

Influencia del bioestimulante Biobrás-16 en procesos fisiológicos de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Maribel González-Hidalgo^{1*}, Rafael Zuaznábar-Zuaznábar¹, Rigoberto Martínez-Ramírez¹, Javier García-Rodríguez², Tania Casero-Rodríguez², Mario E. de León-Ortiz¹, Adriel L. García-Carrera² y Adolfo Brown-Gómez³

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (INICA), Carretera a la Cujae, km 1½, Boyeros. La Habana, Cuba.

* maribel.gonzalez@inica.azcuba.cu

2. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA). Quivicán, Mayabeque.

3. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).

Vía Blanca No. 804 y Carretera Central, SMP. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Los brasinoesteroides son compuestos naturales que se utilizan para estimular el incremento de los rendimientos, como resultado de sus efectos en la fotomorfogénesis y otros procesos en la planta. Biobrás-16 es un análogo espiroestánico de brasinoesteroides obtenido en Cuba, con actividad fisiológica probada en diversos cultivos; sin embargo, en caña de azúcar, son escasos los estudios, por lo que es objetivo de este trabajo investigar el efecto del bioestimulante sobre la brotación, la longitud de la planta, las hojas activas y el sistema radical de la caña de azúcar, en condiciones semicontroladas. Los resultados revelan que C86-12 y Co997 se comportaron iguales en la brotación y longitud de la planta, pero diferentes con relación a la cantidad de hojas activas. En la primera de ellas no hubo influencia del Biobrás-16 sobre hojas activas, ni longitud de la planta, pero si en la brotación, que ejerció un efecto supresor en donde estuvo presente, comparado con el testigo y Fitomás-EC. En Co997 Biobrás-16 ejerció un efecto inhibitorio de la emisión de hojas y ninguno sobre la longitud de la planta, pero, actuó positivamente en la brotación, comparado con el testigo, pero en menor grado que el ejercido por Fitomás-EC y la mezcla. No se detectó efecto del Biobrás-16 sobre el desarrollo del sistema radical en ambas variedades.

Palabras clave: emisión de hojas, longitud de la planta, bioestimulante, brotación, sistema radical.

ABSTRACT

Brassinosteroid are natural compounds that stimulate yields increased, because of their effects on photomorphogenesis and other processes in the plant. Biobrás-16 is an spirostanoic analog of brassinosteroid obtained in Cuba with proven physiological activity in several crops. However, in sugar cane, there are few studies related to its activity, so this paper is aimed to investigate the effect of biostimulant on sugarcane sprouting, plant length, active leaves and the root system, under semi-controlled conditions. The results reveal that C86-12 and Co997 performed the same in sprouting and plant length, but different in relation to active leaves. In the first one, there was no influence of Biobrás-16 on active leaves, nor on plant length, but there was in the sprouting process, which exerted a suppressive effect in those treatments where it was present, compared to the Control treatment and Fitomás-EC. In relation to Co997, Biobrás-16 exerted an inhibitory effect on the active leaves emission compared to other treatments and no effect on plant length, while it acted positively on sprouting compared to the Control, but to a lesser degree than that exerted by Fitomás-EC and the mixture of both biostimulants. No effect of any treatment on the root system development was detected in any studied varieties.

Key words: leaf emission, plant length, biostimulant, sprouting, root system.

INTRODUCCIÓN

Los brasinoesteroides son compuestos naturales utilizados como estimuladores del rendimiento en los cultivos. De acuerdo con investigaciones hechas en el Instituto de Ciencias Agrícolas (INCA) (1), en nuestro país se han sintetizado algunos análogos espirostánicos de brasinoesteroides (BRs), que poseen una actividad biológica similar a los brasinoesteroides naturales y que han resultado muy buenos estimuladores del crecimiento y del rendimiento. Dentro de ellos se encuentra el Bio-brás 16 (BB-16).

Las investigaciones indican que la aspersión foliar con BB-16, a razón de 20 mg/ha, favorece el crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), que incrementan tanto el desarrollo foliar como el crecimiento radical (2). Investigaciones en arroz (*Oriza sativa*) han encontrado incremento en el número de panículas y la cantidad y llenado de los granos, en dependencia de la época de plantación. Se afirma que las dosis más adecuadas oscilan entre 10 y 50 mg/ha, con mayor eficacia como aspersión foliar (3).

En Cuba son escasas las investigaciones con este análogo de brasinoesteroides en caña de azúcar. Estudios realizados en la Estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), en Florida, Camagüey (4), en condiciones de campo para evaluar la efectividad del BB-16, junto con fertilizantes minerales, a razón de 1.0 L/ha, asperjado al follaje a los 60 días de la plantación, no se evidenciaron los efectos del BB-16 en ninguno de los componentes evaluados: (altura, diámetro y cantidad de tallos y, en consecuencia, en el rendimiento final), lo que pudiera deberse a la baja estabilidad de sus efectos en condiciones de campo (1), que ocasionó la suspensión de sus aplicaciones a gran escala en Europa Occidental y Japón (5).

Sin embargo, en India (6), que se trabaja con la variedad de caña de azúcar Co. 86032 con cultivo *in vitro*, a concentraciones incrementadas de 2 mg/L a 7 mg/L de brasinoesteroides, constataron un efecto positivo estimulante sobre el alargamiento del tallo, formación de hojas, formación de brotes adventicios y aumento de la tolerancia al estrés.

Por tal motivo, se consideró necesario realizar un estudio en el que se controlara el mayor número posible de factores que influyen en procesos fisiológicos, por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del BB-16 y su comparación con Fitomás-EC, en la brotación, hojas activas, longitud de las plantas y desarrollo del sistema radical de la caña de azúcar, en condiciones semicontroladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el periodo entre el 1º de julio y el 3 de septiembre, en el municipio de Quivicán, Mayabeque, en un área techada de la ETICA Mayabeque-Artemisa, perteneciente a la Red experimental del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), localizada en los 22°49'23"N y 82°21'18"O (figura 1), con una temperatura anual media de 25.2 °C y una humedad relativa que oscila entre 40 y 100 %, en los meses de julio a septiembre.

En el área donde se desarrolló el experimento, la humedad relativa se mantuvo en el rango entre 78.5 y 82.0 % y la temperatura media osciló entre 26.5 y 28.0 °C.

Para el montaje del estudio se utilizaron macetas plásticas de 10 kg de capacidad, con suelo Ferralítico rojo (7), en las que se colocaron dos esquejes de tres yemas (semilla) por recipiente, de las variedades C86-12 y Co997, de brotación rápida y lenta, respectivamente (8). Antes de taparlos, se asperjaron con soluciones de los bioestimulantes Biobrás-16 (BB-16) y Fitomás EC (FM-EC) y se cubrieron con una lámina de suelo de 3 a 5 cm (9). Se utiliza el FM-EC, de efectos beneficiosos comprobados en este cultivo, a modo de comparación con el análogo de brasinoesteroides. El riego se mantuvo a capacidad de campo, durante el tiempo que prevaleció el estudio y las arvenses se controlaron manualmente.



Figura 1. Localización del experimento para el estudio del BB-16.

Tratamientos empleados:

1. Control, solamente recibió agua
2. BB-16 25 mL/ha
3. FM-EC 2.0 L/ha
4. Mezcla de ambos bioestimulantes (BB-16 + FM-EC con 25 mL/ha + 2 L/ha, respectivamente).

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, con tres repeticiones y dos variedades, para un total de 24 macetas (figura 2).

C86-12 Testigo	C86-12 BB-16	C86-12 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16
C86-12 Testigo	C86-12 BB-16	C86-12 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16
C86-12 Testigo	C86-12 BB-16	C86-12 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16
Co997 Testigo	Co997 BB-16	Co997 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16
Co997 Testigo	Co997 BB-16	Co997 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16
Co997 Testigo	Co997 BB-16	Co997 FM-EC	C86-12 FM-EC + BB-16

Figura 2. Disposición de las macetas para el estudio del Biobrás-16, en condiciones semicontroladas.

Características de los bioestimulantes utilizados

Fitomás-EC: Obtenido por el Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Estimulante del crecimiento vegetal, conformado por un formulado acuoso, estable que contiene aminoácidos, oligosacáridos y bases nitrogenadas. Estimula la nutrición, el crecimiento, la floración, la fructificación, la germinación o brotación y el enraizamiento. Ayuda a compensar los efectos negativos de la salinización de los suelos, sequías, excesos de humedad, fuertes vientos, trasplantes, fitotoxicidad debida a pesticidas y otros agroquímicos. Mejora la nutrición, la

floración y el cuajado de los frutos. Potencia la acción de herbicidas y otros plaguicidas, lo que permite reducir las dosis.

Biobrás-16: Suministrado por el Centro de Estudios de Productos Naturales, perteneciente a la Universidad de La Habana. Es una formulación producida en Cuba que tiene como ingrediente activo un análogo espiroestano de brasinoesteroides y ha sido utilizado como estimulador del incremento de los rendimientos agrícolas en varios cultivos de importancia económica. Los brasinoesteroides son considerados una clase de hormona vegetal que actúa a concentraciones muy bajas y realiza un papel importante durante todo el ciclo de vida de la planta. Entre las respuestas a los BRs se incluyen, además del efecto clásico en el alargamiento de tallos, sobre las raíces, en la fotomorfogénesis, la floración, la división celular, el desarrollo vascular y reproductivo, la polarización de la membrana y el bombeo de protones, las relaciones fuente/sitio de consumo y la modulación del estrés. Existen dos tipos de formulaciones de este producto: Biobrás 16 y Biobrás PLUS. Este último con mejor eficacia en casos de estrés hídrico o nutricional.

Mediciones efectuadas

Las observaciones brotación, hojas activas y longitud total de las plantas comenzaron a realizarse al mes de plantado el experimento, con frecuencia semanal. Para determinar la longitud total, se midió la distancia desde la base de los tallos hasta el extremo superior, marcado por la hoja más recientemente brotada, de aquellas plantas con 40 cm o más y se expresó en centímetros; mientras que la variable hojas activas, se determinó contando las hojas de cada planta por tratamiento y se expresó como promedio de hojas activas.

Para medir la influencia de los tratamientos en el desarrollo del sistema radical se utilizó el método de la fotografía. Para ello se eligieron las plantas de cada variedad y se tomó como criterio la predominancia de una longitud dada, en cada tratamiento.

Procesamiento estadístico

Los datos de las variables hojas activas y brotación no cumplieron el requisito estadístico de normalidad, por lo que se les realizó análisis no paramétrico. En el caso de la comparación entre los cuatro tratamientos empleados, se realizó la prueba Kruskal-Wallis y, para la comparación de las variedades, se practicó la prueba de Mann-Whitney.

La variable longitud total, a pesar de cumplir con el requisito estadístico de normalidad, se analizó con pruebas no paramétricas. En todos los casos se empleó un nivel de probabilidad de error de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de Mann-Whitney permitió detectar diferencias entre las dos variedades, en las variables hojas activas; pues, los mayores valores entre ambas lo alcanzó C86-12, con la suma de rangos superiores a Co997 (tabla 1), que explica su comportamiento genético en cuanto a su rápida brotación.

Tabla 1. Prueba Mann-Whitney U para las variables estudiadas por variedad.
Las cifras resaltadas en negritas son significativas a $p < 0.05000$.

Variables	Suma de rangos		U	Z	p	Z ajustado	p	N válido	
	C86-12	Co997						C86-12	Co997
Brotación (%)	163.50	136.50	58.50	0.779	0.436	0.831	0.406	12	12
Hojas activas	202.00	98.00	20.00	3.002	0.003	3.015	0.003	12	12
Longitud de la planta (cm)	171.50	128.50	50.50	1.241	0.214	1.242	0.214	12	12

Independientemente de que las variables brotación y longitud de la planta, no mostraron diferencias significativas entre las variedades empleadas en el estudio, ambas se trataron por separado, para una mayor comprensión de los resultados.

La variedad C86-12 no mostró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados en la variable hojas activas, pues la gran dispersión de los datos pudo haber solapado su efecto. Sin embargo, la cantidad de hojas activas alcanzó su máxima expresión en el tratamiento correspondiente al FM-EC, que llegó a mostrar hasta 7 hojas activas (figura 3).

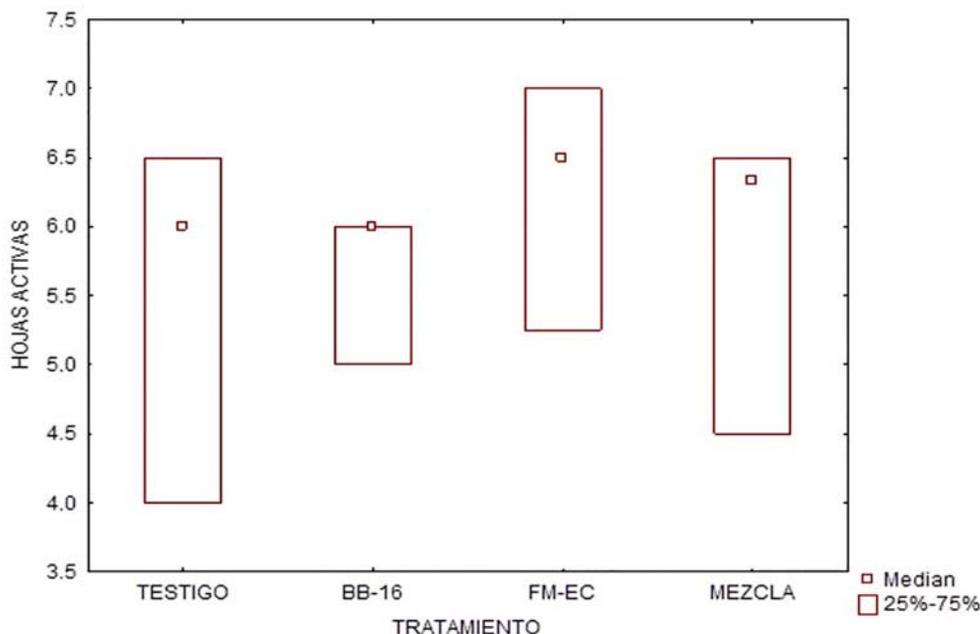


Figura 3. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la cantidad de hojas activas en la variedad de caña de azúcar C86-12, crecida en condiciones semi-controladas [Kruskal-Wallis por rango; $H(3, N=12) = 1.820144$ $p = 0.6106$]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC.

En cambio, la variedad Co997, mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos empleados. El tratamiento que recibió BB-16 puro, mostró el menor valor de hojas activas (2-3) comparado con el testigo (3-4); mientras que, FM-EC (4-6) y la mezcla (3-6), sin diferir entre sí, estuvieron por encima de este (figura 4).

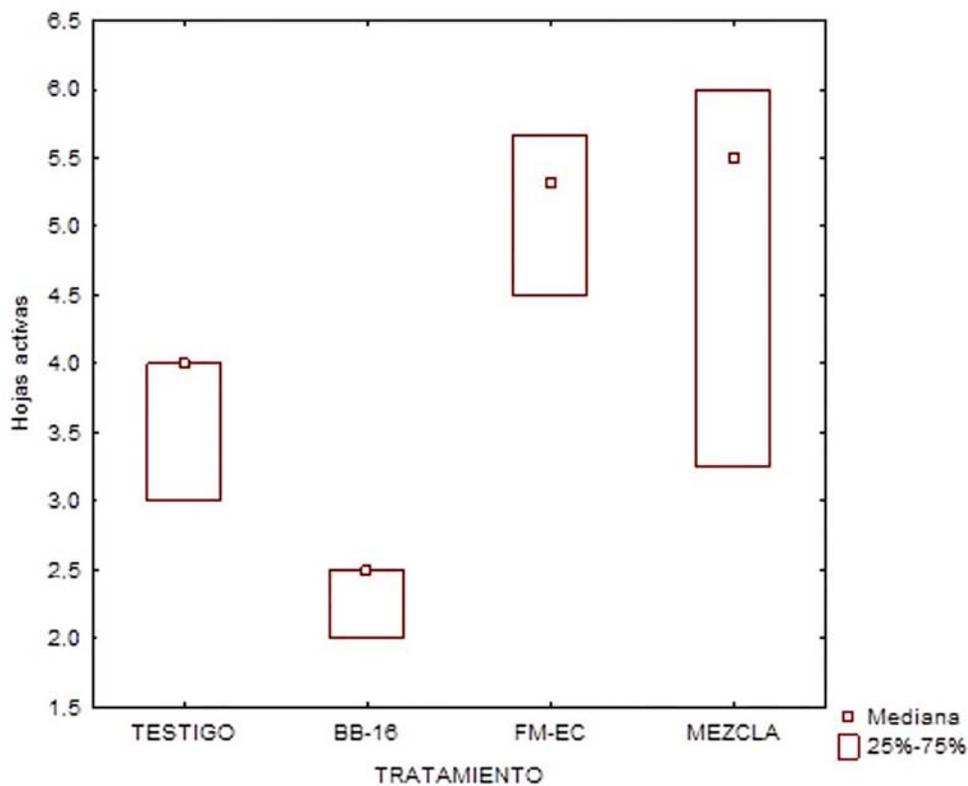


Figura 4. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la cantidad de hojas activas en la variedad de caña de azúcar Co997, crecida en condiciones semicontroladas [Kruskal-Wallis por rango; $H(3, N=12) = 8.185446$ $p = .0423$]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC.

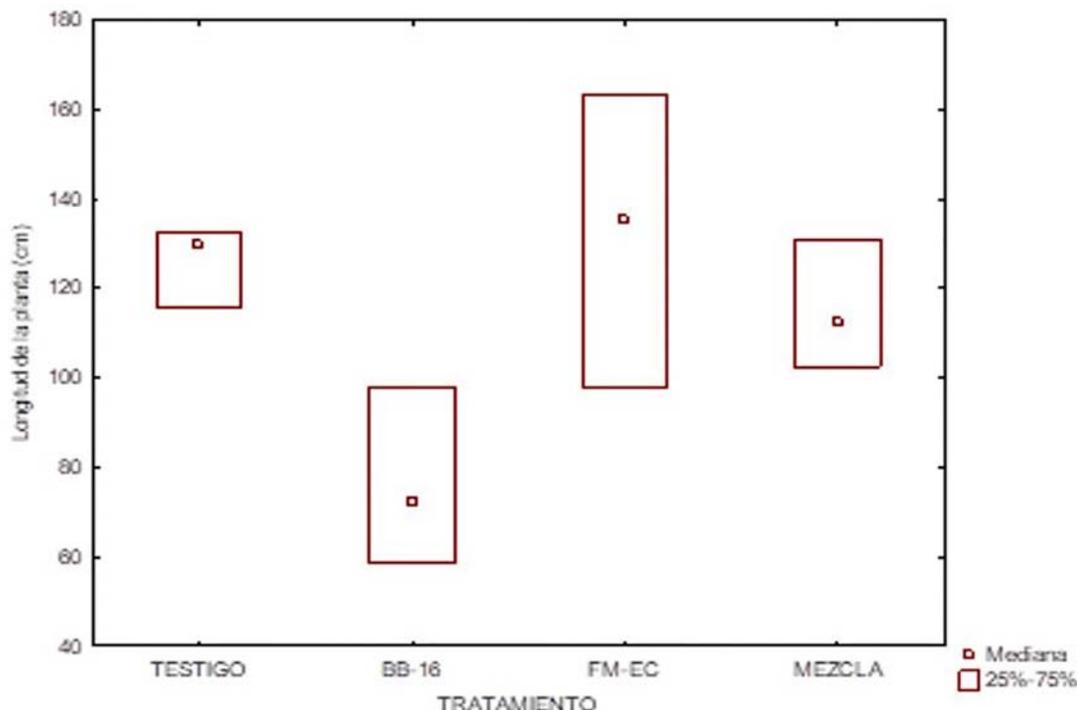


Figura 5. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la longitud de la planta en la variedad de caña de azúcar C86-12, crecida en condiciones semicontroladas [Chi-cuadrado = 6.666667; gl = 3; p = 0.0833]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC.

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis, no se detectan diferencias significativas entre tratamientos en la longitud de las plantas; sin embargo, correspondieron los menores valores absolutos de esta variable, al que recibió BB-16 (figura 5).

La variedad Co997 no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, en cuanto a longitud de las plantas, lo que pudo deberse a la gran dispersión de los datos que, de manera general, estuvieron en el rango entre 60 y 130 cm (figura 6).

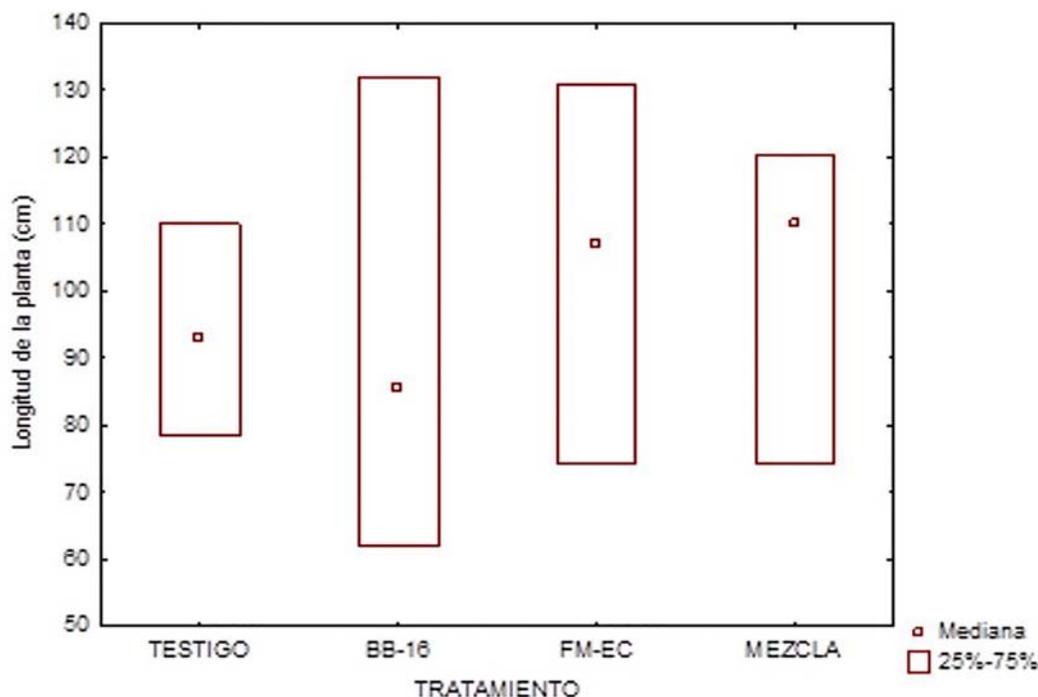


Figura 6. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la longitud de la planta en la variedad de caña de azúcar Co997, crecida en condiciones semicontroladas [Chi-cuadrado = 4.000; df = 3; p = 0.2615]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC.

Al comparar la influencia de los diferentes tratamientos en la brotación de la variedad C86-12, se observó una inhibición de este proceso fisiológico en aquellos en que estuvo presente el BB-16, y

fue más acentuado en los casos en que se aplicó solo, pues la mezcla ocupó una posición intermedia, comparado con el testigo y el FM-EC puro (figura 7).

Figura 7. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la brotación en la variedad de caña de azúcar C86-12, crecida en condiciones semi-controladas [Chi-cuadrado = 12.00000; df = 3; p = 0.0074]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC..

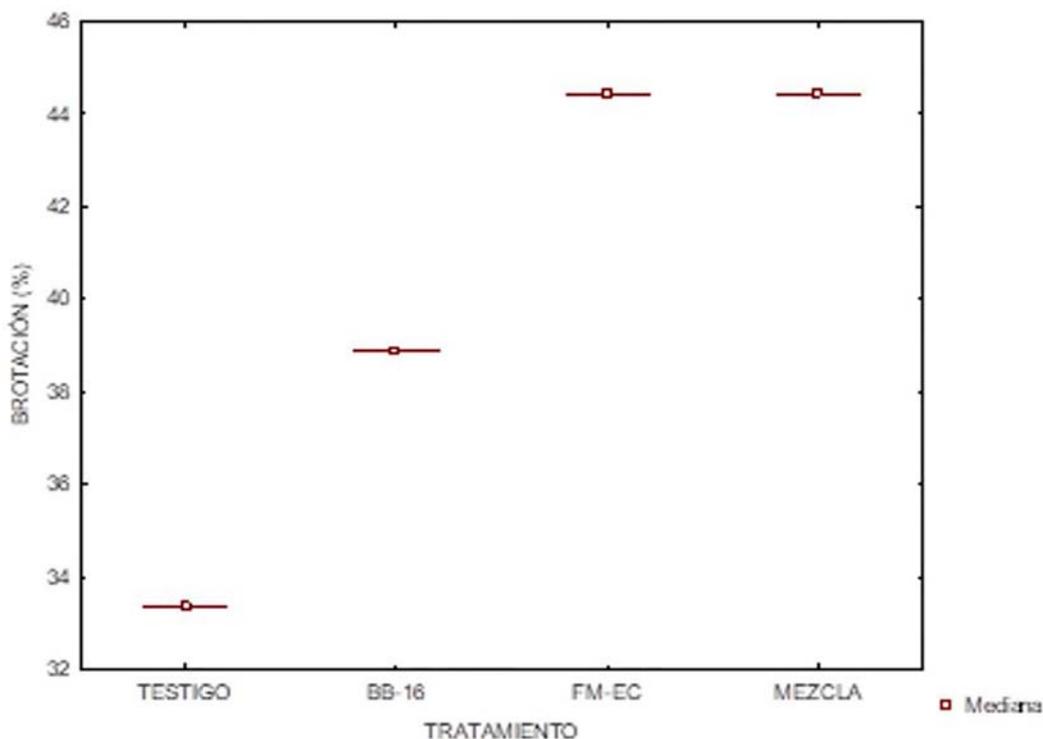
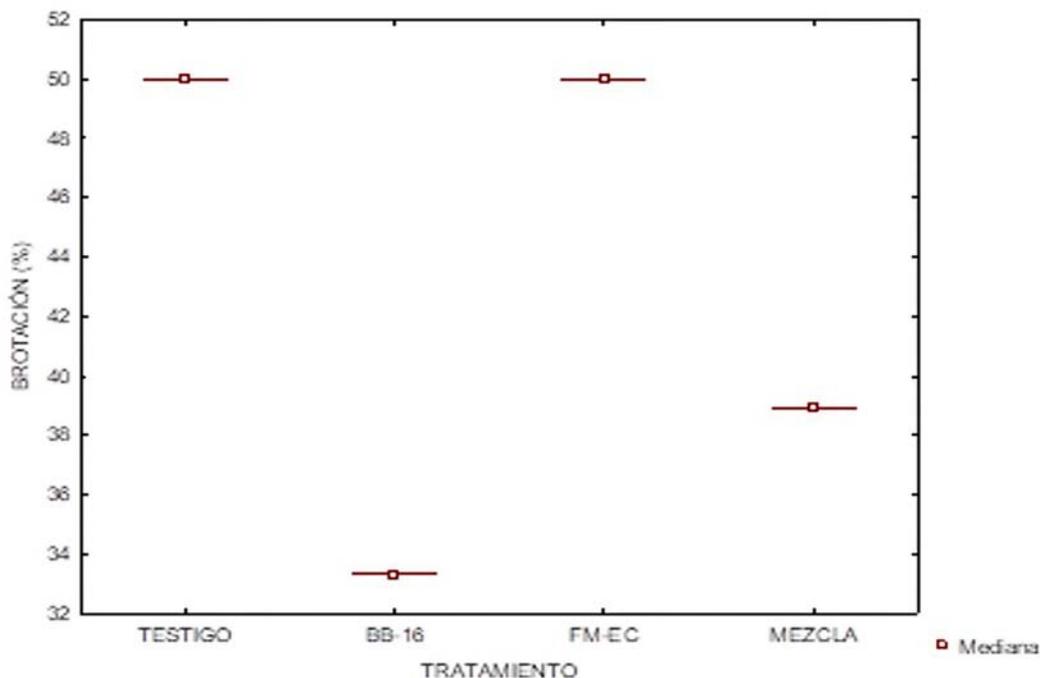


Figura 8. Efectos de BB-16 y FM-EC sobre la brotación en la variedad de caña de azúcar Co997, crecida en condiciones semicontroladas [Chi-cuadrado = 12.00000; df = 3; p = 0.0071]. BB-16 es Biobrás 16; FM-EC es Fitomás EC; mezcla es BB-16 + FM-EC.

El porcentaje de brotación en la variedad Co997 estuvo influido positivamente por los tratamientos. El FM-EC y la mezcla alcanzaron los mayores valores, sin diferir estadísticamente entre sí, al compararlos con el testigo; mientras que BB-16 mostró el menor efecto (figura 8).

Con relación a las raíces, no se detectó un comportamiento diferente entre los tratamientos ni en las variedades, debido a los tratamientos.

CONCLUSIONES

Las variedades C86-12 y Co997 se comportan iguales en cuanto a brotación y longitud de la planta, pero diferentes en cuanto a cantidad de hojas activas.

En la variedad C86-12 no hay influencia del BB-16 sobre la cantidad de hojas activas, ni en la longitud de la planta, pero sí en el proceso de brotación, que ejerce un efecto supresor en aquellos tratamientos en los que está presente, comparado con el testigo y el FM-EC.

En la variedad Co997 el BB-16 ejerce un efecto inhibitor de la emisión de hojas activas, comparado con los demás tratamientos y no afecta la longitud de la planta, pues tiene un efecto positivo sobre la brotación, comparado con el testigo, pero menor que el que ejerce el FM-EC y la mezcla de ambos bioestimulantes.

No se detecta efecto del BB-16 sobre el desarrollo del sistema radical en las dos variedades estudiadas.

Se ratifica el efecto positivo del FM-EC sobre procesos fisiológicos de la caña de azúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Núñez Vázquez, Miriam; Reyes Guerrero, Yanelis; Rosabal Ayán, Lissy y Martínez González, Lisbel. Análogos espiroestánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 2, p. 34-42, 2014.
2. Alonso, Elein Terry, Ruiz Padrón, Josefa, Tejeda Peraza, Tamara, Reynaldo Escobar, Inés, Díaz de Armas, María M. Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos Tropicales*. 32(1), 77-82. 2011.
3. Khripach, V. A.; Zhabinskii, A. y de Groot, A. E. Brassinosteroids. A new class of plant hormones. San Diego: Academic Press. 1999.
4. García del Rico E. Informe de resultados de la cosecha de la extensión con Biobras en la CPA "Frank País" de la UEB-APA "Argentina" en Camagüey. Documento de circulación interna Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar 2019.
5. Kamuro, Y. y Takatsuto, S. Practical application of brassinosteroids in agricultural fields. En: *Brassinosteroids. Steroidal Plant Hormones*. Tokyo: Eds. Springer-Verlag. Cap. 10. p. 223-241. 1999.
6. Chavan, C. S., Chavan, S. S., Velhal, R. S., Patil, A. G., Deshmukh, L. P., & Bapat, V. A. Efecto de Brassinolide sobre el crecimiento invitro de caña de azúcar Co 86032 (*Saccharum spp.*). doi:10.1063/1.5047722, 2018.
7. Hernández Jiménez A., Pérez J., Bosch O. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. Vol. 23. La Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba. Serie Suelos; 1-25 p. 1975.
8. Mesa J.M., Santana A.I., Jorge G. Ibis de las M. y Zambrano Q. Yumarys. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Actualización 2011. Manual. Publica, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2011.
9. Santana, I., González, Maribel, Guillén, S. y Crespo, R. (Editores). Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. 2da. Edición. La Habana, Cuba; Editorial AMA., 2013. 292 pp. ISBN: 978-959-300-036-9.