

# Evaluación de bioproductos en plantaciones de semillas de caña de azúcar en el cultivar C86-12

Irenaldo Delgado-Mora<sup>1\*</sup>, Joel Zayas-Ponce<sup>2</sup>, Duvier Gil-González<sup>1</sup>, Osmany Aday-Díaz<sup>1</sup>, Lidier Hernández-Grandela<sup>1</sup>, Héctor Jorge-Suárez<sup>3</sup>

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Villa Clara (INICA VC)  
Autopista Nacional, Km 246. Villa Clara. Cuba
  2. Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Cienfuegos. Cuba
  3. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)  
Carretera al CAI Martínez Prieto, Km 2 ½. Ciudad de La Habana. Cuba
- \*[ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu](mailto:ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu)

## RESUMEN

**Introducción.** En el cultivo de la caña de azúcar es de suma importancia la utilización de material propagativo de alta calidad, fundamental para la reproducción de las plantaciones. Existen limitados estudios sobre el empleo de bioestimulantes en el crecimiento y producción de la semilla del cultivo.

**Objetivo.** Evaluar el efecto de bioproductos en plantaciones de semillas de caña de azúcar, a través de indicadores de la calidad de los jugos, el rendimiento agrícola y de la relación costo-beneficio por su aplicación.

**Materiales y métodos.** Fueron plantados dos experimentos, en los meses de julio y octubre del año 2022, para la cepa planta y el retoño, respectivamente. Los tratamientos se aplicaron a los 80 días de la plantación de la cepa planta y a los 20 días, después, de la cosecha del retoño.

**Resultados y discusión.** El porcentaje de Pol en caña y los azúcares reductores mostraron la no existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, en ambas cepas. La aplicación de FITOMAS-Plus, a 2 L/ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor tratamiento en cuanto a las toneladas de caña por hectárea y el de mejor relación costo-beneficio.

**Conclusiones.** Los bioestimulantes evaluados no tienen efectos sobre la Pol en caña, azúcares reductores e indicadores de calidad de los jugos de la caña de azúcar. La aplicación de FITOMAS-Plus, a 2 L/ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor tratamiento en cuanto a las toneladas de caña por hectárea y la relación costo-beneficio.

**Palabras clave.** Bioproductos, bioestimulantes, crecimiento vegetativo, fitoestimulantes, rendimiento.

## ABSTRACT

**Introduction.** In sugarcane cultivation, the use of high quality propagative material is of a great importance, since it is used for plantation reproduction. There are limited studies on the use of biostimulants in the growth and seed production of the crop.

**Objective.** To evaluate the effect of bioproducts in sugarcane seed plantations, through indicators of juice quality, agricultural yield and the cost-benefit ratio of their application.

**Materials and methods.** Two experiments were planted in July and October 2022 for the plant and ratoon strain, respectively. The treatments were applied 80 days after planting of the stock plant and 20 days after harvest of the ratoon.

**Results and discussion.** The percentage of pol in cane and reducing sugars showed no significant differences between treatments in both strains. The application of FITOMAS-Plus, at 2 L/ha<sup>-1</sup>, was the treatment with the best results in terms of tons of cane per hectare, and the best cost-benefit ratio among the treatments.

**Conclusions.** The biostimulants evaluated had no effect on Pol in cane, on reducing sugars and sugarcane juice quality indicators. The application of FITOMAS-Plus at 2 L/ha<sup>-1</sup> was the treatment with the best results in terms of tons of cane per hectare and cost-benefit ratio.

**Keywords.** Bioproducts, biostimulants, vegetative growth, phytostimulants, yield.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una agricultura basada en principios ecológicos ha llevado a la evaluación y aplicación de diversos productos de origen natural, los cuales estimulan el desarrollo vegetal y favorecen la obtención de altos rendimientos. Como práctica 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, pues su acción aumenta el desarrollo, la productividad y la calidad de los cultivos (1).

En el cultivo de la caña de azúcar es de suma importancia la utilización de material propagativo de alta calidad, utilizado para la reproducción de semilla de las plantaciones. Su empleo juega un papel determinante en el desarrollo y perfeccionamiento integral de la agricultura cañera, lo que constituye un paso tecnológico decisivo en la obtención de altos rendimientos agrícolas y azucareños por unidad de área cultivada (2).

Actualmente, la agricultura cañera en Cuba está caracterizada por déficit de recursos financieros y alza de los precios de combustible, agroquímicos, maquinaria, etc. Esto ha llevado a un deterioro de la producción, debido a que se continúa realizando una agricultura convencional, que no es sostenible en los momentos actuales; por eso, es necesario establecer cambios en el modelo productivo de la semilla de la caña de azúcar, para satisfacer la demanda de los productores. De ahí que, en lugar de utilizar semilla categorizada en el cultivo de la caña de azúcar, se desarrollen estudios que permitan obtener altas producciones, que reduzcan el uso de agroquímicos y logren una agricultura sostenible, amigable con el medioambiente (3).

Ante el encarecimiento de los fertilizantes químicos, las escasas reservas naturales de algunos nutrientes, así como los grandes consumos energéticos para la fabricación de los fertilizantes se impone el uso de alternativas biológicas. No solo como una necesidad en la producción agrícola; sino, también, en la agricultura científica del futuro, sin afectar la ecología y con factibilidad económica (4).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de bioproductos en plantaciones de semillas de caña de azúcar, a través de indicadores de la calidad de los jugos, el rendimiento agrícola y de la relación costo-beneficio por su aplicación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el bloque experimental de Espartaco, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, sobre suelo Pardo vértico sin carbonatos, según Hernández *et al.* (5). Fueron plantados dos experimentos en los meses de julio y octubre del año 2022, para la cepa planta y el retoño, respectivamente. Las evaluaciones se realizaron en el mes de junio y agosto de 2023, a edades de 11 y 10 meses, con el cultivar C86-12, en bloques completamente al azar, con tres réplicas, en condiciones de riego; con un área de las parcelas de 64 m<sup>2</sup> y un largo de 10 m, por un ancho de 1.60 m, con cuatro surcos de ancho (figura 1).

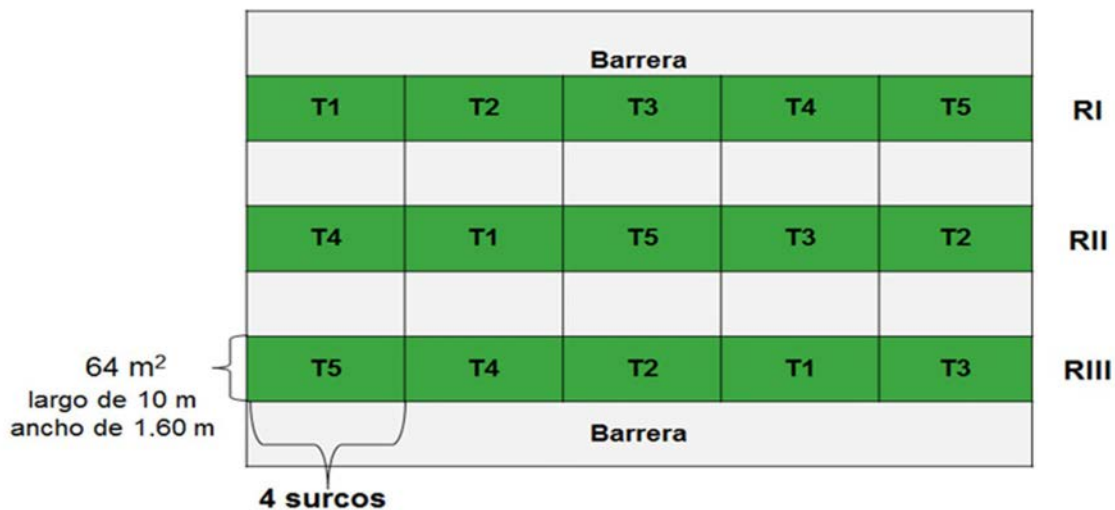


Figura 1. Croquis del diseño experimental.

Los tratamientos se aplicaron a los 80 días de la plantación de la cepa de planta y a los 20 días después de la cosecha para el retoño, se tuvo, como criterio práctico, que esta última cepa antecede a la primera en dos meses (6) (tabla 1). Todos los tratamientos se fertilizaron manualmente en el fondo del surco (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), para la cepa planta (0-38-90 kg. ha<sup>-1</sup>) y en retoño (70-38-90 kg. ha<sup>-1</sup>), según las recomendaciones del Servicio de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE), para un rendimiento estimado de 70 t caña/ha<sup>-1</sup>.

La aplicación de los bioproductos se realizó en bandas sobre el surco, con asperjadora de espalda (Matabi), de 16 L de capacidad en tanque, ajustada con boquilla deflectora gris DT-3 (Flood-jet), a presión de 1.0 a 1.5 bares y calibrada a una solución final de 200 L/ha<sup>-1</sup>. 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 (7).

Tabla 1. Tratamientos evaluados

No.	Tratamientos	No. de aplicaciones	*Dosis L/ha <sup>-1</sup>
T1	Control	-	-
T2	LEBAME® + ICIBIOP-GLU®	1	2 + 5
T3	LEBAME® + ICIBIOP-GLU®	1	2 + 10
T4	FITOMAS-E®	1	2
T5	FITOMAS-Plus (FITOMAS-E® + ENERPLANT)	1	2 + 52 ml

\*T1. Control; T2. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 5 L/ha<sup>-1</sup>); T3. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 10 L/ha<sup>-1</sup>); T4. FITOMAS-E® (una aplicación a 2/ha<sup>-1</sup>); T5. FITOMAS-Plus (una aplicación a 2 L/ha<sup>-1</sup> de FITOMAS-E® + 5.2 ml de ENERPLANT).

Para el análisis del efecto de bioproductos en los indicadores de calidad de los jugos se utilizaron las variables:

- Porcentaje de Pol en caña (PPC). Porcentaje de Pol en caña = fibra \* Pol en jugo, según la metodología establecida por el INICA (8).
- Azúcares reductores (AR). Las determinaciones fueron analizadas de acuerdo con las técnicas analíticas, según el Manual Azucarero de Control Unificado (MACU) (9).

La estimación del rendimiento agrícola se realizó a los 10 meses después de la plantación, acorde con Martins (10), donde:

$$TCHA = \frac{D^2 \times H \times \text{No de tallos} \times 0.007854}{\text{distancia entre surcos}}$$

*TCHA*-Toneladas de caña por hectárea (estimación) (t caña/ha<sup>-1</sup>)

*D*- Diámetro promedio de los tallos (pie de rey) cm.

*H*- Altura promedio de los tallos (regla o cinta métrica) cm.

*NT*- Número de tallos (conteo)

*0.007854*- Constante

*Distancia entre surcos* (m)

Para determinar la relación costo-beneficio, con la aplicación de los diferentes bioproductos evaluados en la variable toneladas de caña por hectárea (t caña/ha<sup>-1</sup>), se tuvieron en cuenta los elementos:

- Costo de la aplicación de los bioestimulantes (32.0 CUP/L)
- Costo del FITOMAS-Plus (601.59 CUP/L)
- Costo del FITOMAS-E® (32.0 CUP/L)
- Costo del LEBAME® (18.0 CUP/L)
- Costo del ICIBIOP-GLU® (21.0 CUP/L)
- Costo de la cosecha (231.46 CUP/t)

Se determinó el beneficio de la producción, en ingresos dados por el valor de la producción y los costos incurridos en cada tratamiento. Se utilizó la fórmula:

$$U = Vp - Cp$$

Dónde:

*Vp*- Ingreso bruto o valor de la producción

*Cp*- Egreso de costo de producción

*U*- Ingreso Neto o Utilidad Económica

Para el cálculo de la relación costo-beneficio entre tratamientos se tuvo en cuenta el incremento de la producción de uno con respecto al otro.

La evaluación estadística de los resultados se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) simple de efecto fijo, para cada variable evaluada; la comparación de medias, mediante la prueba de Múltiple Rango con dócima de Tukey ( $p < 0.05$ ). El paquete estadístico utilizado fue STATISTICA 12.0. sobre Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para los tratamientos en el porcentaje Pol en caña y azúcares reductores, en ambas cepas, se expresa en la tabla 2. Los resultados muestran la no existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.01$ ). Estos aspectos indican que los bioproductos evaluados no tienen incidencia sobre la calidad de los jugos de la caña de azúcar en esta cepa, lo que es positivo, dado que tampoco difirieron del control estudiado.

**Tabla 2.** Análisis de varianza para los tratamientos en indicadores de calidad de los jugos, en ambas cepas del cultivo de la caña de azúcar

Causas de variación	PPC			Azúcares reductores		
	CM	F	p	CM	F	p
Cepa planta						
Tratamientos	0.849	0.789	0.5581	0.0619	0.8679	0.5157
Error	1.076			0.0714		
Media	16.25			1.05		
Desviación estándar	1.01			0.26		
Error estándar	0.26			0.07		
Cepa retoño						
Tratamientos	0.043	0.500	0.354	0.0014	0.222	0.1319
Error	0.086			0.0063		
Media	15.15			0.82		
Desviación estándar	0.90			0.18		
Error estándar	0.23			0.05		

CM. cuadrado medio; F. valor F; p. valor de significación.

Los valores medios de los tratamientos en el porcentaje de Pol en caña fueron bajos (16.25-15.15), así como los azúcares reductores altos (1.05-0.82) en este período. Resultados estos que confirman que el material vegetal estaba en condiciones óptimas para su uso como semilla, ya que no estaba madura y sí en proceso de crecimiento.

Sin embargo; Pérez (11), en estudio desarrollado en similar tipo de suelo y diferentes cultivares, pero en el período de maduración del cultivo obtuvo, en tres momentos de cosecha, resultados no significativos estadísticamente para la variable azúcares reductores. Este autor señaló, además, que a pesar de no existir diferencias, los valores de los azúcares reductores fueron bajos, de 0.26; 0.12 y 0.38.

De esta manera, Aucatoma *et al.* (12) señalaron que en el período de maduración, la calidad del jugo se define en función de un alto contenido de sacarosa y un bajo contenido de azúcares reductores. Sin embargo, el estado óptimo para la plantación define un bajo porcentaje de Pol en caña y un alto porcentaje en azúcares reductores, lo que estimula el crecimiento y desarrollo del cultivo.

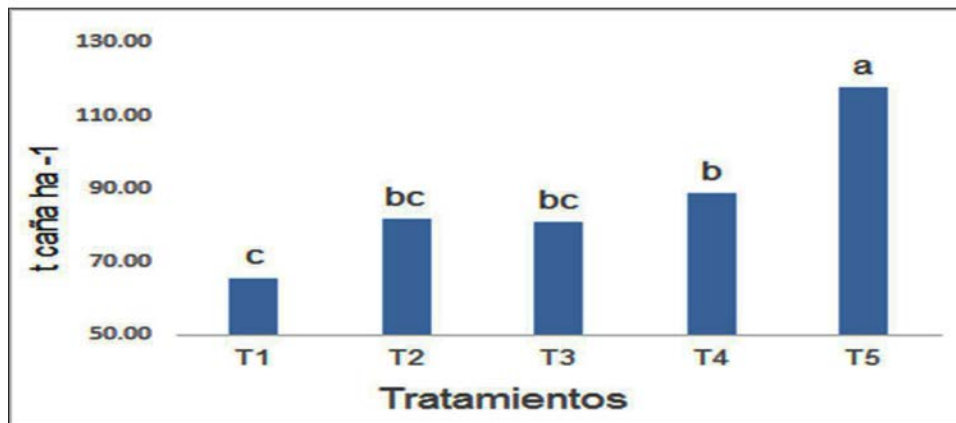
El análisis de varianza para los tratamientos en la variable  $t$  caña/ha<sup>-1</sup>, en ambas cepas, se expresa en la tabla 3. Los resultados indican la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p < 0.01$ ).

**Tabla 3.** Análisis de varianza para los tratamientos en  $t$  caña/ha<sup>-1</sup> en ambas cepas del cultivo de la caña de azúcar

Causas de variación	CM	F	p
Cepa planta			
Tratamientos	1090.9	19.599	0.0001
Error	55.7		
Cepa retoño			
Tratamientos	772.50	7.2273	0.0052
Error	106.89		

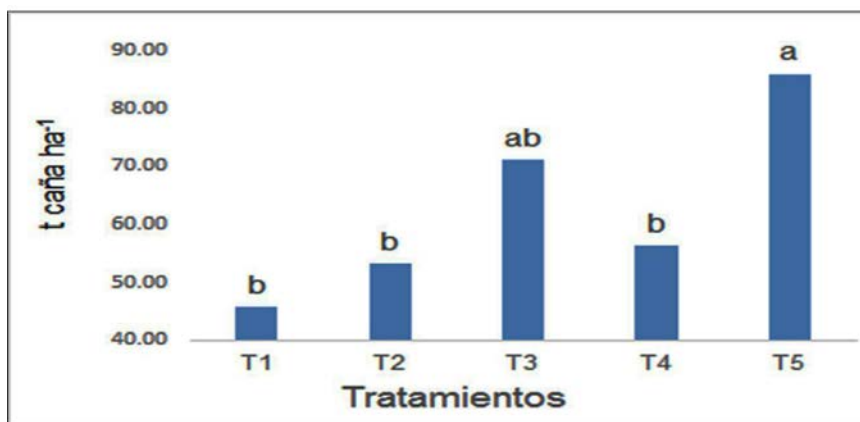
CM. cuadrado medio; F. valor F; p. valor de significación.

La comparación de las medias mostró, en la cepa planta, que el tratamiento cinco (T5) (FITOMAS-Plus) resultó el de mayor rendimiento agrícola. También ofreció diferencias estadísticas significativas con todos los demás tratamientos (figura 2). Sin embargo, en la cepa retoño volvió el T5 a mostrar diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos, excepto con T3 (LEBAME® + ICIBIOP-GLU®, a una aplicación de 2 + 10 L/ha<sup>-1</sup>), que no tuvieron diferencias significativas entre ellos (figura 3).



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre las t caña/ha<sup>-1</sup> en la cepa planta del cultivo de la caña de azúcar. (Media: 86.83; Desv. Est: 18.75; Error est: 4.84). T1. Control; T2. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 5 L/ha<sup>-1</sup>); T3. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 10 L/ha<sup>-1</sup>); T4. FITOMAS-E® (una aplicación a 2 L/ha<sup>-1</sup>); T5. FITOMAS-Plus (una aplicación a 2 L/ha<sup>-1</sup> de FITOMAS-E® + 5.2 ml de ENERPLANT).

En la tabla 4 se muestra el cálculo de la relación costo-beneficio entre tratamientos en la variable t de caña/ha<sup>-1</sup> del cultivo de la caña de azúcar en ambas cepas. De esta manera, se observa que, a pesar del incremento del costo provocado por la cosecha, la aplicación y el costo de los bioestimulantes, el primer tratamiento (control) muestra un beneficio inferior al resto de los tratamientos. Aspecto este, que demuestra la incidencia de los bioproductos en el crecimiento y desarrollo del cultivo. El tratamiento cinco (T5) alcanzó un beneficio de 65 745.15 CUP de incremento, con respecto al control y superior al resto de los tratamientos.



**Figura 3.** Efecto de los tratamientos sobre las t caña/ha<sup>-1</sup> en la cepa retoño del cultivo de la caña de azúcar. (Media: 62.49; Desv. Est: 17.24; Error Est: 4.45). T1. Control; T2. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 5 L/ha<sup>-1</sup>); T3. LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (una aplicación a 2 + 10 L/ha<sup>-1</sup>); T4. FITOMAS-E® (una aplicación a 2 L/ha<sup>-1</sup>); T5. FITOMAS-Plus (una aplicación a 2 L/ha<sup>-1</sup> de FITOMAS-E® + 5.2 ml de ENERPLANT).

**Tabla 4.** Cálculo de la relación costo-beneficio entre tratamientos en la variable t caña/ha<sup>-1</sup> del cultivo de la caña de azúcar, en ambas cepas como semilla básica

Indicadores/Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5
Cepa planta					
t caña/ha <sup>-1</sup> (semilla básica)	65.68	81.56	80.77	88.65	117.48
Diferencia con el control	-	15.88	15.09	22.97	51.80
Precio de la ton de caña	1523.88	1523.88	1523.88	1523.88	1523.88
Valor de la ton de semilla de caña certificada	100084.46	124288.06	123080.41	135093.47	179022.59
Costo de aplicación + cosecha + bioproducto	15201.69	19046.94	18940.51	20583,16	28394.67
Beneficio en CUP	84882.77	105241.12	104139.90	114510.31	150627.92
Diferencia del beneficio con el control	-	20358.35	19257.13	29627.54	65745.15
Cepa retoño					
t caña/ha <sup>-1</sup>	45.71	53.32	71.18	56.28	85.95
Diferencia con el control	-	7.62	25.47	10.57	40.24
Precio de la ton de caña	805.94	805.94	805.94	805.94	805.94
Valor de la ton de semilla de caña certificada	36837.10	42975.41	57365.47	45358.30	69268.39
Costo de aplicación + cosecha + bioproducto	10579.34	12511.22	16720.94	13090.57	21096.55
Beneficio en CUP	26257.76	30464.19	40644.53	32267.73	48171.84
Diferencia del beneficio con el control	-	4206.43	14386.77	6009.98	21914.09

El mayor incremento del beneficio, con respecto al control, se alcanza con el tratamiento de FITOMAS-Plus (T5), a dosis de 2 L/ha<sup>-1</sup> + 5.2 ml de FITOMAS-E® + ENERPLANT, respectivamente, (21914.09 CUP); seguido de LEBAME® + ICIBIOP-GLU® (T3) a 2 y 10 L/ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Al respecto, Zuaznábar *et al.* (13) señalaron que el tratamiento de FITOMAS-Plus reduce la dosis de aplicación con ahorro de agua, combustible, salario y que facilita el almacenaje, el transporte y la logística, en sentido general, en el manejo del bioestimulante por el incremento de la concentración. Estos autores añaden, además, que se incrementa el rendimiento agrícola en las variedades de caña de azúcar evaluadas y en las diferentes condiciones edafoclimáticas; estos aspectos, que ponen de manifiesto la versatilidad de la mezcla de FITOMAS-E® + ENERPLANT tanto en fábrica como tanque.

Por su parte, Núñez *et al.* (14), en una investigación en un suelo Ferralítico Rojo y varias cepas del cultivar C86-12 alcanzaron excelentes resultados en la aplicación de los estimulantes ENERPLANT y FITOMAS-E®. Asimismo, en la evaluación económica en CUP, obtuvieron ingresos de 24 240.08 CUP y una ganancia de 23 070.39 con una diferencia de 15 128.05 CUP, con respecto al control y un menor costo por peso, con 0.05 CUP.

## CONCLUSIONES

1. Los bioestimulantes LEBAME®, ICIBIOP-GLU®, FITOMAS-E® y FITOMAS-Plus no tienen efectos sobre la Pol en caña, azúcares reductores e indicadores de calidad de los jugos de la caña de azúcar.

2. La aplicación de FITOMAS-Plus, a 2 L/ha<sup>-1</sup> resultó el tratamiento de mejor resultado en cuanto a las toneladas de caña por hectárea, debido a que este favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo.
3. Los tratamientos de FITOMAS-Plus, a dosis de 2 L/ha<sup>-1</sup> y de FITOMAS-E® + 5.2 ml de ENER-PLANT mostraron la mejor relación costo-beneficio entre tratamientos y, con respecto al control, en ambas cepas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gallego, R. 2017. Efecto de un fitoestimulante y la fertilización mineral (NPK) sobre la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y propiedades químicas y biológicas del suelo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba, Ministerio de Educación Superior, Universidad Agraria de la Habana. 96p.
2. Jorge, H.; *et al.* 2019. Influencia del corte mecanizado de la semilla en la brotación y población de la caña de azúcar. *Revista ATAC* No 1. Enero–abril: 35-40.
3. Barroso, L.M.; *et al.* 2015. Aplicación de FitoMas-E y Ecomic® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto. *Revista Cultivos Tropicales*, 36(4): 158-167.
4. Montero, L.; Rodríguez, B. 2023. FitoMas-E: aliado de los rendimientos en los cultivos agrícolas. Realidades y perspectivas. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 57(1): 89-94.
5. Hernández, A.; *et al.* 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Instituto de Suelos, Cuba. Ediciones INCA. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7.
6. Delgado, I.; *et al.* 2016. Influencia de la edad y cultivar de la caña de azúcar en el momento de la cosecha. *Centro Agrícola*, 43 (2): 59-65.
7. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). 2007. Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. Dirección de producción de caña. INICA. ISSN1028-6527. Primera edición.
8. Jorge, H.; *et al.* 2011. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana. Cuba. *PUBLINICA*: La Habana, Cuba, 308 p.
9. Icinaz (Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras). 2006. Manual Azucarero de Control Unificado (MACU), Sala Nacional de Control y Análisis, Ministerio del azúcar, 9 p.
10. Martins, A.L.M.; Landell, G.A.I. 1995. Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no programa Cana IAC. Pindorama: Instituto Agrônomo: pp. 2-14.
11. Pérez, Y. 2023. Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en indicadores agroindustriales y de calidad de los jugos en tres momentos de cosechas. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo, Centro Universitario Municipal Lajas, Universidad De Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, 42 p.
12. Aucatoma, B.G.; *et al.* 2015. *Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar*. Carta Informativa Cincae No. 1. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador – Cincae. <https://www.researchgate.net/publication/286456368>.
13. Zuaznábar, R.; *et al.* M, Gil D, Francisco V, Téllez R, Rodríguez L, Labrada R & Santana I. 2019. FitoMas-Plus nueva formulación de bioestimulantes más eficaz para caña de azúcar. *Revista ICIDCA*. 53(3): 8p.
14. Núñez, L.C.; Ramírez, A.G.; Fernández, G. 2019. Efecto del FitoMas-E y Enerplant en el rendimiento industrial de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de la variedad C86-12 (Original). *Revista Granmense De Desarrollo Local*, 3(1):32-47.