

Efecto de cinco bioestimulantes en el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar y su resistencia al trasplante

Yaima de las Mercedes Daniel Ortega¹, Yoslen Fernández Gálvez², Elianis Rodríguez Ramírez³, Arelys Valido Tomes⁴ & Dania González Gort⁵.

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0187-870X>, Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba, ²Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Oriental, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Florida, provincia Camagüey, Cuba, ³UBB Carlos Manuel de Céspedes, Departamento de Caña, municipio Carlos Manuel de Céspedes, provincia Camagüey, Cuba, ⁴Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba, ⁵Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba.

Citación: Daniel Ortega, Y. de las M., Fernández Gálvez, Y., Rodríguez Ramírez, E., Valido Tomes, A., & González Gort, D. (2019). Efecto de cinco bioestimulantes en el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar y su resistencia al trasplante. *Agrisost*, 25(1), 1–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10022567>

Recibido: 25 septiembre 2018

Aceptado: 10 diciembre 2018

Publicado: 5 enero 2019

Financiamiento: no se reporta.

Conflictos de interés: los autores no declaran conflictos de interés.

Correo electrónico del autor para correspondencia: yaima.daniel@reduc.edu.cu

Resumen

Contexto: La etapa de posturas de la caña de azúcar sufre de estrés en su periodo de fortalecimiento, que puede estar ocasionado por varias causas: afectación por plagas, deficiencias nutricionales y daños mecánicos producto a su manipulación; lo que trae consigo pérdida de material genético en esta etapa.

Objetivo: Con el objetivo de evaluar el efecto de cinco bioestimulantes en el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar y su resistencia al trasplante.

Métodos: Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con seis tratamientos (testigo absoluto y muestras con aplicación de azotobacter, fosforina, humus líquido natural, humus líquido mejorado y humus líquido fortificado con minerales (BoCalZn)) y cuatro réplicas. Se plantaron las posturas, en bandeja plástica de 60 alveolos rellenos con un sustrato compuesto por suelo y cachaza. Se realizaron siete aplicaciones foliares a partir de los siete y hasta los 56 días posteriores al trasplante. A los 50 días se evaluaron los indicadores morfofisiológicos altura y grosor de la planta, área foliar, longitud de raíces, número de raíces activas y el peso fresco y seco de la planta. Para evaluar la resistencia al trasplante las posturas fortalecidas fueron plantadas en condiciones de campo, donde a los 45 días posteriores se determinó el porcentaje de supervivencia de las mismas.

Resultados: Los resultados muestran en los indicadores morfofisiológicos el efecto positivo de la aplicación de bioestimulantes.

Conclusiones: La aplicación de bioestimulantes mostró un efecto positivo en los indicadores morfofisiológicos evaluados. El humus líquido fortalecido con minerales (BoCalZn) alcanzó los mejores resultados de resistencia al trasplante en condiciones de campo.

Palabras clave: humus, caña de azúcar, azotobacter, fosforina, mejoramiento genético.

Effect of Five Biostimulants on Sugar Cane Seedlings Strengthening and Resistance to Transplantation

Abstract

Context: The sugar cane plantlet stage undergoes stress during the strengthening period, which may be caused by various reasons: pest infestation, nutritional deficiencies, and mechanical damages due to manipulation, which bring about the loss of genetic material.

Objective: To evaluate the effect of five bio stimulants on sugar cane seedlings strengthening and resistance to transplantation.

Methods: A completely randomized experimental design with six treatments (absolute control and samples with the application of azotobacter, phosphorine, improved natural liquid humus, and mineral-fortified liquid humus (BoCalZn)), and four repetitions, was applied. The seedlings were placed on a 60-well tray filled with a mix of soil and filter cake. Seven foliar applications were made between 7 and 56 days following transplantation. Plant height and thickness, foliar area, root length, number of active roots, and fresh and dry weights were evaluated 50 days after. For evaluation of resistance to transplantation, the strengthened plantlets were placed in field conditions, and after 45 days their survival percentage was determined.

Results: The positive effect of biostimulant application was observed on the morphophysiological indicators.

Conclusions: The application of biostimulants showed the positive effect on the morphophysiological indicators evaluated. The best results in resistance to transplantation of the mineral-fortified liquid humus (BoCalZn) were observed in field conditions.

Key words: humus, sugar cane, azotobacter, fosforina, plant breeding.

Introducción

La caña de azúcar es una importante fuente de alimento y bioenergía, es un componente significativo de la economía de muchos países en los trópicos y subtrópicos. Su valor económico se basa en tres atributos: su alta productividad, su eficiente uso de insumos agrícolas (agua, fertilizantes, pesticidas, manejo); y esta puede ser procesada de forma local y obtener varios subproductos como azúcar, melaza, etanol y energías, todos fáciles de almacenar y transportar. Estos atributos hacen que la caña de azúcar constituya uno de los renglones primarios de la economía a nivel mundial.

Los cultivares de caña de azúcar están sujetos al deterioro, que obliga su renovación y reemplazo irreversible por nuevos individuos de mejor respuesta a diferentes condiciones ambientales y con requisitos agroindustriales y fitosanitarios superiores a los existentes (Fernández et al., 2017). Por estas razones los principales países productores prestan gran atención al programa de mejoramiento genético de este cultivo.

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) cuenta con una red de estaciones a lo largo y ancho del país, las cuales tienen dentro de sus principales objetivos la obtención y recomendación de nuevos cultivares comerciales, los que se seleccionan a partir del esquema nacional que transita por una serie de etapas que en su totalidad pueden alcanzar un período de tiempo que oscila entre los 10 y 12 años (Jorge et al., 2011).

La etapa de posturas o postuclones como comúnmente se le denomina, tiene una gran importancia por ser la que da inicio después de la hibridación al proceso de selección, por lo que contar con el mayor número posible de éstas permite tener mayor cantidad de material genético para ser evaluado durante cada una de las etapas del esquema. Sin embargo, las mismas sufren estrés en su período de fortalecimiento que puede estar ocasionado por varias causas, dentro de éstas se pueden citar: la afectación por plagas, deficiencias nutricionales y

daños mecánicos producto a su manipulación, lo que trae consigo pérdida de material genético en esta etapa, por tanto, se hace necesario el despliegue de una serie de estrategias encaminadas a minimizar los efectos de estas adversidades (Fernández et al., 2017). En la actualidad existen numerosos productos biológicos capaces de incrementar el crecimiento y la productividad de los cultivos (Almenares et al., 2002). Estos compuestos constituyen bioestimulantes naturales que benefician el crecimiento vegetal y las condiciones del suelo para promover la germinación, el desarrollo y la producción de la planta (Garcés, Arteaga & Díaz, 2002).

Por lo que el uso de bioestimulantes podría ser una alternativa viable y sostenible para lograr posturas de caña de azúcar sana y vigorosa que garanticen su supervivencia después del trasplante y de esta manera contar con un material de mayor variabilidad genética para la posterior selección de nuevos cultivares comerciales.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) de Camagüey, situada en el municipio Florida, sobre un suelo pardo con carbonato, (Instituto de Suelos, 1975; Hernández et al., 1999), en las coordenadas 21° 31' de Latitud Norte y los 78° 04' de Longitud Oeste, situada a los 57,08 m de altura sobre el nivel medio del mar (Estación Agrometereológica de Florida, 2016). Para cumplir con los objetivos trazados el estudio contó con dos etapas: Primera etapa. Se utilizó un diseño de bloque al azar con seis tratamientos (Tabla 1) y cuatro réplicas.

Tabla 1. Dosis de los tratamientos utilizados en el estudio

Tratamientos	Dosis
T1 Testigo absoluto.	-
T2 Azotobacter.	2 kg ha ⁻¹
T3 Fosforina.	2 kg ha ⁻¹
T4 Humus líquido mejorado (Humus Líquido Natural con , fosforina, azotobacter y glucosa)	2 L ha ⁻¹
T5 Humus líquido fortificado (fosforina, azotobacter, macro y micro	2 L ha ⁻¹

nutrientes y melaza como adherente).

T6 Humus líquido fortificado

con minerales

(BoCalZn) 2 L ha⁻¹

Los bioestimulantes se aplicaron según las recomendaciones de la Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) de Suelos Camagüey. Para lograr la dosis recomendada para los bioestimulantes Azotobacter y Fosforina se pesaron 0,02 kg de cada producto, se disolvieron en 80 mL de agua común, se filtró con ayuda de una malla anti mosquitos o filtro (colador), se recuperó esta solución y se procedió a un segundo lavado con 30 mL de agua, se filtró el sustrato nuevamente y finalmente se mezclaron las dos suspensiones (110 mL), una vez obtenida esta suspensión se llevó el volumen a 2 L. Esta solución final se aplicó a las cuatro réplicas. Para el caso de las tres variantes de humus líquido se midieron 20 mL de cada bioestimulante para posteriormente llevar este volumen a 2 L y aplicarlo a las cuatro réplicas de cada tratamiento.

Las réplicas quedaron constituidas por las posturas pertenecientes al cruce de C568-75 x Ja60-5, las cuales se plantaron en 24 contenedores plásticos con 60 alveolos de 10 x 10 x 15 cm, rellenos con un sustrato compuesto por suelo y compost a una proporción de 3:1. Cada contenedor por sí solo constituyó una réplica.

Las posturas seleccionadas para el estudio se plantaron el 17 de octubre de 2017, las cuales fueron podadas (raíces y hojas) previas al trasplante. Se realizaron siete aplicaciones foliares con un intervalo de 7 días entre ellas. Estas se efectuaron a partir de los 7 y hasta los 56 días posteriores al trasplante (dpt). A los 50 dpt se evaluaron los indicadores morfofisiológicos altura y grosor de la planta, área foliar, longitud de raíces, número de raíces activas y el peso fresco y seco de la planta. En cada uno de los tratamientos se evaluaron 10 plantas por réplica. Altura de la planta se determinó con el uso de una regla graduada en centímetros midiéndose desde la base hasta el primer delpo visible. Grosor de la planta se obtuvo midiendo el tallo en la parte media con el uso del pie de rey graduado en milímetros. Área foliar se determinó según Lerchet et al. (1977). Número de raíces activas se consideraron aquellas de color blanco y su longitud se determinó con el uso de una regla graduada en centímetros. Peso fresco de la planta se determinó mediante el uso de una balanza técnica Modelo Kern. Peso seco, las plantas se colocaron en una estufa de circulación de aire forzado a una temperatura de 65 °C durante un período de 48 horas, luego del cual fueron pesadas. Para esto se hizo necesario la extracción y lavado de raíces de cada una de las plantas evaluadas.

En la segunda etapa se procedió a la plantación de todas las posturas pertenecientes a los tratamientos en estudio en condiciones de campo. A los 45 días posteriores al trasplante se determinó el porcentaje de

supervivencia, el cual se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Donde: } \% \text{ Supervivencia} = \frac{PF}{PP} 100$$

PF: Posturas físicas.

PP: Posturas plantadas.

Para el procesamiento estadístico se analizó la normalidad de los datos para todas las variables analizadas. Se determinaron las medias y errores estándar según cada caso. Se realizaron análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey $p < 0,05$. Todo el procesamiento estadístico se realizó con el uso del paquete SPSS para Windows, versión 15.0 (2006).

Resultados y discusión

Los tratamientos estudiados influyeron en la altura de posturas (Tabla 2). Se pudo constatar que la aplicación de fosforina se alcanzó el mayor valor medio de este indicador, resultado que no difiere estadísticamente con respecto a los bioestimulantes, azotobacter, humus líquido mejorado y humus líquido fortalecido con minerales, pero sí con respecto al humus líquido fortalecido y el testigo. Por su parte las posturas tratadas con el humus líquido fortalecido manifestaron el menor valor medio en la evaluación.

Se evidencia el resultado positivo de la utilización de las alternativas bioorgánicas, debido a que estos productos se componen de ácidos húmicos, Fosforina, Azotobacter y elementos químicos esenciales que influyen en los procesos metabólicos en la planta por lo que se puedan desarrollar eficientemente, de igual manera otro aspecto al que se asocia la respuesta positiva de las plantas ante la aplicación de estos productos es el momento de aplicación de los bioproductos siendo en horas tempranas de la mañana, aprovechando la apertura de los estomas para una mejor asimilación de los nutrientes y su translocación a la planta. Los resultados alcanzados con el uso de la fosforina ponen de manifiesto lo publicado por Khan, Zaidi Wani(2007) al señalar la importancia del uso de microorganismos solubilizadores de fosfatos como una alternativa al uso de fertilizantes químicos, ya que el nitrógeno, fósforo y potasio, (NPK), son los principales nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal; sin embargo la disponibilidad del fósforo es limitada, dado que cuando es aplicado en el suelo a través de fertilizantes químicos, se transforma mayoritariamente a su forma insoluble, provocando su uso ineficiente por parte de la planta (Gyaneshwar et al., 2002).

Tabla 2. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la altura de la planta

Tratamientos	Altura de la planta (cm)
T1 Testigo absoluto	13.9 ^{bc}
T2 Azotobacter	15.53 ^{ab}
T3 Fosforina	16.28 ^a
T4 Humus líquido mejorado	15.51 ^{ab}
T5 Humus líquido fortificado	13.14 ^b
T6 Humus líquido fortificado con minerales	15.35 ^{ab}
ESx	0.29

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

Con la aplicación de bioestimulantes se incrementa el grosor del tallo (Tabla 3). Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación del humus líquido mejorado, los cuales no difieren estadísticamente del humus líquido fortalecido con minerales, pero sí con los restantes tratamientos en estudio. El menor valor promedio se alcanzó en las posturas no tratadas con bioestimulantes (testigo). Esta respuesta está dada porque el humus líquido mejorado y el humus líquido fortalecido con minerales poseen una mayor composición nutrimental brindándole a las plantas los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo conjuntamente con la realización de sus procesos metabólicos de una forma más eficiente. Se presume que estos resultados pueden estar atribuidos a que en las tres investigaciones donde se evaluaron el efecto de diferentes bioestimulantes no se utilizaron posturas obtenidas del mismo cruce genético. Lo que reafirma lo publicado por Bernal et al. (1997) citado por Quiñones (2017) que este carácter depende en gran medida de las características genéticas de cada genotipo en particular. Por su parte Díaz et al. (2004) señalaron el efecto positivo en la aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. De igual forma Velasco (2014) señala el efecto positivo de los bioestimulantes en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar.

Tabla 3. Efecto de la aplicación de bioestimulante en el grosor de la planta

Tratamientos	Grosor de la planta (mm)
T1 Testigo absoluto	3.02 ^c
T2 Azotobacter	3.30 ^{bc}
T3 Fosforina	3.46 ^b
T4 Humus líquido mejorado	3.90 ^a
T5 Humus líquido fortificado.	3.45 ^b
T6 Humus líquido fortificado con minerales.	3.58 ^{ab}
ESx	0.06

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

Los bioestimulantes influyen en el área foliar de las posturas evaluadas (Tabla 4). Como se aprecia no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para este indicador de crecimiento. Este resultado está relacionado con temperaturas óptimas durante esta etapa y una buena distribución de la luz en los diferentes tratamientos en la

superficie de las hojas fotosintéticamente activas. Los resultados alcanzados en este estudio para el indicador de crecimiento área foliar, son superiores a los publicados por Fernández et al. (2015 y 2017) lo que reafirma el buen estado fisiológico en que se desarrollaron las posturas evaluadas. Por su parte, Borges, Barrios & Escalona (2012) señalan que la aplicación de bioestimulantes cada siete días favorece en gran medida el incremento del peso fresco de las hojas en un 22,9 % en comparación con las que se le aplicó cada 14 días. El incremento de la masa foliar contribuiría a acelerar el proceso de crecimiento vegetativo en plantas en estadios jóvenes las cuales podrían sobrevivir estrés ambiental prolongados y crecer adecuadamente luego de plantadas en el sitio definitivo.

Tabla 4. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el área foliar

Tratamientos	Área foliar (cm ²)
T1 Testigo absoluto	87.37 ^a
T2 Azotobacter	88.25 ^a
T3 Fosforina.	91.43 ^a
T4 Humus líquido mejorado	82.19 ^a
T5 Humus líquido fortificado	84.25 ^a
T6 Humus líquido fortificado con minerales	78.49 ^a
ESx	5.47

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

Existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud de raíces entre tratamientos (Tabla 5). Los mayores valores promedios lo alcanzaron las posturas tratadas con el humus líquido fortalecido, resultado que no difiere estadísticamente con las plantas que se le aplicaron azotobacter y fosforina, pero sí con respecto a los restantes tratamientos en estudio. El menor valor promedio se alcanzó en el tratamiento testigo. Estos resultados evidencian los mejores tratamientos se ven beneficiados por su contenido de Zn, Ca, Bo, fosforina y azotobacter, AIA, debido a que promueven el desarrollo de raíces, aún a muy bajas concentraciones; pueden participar en las respuestas de crecimiento de tallo y sistemas de raíces.

Los valores promedios de longitud de raíces alcanzados en esta investigación son superiores a los publicados por Fernández et al. (2015 y 2017). Resultados de gran importancia por lo que representa este indicador evaluado a la hora de las posturas adaptarse al trasplante, donde una mayor longitud de raíces equivale a una mayor posibilidad de absorber el agua, nutrientes y sustancias minerales a mayores profundidades del suelo.

Tabla 5. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la longitud de las raíces

Tratamientos	Longitud de raíces (cm)
T1 Testigo absoluto.	11.70 ^c
T2 Azotobacter.	15.55 ^{ab}
T3 Fosforina.	13.20 ^{abc}
T4 Humus líquido mejorado	12.76 ^{bc}
T5 Humus líquido fortificado.	12.35 ^c
T6 Humus líquido fortificado con minerales.	15.85 ^a
ESx	0.45

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

El efecto de la aplicación de bioestimulantes influye en el número de raíces activas (Tabla 6). Como se aprecia existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los mayores valores promedio lo alcanzaron las posturas tratadas con fosforina, resultado que solo difiere estadísticamente con el tratamiento testigo, alcanzando este el menor valor promedio. Esto puede deberse al efecto de la fosforina como solubilizador del fósforo presente en el suelo, lo que favorece un mejor aprovechamiento de este, debido a que está asociado con el incremento de la tasa de crecimiento de las raíces. Cuando se aplican compuestos fosfatados solubles al suelo, las raíces de las plantas se extienden proliferando su desarrollo en las áreas del suelo tratado.

Con relación al número de raíces activas obtenidos en esta investigación los valores promedios son inferiores a los publicados por Fernández et al. (2015 y 2017). Aunque es preciso señalar que, a pesar de ser menores en número, una vez lavadas las posturas para su posterior pesaje se apreció un buen vigor de las mismas. El tratamiento de fosforina corroboró lo publicado por Mora (2011) y Padrón et al. (2012) que el fósforo juega un importante papel en la formación del sistema radicular de las plantas, crecimiento temprano de brotes, incremento de la productividad temprana y la extensión de los entrenudos.

Tabla 6. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el número de raíces activas

Tratamientos	Número de raíces activas
T1 Testigo absoluto	2.40 ^b
T2 Azotobacter	3.60 ^{ab}
T3 Fosforina	4.10 ^a
T4 Humus líquido mejorado	2.90 ^{ab}
T5 Humus líquido fortificado	3.30 ^{ab}
T6 Humus líquido fortificado con minerales	2.60 ^{ab}
ESx	0.07

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

El efecto de la aplicación de bioestimulantes puede constatarse en el peso fresco de la planta (Tabla 7) al existir diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los mayores valores promedios lo alcanzaron las posturas tratadas con el humus líquido fortalecido con minerales, resultado que no difiere estadísticamente con las plantas que se le aplicaron humus líquido fortalecido y humus líquido mejorado,

pero sí con respecto a los restantes tratamientos en estudio. El menor valor promedio se alcanzó en el tratamiento testigo.

Esta favorable respuesta se fundamenta a que los potenciadores foliares que llevan una solución nutritiva completa favorecen más al desarrollo de la planta. Estos productos aplicados al suelo o a la planta actúan como racionalizantes de fertilización ya que hacen asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales, crean además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc., que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades, además de estimular la humificación propia del suelo ya que incorporan y descomponen los residuos vegetales presentes en el.

De forma general los resultados obtenidos en el estudio son superiores a los publicados por Fernández et al. (2015 y 2017). También Alfaro (1999) obtuvo peso de plantas inferiores al evaluar la aplicación de cinco productos bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de la caña de azúcar. Es preciso destacar los valores promedios obtenidos con la aplicación de los tratamientos de humus líquido en cada una de las variantes. Resultados que reafirman lo publicado por Díaz et al. (2004); Casco & Iglesias (2005); Borges et al. (2014); Huanio (2017) al señalar que los fertilizantes líquidos elaborados con extracto de humus de lombriz de tierra aportan ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos vivos propios para la nitrificación y solubilización de minerales que se encuentran en el suelo. Es preciso señalar que el peso fresco de la planta se puede considerar un indicador del estado físico de la misma, ya que un mayor peso está relacionado con un óptimo aprovechamiento de los nutrientes y una alta eficiencia de los procesos fisiológicos y metabólicos a nivel celular que se traduce en aumento del volumen de tejidos y órganos diferenciados de la planta.

Tabla 7. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el peso fresco de la planta

Tratamientos	Peso fresco de la planta (g)
T1 Testigo absoluto	2.6 ^d
T2 Azotobacter	3.8 ^c
T3 Fosforina	4.2 ^{bc}
T4 Humus líquido mejorado	5.0 ^{ab}
T5 Humus líquido fortificado	4.5 ^{abc}
T6 Humus líquido fortificado con minerales	5.6 ^a
ESx	0.15

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

En el efecto de la aplicación de bioestimulantes en el peso seco de la planta (Tabla 8) se aprecian estadísticamente significativas entre tratamientos. Los mayores valores promedios lo alcanzaron las posturas tratadas con el humus líquido fortalecido con minerales, resultado que no difiere

estadísticamente con las plantas que se le aplicaron humus líquido fortalecido y humus líquido mejorado, pero sí con respecto a los restantes tratamientos en estudio. El menor valor promedio se alcanzó en el tratamiento testigo. Esta respuesta está dada porque el humus líquido fortalecido con minerales posee una mayor composición nutrimental lo que permite afirmar que fueron cubiertas todas las necesidades nutritivas e hídricas, brindándole a las plantas los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo conjuntamente con la realización de sus procesos metabólicos de una forma más eficiente. Los resultados obtenidos con la aplicación del humus líquido fortalecido con minerales (BoCalZn) reafirman la importancia que juegan los microelementos boro, calcio y zinc en el desarrollo de las plantas, ya que promueven la división apropiada de las células, su elongación, la fuerza de la pared celular, están implicados en la síntesis del triptófano que es el precursor clave de las auxinas, la cual es la hormona reguladora del crecimiento (elongación de las células) de las plantas. Estimulan diversas actividades enzimáticas. Intervienen en el metabolismo del nitrógeno y en la formación de pigmentos favorables y del ácido ascórbico. Participan en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes. Ayudan a proteger la planta contra el estrés de temperatura alta y a proteger la planta contra las enfermedades fungosas y bacterianas (Zérega, 2003; Aguado, 2012).

Al igual que para la evaluación del peso fresco de la planta, el peso seco es de gran importancia, ya que es el resultado final de un conjunto de procesos metabólicos, fisiológicos a nivel celular que permiten afirmar como ha sido la eficiencia de la planta en cada uno de los mismos, la planta tendrá un mayor peso seco en la medida que sean cubiertas sus necesidades nutritivas e hídricas para la etapa de crecimiento. Por lo que este indicador nos permite valorar qué bioestimulante es más eficiente para el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar.

Tabla 8. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el peso seco de la planta

Tratamientos	Peso seco de la planta (g)
T1 Testigo absoluto	0.9 ^d
T2 Azotobacter	1.11 ^c
T3 Fosforina	1.19 ^b
T4 Humus líquido mejorado	1.2 ^b
T5 Humus líquido fortalecido	1.11 ^c
T6 Humus líquido fortalecido con minerales	1.3 ^a
ESx	0.01

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

Existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con relación a la supervivencia de las posturas en condiciones de campo. Los mayores valores promedio lo alcanzaron las posturas tratadas con los bioestimulantes (Tabla 9), resultados que difieren estadísticamente con respecto al testigo. El

tratamiento de Humus líquido fortalecido con minerales fue el que más se destacó por el alto porcentaje de supervivencia de posturas que alcanzó en condiciones de campo, valor que superó en un 12,67 % al testigo. Estos resultados reflejan con claridad el efecto positivo de este tratamiento que al poseer microelementos como boro, calcio y zinc, participan en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes. Ayudan a proteger la planta contra el estrés de temperatura alta y a prevenir la planta contra las enfermedades fungosas y bacterianas lo que posibilita que se lleve a cabo una eficiente etapa de fortalecimiento de posturas.

Los resultados de supervivencia alcanzados en la investigación son superiores a los informados por Molina (2013) y González (2016) al aplicar los bioestimulantes FitoMas-E, *Trichoderma harzianum* y ambos combinados en el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar para evaluar su supervivencia posterior al trasplante.

Estos resultados son de gran importancia práctica si se considera que anualmente el plan de obtención de posturas es de 40 000, es decir comienza la etapa de fortalecimiento con esta cifra y se deben llevar al campo el mayor número posible de las mismas para lograr cumplir con lo que está establecido en las Normas vigentes del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba, que según Jorge et al. (2011) plantean que se debe contar con un total de 35 000 posturas físicas en el campo para iniciar con la primera etapa de selección del esquema vigente. Si se consideran los porcentajes de supervivencia de posturas en condiciones de campo obtenidos en la evaluación con la aplicación de los cinco bioestimulantes se logra cumplir con la cifra que señalan Jorge et al. (2011). Sin embargo, con las posturas testigos, es decir que no recibieron ningún tratamiento no se puede cumplir con el plan anual que se requiere para esta etapa.

Tabla 9. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la supervivencia de posturas

Tratamientos	Supervivencia de posturas (%)
T1 Testigo absoluto	87.32 ^b
T2 Azotobacter	96.14 ^a
T3 Fosforina	95.10 ^a
T4 Humus líquido mejorado	97.21 ^a
T5 Humus líquido fortalecido	97.68 ^a
T6 Humus líquido fortalecido con minerales	98.39 ^a
ESx	4.08

Nota: valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p: 0,05

Conclusiones

La aplicación de bioestimulantes mostró un efecto positivo en los indicadores morfofisiológicos evaluados.

El humus líquido fortalecido con minerales (BoCalZn) alcanzó los mejores resultados de resistencia al trasplante en condiciones de campo.

Contribución de los autores

Yaima de las Mercedes Daniel Ortega: planeación de la investigación, montaje en la plantilla, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Yoslen Fernández Gálvez: planeación de la investigación, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Elianis. Rodríguez Ramírez: Montaje del experimento, análisis de resultados, interpretación de los mismos.

Arellys. Valido Tomes: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Dania González Gort: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Conflictos de interés

No existe ningún conflicto de interés declarado por los autores.

Referencias

- Aguado Santacruz, G. A. (ed.). (2012). *Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura..* Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Molecular de Plantas y Microorganismos. Campo Experimental Bajío Celaya. Recuperado el 2 de marzo de 2018, de: <http://www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/librobio.pdf>
- Alfaro, R. (1999, julio). Evaluación de diferentes productos bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de la caña de azúcar. En *XI Congreso Nacional Agrónomo y de Recursos Naturales*. (p. 199). San José, Costa Rica: LAICA-DIECA.
- Borges, J.A., Barrios, M., Chávez, A., & Avendaño, R. (2014). Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.). *Bioagro*, 26 (3), 159-164. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85732357004.pdf>
- Borges, J.A., Barrios, M., & Escalona, O. (2012). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) *Zootecnia Tropical*, 30(1), 17-25. Recuperado el 2 de marzo de 2018, de:

- http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt3001/pdf/zt3001_borges.pdf
- Casco, C. A., & Iglesias, M. C. (2005). Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. En *Resumen: A-063, Comunicaciones científicas y Tecnológicas*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de: <http://www.unne.edu.ar/unneveja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-063.pdf>
- Díaz, L. P. Medina, L. F., Latife, J., Digonzelli, P. A., & Sosa, S. B. (2 de agosto, 2004). Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33(2), 115-128. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86433208.pdf>
- Estación Agrometeorológica de Florida. (2016). *Medias de las variables climáticas mensuales en áreas agrícolas de la EPICA Camagüey*. Camagüey, Cuba: Autor.
- Fernández, Y., Llanes, D., Valladares, F., Torres, I., Montalván, J., Quiñones, I., ... Roig, M. (junio, 2015). *Efecto del bioestimulante FitoMas-E en indicadores morfofisiológicos de posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.) en la etapa de fortalecimiento*. Ponencia presentada en la XXXVII Convención y EXPOATAM 2015, Veracruz, México.
- Fernández, Y., Rodríguez, M., Hermida, Y., Daley, L., Llanes, D., Torres, I., ... Rivera, A. (2017). *Efecto de la combinación FitoMas-E – Trichoderma harzianum en el fortalecimiento de posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. Ponencia presentada en la Convención internacional Biotecnología Habana 2017. Matanzas, Cuba.
- Garcés, N., Arteaga, M., & Díaz, M. (2002, junio). *Biostan y Liplant: Productos orgánicos con actividad biológica sobre las plantas*. Documento presentado en el XIII Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, II Taller de Productos Bioactivos. La Habana, Cuba.
- Gonzalez, N. (2016). *Efecto de la combinación FitoMas-E – Trichoderma harzianum en posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. (Tesis en opción al título de Ingeniería Agrónoma). Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey, Cuba. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: http://bivi.reduc.edu.cu:8080/jspui/bitstream/123456789/403/1/Agronomia_GonzalezDeArmas_Neisy.pdf

- Gyaneshwar, P., Naresh Kumar, G., Parekh, L. J., & Poole, P. S. (2002). Role of soilmicroorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245 (1), 83–93, doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020663916259>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Rivero, L. (1999). *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. La Habana: Instituto de suelos AGRINFOR
- Huanio, R. (2017). *El humus líquido y su influencia en las características agronómicas y producción de forraje de cuatro especies de poáceas en el fundo de zungarococha, distrito de San Juan Bautista – Loreto*. (Tesis de pregrado publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4362/Richar_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto de Suelos (1975). *II Clasificación Genética de los suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba.
- Jorge, H., González, R., Casas, I., & Jorge, I. (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba*. La Habana, Cuba: PUBLINICA.
- Khan, M. S., Zaidi, A., & Wani, P. A. (2007). Role of phosphate-solubilizingmicroorganisms in sustainable agriculture – A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 29–43, doi: <https://doi.org/10.1051/agro:2006011>
- Lerch, G., Reyes, R., García, R., & Leal, P. (1977). Crecimiento, desarrollo y variación del índice refractométrico (Brix) en seis variedades destacadas de caña de azúcar. *Ciencias de la Agricultura*, 3 (1), 78-105.
- Molina, S. (2013). *Efecto del FitoMas E en el porcentaje de supervivencia de posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. (Tesis de pregrado de Ingeniería Agrónoma). Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey, Cuba.
- Mora, H. J. (2011). *Recopilación bibliográfica para la nutrición del cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, México.
- Padrón, L., Torres, D. G., Contreras, J., López, M., & Colmenares, C. (2012). Aislamientos de cepas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo en un suelo alfisol venezolano. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 2 (3), 285-297. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n2/v3n2a6.pdf>
- Velasco, J. (2014). *Los biofertilizantes y la producción de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. *Agroproductividad*, 7(2), 60-64. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2014/AGROPRODUCTIVIDAD%20II%202014.pdf