

EVALUACIÓN ECONÓMICA-PRODUCTIVA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA CON LA
APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES
ECONOMIC AND PRODUCTIVE EVALUATION OF SUGARCANE PRODUCTION USING
BIOSTIMULANTS

Manuel A, Hernández Mora¹, Héctor Jorge Suárez², Rafael Gómez Kosky², Dubier Gil
González²

1- Empresa Agroindustrial Azucarera Ifraín Alfonso. Ranchuelo. Villa Clara.

2- Instituto de Investigaciones de La Caña de Azúcar Carretera CUJAE Km 1,1/2. Boyeros.
La Habana. Telf, 72603572

hector.jorge@inica.azcuba.cu.Telf. 52137142

Resumen.

La tendencia actual en la agricultura es encontrar opciones que garanticen el incremento de los rendimientos, disminuyan los costos y permitan proteger el medio ambiente. Entre las opciones para lograr este objetivo está el uso de Fitoestimulantes, uno de ellos son las nanopartículas de hierro que entre sus características está incrementar el potencial productivo de los cultivos. Con este propósito se muestran los resultados del Lote de Control establecido en el Lote Estatal Mártires del Moncada de la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) Ifraín Alfonso con dos Fitoestimulantes donde se estudiaron cuatro tratamientos con Biorproductos más el testigo y/o control, en retoño con 13 meses de edad, el cultivar evaluado fue C90-469, las variables valoradas fueron t caña ha⁻¹ y la valoración económica. Se obtuvo como resultados que todos los tratamientos lograron resultados superiores o comparables al testigo en la producción de caña, donde resultaron destacados dos de ellos (Nanopartículas de hierro 96 gramos ha⁻¹, dos aplicaciones y Nanopartículas de hierro 192 gramos ha⁻¹, una aplicación), mientras que en la valoración económica tres de los cuatro tratamientos con los fitoestimulantes en la relación beneficio/costo respecto al testigo fueron inferior a 1, lo que pudo estar relacionado con el alto precio de las Nanopartículas de hierro.

Palabras Claves. Nanopartículas de hierro, Lebame, valoración económica

Abstrac

The current trend in agriculture is to find options that ensure increased yields, reduce costs, and protect the environment. One such option is the use of biostimulants; specifically, iron nanoparticles, which are characterized by their ability to enhance crop productivity. This study presents results from a trial conducted at the "Mártires del Moncada" State Plot—part of the Ifraín Alfonso Agro-industrial Sugar Enterprise (EAA) evaluating four biostimulant treatments alongside a control group. The study used 13 month old ratoon cane of the C90-469 cultivar, assessing variables such as cane yield (t/ha) and economic performance. Results showed that all treatments achieved cane yields superior or comparable to the control, with two treatments standing out: iron nanoparticles at 96 g/ha (two applications) and iron nanoparticles at 192 g/ha (one application). However, the economic assessment revealed that three of the four biostimulant treatments yielded a benefit-cost ratio of less than 1 relative to the control, likely due to the high cost of the iron nanoparticles.

Keywords: Iron nanoparticles, Lebame, economic assessment.

Introducción

La tendencia actual en la agricultura es encontrar opciones que garanticen el incremento de los rendimientos y disminuyan o eliminen el uso de fertilizantes, plaguicidas y reguladores del crecimiento producidos por las industrias químicas, ya que estos compuestos poseen un elevado riesgo de contaminación para el ambiente (Montano *et al.*, 2007). Además, la fertilización química es elevada.

Como elección de prácticas en agricultura sostenible se encuentra el uso de los bioestimulantes, ya que su común denominador es contener principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo, productividad y la calidad del fruto, contribuyendo así a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades (Zuaznabar *et al.*, 2013)

Entre los bioestimulantes se encuentran las Nanopartículas de hierro que mejoran los mecanismos fisiológicos, tolerancia a estrés abióticos e incrementa los rendimientos de los cultivos, entre otras características (Muhammad *et al.*, 2018) de ahí la importancia de su valoración en diferentes cultivos de importancia económica

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia que ejercen los bioestimulantes (Nanopartículas de hierro aplicadas de forma independiente y combinada con Lebame) en la producción de caña así como comprobar la factibilidad económica del empleo de los mismos en este cultivo.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en áreas del Lote Estatal Mártires del Moncada de la EAA Ifraín Alfonso sobre suelos Pardos con carbonato (Hernández *et al.*, 2015). El Lote de Control fue evaluado a los 13 meses de edad (abril) en las cepa de retoño, el cultivar empleado fue C90-469. Los tratamientos estudiados fueron:

- 1- Testigo y/o control.
- 2- Nanopartículas de hierro 96 gramos ha^{-1} , dos aplicaciones
- 3- Nanopartículas de hierro 96 gramos ha^{-1} más Lebame 5L ha^{-1} dos aplicaciones
- 4- Nanopartículas de hierro 192 gramos ha^{-1} , una aplicación.
- 5- Nanopartículas de hierro 192 gramos ha^{-1} , más Lebame 5 L ha^{-1} una aplicación

Características de los fitoestimulantes evaluados.

1- **Nanopartículas de hierro.**

Ha abierto nuevas oportunidades para la producción con costos eficientes y fertilización amigable para el ambiente Estimulan varios procesos fisiológicos tales como la actividad de las enzimas catalasas, peroxidasas y superóxido dismutasas, la fotosíntesis, la respiración y la actividad estomática. Además, mejora las reacciones bioquímicas de las membranas de los tilacoides y los cloroplastos.

Que mejora en las plantas?

- a- Los mecanismos fisiológicos (fotosíntesis, etc).
- b- Tolerancia a estrés abiótico (sequía, salinidad y altas temperaturas).
- c- Incremento del número de tallos, hojas, altura, contenido de proteínas.
- d- Incremento de las clorofilas y los carotenoides.
- e- Incremento de la longitud de las raíces.
- f- Incremento del área foliar de la hoja.
- g- Incremento de los rendimientos agrícolas (Muhammad *et al.*, 2018).

Entre los aspectos negativos de este bioestimulante se encuentra su baja solubilidad en agua (no es homogénea) que ocasiona tupidones a los filtros y boquillas de la asperjadora y mochilas lo que dificulta su aplicación, por lo que la dosis empleada no es la que llega al área foliar de los cultivos.

2- Lebame

Es un producto del ICIDCA [microorganismos eficientes], bioestimulador del crecimiento vegetal producido por vía biotecnológica constituido por los microorganismos: *Bacillus subtilis* B/23–45–10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103–4–1 y *Saccharomyces cerevisiae* L–25–7–12. Se produce a partir de un inóculo de los referidos microorganismos, con miel final de caña y sulfato de amonio a través de un proceso fermentativo. Se plantea que este producto incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. Promueve la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas (ICIDCA, 2021).

La primera aplicación de los bioestimulante se realizó a los setentas días de cosechado, la segunda se realizó cuarenta días posterior a la primera, ambas con asperjadora con capacidad de 800 litros ajustadas con boquillas Flood jet (en bandas sobre el surco) con una solución final calibrada de 200 L ha⁻¹.

El Lote de control tuvo un área de 8,32 ha los cuatro tratamientos con bioproductos ocuparon un área de 1.85 ha (14 surcos a una distancia entre hileras de 1,60 m y un largo de 825 metros lineales), el testigo o control tuvo un área de 0,92 ha (7 surcos a una distancia entre hileras de 1,60 m y un largo de 825 metros lineales)

Las variables evaluadas fueron rendimiento agrícola y la valoración económica. La producción de caña fue estimada acorde con lo reportado por Martins y Landell (1995) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$t \text{ caña ha}^{-1} = D^2 \cdot h \cdot \text{número de tallos m}^{-1} \text{ lineal} \cdot (0,007854 / \text{distancia entre surcos})$$

Dónde:

D²: diámetro al cuadrado

h: altura o longitud del tallo, y 0,007854 constante.

En cada tratamiento fueron medidos 40 tallos al azar (en cuatro puntos de cada tratamiento), para determinar el diámetro y la longitud del tallo, mientras que el número de tallos por metro lineal se calculó contando todos los tallos en dos surcos centrales de 20 metros (o sea se contaron la cantidad de tallos totales en los dos surcos centrales y se dividieron entre 40 metros) en cuatro puntos del campo (Fueron evaluados 160 metros por tratamiento, 40 metros en cuatro puntos)

Para la valoración económica se tuvo en cuenta el precio de la tonelada de caña establecido por AZCUBA (3225 \$), el precio del Lebame® establecido por la UEB Cuba 10 (50,5 cup por litro), el costo de aplicación es el determinado por el servicio que le presta la empresa a la base productiva (1000 \$ ha⁻¹), el costo de cosecha por tonelada de caña fue considerado el 20 % del valor de la tonelada de caña (645 \$) y el costo del gramo de Nanopartículas fue el establecido por el Centro de Estudios Avanzados (CEA) del CITMA (225 \$). Procedimientos similares para el cálculo de la valoración económica fueron realizados por Pérez *et al.*, (2025), Jorge *et al.*, (2025) y Delgado *et al.*, (2026) en el cultivo de la caña de azúcar.

Con la información generada de las evaluaciones se realizó una comparación en la producción de caña entre los tratamientos y se determinó el porcentaje de incremento con respecto al testigo

Resultados y discusión.

La Figura 1 mostro la comparación en las t caña ha⁻¹ entre los tratamientos, donde los TII, TIII y TIV superaron al testigo mientras que V alcanzó valores comparables. El porcentaje de incremento respecto al testigo (Figura 2) reflejó que todos los tratamientos lograron valores superiores que oscilaron entre 3,2 al 43 %. Es de destacar que los tratamientos II y IV lograron la mayores producciones de caña y por consiguiente los mayores porcentajes de incremento en la producción cañera con relación al control.

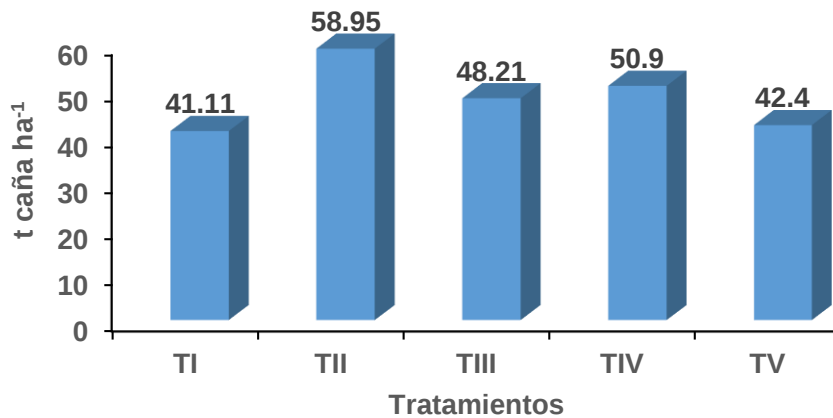


Figura 1. Comparación entre los tratamientos en la variable t caña ha⁻¹

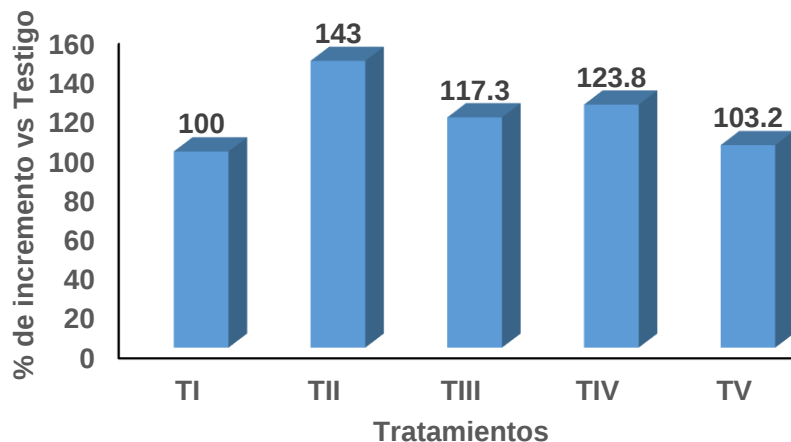


Figura 2. Porcentaje de incremento respecto al testigo en las t caña ha⁻¹

Los resultados de la valoración económica ofrecieron que tres de los cuatro tratamientos con los fitoestimulantes en la relación beneficio/costo respecto al testigo fue inferior a 1, ocasionado por las ganancias respecto al control que en tres de los casos fue negativa, lo que está relacionado con el alto precio de las nanopartículas (225 cup por gramo) aspecto señalado por Jorge *et al.*, (2026) en estudios realizados en el cultivo del frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) y el precio de la caña, que aunque se ha incrementado no cubre los gastos originados con el valor de este bioestimulante. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pérez *et al.* (2025) respecto al beneficio productivo de los bioestimulantes en caña de azúcar.

Tabla 1. Valoración Económica

Costos	Unidad	Precio cup	Dosis	Precio Total cup	
Lebame	Litros	50,5	5 Lts/ha	252,5	
Nanopartículas de hierro	Gramos	225	192 g/ha	43,200	
Cosecha	Ton	645		645	
de Aplicación	hectárea	1000		1000	
Precio de la t caña	Ton	3225			
Tratamientos	TI (control)	TII	TIII	TIV	TV
Rendimiento	41,11	58,95	48,21	50,9	42,4
Producción Total \$	132579.75	190113.75	155477.25	164152.5	136740
Producción menos costo	106063.8	106891	78676.8	87122	64940
Ganancias vs Control		827.2	-27387	-18942	-41124
Rel. Benef/ control		1.008	0.74	0.82	0.61

Conclusiones

- 1- Todos los tratamientos lograron resultados superiores o comparables al testigo en la producción de caña, donde resultaron destacados los tratamientos II y IV con porcentaje del 43 y 23,8 de incremento respectivamente,.
- 2- Los resultados de la valoración económica ofrecieron que tres de los cuatro tratamientos con los fitoestimulantes en la relación beneficio/costo respecto al testigo fueron inferior a 1, lo que estuvo relacionado con el alto precio de este fitoestimulante.

Recomendaciones.

- 1- Solucionar la solubilidad en agua de las nanopartículas de hierro para su aplicación en los diferentes cultivos
- 2- Revisar la ficha de costo de las nanopartículas de hierro pues es un producto cubano lo que puede limitar su competencia con bioproductos importados, así como su atracción por los productores cañeros.

Referencias bibliográficas.

1. Delgado, I., J. Zayas, D. Gil, O. Aday y H. Jorge (2026). Evaluación de bioproductos en plantaciones de semillas de caña de azúcar en el cultivar C86-12. Revista ICIDCA Vol. 60, No. 1. 3-10.
2. Hernández A, Pérez JM, Bosch D. y N, Castro. (2015). Classification de los Suelos de Cuba: Instituto de Suelos. Ediciones INCA. Primera edición. Habana, Cuba, p. 9
3. ICIDCA. (2021). Paquete Tecnológico de Bioproductos. Azcuba.
4. Jorge, H., I. Delgado, M. González, E.Y. Rangel y R. González (2025). Influencias de los Bioproductos en áreas de semilla categorizada de Caña de Azúcar. Revista ICIDCA, Vol. 59 NO 1: 1-13
5. Jorge, H., Milagros Calvo, José A. Soto, I. Santana, J.A. Dranguet. (2026). Respuesta Económica-Productiva del frijol chino [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] a la aplicación de Bioestimulantes. Revista Cuba-Caña. Vol. 27. Num. 1 enero – junio.

6. Martín L. M. y G.A Landell. (1995). Conceitos e criterios para avaliação experimental em cana-de açúcar utilizados no programa Cana IAC. Pindorama, Sao Paulo, Brasil, Instituto Agrônômico: p. 2-14.
7. Montano, R., R. Zuaznábar, A. García, M. Viñals y J. Villar. (2007). FitoMas-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera. Revista ICIDCA. Vol. 41 (3) 10-16, ISSN ISSN 0138-6204.
8. Muhammad Zia-ur-Rehman, Asif Naeem, Hinnan Khalid, Muhammad Rizwan, Shafaqat Ali, Muhammad Azhar. (2018). Responses of Plants to Iron Oxide Nanoparticles. Capítulo 10. En: Nanomaterials in Plants, Algae, and Microorganisms. En sitio Web <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811487-2.00010-4>
9. Pérez I., R. Tellez, E. Labrada, R. Martínez, H. Jorge, R. Zuaznabar y G. Hernández. (2025). Resultados del Fitoestimulante Lebame en Caña de Azúcar plantada en suelos de alta hidromorfía. Revista Cuba-Caña.. Vol. 26. Num. 2 julio – diciembre
10. Zuaznábar, R., Pantaleón, G., Milanés, N., Gómez, I., Herrera, A. (2013). Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FitoMás-E en el estado de Veracruz. México. Revista ICIDCA. Vol. 47. No 2 : 8-12.