 y 2 500mm, uniformemente distribuidos durante su ciclo de vida (FAO, 2012).

### **1.5 Influencia de las temperaturas**

Calaña (2008), citando a Mangelsdorf (1953), caracterizan un clima ideal para la producción de caña de azúcar cuando se dan las siguientes condiciones:

- Una estación de crecimiento con un verano largo y caluroso, con lluvias adecuadas.
- Una estación relativamente seca, soleada, fresca y libre de escarcha, para la maduración y zafra.
- Libre de tifones y huracanes.

Según Borthakur (1995), la caña crece y se desarrolla en un rango de temperaturas de 25 - 30°C; mientras que se considera que una temperatura de 23°C resulta buena para el desarrollo de la caña de azúcar y por debajo de 10 °C, como no favorable. Sinclair *et al.* (2004), en un estudio sobre diversas variedades tropicales demostraron la estrecha relación existente entre las temperaturas y el desarrollo foliar.

Peña (2002) resumió bastante de lo publicado en Cuba sobre los efectos de la temperatura y la radiación solar en las distintas fases de desarrollo de la caña de azúcar. Existe consenso en que la temperatura constituye uno de los elementos de mayor importancia en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Las bajas temperaturas son determinantes en la formación de sacarosa. Se ha reportado que la caña de azúcar en el período de maduración necesita de bajas temperaturas, unido a un parcial período de sequía (Biswas, 1988). Yates (1983), citado por Peña (2002), afirma que las temperaturas frías causan mayor efecto en cuanto a inducir la maduración que el déficit de las lluvias.

La temperatura óptima para la brotación de los propágulos de la caña de azúcar es de 32 a 38°C. El óptimo crecimiento se logra con una temperatura media diaria

entre 22 y 30°C. La temperatura mínima para el crecimiento activo es aproximadamente de 20°C. Para madurar, sin embargo, las temperaturas relativamente bajas en el rango de 10 a 20°C son deseables por su influencia notable en la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de la caña en sacarosa (FAO, 2012). Borsdorf *et al.* (2008), plantean que la caña de azúcar se desarrolla de forma óptima en climas cuyas temperaturas rondan los 20°C y las precipitaciones oscilen entre los 1 500 y 1 800mm.

### **1.6 Variedades de la caña de azúcar en Cuba**

La obtención de variedades comerciales con rendimientos azucareros superiores durante las distintas fases de la zafra, con alto potencial agrícola y adaptabilidad a las condiciones de cada localidad, seguirá siendo el objetivo principal del programa de mejoramiento de variedades. Esto posibilita beneficios económicos adicionales por mayor recuperación de azúcar, utilización más eficiente de los medios de cosecha, transporte y molienda y la posibilidad de alargar el período de zafra, en condiciones climáticas favorables (Cuéllar *et al.*, 2003).

Hasta 1990 en Cuba no se dio prioridad a la selección de variedades con elevado contenido azucarero y posibilidad de ser cosechadas a inicios de zafra. A partir de ese momento, se comenzó a utilizar progenitores con capacidad para transmitir esas características, se cambió el esquema de selección, entre otras acciones, con lo que se comenzó a obtener avances genéticos importantes (González *et al.*, 2001).

### **1.7 Importancia económica de la caña de azúcar**

Según Cuéllar *et al.* (2003), la caña de azúcar es una de las plantas de más altos rendimientos en biomasa por área y unidad de tiempo; produce, junto con el azúcar—el alimento energético de consumo humano más completo y difundido en el mundo—, una parte de sus necesidades de fertilizantes, la energía necesaria para su elaboración industrial y es materia prima de alrededor de un centenar de productos derivados. A estas cualidades excepcionales se suma su adaptabilidad a condiciones adversas del medio ambiente, resistencia a plagas y una alta capacidad de fijación de CO<sub>2</sub>, comparable a la de los bosques tropicales,

características éstas que la convierten en el cultivo por excelencia y paradigma de una agricultura sostenible. A modo de ejemplo, de una hectárea de caña, aún con un rendimiento modesto de 54 toneladas, es posible obtener:

- 5 940kg de azúcar, que vendida a siete centavos la libra representa 914,76 dólares.
- 15 120kg de bagazo, que de usarse para producir electricidad en ingenios de baja eficiencia, generaría 1 431kW.hora<sup>-1</sup>, el consumo doméstico medio de una familia de cuatro personas durante un año. Si para producir esa energía se usara fuel oil se necesitarían 2,7 toneladas a un costo de más de 300,00 USD. Mejorando la eficiencia estas cifras se podrían duplicar en muchos de nuestros ingenios, y utilizando tecnologías más avanzadas, esos valores se podrían multiplicar varias veces.
- 1 620kg de miel final, que de acuerdo con la estructura de sus usos, significarían 58% como miel final, con un valor de 46,98 USD, 36% para producir 146L de alcohol con un valor de 29,20 USD y 6% para producir 3,8kg de carne de cerdo.
- 1 620kg de cachaza, 540kg de ceniza de la combustión del bagazo, 2,3m<sup>3</sup> de vinaza (producto de la producción de alcohol), 2,1m<sup>3</sup> de residuos de la producción de torula y 32,4m<sup>3</sup> de agua residual de la fabricación de azúcar. Todos estos residuos unidos aportarían 16,3kg de N, 21,2kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 19,8kg de K<sub>2</sub>O, con los que se puede suministrar el 100% de las necesidades de fósforo, el 25% del nitrógeno y el 23% del potasio para una hectárea de suelo deficiente en fósforo y potasio y de alta respuesta al nitrógeno.
- 4 320kg de residuos agrícolas cañeros —que quedan diariamente en los centros de limpieza— suministrarían la fibra dietética a ocho vacunos de 250kg de peso durante un mes.

### **1.8 Suelos relacionados con el cultivo de la caña de azúcar en Cuba**

FAO (2008), señaló que la caña de azúcar no requiere un tipo especial de suelo, pero los mejores son aquellos que tienen más de un metro de profundidad, aunque el crecimiento de las raíces puede llegar hasta una profundidad de cinco

metros. El suelo debe estar preferentemente bien aireado, (después de una lluvia pesada los espacios porosos deben contener aire entre un 10 y 12 %) y tener un contenido de agua disponible total de 15 % o más. El pH óptimo del suelo para el desarrollo de la caña de azúcar es aproximadamente 6,5 pero puede estar en el rango de 5,0 a 8,5.

En Cuba los suelos de las áreas con caña de azúcar han sido los más estudiados. Como consecuencia de la expansión azucarera, Hugo Hommond Bennett y Robert V. Allison realizaron un profundo estudio publicado en 1928 en el libro, “Los suelos de Cuba”. En 1968 Liev Lvovich Shishov, asesor del Departamento de Suelos y Agroquímica del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba, propuso la Clasificación Preliminar de los Suelos Cañeros de Cuba. En 1975 se realizó la II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, resultado del trabajo conjunto del Instituto de Suelos (IS) y del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). A mediados de los años 80 se realizó el Agrupamiento Agro productivo de los suelos cañeros, que agrupa a aquellos con similar manejo y respuesta productiva (Cuellar *et al.*, 2002).

Hernández *et al.* (1999), dieron a conocer la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. En esta clasificación se mantienen las unidades taxonómicas superiores, se separan 14 agrupamientos, 36 tipos genéticos y 172 subtipos de suelos, por lo que resulta más detallada que las versiones anteriores. Los agrupamientos reúnen tipos de suelos que tienen en común el proceso principal de formación, su grado de evolución en relación con la interacción de los factores de formación y se definen por el horizonte principal de diagnóstico, como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Agrupamientos, procesos de formación y horizontes principales de la Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

<b>Agrupamiento</b>	<b>Proceso de formación</b>	<b>Horizonte principal</b>
1 Alítico	Alitización	Horizonte B Alítico
2 Ferrítico	Ferritización	Horizonte B Ferrítico
3 Ferralítico	Ferralitización	Horizonte B Ferralítico
4 Ferrálico	Ferralitización incompleta	Horizonte B Ferrálico

5	Fersialítico	Fersilitización	Horizonte B Fersiálico
6	Pardo sialítico	Sialitización	Horizonte B Siálico
7	Húmico sialítico	Humificación	Horizonte A Humificado
8	Vertisol	Formación de Vertisol	Horizonte A o B Vértico
9	Hidromórfico	Gleyzación	Propiedades gléyicas
10	Halomórfico	Salinización, sodificación.	Horizonte Sálico o Nátrico
11	Fluvisol	Proceso aluvial	Sin horizonte principal definido
12	Histosol	Acumulación de turba	Horizonte Hístico
13	Poco evolucionado	Sin proceso definido	Sin horizonte principal definido
14	Antrosol	Influencia antropogénica	Horizonte Antrópico

Espinosa y Gálvez (1993), Arcia (1997) y Calaña (2008), plantearon la influencia que tiene el suelo para obtener el máximo potencial en rendimiento de las variedades de caña, considerándose como un factor muy importante. Paneque (2004), señaló que el estudio de la relación suelo-planta es una de las vías que permite seleccionar las variedades más adecuadas para cada suelo y de esa forma, lograr aumentar los rendimientos de la caña de azúcar.

### 1.9 Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar

La caña de azúcar, cultivo con una alta capacidad de producción de materia verde por área, al igual que la mayoría de las plantas cultivadas, necesita al menos de 16 elementos químicos, a los que se les ha denominado como esenciales, ya que participan directamente o son indispensables para el normal desarrollo de las plantas; estos se dividen en dos grupos principales, no minerales y minerales (León, 1997).

#### Nutrientes no minerales:

Carbono ----- (C)

Hidrógeno ----- (H)

Oxígeno ----- (O)

Estos elementos se encuentran en la atmósfera y en el agua y son utilizados en la fotosíntesis en la siguiente forma:



### **Nutrientes minerales:**

Se dividen en tres grupos: primarios, secundarios y micronutrientes :

#### **Nutrientes primarios**

Nitrógeno ----- (N)

Fósforo ----- (P)

Potasio ----- (K)

#### **Nutrientes secundarios**

Calcio ----- (Ca)

Magnesio ----- (Mg)

Azufre----- (S)

#### **Micronutrientes**

Boro ----- (B)

Cloro ----- (Cl)

Cobre ----- (Cu)

Hierro ----- (Fe)

Manganeso ----- (Mn)

Molibdeno ----- (Mo)

Zinc ----- (Zn)

### **2.9.1 Fertilización nitrogenada**

El nitrógeno (N) es un elemento constituyente de un gran número de compuestos orgánicos en la planta. Su importancia fisiológica está unida a la presencia como componente obligatorio de todas las sustancias proteicas, las que intervienen en los procesos de crecimiento y multiplicación de los organismos vivos.

Casi la totalidad de las investigaciones realizadas sobre este aspecto en los diferentes países cañeros; Wood (1968) en Sudáfrica, Fogliata, (1970) en Argentina, Fasihi (1971) en Pakistán y corroborado en Cuba por Cuellar *et al.*, (2002), Rodríguez (2001), Mercado y Milanés (2007), Escalona *et al.* (2007), Fernández y Milanés (2007) en México y Zuaznábar (2009) han confirmado que los retoños necesitan mayor cantidad de nitrógeno que la caña planta.

Arzola (2006), reportó que la caña plantada en primavera y cosechada, independientemente de la edad, no requiere de la aplicación de nitrógeno para producir buenos rendimientos bajo las condiciones de Cuba. Sin embargo, en otras épocas de plantación se han encontrado respuestas ocasionales a dosis relativamente bajas de 40 a 75kg de N.ha<sup>-1</sup>.

En cepas de caña planta, son frecuentes los reportes en cuanto a la poca efectividad del nitrógeno, pero en lugares donde la fertilización de esta cepa es tradicional, las dosis suelen variar entre 40 y 90kg de N.ha<sup>-1</sup>, exceptuando a

Egipto, Taiwan y Uganda, donde se han empleado dosis superiores a 120, 200 y 450kg de N.ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cabrera y Bouzo, 1999).

En las condiciones de Cuba, se ha demostrado que las cepas de planta (primaveras del año, primaveras quedadas y fríos), muestran una reducida necesidad de nitrógeno; por lo general, no requieren de la aplicación de este elemento para producir similar rendimiento agrícola que las parcelas fertilizadas y, aunque en las plantaciones de frío se han encontrado respuestas esporádicas a dosis bajas, en la actualidad no se recomienda aplicar nitrógeno en las mismas, excepto en suelos con hidromorfía o compactación manifiesta o de textura arenosa (Villegas y Chang, 1996; Cuéllar *et al.*,2002).

Del Toro *et al.* (1985) citados por (Boddey *et al.* 2003) demostraron que las cepas de planta necesitan menos de 0,90kg de N.t<sup>-1</sup> de caña para lograr rendimientos óptimos, mientras que, los retoños requerían aproximadamente 1,13kg del N.t<sup>-1</sup> de tallos cosechados. El hecho de que los retoños necesiten más nitrógeno que la caña planta, está dado fundamentalmente, por condiciones físicas del suelo en deterioro, a causa de una pobre aireación como resultado de la compactación, originada por el pase de equipos pesados, lo que reduce el espacio poroso, dificultando la extensión del sistema radical.

Numerosos estudios conducidos en Cuba muestran que la fertilización nitrogenada del primer retoño no produce efectos beneficiosos en los rendimientos, por lo que se puede prescindir de la misma, siendo ésta necesaria en los suelos ferralíticos y oscuros plásticos, no así en los suelos pardos con carbonatos. La no aplicación de fertilizantes nitrogenados en las cepas de planta, y primer retoño, no ejerce influencia nociva en las cepas posteriores (INICA, 1993 ; Villegas y Chang, 1996; León, 1997; Cabrera y Bouzo, 1999). Resultados similares reportan los estudios realizados por Sánchez *et al.* (2000) en áreas cañeras de Tabasco, México.

Las aplicaciones de nitrógeno de la segunda soca en adelante, ejercen un marcado efecto en la durabilidad de la cepa, evitando su deterioro, lo que permite aumentar el número de cosechas. A partir del segundo retoño, se logra una respuesta estable a las aplicaciones de este elemento, obteniéndose incrementos agrícolas superiores al 25% (Pérez, 1985).

En Cuba, a partir de la cepa de tercer retoño, en los suelos ferralíticos, Iznaga (1986), encontró que disminuía la necesidad de fertilizante nitrogenado por la caña de azúcar hasta llegar a ser innecesaria en el quinto retoño, contrariamente a lo que ocurre en los demás tipos de suelos, argumentando que con los cortes sucesivos de las plantaciones, disminuyó la población y aumentaron los espacios vacíos a causa de una mayor mortalidad de las cepas y unido al envejecimiento de la misma, incrementó el contenido de microorganismos en el centro del surco a causa de las raíces y tocones muertos durante el ciclo.

### **2.9.2 Fertilización fosfórica**

EL fósforo (P) es esencial para el crecimiento de las plantas, las cuales deben tener fósforo para completar su ciclo normal de producción. Es uno de los tres nutrimentos principales, actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular y muchos otros procesos de la planta.

La mayoría de la literatura coincide en que el fósforo es extraído en menor cantidad por la caña de azúcar que otros nutrientes de primer orden como el nitrógeno y el potasio (Chávez, 2000; Pérez, 2002). Según Chávez (2000), los principales modelos de extracción de nutrientes por el cultivo colocan al fósforo alternado su posición con el Magnesio (Mg) y el Azufre (S) respecto a la magnitud de la extracción. A continuación se presenta un modelo general de extracción de nutrientes por la planta, establecido por este autor :



La revisión de varias fuentes a nivel mundial, colocan las extracciones de fósforo por la caña de azúcar en un rango que va desde 0,15 hasta 1,14kg de  $P_2O_5$  por tonelada de tallos cosechados.

### **2.9.2.1 Influencia del fósforo en la caña**

Existen reportes muy contradictorios sobre la influencia de la cepa sobre la demanda de fertilizantes por la caña de azúcar. En Cuba, en ocasiones se ha observado que la respuesta de la caña de azúcar ante las aplicaciones de fósforo, es más notable en caña planta que en retoños (Villegas *et al.*, 1983). Por otro lado, en suelos de consistencia sialítica se ha obtenido un efecto mayor en los últimos retoños (SERFE, 1996); este resultado coincide con lo reportado por Rice *et al.* (2002), quienes han encontrado en los suelos de la Florida, Estados Unidos, que la deficiencia de fósforo es mucho más común en las cosechas de retoño y los síntomas de deficiencia tienden a aumentar con la edad de la plantación.

### **2.9.3 Fertilización potásica**

Graveran (2010), en su tesis doctoral sobre los principios de la nutrición de la caña de azúcar afirma los conceptos dados por Malavolta (1998) y Pérez (2002) en el que resumen que el potasio (K) es un nutriente esencial para las plantas, sus funciones en el vegetal no son totalmente conocidas, pero sí se sabe que las funciones primarias parecen estar ligadas al metabolismo. Es el elemento que extrae en mayores cantidades la caña de azúcar. La demanda de este nutrimento puede alcanzar valores superiores a 2,0kg de  $K_2O.t$  de caña<sup>-1</sup>, aunque debe encontrarse en el entorno de 1,8. Un exceso en las aplicaciones de potasio daría lugar al denominado “consumo de lujo”, lo que constituye un mecanismo propio de la caña de azúcar por el cual, en presencia de abundante potasio, se extrae este elemento en demasía, aunque fisiológicamente no se necesite. La respuesta de la caña de azúcar a la fertilización potásica en los suelos que presentan insuficiencia es marcada, pues la falta de este elemento, además de afectar desfavorablemente el rendimiento agrícola, provoca una reducción en el porcentaje de sacarosa. Además la maduración, se retarda cuando el elemento es insuficiente.

Según el Manual de Procedimientos del Servicio de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) (1996), la principal fuente de fertilizantes potásicos empleados en Cuba para la caña de azúcar es el cloruro o muriato de potasio (KCl) con 60% de  $K_2O$ .

A diferencia del nitrógeno y otros elementos, el potasio tiende a permanecer en el lugar en que se ha colocado. Su movimiento, si lo logra realizar, se hará por difusión en un movimiento lento y a corta distancia. Las condiciones de sequía hacen a este movimiento aún más lento. Altos niveles de aplicación en el suelo lo aceleran.

Desde hace ya muchos años, más del 50% del crecimiento de la productividad de los principales cultivos en países en vías de desarrollo se debe al uso de los fertilizantes provocando graves consecuencias, a veces catastróficas, debido a la contaminación del aire, el agua, los suelos y los propios alimentos; otro aspecto preocupante es el alto costo de los fertilizantes y la cantidad de ellos que no se aprovecha (Hamdi, 1985). Por los argumentos anteriormente expuestos pueden ser justificables el estudio y evaluación de productos estimuladores del desarrollo de los cultivos, que no solo sean sanos al medio ambiente, sino que además y por el contrario permitan, mediante un mejor aprovechamiento de los nutrientes por las plantas, optimizar las cantidades de fertilizantes químicos aplicados y con ello disminuir la carga contaminante. Por otra parte, no resulta despreciable el beneficio económico que se puede lograr con el empleo de bioestimulantes vegetales.

### **Formas y momentos de aplicación de fertilizantes minerales.**

Cuéllar *et al.* (2002), definieron las formas y momentos de aplicación de la siguiente manera: en los retoños, lo mejor es aplicar los fertilizantes nitrogenados enterrándolos de ocho a 10cm de profundidad, próximos al sistema radical e inmediatamente después de cada cosecha. Así el fertilizante queda en contacto más íntimo con las raíces y se evitan pérdidas, sobre todo por volatilización. En cepas de caña planta, en aquellos casos en que se requiera aplicar nitrógeno, el fertilizante debe situarse en el fondo del surco, próximo a los esquejes, pero evitando el contacto directo con ellos y de forma que se mezcle con el suelo durante el proceso de tapado del propágulo.

El fósforo es un elemento poco móvil en el suelo, sus pérdidas son pequeñas y se limitan en lo esencial a la extracción originada por la cosecha ( $0,45\text{kg.t}^{-1}$  de tallos producidos) y a la erosión, por lo que se puede aplicar todo de una vez en caso de que se necesite en la plantación para esa cepa, o enterrado de ocho a 10cm de profundidad y cerca del sistema radical (en el centro o a ambos lados del surco) para cada retoño, inmediatamente después de ser cosechado.

El fertilizante potásico se debe aplicar en el fondo del surco; en los retoños, aplicarlo inmediatamente después del corte y enterrado de ocho a 10cm de profundidad a ambos lados del surco o en el centro de la cepa.

## **2.10 Productos bioestimulantes**

El desarrollo vegetal se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas que activan o reprimen determinados procesos fisiológicos, interactuando entre sí; estas sustancias químicas constituyen los bioestimulantes. De ocurrencia natural o producida en fermentadores y sin ser reguladores fisiológicos, estos productos cuando se aplican a la rizosfera o al follaje, alteran el comportamiento de la planta ante su ecosistema, ya sea para regular procesos metabólicos, incrementar la producción y la eficiencia de la fotosíntesis, aumentar la producción o el contenido de antioxidantes, proporcionar capacidad de resistencia a estrés, ser precursores de hormonas vegetales, contribuir a la mayor actividad microbiana o mejorar la generación de raíces para la toma de nutrientes por la planta.

Según Montano (2005), la creciente preocupación por los riesgos que para el ambiente y la salud del hombre representan los fertilizantes de síntesis química convencionales, ha despertado un fuerte interés la investigación y desarrollo de productos orgánicos que puedan ser utilizados como estimulantes de la nutrición de las plantas y las hacen más eficientes en el consumo de los nutrientes permitiendo la disminución de sus dosis de aplicación. Los estudios requieren de la evaluación de ciclos productivos completos y por periodos de tiempo prolongados que permitan medir, no solo los beneficios económicos, sino el impacto sobre los niveles de fertilidad del suelo y la influencia sobre el ambiente y la salud humana y animal.

Peral (1990) comparó, en condiciones controladas de invernadero, los efectos de varios productos conteniendo aminoácidos, con el tratamiento de fertilización normal y con el testigo sin fertilizar, encontrando un efecto positivo de los tratamientos con aminoácidos sobre el crecimiento de la caña. A partir de los resultados de este estudio, se recomendó la realización de ensayos de campo en el ingenio San Sebastián, en Michoacán, México, que arrojaron un rendimiento de  $146\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para el tratamiento con aminoácidos y  $100\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para el testigo (Inagromex, 1999).

En Brasil, Estrada (1993), comparó los rendimientos de la caña de azúcar en tratamientos con Ethrel, Kadostim y un testigo, encontrándose en general un incremento significativo del porcentaje de pol en jugo, con magnitud dependiente del cultivar y la cepa e incremento en los rendimientos de caña. También en Malasia, durante 1996, se realizaron ensayos en condiciones de campo con la finalidad de determinar el efecto del Kadostim sobre caña planta y retoño, en dos variedades; se asperjó el producto a dosis de  $1,0\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  en 100ha a cada plantación a finales de agosto de 1996. Se determinó periódicamente el porcentaje de pol en jugo y la longitud y diámetro de los tallos hasta el final del ciclo de cosecha. Se encontró que en todos los casos, el porcentaje de pol favorecía en más de un entero a la variante tratada entre los 90 y 100 días posteriores a la aplicación y que la longitud de los tallos tratados aumentaba alrededor del 10%, mientras que no se presentaron diferencias en el diámetro de los mismos.

Hasta 1998 habían ingresado al mercado de los bioestimulantes al menos 45 productos (Liñan, 1998,1999; Al respecto, Inagrosa (1999) que de alguna manera tratan de superar los inconvenientes de la fertilización mineral convencional. Aún cuando son nutrientes, no es este aspecto el que justifica su utilización, sino el efecto activador que producen sobre el metabolismo vegetal. Al ser activadores o estimulantes de las funciones fisiológicas, su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes; se recomienda que sean aplicados juntos con los fertilizantes minerales adecuados al cultivo y a su estado fenológico. Algunos formulados, además de micro elementos, contienen cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio (Anexo 1).

Liñan (1999), recomienda el uso de bioestimulantes basados en aminoácidos en la plantación que haya soportado cualquier situación de estrés incluyendo los daños por fitotoxicidad de cualquier agroquímico.

Montano (2005), citando a Huffaker y Harbit (1987), plantea que estos autores investigaron el efecto de un fertilizante foliar basado en aminoácidos (Aminol Forte), sobre el crecimiento y el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivado hasta su total madurez. Los resultados mostraron que las plantas se desarrollaron muy bien, sanas y vigorosas y sin diferencias con el control en cuanto al grado de senectud final medio y el peso seco de la paja, lo cual indicó que el tratamiento con aminoácidos no incrementaba el crecimiento vegetativo, por lo que se podía afirmar que no actuaban como nutrientes de las plantas .

Kamar y Omar (1987) y Montano (2005), determinaron el efecto del Aminol Forte sobre el cultivo de *Solanum tuberosum* L. y *Cucumis sativus* L. Los autores probaron dos niveles distintos de nitrógeno, 20 y 40kg de N/fedan (un fedan = 4,200m<sup>2</sup>) y tres concentraciones de la solución de Aminol Forte sobre los rendimientos y encontraron que el rendimiento total aumentaba en gran medida con las aplicaciones de Aminol Forte al 0,1%, tanto para *C. sativus* L. como para los dos cultivares de *S. tuberosum* L. probadas. El rendimiento de las plantas de ambas especies tratadas con bajos niveles de nitrógeno (20kgN.fedan<sup>-1</sup>) más Aminol Forte al 0,1%, fue muy superior al de las tratadas con dosis altas de nitrógeno (40kgN.fedan<sup>-1</sup>).

La necesidad de elevar los rendimientos de las cosechas en Cuba, disminuir los costos, así como los impactos negativos sobre el ambiente, han conducido por años a investigadores y productores a buscar vías alternativas para mejorar la efectividad de las prácticas agrícolas (Cortegaza *et al.*, 2004). En este sentido, en los últimos años se ha producido un significativo incremento en la producción y comercialización de nuevos insumos agrícolas, elaborados y desarrollados por diversas empresas nacionales e internacionales, para ser aplicados en los cultivos con el propósito de estimular su desarrollo y calidad de las cosechas (Díaz, 2004).

Entre los bioestimulantes probados en Cuba en el cultivo de la caña de azúcar se encuentran Enerplant, Bayfolán Forte y Fitomás-E. Se plantea que Enerplant al ser aplicado de forma exógena sobre el tejido vegetal penetra en la planta, donde se une a los receptores de la superficie externa de la membrana celular (proteínas transmembrana e integrales), donde activan señales o estímulos bioquímicos dirigidos a moléculas o genes encargados de dar respuesta (activación de enzimas antioxidantes). Al unirse a las proteínas integrales la célula adquiere mayor estabilidad y origina respuestas morfogénicas y adaptativas que permiten que los recursos obtenidos vía fotosíntesis se aprovechen eficientemente.

Bayfolan Forte, es un activador de crecimiento que se aplica sobre la hoja y ejerce influencia sobre el incremento de cosechas y mejora la calidad de los cultivos. Proporciona mejores cosechas, posee elementos menores (B, Zn, Mn, Fe, Mo, Cu y Co), estabiliza el pH, corrige la dureza de las aguas, contiene fitohormonas, ácido indolacético y vitamina B<sub>1</sub> (Tiamina). Es compatible con insecticidas y fungicidas (Bayer CropScience, 2004).

Fitomás-E, es un producto derivado de la industria azucarera producido por el Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), se presenta como un formulado acuoso y se le atribuyen propiedades estimuladoras de distintos procesos fisiológicos en las plantas y acción antiestrés. El producto contiene hasta 20% de materia orgánica y se obtiene por procedimientos exclusivamente biológicos y físicos con una tecnología sencilla y a un costo muy inferior a los precios del mercado internacional (ICIDCA, 2004). (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Composición del formulado Fitomás-E. (Montano *et al.*, 2002).

Componente	g.l <sup>-1</sup>	Peso (%)
Extracto orgánico	150	13,0
N total	55	4,8
K <sub>2</sub> O	60	5,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31	2,7

Estas cualidades hacen de la aplicación de Fitomás-E una alternativa atractiva para el control de plagas de forma más amigable con el ambiente, así como para el incremento de la producción y el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, nada se conoce acerca de los mecanismos bioquímicos que promueve este producto en las plantas. Ha sido probado en cultivos como *S. officinarum* L., *L. lycopersicum* Mill; *C. sativus* L., *N. tabacum* L., *M. esculenta* Crantz, *B. vulgaris* L., *I. batata* L., *L. sativa* L., *V. unguiculata* L. y *C. papaya* L. dirigido a mejorar las respuestas antiestrés en casos de sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, desequilibrios nutricionales, salinidad, plagas y daños mecánicos (fuertes vientos, podas, y trasplantes, entre otros) y como estimulante de los procesos de nutrición, crecimiento, floración, fructificación, germinación y enraizamiento. Contiene las estructuras bioquímicas (aminoácidos, oligosacáridos, bases nitrogenadas) más demandadas por la mayor parte de las especies vegetales, por lo tanto, pudiera inferirse que alguno de estos elementos ejerce la función de elicitor, especialmente de los oligosacáridos (ICIDCA, 2004).

Respecto a Enerplant, en Cuba sólo se conocen los resultados obtenidos por Rodríguez (2001), quien señaló que su aplicación permitió incrementar la producción de materia verde entre un 16-25% contra los tratamientos controles de acuerdo con los estudios realizados sobre efectividad biológica en condiciones edafoclimáticas de la zona occidental de Cuba .

Rodríguez *et al.* (2006), en Cuba, a partir de los resultados satisfactorios observados en pruebas de efectividad biológicas con Enerplant, realizadas entre los años 1987 y 2000, señalaron que en el año 2001 la aplicación en 12,187ha de extensiones en 12 provincias mostró resultados experimentales con incrementos en el rendimiento agrícola de hasta un 25%, comparados con los métodos tradicionales. En el cultivo de *N. tabacum* L. se ha constatado que la aplicación del producto a los 25 o 35 días después del trasplante logra incrementos significativos del peso fresco y seco de las hojas, así como mejoras de la calidad final del producto (Morejón, 2006).

En Cuba ha sido evaluado el producto Bayfolán Forte, de Bayer CropScience en el cultivo de *S. officinarum* L. en diferentes combinaciones permitiendo aumento de

la eficiencia del uso de los fertilizantes químicos que han posibilitado disminuir las dosis de aplicación y disminución de costos. Ha sido observada poca influencia sobre la calidad del jugo de la caña de azúcar en los cuatro ensayos evaluados. En Santiago de Cuba, los tratamientos con Bayfolán Forte, sin combinación con fertilización mineral, no difirieron significativamente con el estándar, sobresaliendo por alcanzar rendimientos agrícolas e indicadores económicos superiores, la utilización de tres aplicaciones a  $3,0\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  cada una con solo el 50% de la dosis de fertilizante y dos aplicaciones a  $2,0\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  sin el empleo de fertilizantes (Cortegaza *et al.*, 2004).

### **2.10.1 Efecto y propiedades de Fitomás-E**

Los estudios y evaluaciones realizadas a diferentes niveles permiten afirmar que Fitomás-E propicia un conjunto de efectos determinados en gran medida por el incremento del vigor y la resistencia de los cultivos tratados. Los efectos se pueden detectar de manera aislada si se hacen las mediciones pertinentes, aunque lo más notable para los productos, son los resultados finales (Montano *et al.*, 2002).

Ventajas de su uso:

- Aumenta y acelera la germinación de las semillas.
- Estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas.
- Mejora la nutrición y la floración.
- Reduce la duración de las fases de semillero, vivero y en el ciclo del cultivo.
- Potencia la acción de los agroquímicos en general, incluyendo los fertilizantes.
- Acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha, disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo.
- Ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, daños mecánicos, enfermedades y plagas de insectos.
- Fitomás-E puede mezclarse y aún aplicarse simultáneamente no sólo con la mayoría de los productos fitosanitarios (cuyas dosis se pueden reducir), sino

también y especialmente, con los preparados biológicos de uso en la agricultura sostenible en Cuba.

- Potencia la acción de los preparados biológicos y las tecnologías agroecológicas para el manejo de los cultivos.
- No es fitotóxico, ni contamina las aguas.
- No es dañino a la microflora, mesofauna y entomofauna beneficiosa ni a los mamíferos.
- Incrementa la microflora en las inmediaciones de las raíces.
- No requiere equipamiento especial para su empleo.

Una característica particularmente atractiva del producto, lo constituye su actividad en una gama muy extendida de cultivos y especies botánicas, tanto de la clase *Liliopsidae* como *magnolipsidae*, con independencia de que el interés económico sean las hojas, los tallos, las raíces, las flores, la madera, sustancias metabólicas o los frutos; pues las propiedades del vegetal que propician su especialización se ven potenciadas por el bioestimulante. Por esto los frutales, granos, cereales, tubérculos y raíces, plantas medicinales y cultivos industriales, forestales, ornamentales y cespitosos resultan en general beneficiadas (ICIDCA, 2004).

Fitomás-E actúa en cualquier fase fenológica del cultivo, por lo que puede aplicarse más de una vez, aunque un solo tratamiento suele ser decisivo. Por ejemplo, se puede remojar la semilla, tanto botánica como agámica, durante dos o tres horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo; también puede aplicarse antes y después de la floración (ICIDCA, 2004).

### **Dosificación**

Se aplica en dosis desde 0,2 a 2,0L.ha<sup>-1</sup> según el cultivo, por vía foliar y siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300L.ha<sup>-1</sup> como volumen de solución final. Cuando se remojan semillas para la germinación, la disolución puede ser desde 1% hasta 2% en el agua de remojo. Cuando se aplica por riego la dosis puede ser del orden de los 5L.ha<sup>-1</sup>. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva (ICIDCA, 2004).

### **Momento y técnica de aplicación**

Se puede aplicar en cualquier fase fenológica del cultivo ; se puede remojar la semilla, durante dos o tres horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo. También puede aplicarse antes de la floración y después de ésta. Se debe aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas de insectos o enfermedades, atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad, daño mecánico por tormentas, granizadas o ciclones o el cultivo ha sido afectado por sustancias químicas; por ejemplo, herbicidas; aunque esos eventos hacen mucho menos daño si la plantación ha sido previamente tratada en cualquiera de las fases ya mencionadas, pues son más resistentes (ICIDCA, 2004).

#### **2.10.2 Resultados de Fitomás-E en otros cultivos**

Montano *et al.* (2002), comprobaron a través de ensayos que Fitomás es un bioestimulante que mejora el comportamiento del cultivo de *L. lycopersicum* Mill, en componentes tales como altura y grosor de las plantas, número de los frutos y rendimiento por unidad de superficie, con independencia de las condiciones edafoclimatológicas.

Dadas sus características, no provoca daño por arrastre a cultivos colindantes, ni riesgo de intoxicación a los trabajadores ni a las personas en general, tampoco a animales domésticos, ni a la entomofauna y mesofauna beneficiosa, por lo que a mediano y corto plazo las ventajas para el ambiente y especialmente para la salud humana son considerables.

Yumar (2007) obtuvo incrementos entre 30% y 200% en el rendimiento de *Capsicum annuum* L., con dosis de 0,7L.ha<sup>-1</sup> y de 7,19t.ha<sup>-1</sup> de *Sea maiz* L. en grano seco a dosis de 2,0L.ha<sup>-1</sup>, cosechado a los 120 días. Villar (2005) obtuvo incrementos del rendimiento entre 30% y 50% en *Ipomoea batata* L. y *Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott, con dosis de 1,0L.ha<sup>-1</sup>. Ramos y Martínez (2007) informaron la duplicación de los rendimientos en *Brassica oleracea* L. y *Capsicum annuum* L., con dosis de 1,0L.ha<sup>-1</sup>

### 2.10.3 Resultados de Fitomás-E en *S. officinarum* L.

Zuaznábar *et al.* (2005), estudiaron el efecto de la aplicación del Fitomás -E en *S. officinarum* L. en 14 provincias del País, desde el nivel de parcela semi controlada hasta las extensiones en campo y ésta fue replicada en las zafras 2005 -2007. Los estudios se hicieron en todas las cepas, sobre los cultivares económicamente más importantes y en los suelos más representativos bajo condiciones climáticas diversas, con y sin aplicación de fertilizantes. Los resultados que se presentan son consistentes desde el 2002 hasta el presente. El tratamiento en todos los casos consistió en la aplicación foliar de Fitomás -E sobre plantas de 60-70 días de edad, las dosis de prueba fueron 1,0 ó 2,0L.ha<sup>-1</sup> de Fitomás-E; el promedio del incremento del rendimiento agrícola en casi dos mil hectáreas evaluadas a estas dosis, fue de 5,45 y 12,06t.ha<sup>-1</sup>, que representan incrementos de 18,44 y 37,05% respectivamente, en comparación con el testigo sin Fitomás-E y con igualdad del resto de las condiciones de desarrollo.

Zuaznábar *et al.* (2005) y Díaz (2007), sugieren la posibilidad de que Fitomás-E permita sustituir el 50% de la fertilización mineral recomendada, manteniendo el mismo rendimiento de caña. Sin embargo, todos los resultados en este sentido son de cosechas individuales, de un solo año, por lo que se desconoce aún el efecto a largo plazo (después de varios años sucesivos de tratamiento) con el bioestimulante, sobre la fertilidad del suelo y los rendimientos del cultivo.

Díaz (2007), obtuvo incrementos en el rendimiento de *S. officinarum* L. entre 20 y 40%, equivalentes a nueve y 12 toneladas por hectárea, en comparación con testigos; así como un aumento de la tolerancia a condiciones de estrés. Estos resultados han sido en lo fundamental en ciclo de retoño, con dosis de 1,0 y 2,0L.ha<sup>-1</sup> de Fitomás-E entre los 60 y 90 días de crecimiento, por lo que la dirección de AZCUBA, teniendo presente que es un producto nacional de bajo costo (0,80 USD y 1,00 peso MN por litro) y de propiedades muy favorables, ha solicitado se continúen investigando otras dosis.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Área experimental

Los estudios se desarrollaron en la granja cañera de la Empresa Agropecuaria Integral “Ho Chi Minh”, perteneciente al Grupo Agroindustrial “Celia Sánchez Manduley” del Ministerio del Interior, tributaria de caña a la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Boris Luis Santa Coloma” en el municipio Jaruco, provincia Mayabeque y en la Unidad Básica de Producción Cooperativa “Santa Elvira” de la Unidad Empresarial de Base de Atención al Productor “España Republicana”, ubicada en el kilómetro 185 de la carretera norte de Cuba, próximo al poblado Martí en la provincia Matanzas. El período experimental estuvo comprendido entre los años 2009-2011.

### 2.2 Precipitaciones promedio registradas

En el Cuadro 4 se reflejan las precipitaciones promedio registradas en el periodo de evaluación de los experimentos (2009-2011) y la media de 12 años, según el pluviómetro de la Estación Meteorológica de Bainoa de la Red Meteorológica Nacional y la Red Pluviométrica “Esteban Hernández”, (Estación 2002), del Ministerio de la Agricultura, situada en las cercanías del poblado “Esteban Hernández”.

**Cuadro 4.** Precipitaciones promedio registradas (mm)

Meses	Mayabeque				Matanzas			
	Media de 12 años	Años			Media de 12 años	Años		
		2009	2010	2011		2009	2010	2011
Enero	27,3	-	16,9	78,9	43	38	25	-
Febrero	48,0	-	114,1	2,1	50	21	29	-
Marzo	39,9	-	15,9	-	62	52	79	-
Abril	62,4	-	71,8	-	76	85	57	-
Mayo	102,4	-	50,2	-	146	173	122	-
Junio	256,9	-	194,1	-	283	241	255	-
Julio	234,3	-	366,6	-	203	237	118	-
Agosto	334,2	250,8	187,2	-	199	109	121	-
Septiembre	243,2	94,2	169,2	-	235	121	159	-
Octubre	152,3	90,7	97,7	-	158	188	131	-
Noviembre	81,6	63	127,2	-	79	30	58	-
Diciembre	54,7	51,3	17,2	-	57	65	10	-
Total anual	1 522,9	550	1 428,1	81	1 592	1 360	1 254	

### 2.3 Descripción del trabajo experimental

El estudio en cepa de primer retoño se desarrolló en Mayabeque en 2009, en el campo 6 del bloque 317 con el cultivar C86-56 sobre suelo ferralítico rojo (Instituto de Suelos (1975) y Villegas y col. (2003), en condiciones de secano y que fue cosechado el 20 de marzo de 2011 con edad de 13 meses.

El experimento sobre cepa de caña planta se desarrolló en Matanzas en el campo 3 perteneciente al bloque 207 de la Unidad Básica de Producción Cooperativa “Santa Elvira”, plantado el 25 de junio de 2009, con el cultivar C86-56 desarrollado sobre similares condiciones de suelo y carente de irrigación y que fue cosechado el 15 de enero como primavera quedada de 21 meses de edad.

Las aplicaciones de Fitomás-E se realizaron en los primeros tres meses de desarrollo de cada cepa. El bioestimulante fue aplicado en forma líquida mediante aspersión al área foliar, con solución final de 300L.ha<sup>-1</sup> utilizando asperjadora integral modelo Mañéz-Lozano de 800L de capacidad y calibrada para aplicar la dosis necesaria correspondiente a cada tratamiento a presión de trabajo de 3kg.cm<sup>-2</sup> y con boquillas de tipo abanico plano no uniforme (03F110 azul) con 1,13L.min<sup>-1</sup> de gasto. Los tratamientos evaluados se reflejan en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Tratamientos utilizados en los experimentos desarrollados para evaluar el efecto de Fitomás-E en *S. officinarum*.

No	Tratamiento	Fitomás-E (L.ha <sup>-1</sup> )
1	Testigo Estándar	0
2	Fitomás -E	2
3	Fitomás -E	4

### 2.4 Diseño experimental

Los dos estudios se realizaron con un diseño experimental de Bloques al Azar, con tres tratamientos y seis réplicas.

### 2.5 Labores culturales

Las labores culturales a las plantaciones se realizaron según las normas que aparecen en el Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar (2007). Las dosis de fertilizantes minerales (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) fueron aplicadas inmediatamente después de la cosecha anterior, siguiendo las

orientaciones del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE). El cartograma agroquímico actualizado, SERFE (20 09), teniendo en consideración además el rendimiento esperado para el tipo de cepa y las condiciones edáficas limitantes del suelo, recomendó para la condición de caña planta la dosis total (100%) de  $25,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $80,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . La fertilización se realizó en el fondo del surco al momento de la plantación. Para la condición de primer retoño y por recomendación del SERFE se aplicó  $195\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrógeno y  $90,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Se utilizaron como portadores la urea, 42% de N; superfosfato triple 46% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y el cloruro de potasio con 60% de  $\text{K}_2\text{O}$ .

## 2.6 Evaluaciones realizadas

### 2.6.1 Análisis de suelo

- El muestreo de suelo se realizó con barrena edafológica, utilizando el sistema de cuadrícula al inicio y al final de la etapa experimental, a profundidad de 0-20cm. De cada réplica y tratamiento se tomaron 10 sub-muestras para conformar una muestra representativa. El suelo fue secado al aire, molinado y tamizado por malla de dos milímetros. Las determinaciones realizadas fueron:
- pH en cloruro de potasio (KCL): Método potenciométrico, relación suelo-solución 1:2,5.
- Materia orgánica total: Método digestión húmeda de Walkley – Black.
- Potasio y fósforo asimilable: Método de Oniani. (Solución extractiva  $\text{SO}_4\text{H}_2$  0,1N relación suelo - solución de 1:10).

Todas las técnicas utilizadas aparecen descritas en el Manual de Técnicas Analíticas para el Análisis de Suelo según los criterios que se reflejan en Anexo 2 (Cuellar *et al*, 2002).

### 3.6.2 Evaluaciones de crecimiento

Una semana antes de la cosecha se tomaron al azar 30 tallos en cada una de las franjas y se realizaron las siguientes evaluaciones:

- longitud (cm): medido con cinta métrica, desde la superficie del suelo hasta el dewlap visible más alto (dewlap +1). (Anexo 3)
- diámetro (cm): Medido con calibre (Pie de rey)

### 3.6.3 Análisis azucareros

A los tallos seleccionados se les analizaron las variables azucareras que internacionalmente definen la calidad del jugo, utilizando los *Métodos de la Prensa y Hoarau*, según Pérez y Fernández (2006).

- Porcentaje de brix (refractometría).
- Porcentaje de pol en caña (polarimetría).
- Porcentaje de pureza = (% pol en jugo / % brix) x 100.

El volumen estimado del tallo ( $\text{cm}^3$ ) se determinó por la relación  $V = ( \cdot d^2 \cdot h ) / 4$  establecida por INICA (2002) como metodología con validez práctica para estos estudios. Donde:

=3,14 (constante); d=Diámetro medio tallo (cm); h=Longitud del tallo (cm) y 4=(constante)

### 3.6.4 Rendimiento agrícola y azucarero

- La cosecha se realizó de forma mecanizada, con máquina cosechadora CASE (modelo A 7700); la caña correspondiente a cada tratamiento, en franjas de tres surcos y con la superficie correspondiente fue pesada, determinándose el rendimiento de caña ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).
- Con los valores de rendimiento de caña ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y del porcentaje de pol en caña, se determinó el rendimiento en azúcar en toneladas de pol. $\text{ha}^{-1}$ .

## 2.7 Análisis estadístico

Se realizó la comparación de los tratamientos respecto las variables evaluadas en los dos experimentos por separados y unidos, empleando para ello análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de rango múltiple de Tuckey. Los análisis se realizaron en el paquete estadístico *Stagraphics 5,1* (2000).

## 2.8 Evaluación económica

La valoración económica de los resultados, se realizó en pesos cubanos (CUP), ya que los costos USD son autofinanciados por el Sistema de Financiamiento Cerrado del anterior Ministerio del Azúcar (2010), hoy Grupo Azucarero Cubano (AZCUBA). La metodología general se adecuó a la metodología propuesta por

*Food and Agriculture Organization [FAO] (1980)*, ajustada a las condiciones del estudio, calculándose los siguientes indicadores:

- Azúcar Aparente ( $t.ha^{-1}$ ) (AA) = rendimiento del cultivo ( $t.ha^{-1}$ ) (R) x Rendimiento base 96(%) / 100.
- Valoración de la producción de azúcar ( $$.ha^{-1}$ ) (VA) = Azúcar Aparente ( $t.ha^{-1}$ ) x precio de una tonelada de Azúcar ( $$.t^{-1}$ ).
- Valor del aumento de la producción de azúcar con respecto al testigo ( $$.ha^{-1}$ ) (VAPT) = valor de la producción de azúcar de los tratamientos con Fitomás-E ( $$.ha^{-1}$ ) - valor de la producción de azúcar del testigo ( $$.ha^{-1}$ ).
- Costo del azúcar con respecto al testigo ( $$.ha^{-1}$ ) (CAT) = Cantidad de azúcar adicional obtenida con respecto al testigo ( $t.ha^{-1}$ ) x costo de producción de azúcar ( $$.t^{-1}$ ).
- Beneficio neto ( $$.ha^{-1}$ ) (B Neto) = VAPT - CAT

#### Parámetros para la evaluación (Metodología MINAZ, 2010)

Relación V/C	Beneficios del Fitomás-E (Significación)
>1	indica que aporta beneficio
>2	indica beneficio del 100%
>3	indica beneficio muy notable

Para realizar esos cálculos se tomaron como base las fichas de costos vigentes, aprobadas por el Ministerio de Finanzas y Precios para la producción de caña, según MINAZ (2010).

- Rendimiento industrial base 96 Mayabeque (11,81%)
- Rendimiento industrial base 96 Matanzas (10,68%)
- El precio de venta del azúcar a AZCUBA ( $1\ 311,40$.t^{-1}$ )
- Costo de Producción de azúcar en Matanzas ( $973,07$.t^{-1}$ )
- Costo de Producción de azúcar en Mayabeque ( $985,32$.t^{-1}$ )
- El precio de venta del Fitomás-E líquido ( $1,20 $.L^{-1}$ ).
- Costo de aplicación del Fitomás-E ( $8,20 $.ha^{-1}$ ).
- El precio de la caña de azúcar ( $104,00 $.t^{-1}$ ).
- Costo de cosecha de la caña ( $18,05 $.t^{-1}$ ).

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1 Evaluación de la fertilidad de los suelos

Los Cuadros 6 y 7 muestran los resultados de los análisis químicos y su interpretación en cada uno de los estudios al inicio y al final del período experimental.

En el Cuadro 6 se puede apreciar que al inicio del estudio, el suelo correspondiente a la condición de cepa de primer retoño en la provincia Mayabeque, presenta un pH ácido; el contenido de materia orgánica es medio, al igual que el contenido de fósforo y el contenido de potasio es bajo (Cuéllar *et al.*, 2002). Como se aprecia, este suelo requiere de la aplicación de fertilizantes minerales en dosis de 195kg de N y 90kg de  $K_2O \cdot ha^{-1}$ , empleándose como portadores urea y el cloruro de potasio (KCl) con concentraciones de 46 y 60% de N y  $K_2O$  respectivamente, para alcanzar la producción deseada según SERFE (2009). Al concluir el experimento se aprecia que los valores iniciales no se afectaron, manteniéndose las categorías de fertilidad iniciales.

**Cuadro 6.** Resultados de los análisis químicos, e interpretación del análisis, según SERFE (2009), del suelo ferralítico rojo en el experimento de primer retoño en Mayabeque.

Determinaciones	Unidad	Inicio del estudio		Final del estudio	
		Valores	Evaluación	Valores	Evaluación
pH (KCL)	-	5,00	Ácido	5,00	Ácido
Materia orgánica (MO)	%	4,02	Medio	3,17	Medio
Fósforo asimilable (P)	mg.100g <sup>-1</sup>	3,02	Medio	3,37	Medio
Potasio intercambiable (K)	mg.100g <sup>-1</sup>	8,10	Bajo	8,10	Bajo

En el Cuadro 7 se observan las características químicas del suelo del experimento correspondiente a la cepa de caña planta en la provincia Matanzas. Presenta pH ácido, el contenido de P es de 3,32mg.100 g<sup>-1</sup> (medio) y el contenido de  $K_2O$  es de 7,50mg.100g<sup>-1</sup> (bajo). El contenido de materia orgánica en el suelo fue 2,30%, considerado medio. Por estos valores la dosis recomendada por SERFE (2009) a aplicar es de 20kg  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$  y 80,0kg  $K_2O \cdot ha^{-1}$ , la cual se aplicó en el fondo del

surco al momento de la plantación, empleándose como portadores el superfosfato triple (ST) y el cloruro de potasio (KCl) con concentraciones de 46 y 60% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Al final del experimento no se observaron cambios en las categorías de fertilidad.

**Cuadro 7.** Resultados de los análisis químicos, e interpretación del análisis, según SERFE (2009), del suelo ferralítico rojo en el experimento de Matanzas.

Determinaciones	Unidad	Inicio Experimento		Final Experimento	
		Valores	Evaluación	Valores	Evaluación
pH (KCL)	-	4,70	Ácido	4,90	Ácido
Materia orgánica (MO)	%	2,30	Medio	2,10	Medio
Fósforo asimilable (P)	mg.100g <sup>-1</sup>	3,32	Medio	3,16	Medio
Potasio intercambiable (K)	mg.100g <sup>-1</sup>	7,90	Bajo	8,20	Bajo

Los resultados obtenidos en los dos estudios concuerdan con lo demostrado por León *et al.* (1997), Cabrera (1999), Instituto de Suelos (2001), Cuéllar *et al.* (2003) y Cortegaza *et al.* (2007), quienes sugieren que las propiedades físico-químicas del suelo varían en periodos mas prolongados que el analizado. Montano (2008) en su libro "Fitomás- E, bionutriente derivado de la Industria Azucarera" plantea que en ninguno de los suelos estudiados este producto mostró efecto sobre las propiedades físicas y químicas del suelo .

### 3.2 Análisis Multivariado (Análisis de Componentes Principales o ACP)

Dado el número de variables envueltas en el estudio, se realizó un análisis multivariado entre sus componentes principales que permitió disponer de un número mínimo de variables transformadas, resumiendo los patrones fundamentales de variación del conjunto total de variables. Al mismo tiempo se pudo esclarecer los efectos que sobre las variables en estudio posee la aplicación de las diferentes dosis del producto.

Como parte de este análisis se contabilizaron sólo tres componentes, ya que explican cerca del 80% de la varianza de los datos (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Resultados del ACP. Valores propios y explicación de la varianza de los datos por componente.

Datos	Valor propio	Porcentaje de la varianza	Contribución %
1	5,10	42,51	42,51
2	2,96	24,69	67,20
3	1,42	11,85	79,05
4	1,00	8,33	87,38
5	0,78	6,50	93,88
6	0,41	3,45	97,33
7	0,24	1,97	99,30
8	0,08	0,65	99,96
9	0,00	0,03	99,99
10	0,00	0,01	100,00
11	0,00	0,00	100,00
12	0,00	0,00	100,00

El Cuadro 9 muestra la matriz de componentes, en la que se refleja el peso de cada una de las variables en las tres primeras componentes principales. La primera de ellas y más importante, está influenciada sobre todo por el patrón de variabilidad de la dosis, la longitud, el rendimiento agrícola, la pol por hectárea y el diámetro; manifestando, de forma negativa, significativa correlación con los Brix; la segunda componente, en cambio, muestran las similitudes entre los patrones de variación de las variables azucareras. La tercera componente manifestó relación entre la fibra, la pureza y el diámetro.

**Cuadro 9.** Matriz de componentes principales

Variables	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Acidez	2,580	1,630	-8,180
Brix	0,347	-0,242	-0,247
Diámetro	-0,291	-0,068	0,325
Dosis	-0,433	0,026	0,008
Fibra	0,110	0,248	0,690
Longitud	-0,411	-0,070	-0,126
Pol en caña	0,099	-0,552	-0,097
Pol por hectárea	-0,405	-0,154	-0,196
Pol en jugo	0,160	-0,520	0,114
Pureza	-0,205	-0,360	0,447
Rendimiento agrícola	-0,426	-0,017	-0,160
Rendimiento Industrial	-0,037	-0,372	0,227

Leyenda: En rojo se representan las variables de mayor peso en las componentes

Tanto en el Cuadro 9 como en la Figura 2, la dosis de Fitomás-E está relacionada positivamente con el diámetro, la longitud del tallo y el rendimiento agrícola ; mientras que negativamente con el brix de la caña. Es decir, en la medida que Fitomás-E promueve el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar y por lo tanto un mayor rendimiento agrícola, disminuye el contenido de sólidos solubles en el jugo. Estos resultados corroboran lo planteado por Montano (2008), quién afirma que Fitomás-E activa los procesos bioquímicos de las plantas y favorece los procesos de crecimiento, la recuperación del cultivo ante condiciones de estrés y retrasa la maduración.

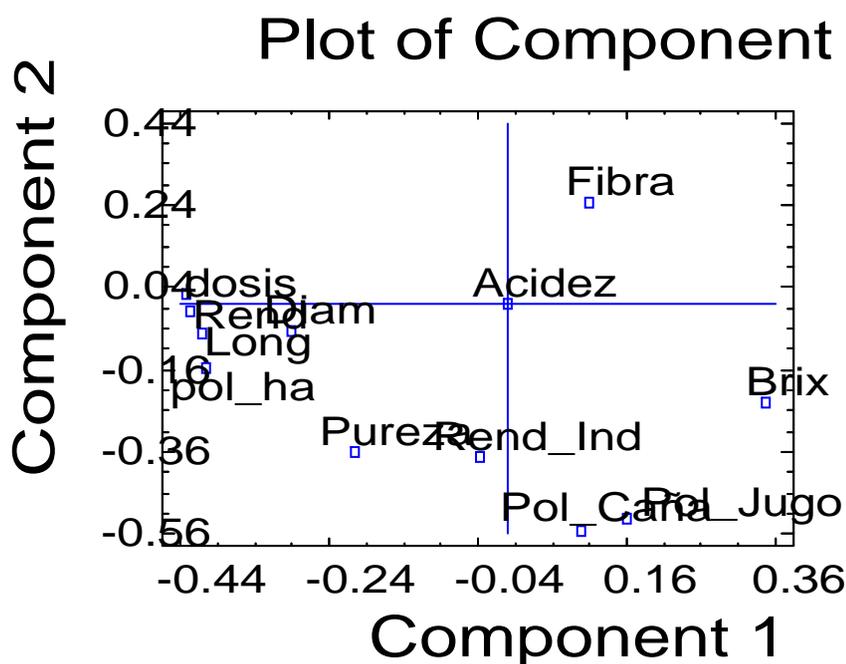


Figura 2. Relación entre las componentes .

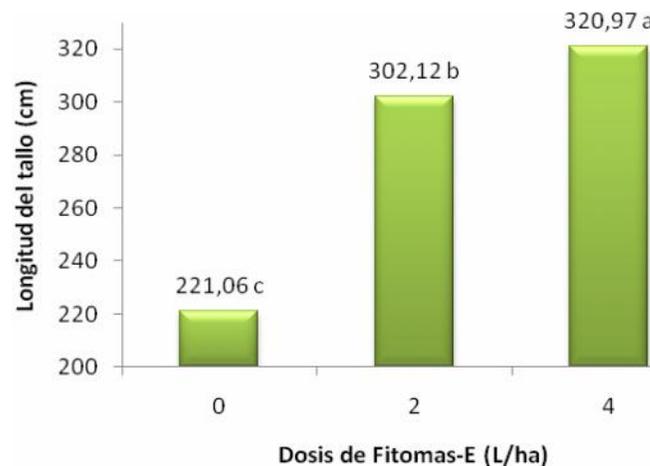
### 3.3 Evaluación individual de las variables

#### 3.3.1 Análisis de las variables de crecimiento

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran los resultados de la evaluación de las variables agronómicas obtenidas en cepa de **primer retoño**.

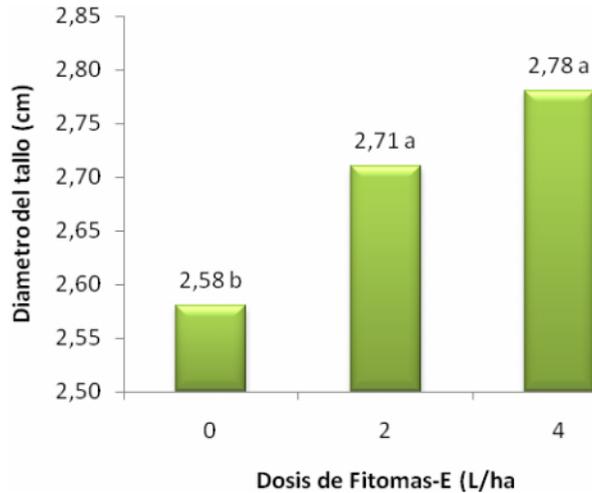
**Longitud del tallo:** Los tratamientos donde se aplicó Fitomás-E mostraron valores significativamente superiores al testigo y entre dosis de aplicación de Fitomás-E; los

valores mayores corresponden a la dosis de 4L.ha<sup>-1</sup>. Estos resultados confirman lo expuesto por Zullo y Adam (2002), quienes plantearon que los bioestimulantes, estimulan la división y el alargamiento celular e incrementan la superficie foliar y la biomasa de las plantas. Coinciden también con los resultados obtenidos en caña por Estrada (1993), Rodríguez *et al.* (2005), Díaz (2007) e INICA (2009) quienes reportan incrementos en el diámetro de los tallos con la aplicación de bioestimulantes.



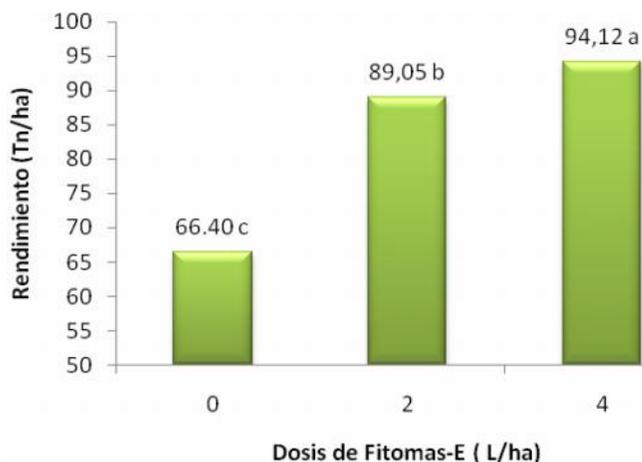
**Figura 3.** Influencia del Fitomás-E sobre la longitud del tallo en cepa de primer retoño (Promedio=281,38; F=197,36; p=0,000).

**Diámetro del tallo:** Los tratamientos mostraron valores significativamente superiores al testigo, aunque entre los tratamientos con Fitomás -E las diferencias no fueron significativas. Los resultados coinciden con los alcanzados por Montano *et al.* (2007), quienes trabajando con este mismo bioestimulante en *L. Sculentum* Mill, encontraron que el producto mejora el comportamiento del cultivo en parámetros tales como: longitud y grosor de las plantas; no obstante, Humbert (1974) señala que el diámetro de los tallos de caña es generalmente una característica de las variedades, lo cual también coincide con lo expresado por González (2011) al evaluar la incidencia del Fitomás E y otros bioestimulantes sobre su desarrollo.



**Figura 4.** Influencia de Fitomás-E sobre el diámetro del tallo en cepa de primer retoño (Promedio=2,69; F=12,76; p=0,000).

**Rendimiento agrícola:** Los tratamientos donde se aplicó Fitomás-E mostraron valores significativamente superiores al testigo entre 22 y 27t.ha<sup>-1</sup>; se observó mayor respuesta con la dosis de 4L.ha<sup>-1</sup> del producto. Estos resultados también están en correspondencia con los obtenidos por Estrada (1993), Rodríguez *et al.* (2005) y Díaz (2007), con la aplicación del Enerplant en caña de azúcar al obtener incrementos en la longitud y el diámetro del tallo que incidieron directamente en el rendimiento por unidad de área, quedando claro su efecto sobre el rendimiento agrícola. Con este propio bioestimulante, pero en *C. sativus* L., López y Vera (2003), lograron incrementos significativos de los volúmenes de producción por área.

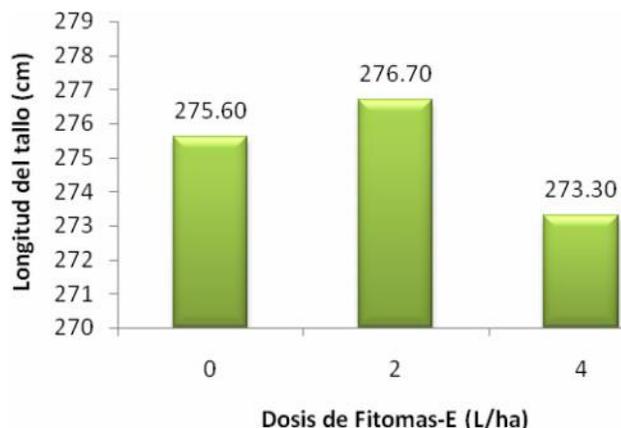


**Figura 5.** Influencia del Fitomás-E sobre el rendimiento agrícola en cerpa de primer retoño (Promedio=83,19; F=1775,83; p=0,000).

En resumen, los resultados obtenidos en primer retoño, muestran que en las variables agronómicas evaluadas, los tratamientos con Fitomás-E, independientemente de la dosis, mostraron valores significativamente superiores al tratamiento donde solo se aplicó la fertilización mineral. Los mejores resultados se alcanzan cuando se utiliza la dosis de  $4\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Estos resultados confirman que el bioestimulante mejora la eficiencia nutricional de la planta (Montano, 2005).

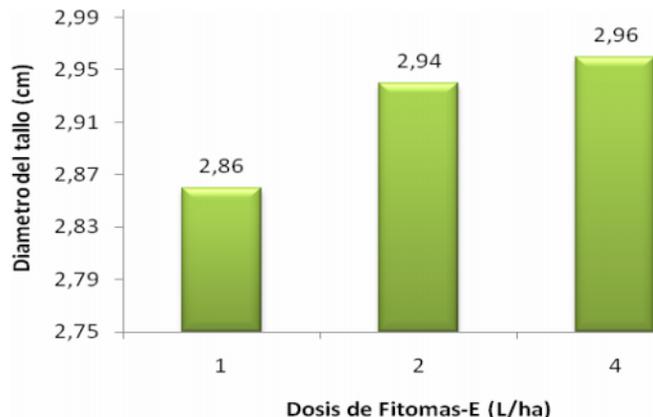
Las Figuras 6, 7 y 8 muestran los resultados de la evaluación de las variables agronómicas en el estudio de **caña planta**.

**Longitud del tallo:** Esta variable no muestra diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Montano (2008) al estudiar diferentes bioestimulantes en caña planta; el propio autor atribuye este hecho, fundamentalmente, a las mejores condiciones físicas del suelo recién preparado en que se desarrolla la cepa, en comparación con el cierto deterioro que ya presenta el suelo en las cepas de retoño.



**Figura 6.** Influencia del Fitomás-E sobre la Longitud del tallo en cepa de caña planta. (Promedio=275,2; F= 0,91; p=0,81).

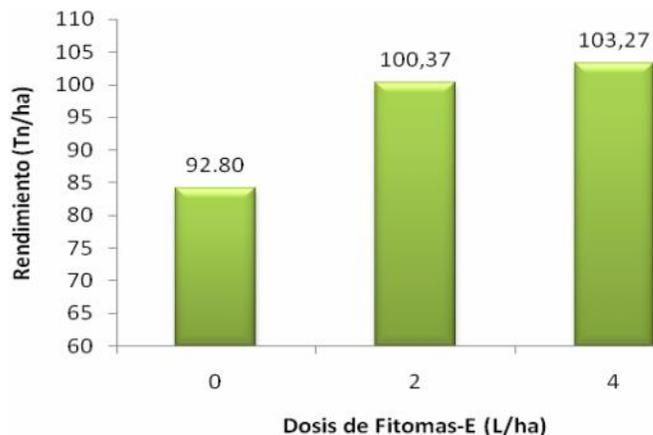
**Diametro:** La Figura 7 muestra los resultados del análisis estadístico del diámetro de los tallos apreciándose que, aunque sin diferencias significativas, se aprecia superioridad de los tratamientos con Fitomás-E con respecto al testigo entre 0,08 y 0,1cm de grosor.



**Figura 7.** Influencia del Fitomás-E sobre el diametro del tallo en cepa de caña planta (Promedio=2,90; F=0,23 ; p=0,79).

**Rendimiento:** Como resulta lógico esperar, los resultados de rendimiento agrícola por área no muestran diferencias significativas entre tratamientos; motivado por la no existencia de diferencias entre sus componentes; no obstante los tratamientos con Fitomás-E 2L.ha<sup>-1</sup> y 4L.ha<sup>-1</sup> superan al testigo en 7 y 10t.ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Estos resultados confirman algunas de las propiedades que se le confieren al Bioestimulante, en el sentido de mejorar la eficiencia de la nutrición haciendo un mejor aprovechamiento de los nutrientes nativos del suelo así como los aportados por la fertilización mineral (Montano, 2008).



**Figura 8.** Influencia del Fitomás-E sobre el rendimiento agrícola en cepa de caña planta (Promedio=95,76; F=4,08; p=0,10).

En las variables de crecimiento y desarrollo se observó de forma general, que desde los tres meses después de la aplicación del bioestimulante, existe una tendencia al mayor crecimiento de las plantas en la cepa de retoños. Resultados similares han sido reportados por Angarica *et al.* (2005) al estudiar este bioestimulante en similares condiciones de suelo y fertilización en Holguín, y por Montano (2008), en Ciego de Ávila, al evaluar menores dosis en similitud de condiciones edafoclimáticas y de cepas.

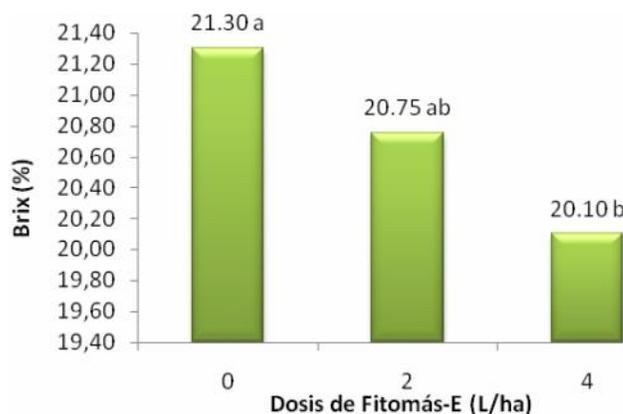
Aunque los resultados obtenidos en caña planta no mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas, se observó una tendencia generalizada de Fitomás-E a favorecer el desarrollo del cultivo, evidenciado a través de los resultados de las variables de crecimiento evaluadas. Resultados similares en caña fueron alcanzados con otros bioestimulantes por Agbiotech (2004), con el uso de Vitazyme y Rodríguez *et al.* (2005).

### 3.3.2 Resultados de los análisis azucareros

#### Resultados de los porcentajes de Brix, Pol, Pureza y toneladas de Pol por hectárea.

Las Figuras 9, 10, 11 y 12 muestran el resultado de estos parámetros en la cepa de **Primer retoño**

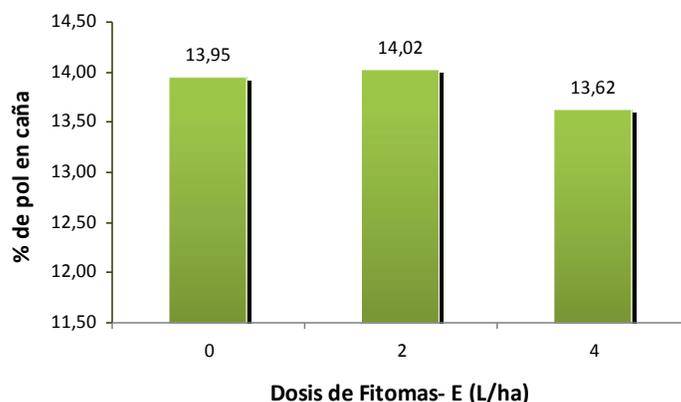
En la Figura 9 se muestran los resultados de Brix medio obtenidos, los cuales reflejan que hay diferencias entre los tratamientos aplicados con el bioestimulante y el testigo; con el incremento de la dosis de Fitomás- E tiende a disminuir el Brix del jugo de la caña, dado que el Bioestimulante promueve el crecimiento de la caña y con ello no se favorece la acumulación de sacarosa; efectos similares han sido observados con la aplicación de nitrógeno en varios experimentos del país tal y como se refleja en tesis doctoral de Domínguez (2009). Coincide también con lo expresado, en consulta personal, por el Doctor Morales Batista (2014) al decir ...” la caña madura o crece”....



**Figura 9.** Influencia del Fitomás-E sobre el Porcentaje de Brix en la caña de retoño (Promedio=20,71; F=5,72; p=0,024).

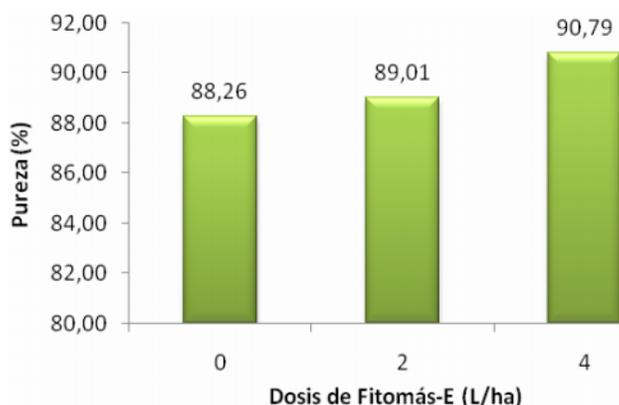
Los porcentajes de Pol en jugo, (Fig. 10), no muestran diferencias significativas entre los distintos tratamientos, lo cual coincide con los resultados reportados por Rodríguez *et al.* (2005) al encontrar incrementos notables en la producción de caña, pero no en los valores de Pol y pureza. También Cortegaza *et al.* (2004), no

observaron influencias significativas de las combinaciones evaluadas sobre la calidad del jugo de la caña de azúcar .



**Figura 10.** Influencia del Fitomás-E sobre el Porcentaje de Pol en la caña de retoño  
(Promedio=13,86; F=0,41; p=0,6814).

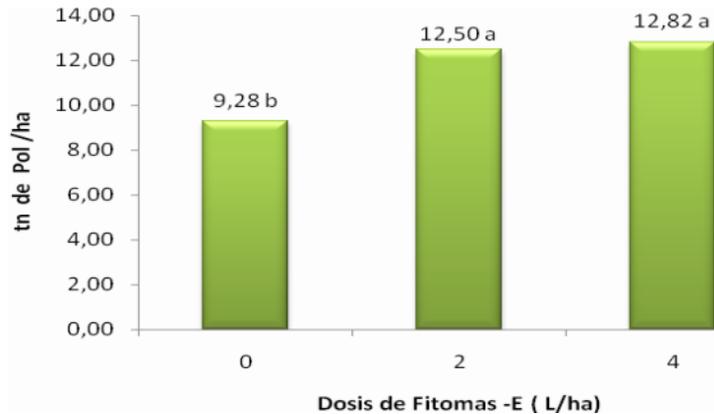
La Figura 11 muestra que a pesar de existir un incremento de dos enteros en la pureza de los jugos con la dosis de 4L.ha<sup>-1</sup> sobre el testigo, esta diferencia no resulta significativa, lo cual corrobora los planteamientos de los autores citados anteriormente.



**Figura 11.** Influencia del Fitomás-E sobre la pureza de la caña de retoño  
(Promedio= 89, 34; F=2,59; p=0,277).

Los resultados de las toneladas de pol por hectárea muestran diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó Fitomás – E con respecto al testigo, pero no entre las dosis del bioestimulante . (Figura 12).

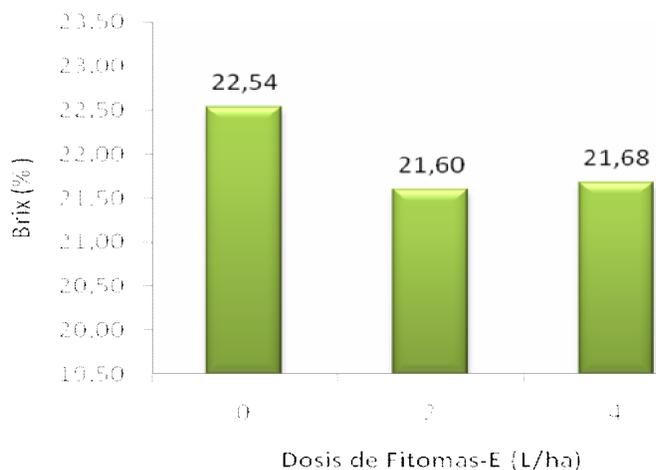
Esta variable es el resultado del cálculo entre el porcentaje de pol y el rendimiento agrícola, por lo cual la diferencia estuvo influenciada por el incremento del rendimiento de caña por área y no por las diferencias en el porcentaje de Pol que no resultaron significativas.



**Figura 12.** Influencia del Fitomás-E sobre las toneladas de Pol por hectárea en caña de retoño (Promedio=11,53; F=62,95; p=0,001).

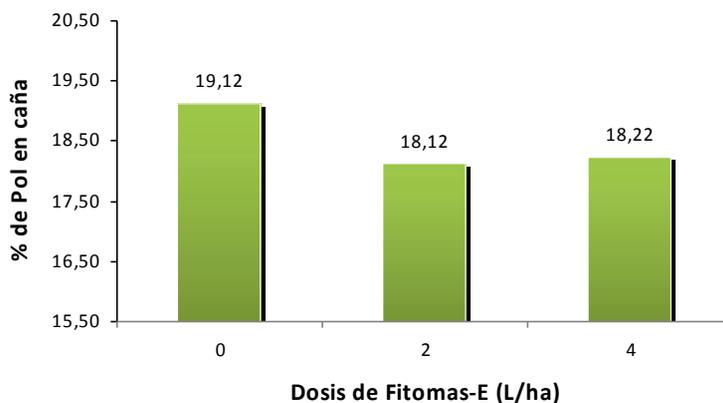
Las Figuras 13, 14, 15 y 16 muestran los resultados de los porcentajes de Brix, Pol, Pureza y toneladas de Pol por hectárea en **caña planta**.

Tal como se muestra en la Figura 13, a pesar de existir una tendencia a la disminución del porcentaje de Brix por la aplicación de bioestimulante Fitomás-E, estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas, reafirmando lo planteado por Cortegaza *et al.* (2004) y Rodríguez *et al.* (2005).



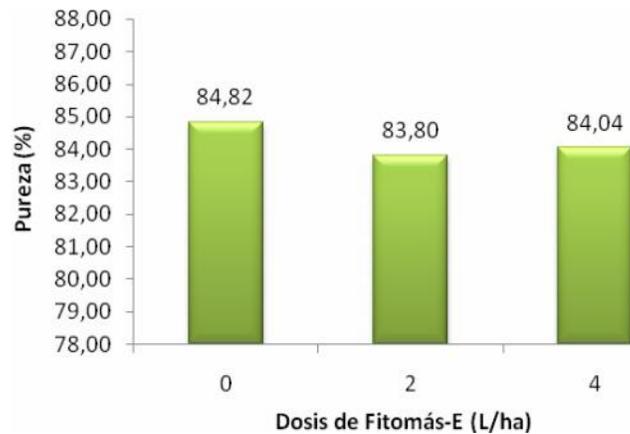
**Figura 13.** Influencia del Fitomás-E sobre el Porcentaje de Brix en caña planta (Promedio=21,94; F=3,71; p=0,072).

Los resultados del porcentaje de Pol en caña planta (Figura 14) aunque reflejan tendencia a la disminución con la aplicación de Fitomás -E, no muestran diferencias significativas con respecto al testigo, lo cual también coincide con los autores anteriormente citados.



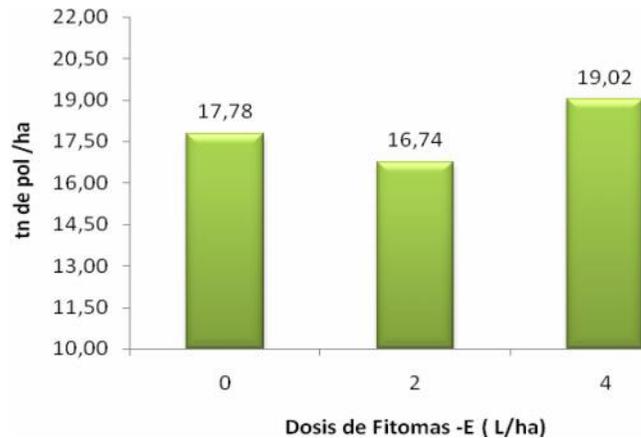
**Figura 14.** Influencia del Fitomás-E sobre el Porcentaje de Pol en caña planta (Promedio=18,48; F=4,10; p=0,0595).

El porcentaje de pureza es el resultado de la relación entre el Brix y la Pol; en la cepa de caña planta, este indicador no muestra diferencias significativas, lo cual resulta lógico dado la no existencia de diferencias significativas entre las variables que la determinan (Figura 15).



**Figura 15..** Influencia del Fitomás-E sobre la pureza del jugo en caña planta (Promedio= 84,22; F=1,85; p=0,571).

Las toneladas de pol por hectárea (Figura 16) en el estudio no obtuvieron cambios significativos ya que tampoco se presentan diferencias significativas entre las variables que la componen.



**Figura 16.** Influencia del Fitomás-E sobre las toneladas de Pol por hectárea en caña planta (Promedio=17,18; F=0,49; p=0,62).

### 3.4 Resultados de la evaluación económica

En la evaluación económica que se presenta en los Cuadros 17 y 18 se utilizan las siguientes abreviaturas:

- **R** = Rendimiento de caña ( $t.ha^{-1}$ )
- **AA** = Azúcar aparente ( $t.ha^{-1}$ )
- **VA** = Valor del azúcar ( $$.ha^{-1}$ )
- **CA** = Costo del azúcar ( $$.t^{-1}$ )
- **VAPT** = Valor del aumento de producción de azúcar con respecto al testigo ( $$.ha^{-1}$ )
- **CAT** = Costo del aumento de la producción de azúcar con respecto al testigo ( $$.ha^{-1}$ )
- **BNeto** = Beneficio neto ( $$.ha^{-1}$ )
- **Rel V/C** = Relación valor-costo

### Análisis económico por condición de estudio

En el estudio de primer retoño, el beneficio neto es mayor con la dosis de  $4L.ha^{-1}$ , sin embargo, la relación valor-costo sugiere un mayor aprovechamiento de la inversión cuando se aplican  $2L.ha^{-1}$  (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Resultados del análisis económico del estudio en primer retoño.

Tratamientos	R	AA	VA	CA	VAPT	CAT	B Neto	Rel
Fitomás-E Dosis $L.ha^{-1}$	$t.ha^{-1}$	$t.ha^{-1}$	$$/ha^{-1}$	$$/t$	$$/ha^{-1}$			V/C
0	66,4	7,84	10 281,37	985,32	-	-	-	-
2	89,05	10,51	13 782,81	985,32	3 501,44	2 630,8	870,64	1,35
4	94,13	11,11	14 569,65	985,32	4 288,28	3 321,99	966,29	1,29

De igual forma, en el estudio de caña planta a pesar de que el beneficio neto fue mayor con la dosis de  $4L.ha^{-1}$ , la relación valor-costo se comportó de forma similar con la aplicación de ambas dosis de Fitomás-E (Cuadro 18).

**Cuadro 18.** Resultados del análisis económico del estudio en caña planta.

Tratamientos	R	AA	VA	CA	VAPT	CAT	B Neto	Rel
Fitomás-E Dosis $L.ha^{-1}$	$t.ha^{-1}$	$t.ha^{-1}$	$$/ha^{-1}$	$$/t$	$$/ha^{-1}$			V/C
0	92,92	9,92	13 009,08	973,07	-	-	-	-
2	100,37	10,71	14 045,09	973,07	1 036,01	768,72	267,29	1,35
4	103,23	11,00	14 425,40	973,07	1 416,32	1 050,91	365,41	1,35

Atendiendo a las afectaciones que fueron observadas en el Brix cuando se aplicaron las mayores dosis de Fitomás-E y su resultado económico, se sugiere mantener en áreas comerciales, bajo las mismas condiciones de estudio, el uso de  $2L.ha^{-1}$ ; y proseguir las investigaciones con la dosis de  $4L.ha^{-1}$ , así como con otras dosis superiores a la estándar, dado el impacto observado sobre el rendimiento del cultivo, cuando se aumenta la cantidad de producto aplicado.

La factibilidad económica de aplicar productos estimuladores del crecimiento a la caña de azúcar, ha sido un tema estudiado y demostrado por muchos autores: Zuaznábar (2004), con Biomás 20 LS; García *et al.* (2001), con Agrispon; Agbiotech (2004), con Vitazyme; Rodríguez *et al.* (2005), con Enerplant; Zuaznábar *et al.* (2005), con Fitomás-E y Díaz (2007), con Fitomás-E, Enerplant y Vitazyme, que los resultados del presente estudio contribuyen a reforzar .

## 4. Conclusiones

1. Con el aumento de la dosis del bioestimulante Fitomás -E bajo las condiciones del estudio en cepa de primer retoño, se aprecian incrementos significativos en el diámetro y la longitud del tallo, por el contrario, tal respuesta no fue observada en la condición de caña planta.
2. El rendimiento agrícola de la caña de azúcar con la aplicación de la dosis de  $4\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Fitomás-E fue significativamente superior, entre 22 y  $27\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respecto al testigo en primer retoño; sin embargo en caña planta, aunque se manifiesta cierto incremento, éstos no llegan a ser significativos.
3. En las dos cepas estudiadas, Fitomás-E influyó negativamente en el brix del jugo, el cual tiende a disminuir en la medida en que aumenta la dosis del producto. No se aprecian afectaciones en el resto de las variables evaluadas.
4. A corto plazo, el bioestimulante Fitomás-E no ocasionó efecto alguno en las variables del suelo analizadas.
5. En ambos estudios el beneficio neto fue mayor con la dosis de  $4\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Fitomás-E, sin embargo, la relación valor-costo sugiere un similar o mayor aprovechamiento de la inversión cuando solo se aplican  $2\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

## **5. Recomendaciones**

1. Atendiendo a las afectaciones del brix que fueron observadas cuando se aplicaron las mayores dosis de Fitomás-E y la evaluación económica, se sugiere mantener en áreas comerciales bajo similares condiciones a las de estudio, el empleo de  $2L.ha^{-1}$
2. Proseguir las investigaciones con la dosis de  $4L.ha^{-1}$  del bioestimulante Fitomás-E y de otras dosis superiores a los estándares aplicados, dado el impacto observado sobre el rendimiento agrícola del cultivo cuando se aumentó la cantidad de producto.
3. Realizar estudios a más largo plazo para evaluar posibles impactos de las aplicaciones continuadas de Fitomás-E sobre las propiedades del suelo.
4. Ampliar los estudios sobre el efecto del Fitomás-E en las variables de calidad del jugo de la caña.

## 6. Bibliografía

- Agbiotech. 2004. Vitazyme: Bioestimulante de los cultivos y el suelo. Disponible en: [www.agbioinc.com/Spanish/FieldTrials/sugar-cane.html](http://www.agbioinc.com/Spanish/FieldTrials/sugar-cane.html) - 39k - Consulta: 6 de octubre de 2012.
- Anderson, D. 1995. Nutrición de las plantas. Quito: IMPOFOS.
- Angarica, B. E.; Reynosa, R.; Creach, R.; Díaz, J. C. y Rojas, Omara. 2005. Evaluación de Vitazyme como estimulante del crecimiento de la caña de azúcar y cultivos de ciclo corto. ETICA Oriente Sur. 2003. Cuba y Caña. PUBLINICA, Ciudad de La Habana. p. 36-43.
- Arcia, J. 1997. Los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Departamento de Suelos y Agroquímica. INICA. p. 69.
- Arzola, N. 2006. Diagnóstico de la necesidad de fertilizantes nitrogenados en caña de azúcar. VI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe. ATALAC. Guayaquil. Ecuador , pp 229-234.
- Bayer CropScience. 2004. Bayfolan Forte fertilizante foliar quelatado. Material de promoción comercial, 4 pp.
- Biswas, B.1988. *Agroclimatology of Sugar Cane Crop. WMO, Technical Note No. 193.*
- Boddey, R. M.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R. and Reis, V. 2003. *Endophytic nitrogen fixation in sugarcane: present knowledge and future applications.* Plant Soil 252, 139–149.
- Borsdorf, A.; Dávila, C.; Hoffert, H.; Tinoco, C.I. 2008. *Institut für Geographie der Universität Innsbruck.* Espacios naturales de Latinoamérica: caña de azúcar. Disponible en: [www.lateinamerikastudien.at/content/natur/naturesp/natur-1356.html](http://www.lateinamerikastudien.at/content/natur/naturesp/natur-1356.html) - 9k - Consulta: 20 de abril de 2012.
- Borthakur, M.P. 1995. *Effect of Dates of Planting and varieties on Yield of Sugarcane. Indian Sugar*, vol 44(9). p. 189 –198.

- Cabrera, A. y Bouzo, L. 1999. Fundamentos técnico-económicos para el uso de fertilizantes y enmiendas en caña de azúcar. Curso 1 del SERFE. INICA-MINAZ.151 pp.
- Cabrera, R. A. 1999. Generalidades sobre la Nutrición de la Caña de Azúcar. En: Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas. INICA. La Habana. p. 3- 102.
- Calaña, J. M. 2008. Comparación de dos métodos de cálculo para la determinación de las dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a aplicar en la fertilización del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Tesis presentada en opción al título de Maestro en Ciencias, INCA.
- CENICAÑA, 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. p.196.
- Chávez, M. 2000. El fósforo y la caña de azúcar. 5to Congreso de ATALAC. San José, Costa Rica. p. 187-214.
- China, M. A.; Pérez, O. G.; Naranjo, M de Oca. F. y otros. 2007. Síntesis histórica de la EPICA de Jovellanos, INICA - MINAZ, 1947-2007, 82pp.
- Cortegaza, P.L.; Blanco, R.; Fernández, A.; González, A.; China Horta. 2007. Factores geoquímicos asociados con la evolución de la acidez en áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. INICA.
- Cuéllar, I. A.; León, M.E.; Ruíz, A.G.; Gómez, D.P. y otros . 2003. Caña de Azúcar, Paradigma de Sostenibilidad. Editorial PUBLINICA, Ciudad de La Habana. p. 45-164.
- Cuellar, I. A.; Villegas, R.; De León O.M.; Iglesias, H.P. 2002. Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar. pp. 78 -87
- Del Toro, F.; Davila, A.; Alonso. N. 1985. El cultivo de la caña de azúcar. Universidad Central de la Villas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Dpto. Producción Vegetal. 176 p.

- Díaz, J. C. 2007. Rendimiento de los lotes control-extensiones de los bioestimulantes Fitomás-E, Enerplant y Vitazime. Informe interno. INICA.
- Díaz, M. F. 2004. Efecto del Vitazyme y el Fitomás -E en el comportamiento productivo de *Vigna unguiculata*. INCA, Informe a proyecto del ICIDCA.
- Domínguez, P. 2009. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana, pp 100.
- Escalona, S.; Balance, Maria C.; Milanés, N. 2007. Fertilización nitrogenada de caña de azúcar en el ingenio San José de Abajo. Córdoba Veracruz
- Espinosa, R. and Gálvez, G. 1993. *Genotype environment interaction in sugar cane. Interaction of genotypes with planting date and harvests cycles. Proc. 17 Cong. ISSCT.*
- Estrada, J. C. 1993. Programa de investigaciones de los aminoles en caña de azúcar en Colombia. Biotécnica Andina S.A. Informe técnico. p p 107.
- FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para los extensionistas. 3<sup>ra</sup> Edición. Roma, 54 p.
- FAO. 2012. Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwatermanagement/sugarcane.stm>  
Consulta: 28 de marzo de 2012.
- Fasihi, S. D. 1971. *Progress in Pakistan, Sugar. World Crops.* 23 (2): 86-87.
- Fernández, M. J. y N. Milanés. 2007. Respuesta de la caña de azúcar ciclo planta a la fertilización orgánico-mineral en el Ingenio Central Progreso. Revista Cuba & Caña, INICA, pp 45.
- Fogliata, F. A. 1970. Experiencias de la fertilización efectuada en República de Argentina. Industria azucarera No. 915: 181 -187.
- García, E. A. 1984. Manual de la caña de azúcar. 3ra. Edición. IMPA. México. p. 11.

- García, I.; Llerena, E.; Díaz, J.C.; Fuentes, N. J. y otros. 2001. Uso de bioestimulante natural en el cultivo de la caña de azúcar. Disponible en: [http:// biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/articulos/ciencia/art91](http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/articulos/ciencia/art91) - 9k - Consulta: 20 de agosto de 2012.
- González, E. 2011. Más respuesta productiva, rentabilidad y eficiencia. *Agrociencia*. Año XI. ISSN 1605-0207, p2.
- González, R. M.; Tomeu, A., Jorge, H.; Santana, I.; Vega, A. 2001. La producción de variedades de caña de azúcar. Retos para el presente milenio, INICA, 90 pp.
- Graveran, M. 2010. Tesis doctoral de Nutrición Vegetal aplicada al cultivo de la caña de azúcar, INCA.
- Handi, Y. A. 1985. La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos. *Boletín de suelos de la FAO*, Norma 49 (1).
- Heredia, S. R. 2006. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Costa Rica, p.65.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. –AGRINFOR, La Habana, p. 64
- Hogarth, D. M. and Allsopp, P. G. 2000. *Manual of cane growing*. Brisbane, 463pp. <http://www.fertilizar.org.ar/articulos/articulos.asp> . -Consulta: 8 de febrero de 2012.
- Huffaker, R.C.; Harbit K. 1987. Efecto del abono foliar Aminol Forte en el crecimiento del trigo. Informe técnico. Universidad de California, EUA, Inagrosa, artículo 1.
- Humbert, R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Editorial Universitaria, La Habana, pp. 32-719.
- ICIDCA, 2004. Fitomás- E, Bionutriente derivado de la industria azucarera. La Habana, 10 pp.

- Inagromex, 1999. Informe técnico sobre prueba en el ingenio San Sebastián, Michoacán, México. Inagrosa, artículo 78.
- Inagrosa, 1999. Lista de Informes Técnicos y Científicos sobre los productos Aminol Forte, Fosnutren y Kadostim.
- Infoagro, 2002. El cultivo de la caña de azúcar. Disponible en: <http://www.producción.com.ar/96oct-07.htm> -Consulta: 20 de enero de 2002.
- INICA. 2009. Uso de bioestimulantes en caña de azúcar combinados con la fertilización mineral. Cuba y Caña. Suplemento especial No2. ISSN1028 - 6527
- INICA. 1993. Bases para la fertilización NPK de la Caña de Azúcar en Cuba.
- Instituto de Suelos. 1975. Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie Suelos. p.23-25.
- Instituto de Suelos. 2001. Programa nacional de mejoramiento y conservación de suelos. Ministerio de la Agricultura. Agroinform, La Habana, 33 pp
- Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. 2007. Dirección de producción de caña, INICA, ISSN1028 -6527, Primera edición.
- Iznaga, O. 1986. Efectividad de los fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar en suelos ferralíticos rojos saturados. Tesis en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, 124 pp.
- Kairos, 2007. Cultivo de la caña de azúcar. Disponible en: [http://www.iris.cnice.mecd.es/Kairos/temas/Intercambios/intercambios4\\_010302.htm](http://www.iris.cnice.mecd.es/Kairos/temas/Intercambios/intercambios4_010302.htm) -Consulta: 8 de agosto de 2007.
- Kamar, M.E. y Omar, A. 1987. Influencia en el rendimiento del pepino y la patata, con la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y Aminol Forte. Informe técnico. Facultad de Agricultura, Universidad de Alejandría, Egipto. Inagrosa, artículo 22

- Kindelan, I. G. 1983. Fitotécnia de la caña de azúcar. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana, Cuba, p. 9-18.
- León, M., 1997. Consideración sobre la fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Informe técnico, INICA, La Habana, 9 pp.
- León, M.; M, González.; M. Pérez.; R. Villegas.; E. Pineda.; H, Pérez. 1997. Falabilidad en Vertisols del actual sistema de recomendaciones de potasio. Memorias del 40 Aniversario de la EPICA, vol. 4.
- Liñan, C. 1998. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. 14a Edición, Madrid, España.
- Liñan, C. 1999. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. 15a Edición, Madrid, España.
- López, R. y Vera, G. 2003. Evaluación de diferentes dosis de Fitomás -E en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS-5. Informe interno, Universidad de Guantánamo.
- Malavolta, E. 1998. *Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane. Ultrafertile S.A., Sao Paulo, Brazil.*
- Mangelsdorf, A. 1953. *Sugar Cane Breeding in Hawai.* II. 1921 to 1952. *Hawaiian Planters Record.* No 54, p.101-137.
- Medina, H. 2005. El ENOS, la variabilidad climática y el patrón de rendimientos de los cultivos. Modelación en caña de azúcar. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. p. 23.
- Mercado, E. y Milanés, N. 2007. Biofertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar (*Saccharum sp*) en la región de Veracruz Central. Revista Cuba & Caña, INICA, p.45.
- MINAZ. 2010. Disposiciones y regulaciones de los precios de venta de la caña para industria y ecológica. Normativa 143-2006.

- Montano, R. 2005. Tesis presentada en opción al título académico de Master en “Agroecología y Agricultura Sostenible”. Universidad Agraria de La Habana.
- Montano, R.; Villar, J.; López, R.; Morejón, E. 2002. Fitomás-E. Estimulante de estimulantes. ICIDCA. Ciudad de la Habana, p. 4.
- Montano, R.; Zuaznábar, R.; García, A.; Viñals, M y Villar, J. 2007. Fitomás-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera , ICIDCA, Ciudad de la Habana, p.10.
- Montano. 2008. Composición, mecanismos de acción y evidencia experimental del bionutriente Fitomás –E. INICA.
- Morejón, E., 2006. Efecto de Fitomás -E en Tabaco bajo condiciones de bajos insumos. ICIDCA, La Habana, Informe al proyecto 271.
- Paneque, V. M. 2004. Estudio de la fertilización nitrogenada en variedades de la caña de azúcar cultivadas en diferentes tipos de suelos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana.
- Peña, L. 2002. Gestión de los agro ecosistemas cañeros. Estudio de caso CAI “Camilo Cienfuegos”. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, 112 pp.
- Peña, L. 2002. Gestión de los agroecosistemas cañeros. Estudio de caso CAI “Camilo Cienfuegos”. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, 112 pp.
- Peral, A. 1990. Evaluación del efecto de los aminoácidos sobre el crecimiento de la caña de azúcar en invernadero. Informe técnico del Instituto para el mejoramiento de la Producción de Azúcar . Córdoba, Colombia.
- Pérez, F. 2002. Efecto de la fertilización fosfórica sobre los niveles productivos de caña de azúcar en Tucumán. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones agronómicas (46): 11-13.

- Pérez, F. H. y Fernández, F. 2006. Métodos analíticos para azúcar crudo. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras. Ministerio del Azúcar. p. 37-71.
- Pérez, H. 1985. Uso del Nitrógeno en la caña de azúcar. Boletín INICA. Edición Especial, 1-70 pp.
- Ramos, M. y Martínez R.; 2007. Aplicación de Fitomás-E en plantas estresadas. Consultorio Tienda Agropecuario, Informe al proyecto 271, ICIDCA.
- Rice, R. W.; Gilbert, R. A; Lentini, R. S. 2002. *Nutritional Requirements for Florida Sugarcane. University of Florida. SS-AGR-228 Document.* p.1-9.
- Rodríguez, E. 2001. Efecto del bioestimulador ENERPLANT sobre el rendimiento de la caña de azúcar en condiciones de producción. Informe de Resultado de Proyecto, MINAZ. 15 p p.
- Rodríguez, E.; Sánchez, J. F.; Campos, J.; García, E. 2005. Biomodulador Enerplant. Biotec Internacional, S.A. de C.V.
- Rodríguez, Y.; R. Martínez.; M. Morales.; E. Morales.; L. Vargas y G. Martín. 2006. Resultados de las aplicaciones en caña de azúcar del bioestimulante Vitazyme en la provincia Holguín” ISSN 1028 – 6527.
- Ruíz, M.; Uset, A.; Ruíz, J del Valle.; A., Medina, H.; Ferrer, M. 2001. Sistema para estimar la afectación en los rendimientos de la caña de azúcar por clima y suelos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Sánchez, H. R.; Palma, D.J.; Ortiz, G.; Obrador O.; y U, López. 2000. Efecto de los residuos post-cosecha sobre las propiedades químicas y rendimiento de caña de azúcar en un suelo Vertisol de Tabasco. In: Memorias del IX Día del Cañero. Cárdenas, Tabasco. pp.42-49
- SERFE. 1996. Bases para la fertilización mineral de la caña de azúcar. Ministerio del Azúcar, p. 18-21

- SERFE. 2009. Recomendaciones de fertilizantes del 2009 para la Empresa “Esteban Hernández”, UASCTE, INICA. MINAZ
- SERFE. 2009. Recomendaciones de fertilizantes del 2009 para UEB “Boris Luis Santa Coloma”, UASCTE, EPICA Mayabeque. INICA. MINAZ.
- Sinclair, T.R.; Gilbert, R.A.; Perdomo, R.E.; Shine, J.M.; Powell, G., Montes, G. 2004. *Sugar cane leaf area development under field conditions in Florida, USA. Field Crops research.* 88: 171-178.
- Trusov, I. 1967. Las precipitaciones en la isla de Cuba. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Cuba.
- Villar, J.; Montano, R.; López, R. 2005. Efecto del fitoestimulante Fitomás-E en cultivos seleccionados. ICIDCA. Volumen XXXIX No. 2/2005.
- Villegas, R. y Regla. M. Chang. 1996. Análisis de la fertilización nitrogenada en cepas de caña planta. Reporte del Dpto. de Suelos y Agroquímica, INICA. Ciudad de la Habana. 17 pp.
- Villegas, R.; Balmaceda. C.; Ponce. D.; Benítez, Ledy y Martín. R. 2003. Informe del Proyecto Estudio: “Evaluación y monitoreo de suelo para el desarrollo de Tecnologías integrales y sostenibles de la Caña de Azúcar”. Inédito. Archivo del Programa Manejo Agronómico. p. 34.
- Villegas, R.; López. M. de León, M.E. 1983. Bases para la fertilización NPK de la caña de azúcar en Cuba. INICA-MINAZ, 8 pp.
- Wood, G. H. 1968. *Nitrogen fertilizers use for sugar cane. Amounts of N required Procc. S. Africa. Sugar. Tech. ASSOC.* 52 (3), 225-241 pp.
- Yates, R. A. 1983. Influencia de las Temperaturas y las Precipitaciones Pluviales Previas a la Cosecha sobre la Calidad de la Caña. ISSCT, XVIII Congress, Cuba.
- Yumar, J. 2007. Efecto de tres dosis de Fitomás-E en el cultivo de pimiento y maíz. Informe al proyecto ICIDCA.

- Zuaznábar, R. 2004. Biomás. Nuevo bioestimulante natural en la agroindustria azucarera cubana. Memorias 48 Congreso ATAC, La Habana. 300 p.
- Zuaznábar, R.; Díaz, J.C.; Córdoba, R.; Montano, R.; Hernández, I.; Hernández, F.y Cortegaza, P. L. 2005. Validación del bioestimulante Fitomás-E en el cultivo de la caña de azúcar. INICA.
- Zuaznábar, Z. R. 2009. Impacto sobre el medio del monocultivo con el uso de la quema y la fertilización nitrogenada en agro ecosistemas cañeros. Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en Ciencias. Universidad Agraria de la Habana. INICA. 78p.
- Zullo, M.; Adam, G. 2002. *Brassinosteroid phytohormones, structure, bioactivity and applications. Braz. J. Plant Physiology.*, 14(3).; 143-181

## 7. Anexos

**Anexo 1** Composición mineral y orgánica de algunos productos bioestimulantes.  
(Datos modificados de Montano, 2005).

Nombre	% N	% P	% K	Micro nutrientes
Fosnutren	-	6,0	-	Cu, Fe, Mn, Zn
Kadostim	-	-	6,0	Cu, Fe, Mn,
Abofol L	24,0	12,0	16,0	Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co
Foliveex AM- P	6,0	16,0	4,0	-
Foliveex AM-N	12,0	6,0	4,0	-
Wuxal AA 8-8-6	8,0	8,0	6,0	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Co
Exprod Complex	3,18	5,5	6,9	B, Fe, Mo
Aminofersal 8-8-6	8,0	8,0	6,0	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Co
Feram 13-6-5 S	13,0	6,0	5,0	-
Aminoluq F	2,5	-	-	B, Cu, Fe, Mo, Zn, Co
Amingot-B	7,4	8,0	5,0	-
Aminolife Complex	14,0	4,0	4,0	B, Mn, Zn
Smenat	7,0	-	-	B, Mn, Mo, Zn, Co
Aminichel Ex	11,0	-	-	S, Fe, Mn,
Aminolife P	12,0	-	-	B, Mn, Zn, Co
Fortamin N-9	4,4	-	-	-
Micsur	13,8	5,0	8,75	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co
Sipfol	7,9	-	-	S, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Co
Bayfolan forte	11,0	8,0	6,0	B, Zn, Mg, Mn, Fe, Ca, Mo, Cu, Co
Enerplant	0,01% de oligosacáridos, obtenido a partir de materiales vegetales mediante un proceso clasificado de extracción.			
Vitazyme	Triacontanol, kinetina, ácidos giberélico, indolacético, fólico y pantoténico, biotina, niacina, vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6 y B12, K, Fe, Cu y Zn, extraídos de granos, peces, algas, bacterias y levadura.			

**Anexo 2.** Categorías de potasio, fósforo y pH (SERFE 2009).

**Categorías de potasio (K)**

<b>Categoría</b>	<b>K asimilable (Oniani) (mg K<sub>2</sub>O / 100g)</b>
Muy bajo	Menor que 6,2
Bajo	Entre 6,2 y 8,8
Medio	Entre 8,8 y 13,8
Alto	Mayor que 13,8

**Categorías de fósforo (P)**

<b>Categoría</b>	<b>P asimilable (Oniani) (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 100g)</b>
Bajo	Menor que 1,2
Medio	Entre 1,2 y 3,6
Alto	Entre 3,6 y 13,0
Muy alto	Mayor que 13,0

**Categorías de acidez (pH)**

<b>Categoría</b>	<b>pH en KCl</b>
Muy ácido	Menor que 4,5
Ácido	Entre 4,5 y 5,0
Medianamente ácido	Entre 5,0 y 5,5
Ligeramente ácido	Entre 5,5 y 6,0
Neutro	Mayor que 6,0

**Anexo 3.** Imágenes del proceso de medición en el estudio de primer retoño (Mayabeque).

