

Nueva propuesta para la fertilización en caña de azúcar bajo los principios del manejo sostenible de tierras.

Alfredo Rivera Laffertté¹, Yoslen Fernández Gálvez², Eugenio García del Risco³, Yusvel Hermida Baños⁴ & Jesús Alexander Sánchez Gutiérrez⁵.

Fecha de recibido: 16 septiembre, 2017

Fecha de aceptado: 20 diciembre, 2017

RESUMEN

Con el objetivo de contribuir al plan de manejo sostenible de tierras de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey se desarrolló un estudio para evaluar el efecto del uso solo y combinado de los bioestimulantes Enerplant y FitoMas-E con el 50 % de la dosis de fertilizantes minerales recomendada por el Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) para este tipo de suelo en las variables del rendimiento agrícola e industrial. La cepa donde se realizaron las evaluaciones correspondió con un tercer retoño del cultivar comercial C86-12. Los resultados demostraron que la mezcla de los bioestimulantes Enerplant y FitoMas-E en combinación con el 50 % de la dosis de fertilizantes minerales tuvo un efecto positivo en los componentes del rendimiento agrícola e industrial del cultivo. Además, la valoración económica manifestó que los tres tratamientos donde se aplican los bioestimulantes, ya sea cada uno de forma separada como la unión de ambos combinados con el 50 % de la dosis recomendada por el SERFE resultan más factibles en comparación con la bioestimulante aplicación del 100 % de la dosis.

PALABRAS CLAVES/: Bioestimulantes, fertilización, nutrientes, caña de azúcar, manejo sostenible de tierras.

¹ Ingeniero en Agronomía. Especialista en Producción de Caña. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental: alfredo.rivera@eticacm.azcuba.cu

²MSc. Ingeniero en Agronomía. Investigador Agregado. Subdirector de Investigaciones. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental: yoslen@eticacm.azcuba.cu

³Dr., Ingeniero en Agronomía. Investigador Auxiliar. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental: eugenio.garcia@eticacm.azcuba.cu

⁴ Ingeniero en Mecanización Agrícola. Aspirante a Investigador. Subdirector de Producción Agrícola. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental: yusvel.hermida@eticacm.azcuba.cu

⁵ Ingeniero en Agronomía. Especialista en Producción de Caña. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental: jesus.sanchez@eticacm.azcuba.cu

A New Proposal for Sugar Cane Fertilization, Based on the Principles of Sustainable Land Management Practices

ABSTRACT

A new sugar cane fertilization method is proposed based on the principles of sustainable land management. Accordingly, a study was conducted at the Mid-Eastern Sugar Cane Local Research Station (ETICA) in the province of Camagüey, Cuba. The single or combined effects of FitoMas-E and Enerplant phytostimulants, using 50% of the dose of mineral fertilizers recommended by the Service of Fertilizer Recommendations and Amendments (SERFE), for this particular type of soil in the agricultural and industrial yield variables. The stumps used for evaluation belonged to a third generation. The results demonstrated that the mixture of Enerplant and FitoMas-E with 50% of the dose for mineral fertilizers had a positive effect on the sugar cane agricultural and industrial yields evaluated. Moreover, the economic assessment showed that the three treatments that applied the phytostimulants, either separately or together, combined with 50% of the dose recommended by SERFE, were more productive than the application of the whole dose. These criteria should be considered due to the environmental benefits observed in this study.

KEY WORDS/: Phyostimulants, fertilization, nutrients, sugar cane, sustainable land management

INTRODUCCIÓN

Las grandes extensiones dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en nuestro país, la gran cantidad de nutrientes demandados y las bajas reposiciones de nutrientes por fertilización traen como consecuencia una marcada disminución de la fertilidad en la mayoría de los suelos dedicados al cultivo de la poácea. El déficit nutricional para los cultivos debe ser compensado a través de la fertilización para intentar alcanzar la sostenibilidad y competitividad del sistema productivo. Se necesita brindar atención a la nutrición del cultivo, ya que, en las condiciones del trópico, donde los procesos de degradación del suelo son intensos, esta labor constituye una práctica de máxima importancia para lograr rendimientos estables y adecuados, lo cual no es posible garantizar sin la aplicación de fertilizantes minerales, propiciar una nutrición balanceada del cultivo y mucho menos alcanzar producciones altas y rentables. El elevado costo de la fertilización, exige realizar un uso oportuno, efectivo y lograr el mayor aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.

Desde la década de los años 90 del pasado siglo, el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) realiza estudios sobre la aplicación y respuesta en el cultivo de la caña de azúcar de productos bioestimulantes, inicialmente con muestras de laboratorio y en pequeñas parcelas experimentales, hasta alcanzar a partir del año 2001 un escalado comercial, llevándolo a extensión en todas las condiciones edafoclimáticas del país. Las referidas extensiones mostraron que los diferentes bioestimulantes, combinados con la fertilización mineral recomendada, incrementan el rendimiento agrícola por encima del rendimiento obtenido con la fertilización mineral sin bioestimulantes. La aplicación de estos productos reduce los efectos negativos del estrés provocado por variación del régimen de lluvias, factor a tener en cuenta en el proceso de adaptación al cambio

climático. Sobre la base de estos antecedentes se hace ineludible estudiar los efectos de los bioestimulantes mencionados anteriormente con el objetivo de obtener criterios importantes que puedan ser utilizados como elementos a considerar en el empleo de estas alternativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones para un total de 20 parcelas. Los tratamientos consistieron en un control (N) donde se aplicó el 100 % de la fertilización mineral recomendada por el Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) de AZCUBA sin bioestimulantes. Un segundo (En) con la aplicación del bioestimulante Enerplant y el 50 % de la recomendación del SERFE. El tercer tratamiento (Fi) similar al anterior, solo que en este se sustituye al Enerplant por el bioestimulante FitoMas-E. Por último, el tratamiento cuatro (En+Fi) donde se combinan los dos bioestimulantes con la mitad de la dosis de fertilización mineral que recomienda el SERFE (Tabla 1). Las parcelas experimentales estuvieron conformadas por 4 surcos de 7,5 m de longitud, espaciados a 1,6 m para una superficie total cosechable de 48 m². La cepa evaluada fue tercer retoño de la variedad C86-12.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en la investigación.

Tratamientos	kg ha ⁻¹			mL ha ⁻¹	L ha ⁻¹	mL ha ⁻¹ + L ha ⁻¹
	N	P	K	Enerplant	FitoMas-E	Enerplant + FitoMas-E
N	100	50	100			
En	50	25	50	2,6		
Fi	50	25	50		4,0	
En+Fi	50	25	50			2,6 + 4,0
	N: Control			En: Enerplant		Fi: FitoMas-E

En la Tabla 1 se pueden apreciar los tratamientos evaluados en la investigación. La fertilización mineral se realizó de forma manual a los 45 días del corte, enterrado a una profundidad de 10 cm aproximadamente. Los bioestimulantes se aplicaron al follaje con una asperjadora manual con solución final de 200 L ha⁻¹. Las aplicaciones de Enerplant se realizaron a los 90 y 120 días del corte y el FitoMas-E en una sola aplicación a los 90 días posteriores a la cosecha.

A los ocho meses se realizaron evaluaciones de los principales componentes del rendimiento. Para el caso de la población, se realizó el conteo de los tallos molibles en los dos surcos centrales de cada parcela con lo que se calculó la población de tallos por hectárea. Para el caso del diámetro y longitud de los tallos se seleccionaron 10 tallos por cada parcela en que se determinó el diámetro en el entrenudo +7 con el empleo de un pie de rey. La longitud se midió desde la base del tallo hasta el primer *dewlap* visible con una regla graduada Jorge *et al.*, 2011.

Una semana antes de la cosecha se tomó por cada parcela una muestra de 10 tallos en los que se determinó, Brix, Pol en caña y pureza de los jugos, según Jorge *et al.* (2011). La cosecha se realizó de forma manual según las normas técnicas, a los 12 meses de edad, para esto se pesó de manera

directa la producción de cada parcela con el empleo de un dinamómetro Modelo SALTER Modelo 599, acoplado a una alzadora mecánica. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza de clasificación doble, empleando el paquete estadístico STATISTICA, versión 6. Para la determinación de las diferencias significativas entre tratamientos se empleó una prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$) para establecer las diferencias entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se pueden observar los resultados del análisis de varianza para las variables del rendimiento agrícola según los tratamientos evaluados. Como se puede apreciar en el diámetro del tallo no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos N y En+Fi, pero a la vez estos sí difieren con respecto a los restantes en estudio. Estos resultados evidencian que donde se aplicó la mitad de la dosis de fertilizante mineral recomendada por el SERFE combinado con los dos bioestimulantes en estudio la planta fue capaz de asimilar todos los nutrientes necesarios para lograr un buen desarrollo del principal órgano de interés económico en el cultivo de la caña de azúcar. Lo que reafirma lo publicado por León et al. (2009) el cual plantea que los bioestimulantes ejercen un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo, aumentando la eficiencia de la fotosíntesis, con lo que la planta fija más CO₂, favorecen en el suelo el desarrollo de los microorganismos que a su vez liberan nutrientes hacia formas asimilables y sustancias estimulantes del crecimiento, todo lo cual incide en asimilación de los requerimientos de fertilizantes, de aquí el efecto más acentuado que se observa sobre las propiedades positivas de estos dos bioestimulantes al combinarse.

Los resultados del análisis de varianza para las variables longitud del tallo, números de tallos por hectárea y toneladas de caña por hectárea evidencian que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Influencia de los tratamientos en los componentes del rendimiento agrícola.

Tratamientos	DT (cm)	LT (cm)	NT ha-1 x 103	TCH
N	2,85a	197,8	74,92	101,25
En	2,35c	194,4	67,42	103,33
Fi	2,56b	194,2	70,5	100,83
En+Fi	2,87a	200,4	69,42	106,67
$\bar{X} \pm ES$	$2,66 \pm 0,05$	$196,7 \pm 1,87$	$70,56 \pm 17,0$	$103,02 \pm 2,56$
Sig.	*	ns	ns	ns

En trabajo realizado por Pino *et al.* (2017) en la UPC Manuel Fajardo de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayabeque encontraron diferencias significativas en cuanto a la población de tallos por hectárea en los tratamientos evaluados. Lo cual difiere con los resultados obtenidos en este experimento.

Por su parte Martínez *et al.* (2017) no encontraron diferencias significativas en los estudios realizados en el que se trabajó con el FitoMas-E y la dosis de fertilizantes y la población de tallos se mantuvo en correspondencia con los resultados obtenidos en esta investigación.

Es importante señalar que los resultados alcanzados en este estudio son considerables, es decir para pertenecer a una cepa de tercer retoño los valores son bastante elevados. Lo que demuestra la importancia de un buen manejo en el cultivo desde una vez concluida la cosecha precedente hasta que se efectúe la siguiente. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los obtenidos por Díaz (2007) quien afirma que la combinación de los bioestimulantes con la fertilización mineral potencia de manera eficaz los procesos energéticos de las plantas, aun cuando se disminuya la fertilización mineral en un 50 % se pueden mantener e incrementar los niveles de producción.

Villar *et al.* (2011) en estudios realizados en la UEB Pablo Noriega de la provincia de Mayabeque no encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al rendimiento en el tratamiento donde se aplicó el 100 % de la dosis recomendada del SERFE y en el que se empleó el 50 % de la dosis recomendada de fertilizantes más FitoMas-E, resultados similares a los obtenidos en este trabajo.

También Molinet *et al.* (2012) con el objetivo de corroborar en áreas de producción, la efectividad agronómica de la combinación: bioestimulantes FitoMas-E y niveles de fertilización mineral recomendada por el servicio agroquímico desarrollaron un estudio en áreas de las UPC Andrés Cuevas Heredia en un suelo vertisol, cepa de retoño. En dicha investigación no encontraron diferencias significativas en los tratamientos uno y tres con 100 % de la dosis de fertilizantes sin bioestimulantes y 50 % de la dosis con bioestimulante, resultado este que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, Nápoles *et al.* (2017) encontraron que al reducir la dosis recomendada por el SERFE al 50 % mezclada con FitoMas-E + Enerplant se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas con respecto al 100 % de la dosis recomendada por el SERFE sin bioestimulantes y los resultados superaron en un 7,4 y 8,96 t ha⁻¹, resultados que difieren a los obtenidos en esta investigación, pero que reafirman la importancia de la reducción del 50 % de la fertilización mineral mezclada con los bioestimulantes. También Pino *et al.* (2017) encontraron que al realizar la mezcla de FitoMas-E a 4 L ha⁻¹ + Enerplant a 0,052 L ha⁻¹ combinado con la dosis recomendada por el SERFE alcanzaron incrementos estadísticamente significativos en los rendimientos agrícolas entre 4,83 y 7,83 t ha⁻¹, lo cual difiere con los resultados obtenidos en este estudio.

Se presume que estas causas pueden estar dadas a que los experimentos se realizaron en diferentes condiciones edafoclimáticas, con diferentes manejos agronómicos y el factor más importante a considerar es que se utilizaron diferentes cultivares de caña de azúcar.

Es importante señalar que, en este experimento, desde el punto de vista productivo, el valor promedio del rendimiento obtenido con la mezcla de los bioestimulantes es mayor que el resto de los tratamientos. Por lo que se puede inferir que para las condiciones donde se desarrolló esta investigación se puede reducir al 50 % las dosis de fertilizantes minerales (NPK) recomendadas por el SERFE sin que se afecte el rendimiento agrícola, lo que generaría un beneficio ambiental al

disminuir el volumen de productos químicos a aplicar en el suelo. De forma general los resultados obtenidos en el rendimiento agrícola en este experimento se pueden considerar elevados si se tiene en cuenta que el rendimiento promedio para esta cepa de tercer retoño a nivel de provincia cerró en la pasada campaña de zafra a unas 33,5 t ha⁻¹. Lo que evidencia con claridad la importancia de un buen manejo agrícola donde cada una de las labores se realizan en el momento óptimo y con la calidad requerida.

En la Tabla 3 se pueden observar los resultados del análisis de varianza para las variables del rendimiento industrial según los tratamientos evaluados. Como se aprecia no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las variables en estudio. Este resultado es de gran importancia ya que el objetivo final del cultivo es la producción de azúcar, por lo que la sustitución del 50 % de los fertilizantes minerales por el uso combinado de los bioestimulantes FitoMas-E y Enerplant no afecta la calidad industrial. Resultados similares a los obtenidos en este trabajo fueron reportados en estudios realizados por García (2004); Mayor (2009) y Gallego *et al.* (2017).

Tabla 3. Influencia de los tratamientos en los componentes del rendimiento industrial.

Tratamientos	Brix	Pol % Caña	Pol t ha-1
N	23,49	18,64	18,87
En	23,74	18,65	18,9
Fi	23,78	18,75	19,27
En+Fi	23,23	19,05	20,35
$\bar{X} \pm ES$	23,56 \pm 0,21	18,78 \pm 0,10	19,35 \pm 0,51
Sig.	ns	ns	ns

Estos resultados coinciden con los publicados por Gallego *et al.* (2017) donde demostraron que la dosis de FitoMas-E no es un factor determinante en los porcentajes de Pol en caña, aunque tampoco actúa de manera negativa en este indicador. Por su parte, García (2004) y Mayor (2009) también publicaron resultados similares a los obtenidos en el estudio, al no obtener efectos significativos en este indicador con el uso de los bioestimulantes FitoMas-E y Vitazyme.

Los valores de porcentaje de Pol obtenidos en el estudio se pueden considerar altos, lo que reafirma la importancia de un buen manejo del cultivo, es decir proporcionarle a la planta todas las atenciones necesarias en el momento que la requieran y con calidad necesaria para que esta sea capaz de mostrar todo su potencial productivo, lo que se traduce en mayor producción de sacarosa que es el producto final del proceso.

En la Tabla 4 se pueden apreciar los resultados del análisis económico realizado en el estudio. Los tres tratamientos donde se aplican los bioestimulantes, ya sea cada uno de forma separada como la unión de ambos combinados con el 50 % de la dosis recomendada por el SERFE mostraron los menores gastos en el proceso productivo. También lograron las mayores utilidades y los menores valores del indicador costo por peso. El cual en el estudio se puede considerar bajo, al solo tener que invertir 16 centavos para obtener un peso. Lo que demuestra con claridad la factibilidad

económica del uso de estos bioestimulantes combinados con la reducción del 50 % de la dosis de fertilizantes minerales recomendados por el SERFE.

Tabla 4. Análisis económico de los resultados del estudio.

Trat.	Gastos ha-1	Ingresos ha-1	Utilidades ha-1	Costo por \$	Punto de equilibrio
N	6 396,64	20 042,44	13 645,80	0,32	32,31
En	3 285,50	20 454,17	17 168,67	0,16	16,60
Fi	3 266,34	19 959,29	16 692,95	0,16	16,50
En+Fi	3 293,00	21 115,33	17 822,33	0,16	16,64

N: Control **En:** Enerplant **Fi:** FitoMas-E

CONCLUSIONES

La mezcla de los bioestimulantes Enerplant y FitoMas-E en combinación con el 50 % de la dosis de fertilizantes minerales tuvo un efecto positivo en los componentes del rendimiento agrícola e industrial. Los resultados de la valoración económica demostraron que los tres tratamientos donde se aplican los bioestimulantes, ya sea cada uno de forma separada como la unión de ambos combinados con el 50 % de la dosis recomendada por el SERFE resultan más factibles en comparación con la aplicación del 100 % de la dosis.

REFERENCIAS

- Díaz, J. C. (2007, enero). Informe técnico. Rendimiento de los lotes control-extensiones de los bioestimulantes Fitomás-E, Enerplant y Vitazime. (Informe Final No. 2). La Habana, Cuba: INICA.
- Gallego, R., De León, M. 1 y Zuaznabar, R. (2017, marzo). *Comportamiento de la caña de azúcar (Saccharum spp) ante la aplicación de diferentes dosis fitomas-e*. Ponencia presentada en Memorias del VIII Congreso Internacional de Diversificación. La Habana, Cuba.
- García, I. (2004, abril). Informe técnico. Programa Integral de Manejo Agronómico. (Informe Final No. 5). Villa Clara, Cuba: INICA.
- Jorge, H., González, R., Casas, M y Jorge, I., (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba*. (2da.ed). La Habana, Cuba: PUBLINICA.
- Mayor, J. L. (2009). *Respuesta de la caña de azúcar (Saccharum spp.) ante la aplicación de un fitoestimulante de producción nacional*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.
- Nápoles, R., Caraballosa, V., Concepción, E., Cruz, O., Rábago, R., Valle, D., et al. (2017, junio). *Efecto de la combinación de dos bioestimulantes con fertilizantes minerales en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar (Saccharum spp)*. Ponencia presentada en Memorias del XIV Congreso Internacional Diversificación. La Habana, Cuba.

Villar, J., Montano, R., García, T., García, D y Zuaznábar, R. (2011). Efectos del bionutriente FitoMas-E con y sin fertilización convencional. *ICIDCA*, 45 (3), 24-29. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223122261004.pdf>

Zuaznábar, R., Díaz, J. C., Montano, R y Gallego, R. R. (2014). Diversas formulaciones de FitoMás-E ¿Mito o realidad en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba? *ATAC*, 23 (1), 23-27.

Zuaznábar, R., Pantaleón, G., Milanés, N., Gómez, I y Herrera, A. (2013). Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FitoMás-E en el estado de Veracruz. Méjico. *ICIDCA*, 47 (2), 8-12. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223128548002.pdf>

León, M., Zuaznábar, R., Díaz, J. C., Cortegaza, P. L y García, E. (2009). *Uso de los bioestimulantes en caña de azúcar, combinados con la fertilización mineral*. [Informe]. La Habana, Cuba: INICA.

Pino, S., Cardentey, C., Pérez, M y Zuaznábar, R. (2017, octubre). *Resultados de la aplicación de los bioestimulantes FitoMás-E más Enerplant a la caña de azúcar en las provincias artemisa y Mayabeque*. Ponencia presentada en Memorias del XVII Congreso Internacional Diversificación. La Habana, Cuba.

Martínez, R., Zuaznábar, R., Antigua, G., Blanco, V., Fernández, C y Pino, S. (2017, octubre). *Evaluación de la efectividad de FitoMás-E y Regnum 25 CE (Pyraclostrobin) en el incremento de la brotación y la producción de caña de azúcar*. Ponencia presentada en Memorias del XVII Congreso Internacional Diversificación. La Habana, Cuba.

Molinet, D., Agüero, Y., Fonseca, R., Torres, M y Santiesteban, R. (2012). Sustitución de fertilizante mineral sobre el rendimiento agrícola en el cultivo de la caña de azúcar. *Granma Ciencia*, 16 (3), 18-22. Recuperado de: http://www.grociencia.granma.inf.cu/vol%2016/3/2012_16_n3.a10.pdf