



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA MANEJO SUSTENTABLE DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

EFFECTO DEL BIOESTIMULANTE FITOMAS-e SOBRE EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE LA ZONA DE ABASTECIMIENTO
DEL INGENIO PRESIDENTE BENITO JUÁREZ S.A. DE C.V.

CARLOS MARIO HERNÁNDEZ GOVEA

TESINA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA TECNOLÓGICA

H. CÁRDENAS, TABASCO. MÉXICO.

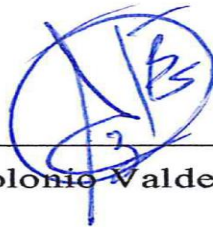
2015

La presente tesina, titulada: “Efecto del bioestimulante Fitomas-e sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar de la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.”, realizada por el alumno: Carlos Mario Hernández Govea bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA
MANEJO SUSTENTABLE DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

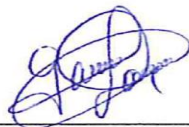
CONSEJO PARTICULAR

Consejero



Dr. Apolonio Valdez Balero

Asesor



Dra. Eustolia García López

H. Cárdenas, Tabasco, a 25 junio de 2015

RESUMEN

“Efecto del bioestimulante Fitomas-e sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar en la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.”

Carlos Mario Hernández Govea, M.T.
Colegio de Postgraduados, 2015

La agroindustria de la caña de azúcar para poder ser productiva requiere de dos factores inseparables e importantes: la producción de materia prima en el campo y la extracción de azúcar en la fábrica. La primera está dada por la variedad y un buen manejo fitotécnico del cultivo, el cual incluye el uso de productos bioestimulantes que contribuyan a producir más caña de azúcar a un menor costo.

En el presente trabajo de tesina, se describen los resultados de un experimento de campo establecido en la parcela de la productora Olivia Ramirez Palma, perteneciente a la zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S. A., sobre suelo Vertisol Eutricto, en condiciones de temporal, en ciclos resoca, con la variedad de caña de azúcar Mex 79-431, con 2 tratamientos cosechada en verde y quemada, donde se evaluó la dosis óptima de 2 l ha⁻¹ del bioestimulante Fitomas-e.

Las variables de los componentes del rendimiento de campo de altura y diámetro de los tallos superaron significativamente al testigo, con la dosis de 2 l ha⁻¹, mientras que el número de tallos por metro lineal mantuvo un comportamiento estable en todos los casos sin diferencia significativa entre los tratamientos estudiados. En el rendimiento de campo, el tratamiento con 2 l ha⁻¹ de Fitomas-e alcanzó valores superiores al testigo comercial en 3.40 y 2.65 t ha⁻¹ en caña verde y quemada respectivamente, que representan incrementos de 6.0% y 4.2% del rendimiento de campo. Para el ciclo re-soca, las toneladas por hectárea, Las variables porcentaje de sacarosa y azúcares reductores al momento de la cosecha no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados y el testigo.

Palabras claves: Bioproducto, rendimiento de campo, sacarosa.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por permitirme realizar la Maestría Tecnológica en “Manejo Sustentable del Cultivo de Caña de Azúcar”, el uso de la infraestructura y el apoyo de su personal académico de la institución, así como por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

Al Ingenio Presidente Benito Juárez S.A de C.V. y la Organización Ardila Lülle (OAL) por el apoyo económico aportado durante la maestría, para mi desarrollo profesional.

Al Dr. Apolonio Valdez Balero, por apoyarme en la realización de mi tesina, por sus aportaciones, comentarios, y su dedicación por enseñar a los demás.

Al Dr. Pedro Daniel Estrada Álvarez, Gerente general del IPBJ, por la oportunidad otorgada para realizar la maestría.

Al Ing. Guillermo Badillo Lagunes, Gerente de campo de IPBJ por las facilidades, apoyo y compañerismo brindado durante estos años.

A la Dra. Eustolia García López, por sus aportaciones en la realización de mi tesina.

A los docentes del Colegio de Postgraduados, por compartir sus enseñanzas, conocimientos y dedicación que hicieron posible mi formación.

A todas aquellas personas que contribuyeron en alguna forma en mi proyecto de Maestría.

Muchas gracias

CONTENIDO

PAGINA

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos particulares	2
2.3. Hipótesis	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. El Fitomas-e, como bioestimulador del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar	3
3.1.1 Uso agrícola y aplicación del Fitomas-e.....	3
3.1.2. Principio activo y presentación de la forma terminada del Fitomas-e.....	4
3.1.3. Efecto del Fitomas-e sobre el cultivo de la caña de azúcar	5
3.2. Fisiología de la caña de azúcar	6
3.2.1 Tasa de crecimiento	8
3.2.2 Índice de área foliar	9
3.2.3 Amacollamiento.....	10
3.2.4 Crecimiento.....	10
3.2.5 Maduración	10
3.3. Ecología de la caña de azúcar	11
3.3.1. Los factores ecológicos y el cultivo de la caña de azúcar.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1. Características del área de Influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.	18
4.2. Caracterización del periodo de lluvias del área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez	19
4.3. Caracterización de los suelos del área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez	19
4.4. Condiciones experimentales del estudio.....	20
4.5. Evaluación de variables estudiadas.....	20
4.5.1. Variables agronómicas.....	20
4.5.2. Rendimiento de campo	21
4.5.3. Variables agroindustriales.....	21
4.6. Caracterización de la Variedad Mex 79-431.	22
4.7. Análisis estadístico y comparación de medias.....	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Registro de variables climatológicas.	23
5.2 Clasificación de suelo	24
5.2.1. Contenido de nutrimentos en el suelo.....	25
5.3. Evaluación del efecto del Fitomas-e sobre los componentes del rendimiento de campo y fábrica de la caña de azúcar, en ciclo resoca.	27
5.4. Evaluación de variables industriales.....	28

5.5. Características generales de la producción en el Ingenio Presidente Benito Juárez, S.A. de C.V.....	29
5.6 Características de la Variedad Mex 79-431. Progenitores: Co 421 x Mex 57-473 (Jiménez, 2011).....	29
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
6.1 Conclusiones.....	32
6.2 Recomendaciones	32
7. LITERATURA CITADA	33

LISTA DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Índices climáticos para la caña de azúcar (García, 1984)	13
Cuadro 2. Factores ecológicos y su influencia sobre diferentes etapas de desarrollo de la caña de azúcar, citado por Creach (1997).	17
Cuadro 3. Descripción y clasificación del suelo del área donde se llevo a cabo el estudio, Según Salgado <i>et al.</i> 2009.	24
Cuadro 4. Caracterización agroproductiva del suelo en estudio (Niño, 2007).	25
Cuadro 5. Clasificación de contenidos de los nutrimentos P y K en suelos.	26
Cuadro 6. Clasificación para la interpretación de pH, materia orgánica y nitrógeno total, citada por Enríquez, 2001	26
Cuadro 7. Clasificación para la interpretación de los cationes cambiabiles, según las categorías presentados por LATO, Orizaba, citada por Enríquez, 2001.	26
Cuadro 8. Resultados de los componentes del rendimiento de campo, ciclo resoca, en el experimento del Ingenio Presidente Benito Juárez parc. Olivia Ramirez Palma C-27.	27
Cuadro 9. Comportamiento del rendimiento de campo en el experimento desarrollado en el Ingenio Presidente Benito Juárez parcela de la productora Olivia Ramirez Palma C-27	28
Cuadro 10. Resultados del bioestimulante Fitomas-e en variables industriales.	28
Cuadro 11. Estadística de rendimiento en Campo y Fábrica, Ingenio Presidente Benito Juárez S. A. en los dos últimos años.	29

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Ubicación geográfica del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.	18
Figura 2. Distribución mensual de las lluvias en la parcela del productor Olivia Ramirez Palma durante el desarrollo del experimento.	23
Figura 3. Vista en el campo de la variedad: Mex 79-431	30
Figura 4. Comportamiento de la madurez de noviembre a mayo variedad de caña de azúcar: Mex 79-431	31

1. INTRODUCCIÓN

La introducción y generalización de diferentes bioproductos, fertilizantes foliares y activadores de las funciones biológicas de las plantas se consideran entre los logros más importantes alcanzados en las ciencias agrícolas, ya que en el siglo pasado muy pocos de estos productos se comercializaban en el mundo, en la actualidad se emplean un número elevado de los mismos con resultados satisfactorios, y resultan una opción para aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos, desarrollando procesos agrícolas con un mínimo impacto sobre los agroecosistemas y en general con una disminución porcentual de los costos de producción, en una época, donde el precio de los agroquímicos son excesivamente elevados y limitada la disponibilidad de recursos financieros (Montano, 2000)

Se ha demostrado que en especial los bioestimulantes son muy eficientes cuando la planta ha sido sometida a periodos de estrés. Por otra parte, algunos investigadores plantean que en diferentes condiciones edafoclimáticas los cultivos de interés comercial como promedio logran entre un 40-65 % de eficiencia en el uso de los nutrientes, siendo necesario un incremento hasta el 70-80 % del potencial para lograr satisfacer las demandas de los próximos 30 años, pudiendo ser considerados los bioestimulantes entre los insumos más importantes para alcanzar este resultado.

El presente estudio tiene como finalidad evaluar la eficiencia del bioestimulante del crecimiento y desarrollo Fitomas-e en la zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V. y su incidencia en el incremento del rendimiento de campo y fábrica de la caña de azúcar.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta de la caña de azúcar clon Mex 79-431 ciclo resoca, a la aplicación de Fitomas-e, en condiciones de temporal.

2.2. Objetivos particulares

- Analizar el comportamiento de las lluvias en la zona de estudio.
- Describir y caracterizar los suelos del área experimental
- Evaluar, en el ciclo resoca del clon Mex 79-431, el efecto del Fitomas-e sobre los componentes del rendimiento de campo y fábrica.

2.3. Hipótesis

- La cantidad y distribución de las lluvias en el área de estudio son adecuadas para el cultivo de caña de azúcar
- Los suelos en estudio son apropiados para el desarrollo del cultivo de caña
- El bioestimulante del crecimiento y desarrollo Fitomas-e, no presenta efecto beneficioso al ser aplicado al cultivo de la caña de azúcar, en condiciones de temporal.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El Fitomas–e, como bioestimulador del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar

El desarrollo vegetal se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas que activan o reprimen determinados procesos fisiológicos, que interactúan entre sí. Estas sustancias químicas constituyen los bioestimulantes, que pueden ser de ocurrencias naturales o producidas en fermentadores, sin ser reguladores fisiológicos. Dichos 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, incrementa la producción y la eficiencia de la fotosíntesis, aumento de la producción o el contenido de antioxidantes, proporcionar a la planta la capacidad de resistencia al estrés, son precursores de hormonas vegetales, contribuyen a la mayor actividad microbiana a mejorar la generación de raíces para la toma de nutrientes por la planta (Dobermann y Cassman, 2007).

Según Zuaznabar *et al.* (2012), la regulación del crecimiento de las plantas, a partir de la aplicación de bioestimulantes del crecimiento y desarrollo de los cultivos, es una tecnología relativamente nueva en los países en vías de desarrollo, aunque ya ha sido establecida en algunos países desarrollados.

Entre los productos comerciales que se reportan con características bioestimulantes se pueden mencionar los siguientes: Enerplant, Vitazyme, Bayfolam, Aminoforte, Biocrece, Ácido húmico, Fitomas-e, etc.

3.1.1 Uso agrícola y aplicación del Fitomas-e

Según Zuaznabar *et al.* (2005, 2012), Díaz *et al.* (2007) y Gálvez (2010), el uso y aplicación del Fitomas-e ha generado los siguientes cambios:

- En caña de azúcar, estimula la nutrición y el crecimiento, lo que permite obtener incrementos en el rendimiento del orden de un 20% y puede reducir las dosis de fertilización mineral de NPK.

- En otros cultivos, estimula la nutrición, crecimiento, floración, fructificación, germinación y enraizamiento, garantizando incrementos en el rendimiento de las cosechas que van desde 5 hasta 70% en casos de hortícolas de hoja y fruto.
- Tiene acción antiestrés en casos de sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, desequilibrios nutricionales, salinidad, plagas y enfermedades, y daños mecánicos. Acorta los ciclos de producción y potencia la acción de los agroquímicos.
- Puede aplicarse con otros productos como plaguicidas, en el caso de herbicidas hormonales, como el 2,4- D, se pueden mezclar, lo que reduce gastos de aplicación.
- Puede sustituir hasta en 16% al herbicida glifosato, según se ha demostrado en caña de azúcar
- Se puede aplicar con tractor y asperjadoras de 400-600 litros, por aspersion mediante pulverización con toberas, en mochilas manuales de 16 litros, con aspersion y cañones de alcance hasta 500 m, en riego por goteo.
- Se aplica a dosis desde 2 a 4 l ha⁻¹, en caña de azúcar se realiza una sola aplicación mientras que en otros cultivos pueden realizarse hasta 3 aplicaciones durante el ciclo vegetativo. **Fitomas-e** se aplica a los cultivos por vía foliar, en diferentes fases de desarrollo del cultivo.

3.1.2. Principio activo y presentación de la forma terminada del Fitomas-e

- Líquido Soluble (LS30) estable, que contiene estructuras bioquímicas (8% de aminoácidos, oligosacáridos, bases nitrogenadas y otras) así como macronutrientes, (NPK)

3.1.3. Efecto del Fitomas-e sobre el cultivo de la caña de azúcar

El Fitomas-e es calificado por expertos como el bioestimulante del siglo, ha demostrado su efectividad en más de 40 cultivos al contrarrestar el déficit nutricional de las plantas, así como los efectos de la sequía, el exceso de humedad, ataques de plagas y la fitotoxicidad por agroquímicos, propiedades edáficas negativas, y otros; evaluándolo como un anti estrés. Montano (2000), Montano *et al.* (2007) y Mayor (2009) consideran que Fitomas-e funciona como estimulador y potenciador de agroquímicos a partir de fuentes protéicas derivadas de la industria azucarera, que se mezclan con sales minerales portadoras de macronutrientes, para dar lugar a un formulado estable y efectivo, que incrementa los rendimientos, entre 6 y 70%, dependiendo del cultivo y las condiciones de empleo y, para el caso de la caña de azúcar señalan que su aplicación mejora el rendimiento de campo, reduce el consumo de fertilizantes inorgánicos y potencia la acción de los herbicidas.

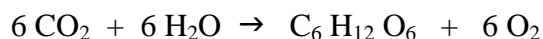
Durante las zafras 2006 a 2009 este bioestimulante se aplicó en más de 380,000 hectáreas en Cuba, donde se observaron incrementos promedio de 30 por ciento de los rendimientos en caña de azúcar, con una sensible disminución en el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes inorgánicos, con la ventaja de que este producto no contribuye a la contaminación de suelos y aguas, ni es tóxico a los animales ni plantas. En Cuba actualmente se utiliza masivamente en plantaciones cañeras, particularmente en ciclos de soca, se extiende con fuerza a otros cultivos en empresas de producción estatal y cooperativa, y se oferta en las tiendas de insumos agropecuarios para los productores de alimentos (Gálvez, 2010).

Zuaznabar *et al.* (2012), refieren que Fitomas-e ha sido evaluado experimentalmente y validado en estudios extensivos en diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba, con resultados muy positivos a dosis de 2 l ha⁻¹ en las principales variedades de caña de azúcar, donde se ha alcanzado un incremento promedio de rendimiento agrícola de 10 t ha⁻¹ en comparación con el testigo (sin aplicación). Además, en estudios extensivos, evaluando la actual cosecha se alcanzaron incrementos del rendimiento de campo de 15.5, 18.6 y 20 t ha⁻¹ con dosis

de 3, 4 y 5 t ha⁻¹ respectivamente, lo que demuestra que aún en las condiciones de Cuba, no han sido explotadas al máximo las potencialidades del producto.

3.2. Fisiología de la caña de azúcar

Es un hecho que los azúcares simples en la caña se forman primero en la fotosíntesis en un complicado proceso en el que el bióxido de carbono y el agua se combinan para formar los carbohidratos; de forma muy simplificada Martín *et al.* (1987), lo representan con la ecuación siguiente.



La cual indica que la unión de seis moléculas de bióxido de carbono y seis de agua dan por resultado la formación de una molécula de azúcar y seis moléculas de oxígeno, el proceso en virtud del cual el bióxido de carbono se incorpora a la planta en forma de carbohidratos se llama asimilación de carbono, o sencillamente asimilación, este fenómeno tiene lugar únicamente en presencia de la luz, por lo que también se llama fotosíntesis.

La asimilación de carbono está asociada con la acumulación de energía, que resulta del proceso inverso:



Este proceso, llamado respiración, ocurre en todos los tejidos vivos y es de particular importancia en los órganos en crecimiento.

La fotosíntesis es un proceso fundamental que determina la productividad del 90% o más de la biomasa seca y, en el caso de la caña de azúcar, del 100% de los productos útiles: la sacarosa y el bagazo (Ortega *et al.*, 1989).

La caña de azúcar pertenece al grupo de plantas del tipo C₄, en el cual los primeros productos de la fotosíntesis tienen cadenas de cuatro átomos de carbono. Estas plantas se

caracterizan por la alta tasa fotosintética en las hojas individuales que se manifiesta en una alta producción de biomasa por hectárea y por año.

La tasa de fotosíntesis de la caña presenta un valor de hasta de 63 micromoles (μmoles) de $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ Bull (1969). Ortega *et al.* (1984) e Irvine (1967) en diferentes variedades de caña de azúcar, encontraron tasas entre 22 y 55 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$, mientras que Cock (1997) obtuvo hasta 50 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$.

En las variedades de caña existen características que se relacionan con la tasa fotosintética neta (F_n). Así, existe una correlación negativa entre esta tasa y el ancho de la hoja, y positiva con el grosor y el peso específico (mg.dm^{-1}) (Irvine, 1975). En las hojas normales de algunas variedades la F_n no se correlaciona con el contenido de clorofila, pero sí con la porosidad de la hoja (Rosario y Musgrave, 1974). Hasta el momento no se ha encontrado una relación directa entre la tasa fotosintética de las hojas y la producción de caña debido, posiblemente, a los problemas que aún existen para la medición de la F_n en forma consistente, y de otros factores como el índice de área foliar y la disposición de las hojas, que inciden en la producción final y enmascaran los efectos de las diferencias en F_n .

Según Coto (2001), en caña de azúcar la F_n aumenta con la intensidad de la luz y muestra la característica de las plantas C_4 en el sentido de no alcanzar un nivel de saturación a altas intensidades. En las zonas tropicales, cuando la radiación solar es alta, generalmente al medio día, los rayos del sol inciden en forma vertical, lo cual favorece una menor intensidad de la iluminación en plantas con hojas erectas, comparadas con plantas de hojas menos erectas. Lo anterior sugiere que esto puede contribuir a la obtención de mayores producciones de biomasa; sin embargo, en la caña este efecto es mínimo debido a que, como se mencionó antes, la fotosíntesis no se satura cuando la iluminación es alta. Irvine y Benda (1980), no encontraron diferencias en la eficiencia fotosintética al comparar variedades de caña con hojas erectas y con hojas horizontales; sin embargo, Cock *et al.* (1995), y González y Ortega (1985) encontraron que, aunque en las plantas jóvenes no se logra la saturación por la luz, en plantas más viejas esto sí ocurre, lo que sugiere la posibilidad de alcanzar algunas ventajas con variedades de hojas más erectas, especialmente cuando éstas tienen mayor edad.

La temperatura óptima para la fotosíntesis es relativamente alta y se encuentra alrededor de 34 °C es necesario notar que la temperatura en las hojas que reciben la radiación solar en forma directa es, generalmente más alta que la temperatura en el aire. En la estación de CENICAÑA, Valle del Cauca, al medio día o en las primeras horas de la tarde se han observado, en las hojas, temperaturas entre 29 y 34 °C, las cuales se acercan al óptimo y están dentro del rango en el que los cambios térmicos tienen poca influencia sobre la tasa de fotosíntesis (Cassalett *et al.*, 1997). La tasa de fotosíntesis de las hojas de la caña de azúcar está estrechamente relacionada con la conductancia estomática, que es controlada por varios factores, entre los que destacan la intensidad de la luz y el balance hídrico del complejo planta-suelo-aire (Espinosa, 1991).

La F_n es alta en plantas jóvenes, y empieza a decrecer a los cuatro o cinco meses (Hart y Burr, 1967; Waldron *et al.*, 1967; Kortschak y Forbes, 1968; Bull y Tovey, 1974). Las investigaciones en CENICAÑA realizadas por Cock *et al.* (1995), confirmaron que la F_n es más alta en plantas jóvenes a niveles de luz superiores a $500 \mu\text{m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ en el valle geográfico del Río Cauca donde, al medio día sin nubes, la intensidad de luz es aproximadamente de $2,200 \mu\text{m}^{-2} \text{seg}^{-1}$. En la zona azucarera de Colombia, la F_n máxima ocurre en plantas de tres meses de edad y luego decrece notoriamente. Aunque la intercepción de la radiación solar puede ser casi completa entre cuatro y cinco meses después de la siembra, o a la misma edad en las socas después de la cosecha anterior, la tasa de producción de biomasa tiende a disminuir con la edad del cultivo. La F_n también es afectada, entre otros factores, por la acumulación de metabolitos. Hart y Burr (1967) sugieren que cuando la insolación es alta, la mayor acumulación de sacarosa en las hojas puede inhibir la fotosíntesis. Sin embargo, otros investigadores (Waldron *et al.*, 1967; Irvine, 1967; Alexander, 1973) no encontraron disminución en la tasa de F_n , debido a la acumulación de metabolitos.

3.2.1 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la caña se mide en términos de materia seca (MS), producida por unidad de área y tiempo. La información que existe en este sentido en la zona tropical próxima a la línea ecuatorial es escasa; se sabe que el tallo es la parte de la planta que tiene la

mayor importancia económica y con frecuencia se utilizan el número y la tasa de elongación de éste para estimar el crecimiento (Cassalett *et al.*, 1997).

Cock *et al.* (1995), mencionan que en el Valle del Río Cauca, durante los primeros tres meses de crecimiento de la planta, ocurre un período en el cual el amacollamiento es rápido y el alargamiento de los tallos es mínimo. Luego, cuando aumenta la biomasa del cultivo, hay poca luz en la parte basal de la planta y, como consecuencia, el amacollamiento es mínimo y muchos de los tallos formados se mueren. A partir del quinto mes, el número de tallos permanece más o menos estable. Este comportamiento es sumamente importante cuando se estudian diferentes formas de manejo de los residuos de la cosecha en caña de azúcar.

El déficit de agua durante el período de amacollamiento reduce el número de tallos; sin embargo, si el déficit no es severo, este efecto generalmente desaparece una vez que se regula el suministro de agua. También se ha observado, que las aplicaciones de nitrógeno estimulan el amacollamiento. En el cuarto y quinto mes, los tallos presentan un alargamiento rápido, pero la tasa de éste disminuye en forma paulatina a medida que aumenta la edad del cultivo. Durante la época de máximo alargamiento, la tasa normal de crecimiento es de 1.25 cm día^{-1} . No obstante, en la zona tropical de Java se han encontrado tasas de crecimiento de 2.3 cm día^{-1} y en las zonas subtropicales de Louisiana y Queensland pueden llegar a 3 cm día^{-1} durante la época de verano. En Louisiana la tasa de alargamiento del tallo de la caña de azúcar estuvo relacionada con la temperatura media del aire y no fue afectada por el déficit de agua (Irvine *et al.*, 1968). En la zona azucarera del Valle del Río Cauca, el crecimiento de la caña no parece ser de importancia la temporada media del aire fluctúa poco durante el año; por lo tanto, su efecto en el crecimiento de la caña no parece ser de importancia; por otra parte, se ha observado que el déficit de agua causa una disminución significativa en el alargamiento de los tallos.

3.2.2 Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) es un parámetro fundamental para la determinación de la productividad (Gómez y Milanés, 1987), se define como el área foliar por unidad de superficie del suelo. La fotosíntesis total por unidad de superficie del suelo se determina por la eficiencia de conversión de la energía solar multiplicada por la cantidad de energía solar interceptada por las

hojas. La intercepción de la energía solar es una función logarítmica del IAF. En un cultivo como la caña de azúcar se requiere un IAF con un valor entre cuatro y seis para interceptar 90% de la radiación solar, en este rango se maximiza la tasa de crecimiento, sin mantener un exceso de follaje.

El valor máximo de IAF encontrado en caña de azúcar es de ocho (Irvine, 1983). En Colombia las mediciones preliminares indican que los valores de IAF varían entre cuatro y siete, en cultivos de ocho a nueve meses de edad. En general, el valor más alto se obtiene en el cultivo de plantilla (Cock *et al.*, 1995). El área de la hoja aumenta con la edad de la planta y alcanza su máximo valor a los nueve meses, pero luego decrece si las condiciones no son favorables (Irvine, 1983).

3.2.3 Amacollamiento

Este proceso consiste en la brotación de nuevos tallos a partir de la plántula germinada o tallo primario, para constituir lo que se conoce propiamente como cepa. Los factores que intervienen en el amacollamiento son: variedad, luz, temperatura, agua, nutrientes, espaciamiento entre pares, grosor de la tapa de siembra, despunte y época de siembra (Dillewijn, 1968; Humbert, 1974; Camargo, 1976; y Balance *et al.*, 2003).

3.2.4 Crecimiento

Los factores que afectan el crecimiento; según Mercado y Marín (2000) y Balance *et al.* (2003), son los siguientes: variedad, humedad, fertilizante, temperatura, luz, superficie foliar y viento.

3.2.5 Maduración

Los azúcares formados en las hojas van a todas las demás partes de la planta, donde son utilizados, en parte, en la respiración y en la formación del cuerpo de la planta, el resto es almacenado en el tallo en forma de sacarosa. A este proceso se le denomina maduración.

Dillewijn (1968) y Balance *et al.* (2003), refiriéndose al crecimiento y maduración de la caña de azúcar, señalan que en los carbohidratos se pueden distinguir tres diferentes grupos:

azúcares simples o monosacáridos, azúcares dobles o disacáridos y los azúcares múltiples o polisacáridos, la glucosa es un monosacárido que contiene seis unidades de carbono: $C_6 H_{12} O_6$, al igual que la fructosa, que tiene la misma fórmula química pero difiere en otras propiedades, ambos son azúcares reductores, debido a su poder de reducir las soluciones de Fehling y ambos resultan de la inversión del azúcar de caña.

El azúcar de caña es un disacárido, debido a que está integrado por dos azúcares simples, contiene el doble de las unidades de carbono de los monosacáridos: $C_{12} H_{22} O_{11}$ y es químicamente idéntico al de remolacha. Los polisacáridos, están compuesto por muchas unidades de azúcares, los más importantes son los almidones y la celulosa, esta última es el principal componente de la fibra de la caña de azúcar.

3.3. Ecología de la caña de azúcar

3.3.1. Los factores ecológicos y el cultivo de la caña de azúcar

Los factores ambientales incluyen los ecológicos y los de manejo, los factores ecológicos se refieren al componente abiótico del agroecosistemas cañero, principalmente al clima y suelo; según Heinz (1987), Pérez (1997) y García del Risco (1996) la caña de azúcar se origina en las regiones tropicales del mundo y a través de su desarrollo y evolución ha ampliado su capacidad de adaptación a una mayor diversidad ecológica.

Factores climáticos

La caña de azúcar se desarrolla principalmente en climas tropicales y subtropicales (cálidos húmedos y subhúmedos), con temperaturas que van de los 10 °C hasta los 40 °C y precipitaciones de 950 mm en adelante, Margelsdof citado por García, 1984, indica que las características de un clima ideal para la caña de azúcar son:

1. Un verano caliente, con lluvia adecuada durante el período de crecimiento
2. Un clima seco soleado y frío, pero sin heladas en la época de maduración y cosecha
3. Ausencia de huracanes y vientos fuertes

Los elementos del clima que juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar son la temperatura, humedad y luz solar. La altitud, latitud, orografía, etc. Son algunos otros factores que influyen en el desarrollo del mismo

Temperatura

Mercado y Marín (2000) mencionan que la temperatura del aire es un factor de importancia en un conjunto de procesos fisiológicos de la caña de azúcar, como la producción de nuevos brotes (ahijamiento). Diversas investigaciones han demostrado que la caña de azúcar acelera, mantiene o detiene el crecimiento de los tallos cuando los valores de la temperatura se establecen en determinados rangos, existiendo valores óptimos para estas funciones.

La temperatura del suelo influye positiva o negativamente en la brotación de vástagos y está estrechamente relacionada con el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Humedad

El agua constituye, para los seres vivos y en especial para las plantas, un factor de vital importancia, tanto cualitativa como cuantitativamente. Sus principales funciones en las plantas son (Balance *et al.*, 2003):

1. Es el constituyente principal del protoplasma
2. Disuelve los nutrientes del suelo haciéndolos asequibles
3. Es el medio transportador de nutrientes y productos elaborados por la planta misma, de una a otra célula, de un tejido a otro y de un órgano a otro.
4. Funciona como medio en el cuál tienen lugar todas las relaciones metabólicas
5. Es un producto participante en varias reacciones metabólicas
6. Factor indispensable para el proceso fotosintético, ya que suministra los electrones para la reducción del CO₂, incorporando el H a los compuestos orgánicos y liberando el O₂.

7. Concede turgencia a las células en crecimiento
8. Es el producto final de la respiración
9. Interviene de manera determinante en los procesos de crecimiento y desarrollo tales como germinación, crecimiento vegetativo, reproducción, etc.

La caña de azúcar es un cultivo de alta demanda de agua, García (1984), señala que requiere un mínimo de 1,500 mm de precipitación anual y en zonas con menor cantidad y mal distribuidas requieren de riegos de auxilio. El mismo autor señala que para producir un kg de azúcar se requiere de 500 litros de agua e indica que los factores climáticos desempeñan un papel importante en el cultivo de la caña de azúcar, mencionando los índices que se muestran en el Cuadro 1.

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

Temperatura	Precipitación
Margen de germinación óptima: de 32 a 38 °C	Zonas con precipitación menor de 1,500 mm anual y mal distribuida requieren riego.
Margen óptimo para el desarrollo y absorción de nutrientes: 27 °C	La necesidad de agua en clima templado-cálido (subtropical) varía de 3.8 a 8.6 mm por día en un año. completo
Margen de desarrollo normal: 21 a 38 °C	La necesidad de agua en clima cálido varía de 4.8 a 8.9 mm por día
Margen en que la caña retarda su desarrollo: 10 a 21 °C	En México el promedio general está entre 5.5 y 6.8 mm por día
Margen en que la caña paraliza sus funciones: menos de 10 °C	
Margen en que la caña se daña: menos de 2 °C	

Luz

El agrosistema cañero depende del suministro de energía para su funcionamiento, prácticamente toda la energía que consume o transforma procede del sol. En términos generales son tres características de la luz solar que ejercen una marcada influencia en el cultivo de la caña de azúcar (INICA, 1997).

Intensidad solar

Se refiere a la cantidad de energía recibida por unidad de área y tiempo (calorías cm^{-2}), lo cuál influye de manera determinante en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, especialmente en el crecimiento

Calidad de la luz

Se refiere a la longitud de onda de la radiación solar. La radiación comprendida entre los 360 y 760 nm (nanómetros), lo que se denomina luz (longitud azul y roja) es la utilizada en la fotosíntesis de la planta. Esta característica es de especial importancia para la caña de azúcar, ya que está considerada como el cultivo de mayor capacidad fotosintética y, por ende, de transformar la energía solar en calorías vegetales expresada como sacarosa, ya que pertenece a las plantas del grupo fotosintético C_4 .

Duración solar

Se refiere al número de horas luz que ocurre durante el día, el cuál tiene influencia en el fotoperíodo de las plantas, que se define como el control de procesos fisiológicos (inclusive la floración), debido a la alternancia de períodos de luz y oscuridad en sus ciclos diarios de 24 horas.

Evaporación

Este fenómeno está muy relacionado con el proceso de transpiración de la planta, de donde deriva el concepto de Evapotranspiración, la cuál se define como la suma de la pérdida de agua del suelo y la transpirada por la planta, también se le conoce como Uso Consuntivo del Agua.

La transpiración ocurre principalmente en las hojas de la planta, su grado es mínimo al amanecer y alcanza su máximo poco antes del mediodía; este es el proceso por el cuál pasa del suelo a la planta, para cumplir diferentes procesos metabólicos y parte de ella pasa a la atmósfera, dependiendo del contenido de agua en el suelo, de la técnica de riego utilizada y del manejo del cultivo, entre otros.

Vientos

El viento influye en la caña de azúcar en sentido negativo y positivo.

Aspectos negativos:

1. Provoca el acame de los tallos, lo cual dificulta y eleva los costos de la cosecha, además favorece la incidencia de enfermedades sobre todo fungosas.
2. Es un vehículo de diseminación de malezas, plagas y enfermedades al transportar semillas, larvas y esporas.
3. Los de baja velocidad facilitan las heladas.
4. Los de alta intensidad causan daños mecánicos a la planta, como el rasgado del follaje, lo cuál afecta a la fotosíntesis.
5. Influye en la evaporación de la humedad del suelo y en la transpiración de las plantas, de tal manera que cuando es cálido y seco somete a las plantas a una fuerte transpiración, que si se prolonga afecta la cosecha.

Aspectos positivos:

1. Permite la renovación del aire que rodea la planta.
2. Vehículo de transporte de aire del mar a la tierra, lo que provoca precipitaciones

Suelo

La caña de azúcar es una planta que se adapta a una gran diversidad de suelos y de condiciones edáficas en general; prospera en suelos de textura franca hasta arcillosa, de profundidad alta a baja, de buena a mala fertilidad, de pH ácidos hasta alcalinos, de topografía plana hasta quebrada, etc.

García del Risco (1996) menciona, entre las características edáficas ideales para la caña, las siguientes:

1. Terrenos de origen volcánico o aluviones
2. Textura franca
3. Estructura granular, porosa
4. Gran capacidad de retención de humedad
5. Profundidad de 70 a 80 cm o más
6. Drenaje superficial natural y no limitado por una capa freática
7. pH entre 6.0 y 8.0
8. Vida microbiana activa y suficiente contenido de materia orgánica
9. Buenas reservas de nitrógeno, fósforo y potasio, así como de elementos minerales asimilables
10. Ni exceso de sales tóxicas ni carencia de oligoelementos
11. Topografía plana o poco ondulada
12. Buena capacidad de intercambio catiónico
13. Sin piedras, troncos u otros obstáculos físicos

Otros autores como Creach (1997), señalan la influencia de los factores ecológicos sobre las diferentes fases de desarrollo de la caña de azúcar, tal como se muestra en forma sucinta en el Cuadro 2.

Finalmente, es necesario resaltar que los factores ecológicos influyen en la determinación del componente biótico (micro y microbiología del suelo, malezas, plagas, enfermedades, etc.), y en las condiciones de manejo del agrosistema cañero; de ahí que sea de vital importancia la

zonificación agroecológica del cultivo como instrumento básico para lograr la alta productividad azucarera.

Cuadro 2. Factores ecológicos y su influencia sobre diferentes etapas de desarrollo de la caña de azúcar (Fuente: Creach, 1997).

Factores	Germinación	Ahijamiento	Crecimiento	Maduración
Suelo	Es importante el tipo de suelo y el grosor del tape	Depende el tipo de suelo y drenaje. Interviene por la humedad y temperatura que presente.	Interviene por sus características físicas: compactación, humedad, etc.	Influye a través del contenido de humedad, nitrógeno y potasio
Agua	15 – 25%	Aún sin fertilizarse favorece el rendimiento y el proceso	A mayor humedad mayor crecimiento por encima del punto de marchitez	A menor humedad mayor maduración
Temperatura	Óptima de 32 a 36 °C	Óptima de 30 °C	Óptima de 33 a 37 °C	Menores temperaturas son favorable para que se produzca el proceso, de maduración en interacción con la temperatura
Luz	No tiene influencia	Influye en el contenido de sustancias reguladoras del crecimiento	Plantas cultivadas a plena luz del sol producen más materia seca	La presencia de luz debe ser favorable para que se produzca el proceso de maduración en interacción con la temperatura

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Características del área de Influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.

El área de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez se localiza entre los 17° 56' y 18° 24' LN; 93° 17' y 94° 08' LO (Figura 1); en esta zona el clima es cálido húmedo. En los suelos se distinguen dos áreas bien diferenciadas, la zona baja con altura promedio de 2.5 msnm, a la que corresponden los poblados C-11, C-14, C-10 y C-15; y la zona alta, cuya altura promedio es 11.0 msnm que incluye a los poblados C-31, C-41, C-40, (www.maps.piscalis.es).

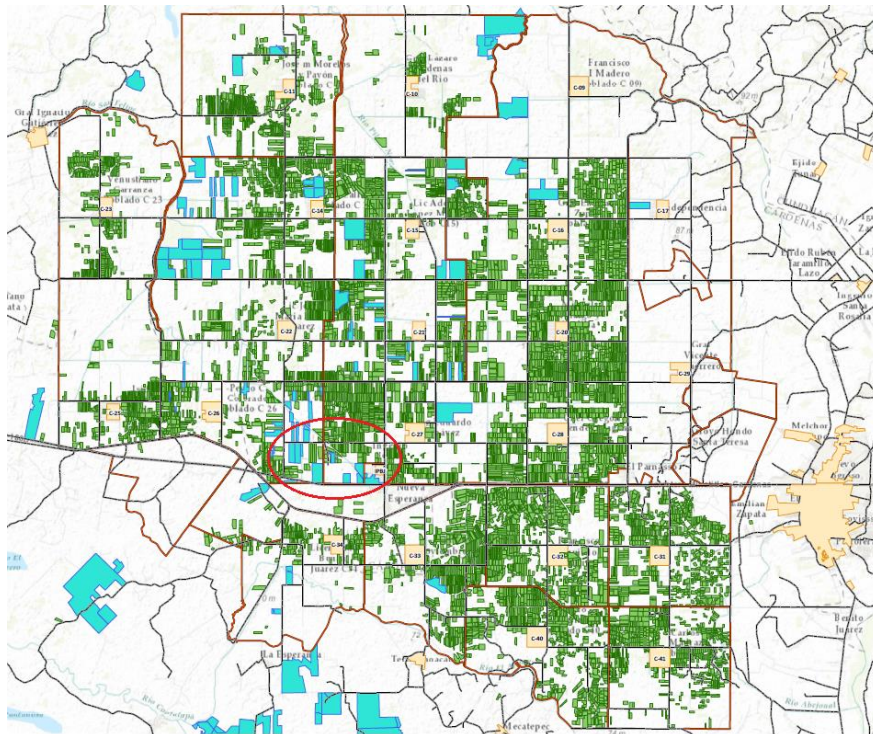


Figura 1. Ubicación geográfica del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.

Topografía. En un 90% en promedio es plana y el resto ondulada.

Orografía. Los suelos de la zona se originaron principalmente del acarreo y deposición de materiales desintegrados de rocas sedimentarias (calizas, lutitas, calcilutitas) localizados en las estribaciones de la sierra de Chiapas. Por su modo de formación, estos suelos se consideran aluviales y lacustres con texturas finas que van de arcillosa, franco-arcillosa, arcillo-arenosa y arcillo limosa.

Hidrografía. Los recursos hidrográficos son variados, aunque no de manera tan crítica como en el centro del estado. El extremo oriental del municipio esta bordeado por el rio Mezcalapa, que corre hacia el oriente hasta desembocar en el Golfo de México. En la parte norte se encuentran los ríos San Felipe, Naranjeño y Santana.

Comunicaciones. El IPBJ se encuentra ubicado en el Poblado C-27, Ing. Eduardo Chávez Ramírez, del Plan Chontalpa, a 25 km de la Ciudad de Cárdenas, Tabasco y se llega por la carretera del golfo, a la altura del km 163 rumbo a Coatzacoalcos, Veracruz.

4.2. Caracterización del periodo de lluvias del área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez

Para el análisis del periodo de lluvias del área de influencia del IPBJ, durante el desarrollo del experimento se realizó el registro de las precipitaciones, coleccionándose además los datos históricos, provenientes de la estación meteorológica del Ingenio Presidente Benito Juárez. Lo anterior con la finalidad de establecer la relación que las lluvias tienen sobre el desarrollo del cultivo.

4.3. Caracterización de los suelos del área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez

Para la caracterización de los suelos del área de influencia del IPBJ se coleccionaron los datos existentes sobre el tema para determinar sus principales características, realizándose además la descripción de un perfil de suelo y su clasificación. A partir de ello se precisaron los factores limitativos para la producción de caña y azúcar en base a lo propuesto por Niño (2007).

4.4. Condiciones experimentales del estudio

Para evaluar la eficiencia del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar Fitomas-e, se estableció un experimento de campo en la zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V., específicamente en la parcela de la Sra. Olivia Ramirez Palma. El clon de caña de azúcar evaluado fue el Mex 79-431 en ciclo resoca tercera o más, en condiciones de temporal. La cosecha se realizó en caña verde (cruda) y en caña quemada.

Los parámetros evaluados fueron: rendimiento de campo al momento de la cosecha, diámetro, altura y población expresada en número de tallos por metro lineal.

El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con seis repeticiones y parcelas conformadas por cuatro surcos de diez metros de longitud, con una separación entre hileras de 1.20 metros para un área de parcela de 48 m².

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Cosecha verde con aplicación de Fitomas-e 2 l ha⁻¹.
2. Cosecha quemada con aplicación de Fitomas-e 2 l ha⁻¹.
3. Cosecha verde sin bioestimulante.
4. Cosecha quemada sin bioestimulante.

La aplicación del Fitomas-e se realizó a los cuatro meses de edad, con el producto disuelto en 200 litros de agua y asperjado sobre el follaje de las plantas de caña de azúcar, en una sola aplicación.

4.5. Evaluación de variables estudiadas

4.5.1. Variables agronómicas

Población de tallos molederos: Se refiere al número de tallos molederos por unidad de superficie, su calificación se realizó antes de la cosecha, utilizando el método de zig-zag para su muestreo en campo en una longitud de 2 metros.

Altura de tallos molederos: Esta es una de las características agronómicas más influenciadas por el medio, su calificación se verificó antes de la cosecha, considerando la medición desde la base del tallo hasta el primer collar visible, utilizando el método de zigzag, midiendo 10 tallos por parcela útil.

Diámetro de tallos molederos: Se refiere al grosor de los tallos molederos, su evaluación se realizó antes de la cosecha, empleando un vernier de pie de rey, efectuando la medición en el tercio medio del tallo, utilizando la metodología de zigzag, midiendo diez tallos por parcela útil.

Sanidad: Las calificaciones fitosanitarias son visuales y se realizaron cada tres meses, de acuerdo con la metodología propuesta por el IMPA (1987). El registro fitosanitario se efectuó con el propósito de evaluar, en caso de presentarse los daños de posibles ataques de plagas y enfermedades que pudieran incidir en las variables evaluadas sobre todo en el rendimiento de campo.

4.5.2. Rendimiento de campo

El rendimiento de campo, en toneladas por hectárea, se obtuvo al momento de la cosecha, estimando el peso en la parcela útil de las seis repeticiones y efectuando la conversión por hectárea.

4.5.3. Variables agroindustriales

Porcentaje de sacarosa

Se determinó en el ciclo resoca, antes de la cosecha, para tal efecto se realizaron muestreos de tallos molederos para su análisis químico de laboratorio, la muestra fue de diez tallos por parcela de todo el experimento, tomada de los surcos orilleros obteniendo un total de 8 muestras; el método de análisis empleado fue el denominado de Pol-Ratio (Tames *et.al*, 2001), que se describe en forma sencilla a continuación.

- Obtención y etiquetado de la muestra
- Introducción de la muestra en punta con cola en una desfibradora, para obtener un desfibrado fino
- Pesado de dos kg de muestra homogeneizada y llevado a 5 litros de agua corriente.
- Licua de la muestra durante cinco minutos
- Filtrado en una bolsa de manta
- Análisis del jugo para determinar Brix y el porcentaje de sacarosa en caña (Pol).
- Llenado de una probeta con el jugo hasta que derrame y luego a un vaso; a la muestra de la probeta se le coloca el brixómetro y, al estabilizar la temperatura, se toma la lectura.
- Agregación de subacetato de plomo a la muestra del vaso, agitado, filtrado y polarizado, posteriormente se determina de manera directa el brix, la temperatura y la Pol.

4.6. Caracterización de la Variedad Mex 79-431

Se realizó una descripción de las principales características botánicas, agronómicas, fitosanitarias e industriales del clon en evaluación.

4.7. Análisis estadístico y comparación de medias

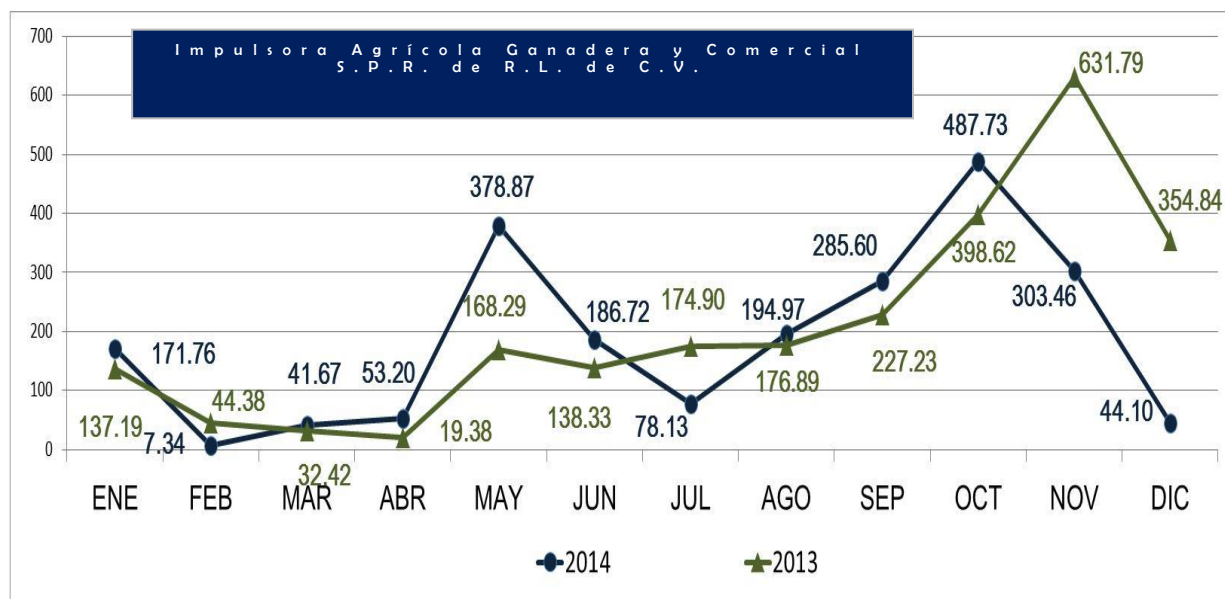
A las variables diámetro, altura, número de tallos por parcela, rendimiento de campo, porcentaje de sacarosa, azúcares reductores, rendimiento de campo en ciclo re-soca, se les realizó un ANOVA, con la consiguiente aplicación de la prueba de F; las diferencias significativas mínimas entre los tratamientos estudiados se determinaron por Tukey (Little y Hills, 1984 y Lerch, 1987), considerando las mediciones realizadas en cada una de las seis repeticiones.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Registro de variables climatológicas.

En la Figura 2 se muestra la distribución de la lluvia en la parcela de la Sra. Olivia Ramírez Palma, en la Zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V. durante los años 2013-2014. Como puede apreciarse, el comportamiento de la lluvia durante el período de crecimiento y desarrollo del experimento en ambos ciclos, fue muy regular, con un periodo de pocas lluvias (diciembre-abril), seguido de uno lluvioso (mayo-noviembre) y un acumulado anual de 2,232.79 mm, resultando muy superior a la media reportada para esta zona, aunque la distribución es muy similar al comportamiento histórico (Niño, 2007; Heredia, 2009).

Figura 2. Distribución mensual de las lluvias en la parcela del productor Olivia Ramirez Palma durante el desarrollo del experimento.



Las precipitaciones registradas son suficientes para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar (Acosta, 1999), pero la distribución es muy regular ya que en el caso del ingenio Presidente Benito Juárez S.A. se presentan seis meses de lluvias regulares y seis meses con lluvias abundantes; lo que puede tener un valor fundamental para la productividad del cultivo de la caña de azúcar en la zona de abasto del ingenio, de acuerdo a lo señalado por Milanés (1982) y Bernal (1986), autores que demostraron que la distribución de las precipitaciones tiene más influencia sobre la producción de la caña de azúcar que los acumulados anuales.

5.2 Clasificación de suelo

La descripción del perfil de suelo de la parcela de la Sra. Olivia Ramírez Palma (Clave 304-179), donde se realizó el experimento, se presenta en el Cuadro 3. El suelo fue clasificado como Vertisol Éutrico.

Cuadro 3. Descripción y clasificación del suelo donde se realizó el estudio (Salgado *et al*; 2009).

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A p	00 – 19	Transición horizontal, color en húmedo 5YR4/2 gris oscuro rojizo con pocas motas tenues de color 5YR5/8 rojo amarillento, textura arcilla fina, estructura muy desarrollada, de forma grumosa, fina, subangular fina y media, permeable rápido.
A 2	19 – 36	Transición marcada ondulada, color en húmedo 5YR5/1 gris con motas prominentes de color 5YR5/6 amarillento, textura arcilla fina, estructura fuertemente desarrollada, de forma poliédrica, muy húmeda muy plástica y pegajosa, raíces pocas, fauna de lombrices y hormigas.
C 1	36 – 88	Textura arcilla fina, estructura desarrollada, de forma poliédrica, angular, consistencia en húmedo muy firme, pegajosa y plástica. Agregados de naturaleza arcillosa, pocas raíces, pH. 7.0

En el Cuadro 4 se presentan las características del suelo en estudio; estos suelos son aptos para el cultivo de la caña de azúcar, según lo reportan Cuellar *et al.* (2002); algunos factores limitativos para la producción son la altitud sobre el nivel del mar, así como su pobre contenido de potasio y materia orgánica, lo cual puede mejorarse a través de enmiendas orgánicas como la composta, encalado y humus aplicaciones adicionales de fertilizantes minerales.

Cuadro 4. Caracterización agroproductiva del suelo en estudio (Niño, 2007).

Factores agroproductivos y características del suelo	Horizonte Ap (0-26 cm)	Calibración para el horizonte Ap
Estructura	Bloques subangulares	
Drenaje	Bien drenado	
Erosión	Poco erosionado	
Pendiente	plana	
Profundidad efectiva	Medianamente profundo	
Pedregosidad	Nula	
Textura	Franco arcilloso	
pH en agua	5.09	Moderadamente ácido
Materia orgánica en %	1.8	Pobre
Nitrógeno total en %	0.17	Medio
Calcio meq/100g	8.11	Alto
Magnesio meq/100g	2.76	Alto
Potasio asimilable ppm	147.5	Bajo
Fósforo asimilable ppm	61.9	Alto-medio
CIC meq/100g	16.25	Medio

5.2.1. Contenido de nutrientes en el suelo

Con la finalidad de clasificar e interpretar los contenidos de los principales nutrientes en el suelo, se procedió a su calibración según reporte presentado en los Cuadros 5, 6 y 7.

Cuadro 5. Clasificación de contenidos de los nutrimentos P y K en suelos. Fuente: Enríquez (2001).

Fósforo (ppm)		Potasio (ppm)	
(Olsen, adaptado de Tavera y Ojeda)		Oniani, adaptado por LATO	
Escala	Clasificación	Escala	Clasificación
<7.5	Bajo	<10.0	Muy Bajo
7.5 - 15.0	Medio	10.0 - 15.0	Bajo
16.0 - 35.0	Alto	16.0 - 20.0	Medio
>35.0	Muy alto	>20.0	Alto

Cuadro 6. Clasificación de valores de pH, materia orgánica y nitrógeno total en suelos, citada por Enríquez, 2001.

pH (Letelier, 1967)		Materia orgánica (%) (Tavera, 1985)		Nitrógeno total (%) (Tavera, 1985)	
Escala	Clasificación	Escala	Clasificación	Escala	Clasificación
<5.0	Fuertemente ácido	<1.0	Muy pobre	<0.05	Muy pobre
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	1.0 - 2.0	Pobre	0.05 - 0.10	Pobre
6.6 - 7.3	Neutro	2.0 - 3.0	Medio	0.10 - 0.15	Medio
7.4 - 8.5	Moderadamente alcalino	3.0 - 5.0	Rico	0.15 - 0.25	Rico
>8.5	Fuertemente alcalino	>5.0	Muy rico	>0.25	Muy rico

Cuadro 7. Clasificación contenidos de cationes cambiabes en suelos, según las categorías presentados por LATO, Orizaba, citada por Enríquez, 2001.

Clase	Cationes cambiabes Cmol.kg-1		
	Ca	Mg	K
Muy baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10.0	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10.0	>3.0	>0.6

5.3. Evaluación del efecto del Fitomas-e sobre los componentes del rendimiento de campo y fábrica de la caña de azúcar, en ciclo resoca.

En el experimento de campo establecido en la parcela de la Sra. Olivia Ramirez Palma, clave 304-179, en el área de influencia del ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V., el tratamiento con Fitomas-e a dosis de 2 l ha⁻¹, resultó significativamente superior al tratamiento comercial tanto en cosecha en verde como quemada, en las variables componentes del rendimiento de campo: diámetro y altura de tallos; sin embargo, no hubo diferencia estadística en la población expresada en tallos por metro lineal (Cuadro 8).

En los resultados de la cosecha, se mantiene el efecto consistente del bioestimulante Fitomas-e en el rendimiento agrícola del cultivo de la caña de azúcar, apreciándose que los tratamientos que fueron beneficiados con la aplicación del producto a la dosis de 2 l ha⁻¹, alcanzaron valores significativamente superiores en 3.40 y 2.65 t ha⁻¹ en caña verde y quemada respectivamente, que representan incrementos de 6.0 y 4.2%. Estos resultados coinciden con los de Zuaznabar *et al.* (2005), Díaz *et al.* (2007), Montano *et al.* (2007) y Gálvez (2010); quienes obtuvieron respuesta a las aplicaciones de Fitomas-e a dosis de 2 y 3 l ha⁻¹ en todas las variedades evaluadas sobre los principales tipos de suelo donde se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar en Cuba (Cuadro 9).

Cuadro 8. Resultados de los componentes del rendimiento de campo, ciclo resoca, en el experimento del Ingenio Presidente Benito Juárez parc. Olivia Ramirez Palma C-27.

Tratamientos	Diámetro (cm)	Altura (m)	Tallos/m
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , verde	2.11 ^a	2.60 ^a	10.75
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , quemada	2.09 ^a	2.60 ^a	10.66
Cosecha verde sin bioestimulante.	2.03 ^b	2.25 ^b	10.00
Cosecha quemada, sin bioestimulante.	2.01 ^b	2.22 ^b	9.73
Tukey 0.05	0.05	0.17	N. S.
C.V. (%)	0.98	1.92	3.29

Cuadro 9. Comportamiento del rendimiento de campo en el experimento desarrollado en el Ingenio Presidente Benito Juárez parcela de la prod. Olivia Ramirez Palma C-27

Tratamientos	Rdto campo(t/ha)	Incremento (t/ha)	Incremento (%)
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , verde	53.49 ^a	3.40	6.0
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , quemada	52.17 ^a	2.65	4.2
Cosecha verde	50.92 ^b	-	-
Cosecha quemada	50.01 ^b	-	-
Tukey _{0.05}	4.79		
C.V. %	2.78	-	-

5.4. Evaluación de variables industriales

Al evaluar la variable de porcentaje de sacarosa y azúcares reductores al momento de la cosecha no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (cuadro 10). Estos resultados ratifican los obtenidos por Zuaznabar *et al.* (2005) que, en estudios realizados en diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba con la aplicación del bioestimulante Fitomas-e a distintas dosis no encontró influencia sobre las variables de calidad de los jugos.

Cuadro 10. Resultados del bioestimulante Fitomas-e en variables industriales.

TRATAMIENTO	SAC. %	AZUCARES REDUCTORES
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , verde	13.6 a	0.250
Fitomas-e 2 l ha ⁻¹ , quemada	13.8 a	0.302
Cosecha verde	13.0 a	0.260
Cosecha quemada	13.1 a	0.316

5.5. Características generales de la producción en el Ingenio Presidente Benito Juárez, S.A. de C.V.

Como se observa en el Cuadro 11, el promedio del rendimiento de fábrica en los últimas dos zafras ha estado en un 9.61 % mientras el de campo ha sido de 55.67 t ha⁻¹, con una producción de azúcar por hectárea de 5.36 toneladas. Como puede apreciarse son rendimientos medios y casi estables, pese a que la caña de azúcar se cultiva en condiciones de temporal, lo que puede estar dado por la alta influencia del monto de precipitaciones, según lo reportado por Bernal (1986).

Cuadro 11. Estadística de rendimiento en campo y fábrica en el Ingenio Presidente Benito Juárez S. A. de C.V. en la zafra 2012-2013 y 2013-2014

Zafra	Caña molida	Rend. campo	Rendimiento en fábrica	Azúcar
	Toneladas	t/ha	%	t/ha
2012/2013	1,237,209.30	58.30	10.16	5.92
2013/2014	1,262,272.94	53.05	9.075	4.81
Promedio	1,249,741.12	55.67	9.61	5.36

5.6 Características de la Variedad Mex 79-431. Progenitores: Co 421 x Mex 57-473 (Jiménez, 2011)

Características botánicas

Tallo de medio a grueso, de color verde crema cuando está cubierto por la vaina y verde amarillento en exposición al sol, en ambos casos con presencia de cera negra. Entrenudo de forma cilíndrica, en zig-zag. Yema abultada, de forma pentagonal, con alas, separada de la cicatriz foliar, sin rebasar el anillo de crecimiento. Hojas arqueadas, de anchura media y color verde normal. La vaina es verde con tintes morados en la base, presencia abundante de cera blanca y ausencia de ahuates.

Características agronómicas

Sus características son buenas en cuanto a germinación, amacollamiento y apariencia agronómica aún en condiciones adversas como la sequía. El soqueo es excelente. Presenta floración escasa a regular, siendo particular el hecho de que los mayores porcentajes ocurren en altitudes medias y no en zonas de más altitud o al nivel del mar, presenta despaje regular. El rendimiento de campo a nivel experimental en planta y soca es de 193 y 173 toneladas de caña ha⁻¹, respectivamente (Figura 3).

Características fitosanitarias

En localidades donde se concentra una alta humedad ambiental llega a presentar la enfermedad de la mancha de ojo, pero este problema se elimina con un adecuado manejo de la variedad; ocasionalmente se le ha observado con síntomas de mosaico. Ha presentado sintomatología de Roya naranja en Guatemala.

Figura 3. Vista en el campo del clon de caña de azúcar: Mex 79-431 ciclo resoca



Curva de madurez del clon Mex 79-431

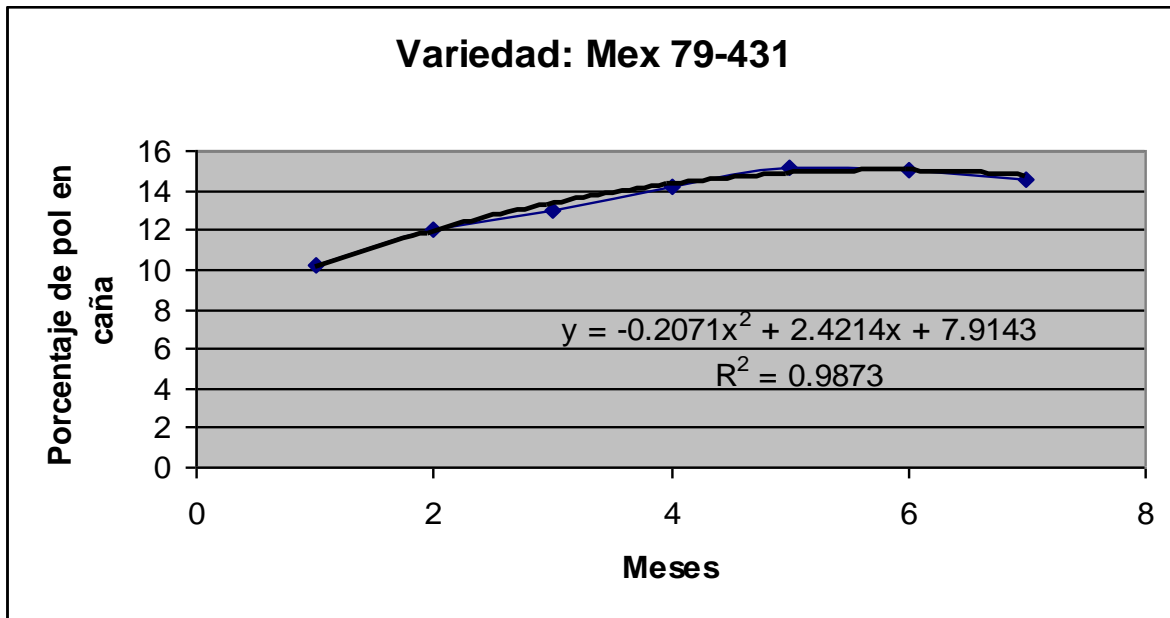


Figura 4. Comportamiento de la madurez de noviembre a mayo clon de caña de azúcar: Mex 79-431

Se puede observar que cuando el clon tiene la edad de 8 meses, ya alcanzo la sacarosa para su industrialización con 14.3 % .de acuerdo a la curva de madurez presentada.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- ❖ Durante los años 2013 y 2014, en el Campo de la productora Olivia Ramirez Palma del poblado C-27, la distribución de la precipitación fue similar al histórico, observándose un periodo de pocas lluvias de diciembre a abril, con un acumulado anual de 2,232.79 mm, que resultó muy superior a la media reportada para esta zona.
- ❖ La aplicación de 2 l ha⁻¹ de Fitomas-e no influyó sobre el rendimiento de caña y sus componentes para el ciclo resoca, en el clon Mex 79 431. Los incrementos de 3.4 y 2.65 t ha⁻¹ en caña verde y quemada, de 6.0 y 4.2%, respectivamente. no son económicamente redituable para el productor. Las variables porcentaje de sacarosa y azúcares reductores al momento de la cosecha no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

6.2 Recomendaciones

- ❖ Continuar la investigación del bioestimulante Fitomas-e en diferentes dosis, ciclos, tipos de suelo y condiciones climáticas, para confirmar que a mayor dosis mayor incremento en rendimiento y desarrollo.

7. LITERATURA CITADA

- Balance, M. M. C.; Galindo, T. M. E.; Castillo, M. A.; Milanés, R. N. y Enríquez, R. V., 2003.** Nutrición y fertilización de la caña de azúcar. Memoria curso capacitación. FCBA-UV. 73 p.
- Bernal, L. N. 1986.** Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín. Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas INICA. MINAZ-Cuba. 106 p.
- Bull, T.A. and Tovey, D.A. 1974.** Aspects of modelling sugarcane growth by computer simulation. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol. (ISSCT). 15:1021-1032.
- Camargo, P. N., 1976.** Fisiología de la caña de azúcar. Folleto. No. 6., Serie divulgación técnica. IMPA. México, 59p.
- Cassalett, D.C.; Torres, A.J., Isaacs, E.C., 1997.** El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. 412p.
- Cock, J. H.; Luna, C.A.; y Palma, A. 1995.** El clima y el rendimiento en caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). Serie técnica no. 12. 70 p.
- Cock, I. H. 1997.,** Manejo de la caña para cosecha en estado verde. En "el cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia". Pp. 365-369.
- Coto, O. 2001.** Caracterización e identificación molecular de clones del complejo Saccharum para la ampliación de la base genética del mejoramiento cañero en Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas, Dirección de Biotecnología, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, MES, 119 pp. 2001.

- Tames G. R. et.al. 2001.** Tecnología azucarera. Coordinación General de Universidades Tecnológicas (CGUT). Secretaria de educación publica S.E.P. México, D.F. 134 pp.
- Creach, I. 1997.** Apuntes de la materia "Ecología de la caña" Maestría en caña de azúcar. UV-INICA Córdoba, Ver., México. 50 p.
- Cuellar, A. I., R. Villegas, M. E. De León y H. Pérez 2002.** Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Ed. PUBLINICA, Cuba. pp 18-25.
- Díaz, J.C., (2007).** Rendimiento de los lotes control-extensiones de los bioestimulantes Fitomas-e, Enerplant y Vitazyme en la zafra 2006-2007. Informe de resultados. Inédito.
- Dobermann, A and K.G, Cassman (2007).** Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the united status and Asia. Informaciones Agronómicas. International Plant Nutrition Institute. Octubre 2007. No 67, Pág. 1-6.
- Enríquez, R. V., 2001.** Métodos de siembra y biofertilización en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Ingenio Don Pablo Machado Llosas. Tesis que para obtener el grado de Maestro. FCBA-UV; Córdoba, Ver. 123 p.
- Espinosa, A. 1991.** Interacción de la temperatura y humedad del suelo en la brotación y producción de la caña de azúcar, así como el procedimiento para el tape en áreas de riego por gravedad en suelos Ferralíticos rojos (Ferra sol) de la provincia de Ciego de Ávila. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas, INICA, 101 p.
- Gálvez, T. L. 2010.** Características y el uso del Fitomas-e en diferentes cultivos de interés comercial. Conferencia Magistral En: Convención Regional de la Asociación de Técnicos Azucareros de México, ATAM. Instalaciones de ZUKER, S. A. de C. V., El Potrero, Veracruz, México.
- García del Risco, E. 1996.** Apuntes de nutrición vegetal "curso de especialidad en manejo y explotación de los agrosistema de la caña de azúcar". F.C.B.A.-U.V., Zona Córdoba-Veracruz. Veracruz, México e INICA, La Habana, Cuba. 171 p.

- García, E. A. 1984.** Manual de campo de la caña de azúcar. III Edición IMPA. México. pp. 11-118.
- Gómez, L. y Milanés, R. N., 1987.** Relación del área foliar con las dimensiones de la hoja en cuatro variedades de caña de azúcar. Boletín INICA. Pp. 5-10.
- González, A. y Ortega, E., 1985.** Síntesis *de novo* de la nitrato reductasa en caña de azúcar. Cienc. Agr. 22:46-52.
- Hart, C.E. and Burr, G. O. 1967.** Factors affecting photosynthesis in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol. (ISSTC). 12:590-609.
- Heinz, D. J. 1987.** Sugarcane Improvement through breeding Elsevier Publishing. Co. Amsterdam. 603 p.
- Heredia, E. C., 2009.** Impacto del uso de contenedores en la cosecha de la caña de azúcar (*saccharum spp.*) en el Ingenio San Miguelito. Tesis de Maestro. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Penuela. Universidad Veracruzana. 65p.
- Hernández, P. M. L. 2004.** Estudio de nueve genotipos de caña de azúcar, ciclo planta, en el Ingenio San Miguelito, S. A., Córdoba, Veracruz. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 74 p.
- Humbert, R. P. 1974.** El cultivo de la caña de azúcar. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- IMPA. 1987.** Objetivos, importancia y metodología experimental del programa de variedades, 1983 - 1987. IMPA. México. 63 p.
- INICA. 1997.** Bases para la fertilización mineral de la caña de azúcar en Cuba. Folleto 43 p.

- Irvine, J.E. 1967.** Photosynthesis in sugarcane varieties grown under field conditions. *Crop. Sci.* 7:297-300.
- Irvine, T.E.; Tippet y Coleman, R.E. 1968.** Growth, rainfall and temperature; the effects of sugarcane in Louisiana. *Sugar Bull.* 46 (24):7-13.
- Irvine, T.E., 1975.** Relations oh photosynthetic rates and leaf and canopy characters to sugarcane yield. *Crop Sci.* 15:671-676.
- Irvine, T.E., and Benda, T.A.1980.** Sugarcane spacing. II. Effects of spacing on the plant. *Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol.* 17:357-367.
- Irvine, T.E., 1983.** Sugarcane. En: Potential productivity of field crops under different environments. International Rice Research Institute (IRRI). Los Bños, Laguna, Filipinas. p. 361-381.
- Jiménez, A. K., 2011.** Caracterización de las principales variedades comerciales, promisorias y tradicionales de caña de azúcar en México. Tesis de Maestro. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Penuela. Universidad Veracruzana. 100p.
- Kortschak, H.P. and Forbes, A. 1968.** The effects of shade and age on the photosynthesis rates of sugarcane. *Prog. Photosyn. Res.* 1:383-387.
- Lerch, G. 1987.** La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Academia de las Ciencias. La Habana 227 p.
- Little, M.T. y Hills, F.J. 1984.** Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas, 3ra. Reimpresión. 270p.
- Liñán, C. EcoVad. 2005.** Vademécum para la producción ecológica. 1era Edición Agrotécnica.
- Martín, O. J. R; G. Gálvez; R. De Armas; E. Espinoza; R. Vigoa y A. León. 1987.** La caña de azúcar en Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana. 612 p.

- Mayor, J. L (2009)** Evaluación del bioestimulante Fitomas-e en diferentes condiciones edafoclimáticas de la Empresa Azucarera Boris Luís Santa Coloma. Tesis en opción al Grado Científico de Maestro en Ciencias. 92p.
- Mercado, R. E. y Marín S. R. M., 2000.** El cultivo de la caña de azúcar en los estados de Veracruz y Tabasco, Primer Foro Sigolfo-Produce. Veracruz. 75p.
- Milanés, R. N. 1982.** Estudio de los principales factores que afectan el rendimiento industrial de la caña de azúcar en Cuba. I. Factores climáticos y variedades Memoria 45 Cont. ATAC. 2da parte. pp. 320-342.
- Montano, R., (2000)** Efectividad del Fitomas-e en cultivos de interés comercial. Tesis en opción al título de Maestro en “Agroecología y Agricultura Sostenible”. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”. Cuba.
- Montano, R., Zuaznábar, R., García, A., Viñals, M., Villar, J., (2007).** Fitomas-e. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.--La Habana: ICIDCA. 10p.
- Niño, R. S., 2007.** Estudio de diferentes dosis de fertilización potásica en caña de azúcar y su efecto residual en un suelo Cambisol de la Región de Córdoba, Veracruz. Tesis de Maestro. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Penuela. Universidad Veracruzana. 73p.
- Ortega, E., Pardo, J., González, A., 1984.** Cambios metabólicos en plantas de caña de azúcar bajo estrés hídrico. Cienc. Agr. 21: 37-43.
- Ortega, E., Rodés, T. y Soto, E., 1989.** Bases fisiológicas de la productividad de la caña de azúcar. Editorial Academia, La Habana.

- Pérez, J. R., 1997.** Situación fitosanitaria actual de las variedades en producción en el Ingenio Don Pablo Machado Llosas. Informe de consultoría Técnica.
- Pérez, N. 2004.** Manejo Ecológico de Plagas. Universidad Agraria de La Habana, p. 296
- Villar, J.; Montano, R. y López, R. 2005.** Efecto del bioestimulante FitoMas en cultivos seleccionados. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar (La Habana) XXXIX (2): p. 40-44,
- Waldron, J.C.; Glaziou, K.T.; and Bull, T.A. 1967.** The physiology of sugarcane. IX. Factors affecting photosynthesis and sugar storage. Aust. J. Biol. Sci. 20:1043-1052.
- Zuaznábar, R., Díaz, J.C., Córdoba, R., Montano, R., Hernández, I., Hernández, F., Cortegaza, P.L., Jiménez, F., Olivera, E., García, E., Fernández, C., Martínez, R., Morales, M., Angarica, E., Pino, S., (2005).** Validación del bioestimulante Fitomas-e en el cultivo de la caña de azúcar. INICA. Informe del Proyecto sobre bioestimulantes. 15p.
- Zuaznábar, Z. R., Milanés R. N., Pantaleón, P. G., Gómez, J. I., Herrera, S. A., Castillo, M. A., y Mira G. A. 2012.** Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar Fitomas-e en el Estado de Veracruz, México. Memorias asociación de Técnicos Azucareros de México. ATAM. WTC, Boca del Río, Veracruz, México
- Gliessman, S. 2002.** Agroecología Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Costa Rica
- Zuaznábar, R.; Montano, R. y Rodríguez H. Biomass 2003.** ls 20 del ICIDCA como potenciador herbicida de glifosato. Congreso de Malezología, La Habana,