

# Evaluación de la aplicación de biocarón en el cultivo del plátano

## Evaluation of the Application of Biocarbon in the Cultivation of Bananas



<https://cu-id.com/2177/v33n2e08>

<sup>✉</sup>Iván Castro-Lizazo<sup>1\*</sup>, <sup>✉</sup>Andy Ruiz-Mayorquín<sup>1</sup>, <sup>✉</sup>Airán Gómez-Canales<sup>II</sup>,  
<sup>✉</sup>Daine Hernández-Ochandía<sup>II</sup>, <sup>✉</sup>Dilnory Lorente Pico<sup>III</sup>, <sup>✉</sup>Mayra G. Rodríguez-Hernández<sup>II</sup>

<sup>I</sup>Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>II</sup>Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>III</sup>Dirección Municipal de Justicia, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba

**RESUMEN:** El plátano es un cultivo de gran importancia por brindar un alimento de elevado índice de consumo fresco dentro de la dieta del cubano. Para varias regiones del mundo, es considerado una especie cuyo valor agronómico reside en su gran producción estacional, por lo cual necesita desarrollarse sus métodos de obtención para alcanzar altos índices de esta. El objeto del estudio fue evaluar el efecto de dos bioproductos en el cultivo del plátano durante la fase vegetativa. El experimento se desarrolló en el Instituto “Biofabrica de Semillas” ubicado en la carretera de Jamaica y Autopista Nacional, San José de las Lajas, provincia Mayabeque, entre los meses de julio y agosto 2022. El experimento contó con cuatro tratamientos: T1 Testigo, T2 suelo + materia orgánica, T3 suelo + materia orgánica + Ecomic y T4 suelo + materia orgánica + biocarón + Ecomic. Las variables evaluadas fueron: Altura del pseudotallo (cm), Diámetro del pseudotallo (cm), Número de hojas/plantas, Área foliar (cm). Los datos obtenidos del ensayo se evaluaron bajo el análisis de varianza y la comparación de promedios se verificó mediante el Test de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados obtenidos presentaron efectos positivos para los tratamientos tres y cuatro comprendidos por suelo + materia orgánica + Ecomic y suelo + materia orgánica + Ecomic + biocarón respectivamente donde mostraron una tendencia al aumento de los parámetros evaluados.

**Palabras clave:** bioproducto, ecomic, suelo, alimento, fase vegetativa.

**ABSTRACT:** The banana is a crop of great importance for providing a food with a high rate of fresh consumption within the Cuban diet. For several regions of the world, it is considered a species whose agronomic value lies in its great seasonal production, for which its obtaining methods need to be developed to achieve high rates of this. The object of the study was to evaluate the effect of two bioproducts on banana cultivation during the vegetative phase. The experiment was carried out at the "Seed Biofabrication" Institute located on the Jamaica highway and national highway, San José de las Lajas, Mayabeque province, between the months of July and August 2022. The experiment had four treatments: T1 Witness, T2 soil + organic matter, T3 soil + organic matter + Ecomic and T4 soil + organic matter + biochar + Ecomic. The variables evaluated were: pseudostem height (cm), number of leaves/plants, pseudostem diameter (cm), leaf area (cm) and chlorophyll concentration. The data obtained from the test were evaluated under the analysis of variance and the comparison of means was verified by Tukey's test at 5% probability. The results obtained showed positive effects for treatments three and four comprised of soil + organic matter + Ecomic and soil + organic matter + Ecomic + biochar where they showed a tendency to increase the parameters evaluated.

**Keywords:** Bioproduct, Ecomic, Soil, Food, Vegetative Phase.

### INTRODUCCIÓN

Restaurar los agroecosistemas severamente dañados es uno de los propósitos la comunidad científica. Para lograrlo, uno de los indicadores necesitados de

atención es el relacionado con la recuperación equilibrada de los componentes bióticos de los suelos, para lo cual, se han creado biofertilizantes que enriquecen la biota del suelo con organismos benéficos como los hongos micorrízicos; facilitadores

\*Autor para correspondencia: Iván Castro-Lizazo, e-mail: [ivanc@unah.edu.cu](mailto:ivanc@unah.edu.cu), [ivancastrolizazo@gmail.com](mailto:ivancastrolizazo@gmail.com)

Recibido: 03/02/2023

Aceptado: 13/03/2024

de la fijación nutrientes con el propósito de mejorar la productividad de los cultivos. El plátano o banano (*Musa sp.*), es una fruta de agradable sabor que se caracteriza por su piel gruesa y de color amarillo la cual es muy fácil de pelar, y que tiene una gran importancia debido a su capacidad de producir todos los meses del año y su alto volumen productivo. Este representa más del 40% de la producción de viandas y frutas en nuestro país por lo que es de vital importancia para la seguridad alimentaria de la nación (Sepúlveda *et al.*, 2017).

Sin embargo, los suelos son provistos de bioproductos que mejoran las propiedades físico, físico-químicas y biológicas, los que aumentan los indicadores de crecimiento del cultivo (Pérez *et al.*, 2006).

El bioproducto de más fácil obtención por los productores es el biocarbón, como el más empleado en la etapa de aclimatación y aviveramiento, que ofrece una mayor producción de los cultivos y contribuye al mejoramiento de la calidad del suelo, de ahí el interés en esta práctica agroecológica, ya que incrementa la capacidad de retención de humedad y nutrientes (Alburquerque *et al.*, 2013).

Se trata de un material rico en carbono, que se obtiene de la descomposición termo-química de residuos orgánicos a temperaturas que generalmente oscilan entre 300 y 700 °C y en ausencia de oxígeno (pirólisis) y que es destinado a uso agrícola, lo que hace que sea diferente al carbón usado como combustible y al carbón activado (Amin *et al.*, 2016).

Por ello, recuperar el equilibrio ecológico del suelo, trae como consecuencia una disminución de los daños al cultivo, elevando la diversidad, además de fortalecer el proceso de restauración de los suelos sin daños económicos, para lo cual se estudian y utilizan nuevos y diversos métodos de manejo agroecológicos (Escalante *et al.*, 2016).

En base a este análisis el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de la aplicación del biocarbón en el crecimiento del cultivo del plátano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos localidades, la primera en el CENSA (Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria), ubicado en Autopista Nacional, 23 km 1/2, carretera San José de las Lajas y la segunda en la biofábrica de semillas ubicada en XRQX+458, carretera Jamaica y, Autopista Nacional, San José de las Lajas. Este se llevó a cabo desde el 22 de julio hasta el 19 de agosto del año 2022.

### Obtención del biocarbón

El biocarbón fue obtenido a partir de la pirólisis artesanal ejecutado según el protocolo detallado en el PNO-FI-039. Este procedimiento consiste en obtener biocarbón a partir de diferentes partes de las plantas,

por el método de decocción. Este procedimiento se realiza con el objetivo de establecer una metodología a escala de laboratorio para la preparación de extractos acuosos a partir de diferentes plantas de interés. La proporción del material vegetal-agua, utilizada para la extracción en este método, fue de 1/10, la cual se mantuvo constante para todos los cultivos. El biocarbón, tras su obtención, fue esterilizado empleando una autoclave durante media hora a 300 grados Celsius en el laboratorio de CENSA.

### Características del suelo utilizado en la investigación

Los experimentos se desarrollaron sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado agrogénico dístico, según Hernández *et al.* (2015) en la clasificación de los suelos de Cuba, Xu *et al.* (2015) la cual se correlaciona con la Soil Taxonomy.

La posición fisiográfica del lugar y la topografía del terreno circundante son llanas y la pendiente es menor de 2%, con un drenaje superficial e interno regular. En la Tabla 1 se muestran algunas de las principales características químicas del suelo.

**TABLA 1.** Algunas de las principales características químicas del suelo

Características	unidad	valor
Profundidad	cm	0-20
pH	H <sub>2</sub> O	6,4
M.O	%	2,11
P	Mg <sup>-1</sup>	234
K <sup>+</sup>	cmolc·kg <sup>-1</sup>	0.52
Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	cmolc·kg <sup>-1</sup>	9,93
Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	cmolc·kg <sup>-1</sup>	1,80

\*Fuente: Elaboración personal.

### Variables climáticas

Durante el desarrollo de los experimentos se registraron la temperatura máxima, mínima y media del aire, porcentaje de la humedad relativa (%) y precipitaciones (mm) en la estación meteorológica aledaña al área experimental, procesando los datos durante todo el experimento. Además, se calculó la amplitud térmica (diferencia entre temperatura máxima y mínima) y la temperatura acumulada, que no es más que la sumatoria de la amplitud térmica desde el momento de la plantación hasta la evaluación final (Tabla 2).

### Metodología para realizar los experimentos

La variedad de plátano estudiada fue Pisang Lilin (plátano fruta), donde fueron utilizadas un total de 56 plántulas. Las plántulas fueron creadas por medio de la técnica de cultivo *in vitro* en los laboratorios de la biofábrica de semillas, con 15 días de brotación,

**TABLA 2.** Principales variables climáticas durante el período de desarrollo de los experimentos

Meses	Humedad relativa, promedio, %	Temperatura, °C			Precipitaciones, mm
		mínima	media	máxima	
junio	84	20,2	24,0	28,5	195,6
agosto	84	19,2	23,3	28,4	72,8

\*Fuente: Elaboración personal

posteriormente se realiza una selección por parte del personal capacitado para eliminar los posibles focos infecciosos y trabajar con plántulas de mejor calidad. Los tratamientos 2, 3 y 4 fueron inoculados con *Trichoderma spp* cepa 13, como medio de protección a las raicillas de las vitroplantas contra nematodos, cuya solución se preparó a razón de 20 g/L de agua.

### Preparación del cepellón y vivero para el trasplante de las vitroplantas

Se empleó suelo y materia orgánica tamizada proveniente de las áreas de la Unidad Docente y Productiva “EL Guayabal”, que pertenece a la Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH) del municipio San José de Las Lajas ubicada en la provincia Mayabeque, cuya clasificación es Ferralítico Rojo típico según [Hernández et al. \(2015\)](#). El Ecomic fue donado por el Departamento de Biofertilizantes y Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), así como el biocarbón, fue producido a través de la pirólisis en el Centro de Sanidad Agropecuaria (CENSA).

Se tomó una bandeja de 247 alvéolos, se desinfectó con cloro al 1%, posterior mente se prepararon los diferentes tratamientos los cuales fueron:

T1 (Testigo): 100% Suelo Ferralítico Rojo.

T2: 50% Suelo Ferralítico Rojo + 50% Materia Orgánica.

T3: 50% Suelo Ferralítico Rojo + 25% Materia Orgánica + 25% Ecomic.

T4: 25% Suelo Ferralítico Rojo + 25% Materia Orgánica + 25% Ecomic + 25% biocarbón.

Una vez conformados los tratamientos se procedió al llenado de los alvéolos, para lo que se realizó previamente un riego o mine y posteriormente se plantaron las vitroplantas (se plantaron 14 plantas por tratamiento, incluyendo el testigo). Los muestreos se realizaron de manera semanal utilizando un calibrador manual (pie de rey), por un período total de un mes para la fase de aclimatación (bandeja). Transcurrido este período, las plantas fueron extraídas de las bandejas cuidadosamente para ser plantadas en bolsas de nylon negras de 12.5 x 20 cm, para continuar con la evaluación semanal de los parámetros evaluados por un segundo período de un mes. El tiempo total de seguimiento del experimento fue de dos meses.

### Indicadores evaluados durante todo el experimento

**Vitalidad:** Se evaluó de manera visual. Para el índice de vitalidad se tomaron en cuenta la cantidad de plántulas por tratamiento, se anotó el número de plantas sobrevivientes hasta la última evaluación y se calculó posteriormente el valor porcentual.

**Longitud de las plántulas (cm):** La altura de las plantas se midió en cm utilizando un calibrador manual (Pie de Rey o Vernier) en las dos primeras semanas y a partir de la tercera se empezó a utilizar una regla graduada debido a la altura del pseudotallo. La medición se tuvo en cuenta a partir del cuello del pseudotallo hasta la salida de la hoja.

**Diámetro del pseudotallo (cm):** Se realizó la medición con un calibrador manual (Pie de Rey o Vernier).

**Número de hojas por planta:** Se contaron todas las hojas visibles por planta en cada uno de los tratamientos.

**Superficie foliar:** Se estimó a partir de las medidas lineales de todas las hojas (largo y ancho en cm) y el empleo de una fórmula previamente obtenida por regresión lineal para la variedad en estudio [Ramírez \(2018\)](#).

### Concentración de clorofila

Se obtuvo a través del equipo Spad

**Masa fresca y masa seca:** masa fresca (g): Se tomaron las plantas de cada tratamiento separándolas por parcela y se pesaron en una balanza técnica (Santorius de 2 kg ± 1 g.)

**Masa seca (g):** Para conocer este indicador, fueron separados los órganos las plantas e introducidos en bolsas de papel y colocados en una estufa de aire recirculador ± 5 °, donde se mantuvieron por un espacio de 7 días a 80 °C de temperatura hasta peso constante y posteriormente se determinó la masa seca en una balanza analítica (Sartorius de 160 ± 0.001 g.).

\*Los datos fueron registrados y almacenados en una base de datos utilizando la herramienta Excel del programa Microsoft Office.

### Análisis de estadístico

Para los experimentos se utilizaron cuatro tratamientos con repeticiones. Cada ensayo constó con catorce plántulas, de ellas siete fueron evaluadas teniendo en cuenta los indicadores descritos. Además,

en el primer ensayo (fase de bandeja), se utilizó un ANOVA para evaluar los efectos de los bioproductos, mientras que, los datos obtenidos en el segundo ensayo (vivero) fueron analizados y comparados por un ANOVA de una vía. En ambos ensayos, la comparación de las medias se realizó por la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0,05$ ). Todos los análisis y comparaciones estadísticas se realizaron en el software IBM SPSS Statistics v.19.0.

### Evaluación de económica

La valoración económica de los resultados se evaluó según la metodología propuesta por [Arias et al. \(2002\)](#).

## RESULTADOS

### Efecto de los bioproductos sobre la altura de las plantas en el cultivo del plátano

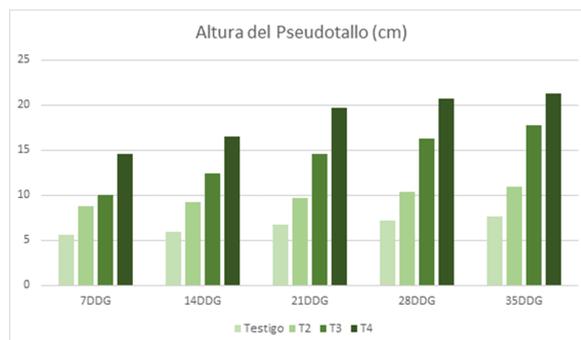
En la [Figura 1](#), se puede apreciar el efecto de los diferentes tratamientos sobre el desarrollo en altura del pseudotallo del cultivo del plátano, se puede apreciar que existen diferencias significativas con el pasar del tiempo en los diferentes muestreos realizados, viéndose los mejores resultados alcanzados por la unión de Ecomic y biocarbón, siendo este último según los datos el componente que más afectó a esta variable significativamente. Se puede apreciar que desde el primer tratamiento hasta el último ya pasado 35 días existían diferencias significativas entre el tratamiento que utilizó el biocarbón y los que no.

### Efecto de los bioproductos sobre el diámetro del pseudotallo en el cultivo del plátano

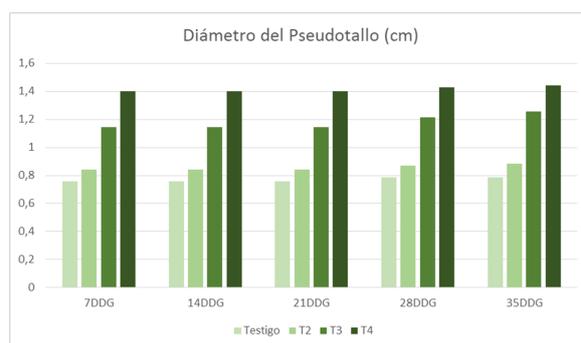
Como nos muestra la [Figura 2](#), existió una variabilidad significativa sobre este indicador en los diferentes tratamientos, siendo los tratamientos dos y tres los que mejores resultados obtuvieron con una gran diferencia y dentro de estos el que utilizó biocarbón fue el que más positivamente afectó. Cabe mencionar que las plántulas presentaban una consistencia mayor en los tratamientos con bioproductos con respecto al testigo siendo esto de gran importancia ya que de este vigor depende la planta para enfrentar los demás procesos, es decir pasar de la fase vegetativa a la reproductiva con buena nutrición.

### Número de hojas promedio por tratamiento en diferentes muestreos

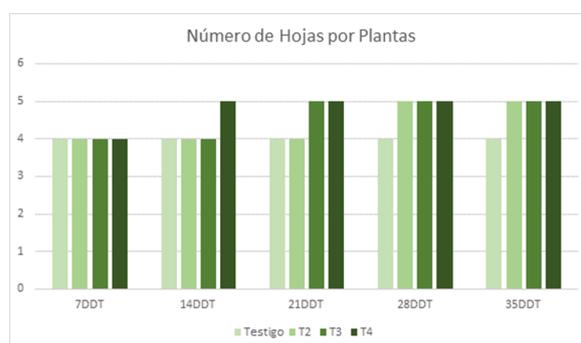
En la [Figura 3](#), se puede observar el número de hojas promedio por tratamientos en las plantas de plátano desde los 7, 14, 21, 28 y 35 días, destacando que en el tratamiento donde se aplicó biocarbón + Ecomic hubo un mayor aumento de este indicador, logrando un beneficio para la planta pues de este depende en gran medida la magnitud de la superficie foliar, y mientras mayor cantidad de hojas mayor es el



**FIGURA 1.** Efecto de los bioproductos sobre la altura de las plantas en el cultivo del plátano.



**FIGURA 2.** Efecto de los bioproductos sobre el diámetro del pseudotallo en el cultivo del plátano.



**FIGURA 3.** Número de hojas por planta en los diferentes muestreos.

área foliar de la planta. A pesar de existir diferencias entre el número de hojas de los diferentes tratamientos, esta no es muy significativa, no pudiéndose comprobar el efecto positivo del biocarbón sobre este indicador, pudiéndose explicar este resultado por el trabajo realizado por [Sanchez-Pilcorema et al., \(2021\)](#) en donde demuestra que una alta cantidad de biocarbón en el suelo puede disminuir la absorción de nutrientes del suelo a la planta por la alta alcalinidad de este.

### Efecto de los bioproductos sobre el área foliar de las plantas en el cultivo del plátano

Como nos muestra la [Figura 4](#), existió una variabilidad significativa sobre este indicador en el

tratamiento donde se utilizó el biocarbón en más de 100 cm<sup>2</sup> con respecto a los demás tratamientos, siendo la diferencia de 400 cm<sup>2</sup> con respecto al testigo, demostrando los beneficios del biocarbón sobre este indicador. Uno de los principales componentes que afectó a este factor fue la calidad del suelo y como puede apreciarse en la bibliografía el biocarbón es un biofertilizante mejorador del suelo, siendo esta una de sus principales y más importantes características, por lo que esta sería la explicación para la gran diferencia de rendimientos que existe entre el tratamiento que utilizó biocarbón y los que usaron otros bioestimulantes.



**FIGURA 4.** Efecto de los bioproductos sobre el área foliar de las plantas en el cultivo del plátano.

### Concentración de clorofila

El tratamiento cuatro presentó mayor concentración de clorofila, con 1,91 unidades SPAD, mientras que el de menor respuesta en este parámetro es el tratamiento uno con 1,5 unidades SPAD, siendo estos resultados parcialmente congruentes con los reportados por [González et al. \(2020\)](#), donde la aplicación de citoquininas generó un incremento de la clorofila en la planta.

### Masa fresca y masa seca

En la [Tabla 3](#), se aprecia el resultado de la masa fresca de la parte aérea de las plantas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, no siendo de la misma manera el testigo, que difiere del resto de los tratamientos con los valores más bajos.

Lo mismo ocurre con el indicador masa seca, manifestándose un comportamiento similar según el tratamiento. Para todos los casos, los mayores valores se obtuvieron en el tratamiento donde se aplicó biocarbón. Este comportamiento coincide con los resultados de otros autores que encontraron incremento de la masa seca total de la parte aérea de las plantas, en comparación con el tratamiento control ante la aplicación de biorreguladores en el cultivo del plátano ([Gorst, 2008](#)).

**TABLA 3.** Analisis de la masa seca y fresca (g) a los 30 días después del transplants del cultivo

Tratamiento	Masa fresca (g)	Masa seca (g)
S+MO	25,8 c	0,33 c
S+MO+B	29,7 a	0,37 a
S+MO+B+T	27,9 b	0,35 b
CV %	10,07 %	13,07 %
ESx	0,81	0,42

Medias con letras comunes no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ )

### Evaluación económica

Tomando como datos los resultados obtenidos, se realizó una evaluación económica donde se comparan los precios de los fertilizantes sintéticos con los fertilizantes orgánicos teniendo en cuenta sus dosis requeridas en el cultivo del plátano ([Tabla 4](#)):

**TABLA 4.** Evaluación económica

Insumo	Unidad	Precio (CUP)	Dosis en kg/ha
NPK	kg	183.60	600
Materia orgánica	kg	1,2	8500
Ecomic	kg	30.00	6000
Biocarbón	kg	1.9	10000

\*Fuente: elaboración personal

### DISCUSIÓN

Refiere [Pérez et al. \(2006\)](#) que la altura de las plantas responde a diferentes efectos o tratamientos que promuevan un estímulo al crecimiento, así como también que este indicador es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas. Con respecto al plátano *Musa spp.* es una alternativa que permite el desarrollo sustentable para diferentes regiones agrícolas que logra sus adeptos, además de una coherencia ecológica, necesaria para la optimización sostenida de los alimentos y la diversificación de los cultivos, indispensable para el manejo agroecológico de sistemas verdaderamente sustentables ([Soorianathasundaram, 2016](#)). Se conoce también según estudios realizados como el de [Silva et al. \(2016\)](#), que la adición de biocarbón al suelo mejora la interacción entre las propiedades físicas, químicas y biológicas aumentando la fertilidad del suelo, lo que puede favorecer el crecimiento y rendimiento de los cultivos, aumentando positivamente el indicador altura de la planta, ya que es una característica fisiológica de gran importancia al estar en correspondencia con la reserva de nutrientes de la planta a partir del proceso de fotosíntesis.

Según [Israeli y Lahav \(2017\)](#) plantean que uno de los principales componentes que afectan el indicador diámetro del pseudotallo son las condiciones

climáticas. Muestra de esto se aprecia, que en el período donde se realizó el experimento, las variables climatológicas se comportaron según lo establecido en el literatura manteniéndose está constante para todos los tratamientos, aparte de que los únicos cambios significativos entre tratamientos fueron los sustratos utilizados demostrando así que la adición de bioproductos mejora considerablemente el diámetro del pseudotallo en plantas de plátano y principalmente la adición de biocarbón mejora en gran manera este indicador, demostrando su efecto positivo. Otras investigaciones como la de [Huang y Gu \(2019\)](#) han demostrado el efecto positivo del biocarbón sobre el diámetro del pseudotallo del cultivo del plátano en sus diferentes fases fenotípicas, alcanzándose valores mucho mayores a los de esta investigación.

El número de hojas es un parámetro importante en el crecimiento de las plantas, debido a que las hojas absorben la luz solar para fabricar alimento mediante la fotosíntesis, dependiendo de esto principalmente el desarrollo, llenado de los frutos y desarrollo de la planta. Según [DellaPenna \(2007\)](#) la adición de biofermentos o bioles al biocarbón como el Si<sub>2</sub>O puede ayudar a una mejor asimilación de nutrientes de la planta, los cuales se almacenan en el cormo, en su etapa de hijo, y que son tomados en la emisión foliar en su etapa juvenil.

Según [León et al. \(2016\)](#), concluyeron que la aplicación de bioproductos naturales desempeñan un importante papel en el crecimiento y con ello un aumento de la superficie foliar además de la productividad de cualquier especie vegetal, debido a que estimula la producción de diversos metabolitos que causan una reducción en la transpiración y por lo tanto se hace posible la capacidad de obtener más agua disponible para un mejor crecimiento y producción. De acuerdo con lo señalado por [Solis \(2007\)](#), se ha logrado establecer una estrecha relación entre el número de hojas completamente expandidas (de lo cual depende la magnitud que alcance la superficie foliar) y el tamaño que alcancen los frutos, pero esto debe hacerse en un estado específico del ciclo de crecimiento del cultivo, lo cual se corresponde con el momento máximo en que se alcance dicha variable.

Según [Totoy \(2019\)](#) el contenido de clorofila es muy utilizado en la evaluación del contenido de nitrógeno en una planta por el hecho de existir correlación directa entre la intensidad del verde y la concentración de nitrógeno en la hoja, pues el nitrógeno participa de la constitución de la molécula de clorofila. Además, el nitrógeno es fundamental en la formación de la proteína vegetal.

En cuanto al último indicador (masa fresca y seca de las plantas), [Roux et al. \(2008\)](#) confirman que la, masa seca total de la parte aérea, contiene los fotoasimilados que constituyen la reserva del llenado de los granos, lo cual pudiera ser considerado como un elemento a tener en cuenta por los mejoradores para la

selección de cultivares con posibilidades de alto potencial de rendimiento.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al ensayo realizado se concluyó:

- El uso de biocarbón, en el sentido de Suelo Ferralítico Rojo - Materia Orgánica - Ecomic - biocarbón en el cultivo del plátano, brindó grandes beneficios como el aumento en de los indicadores evaluados (altura del pseudotallo, diámetro del pseudotallo, número de hojas, área foliar, concentración de clorofila y masa seca y fresca).
- La buena respuesta agronómica del cultivo del plátano permitió una grata aceptación por parte del personal de la Biofabrica de Semillas en la utilización de biocarbón como bioestimulante.
- Desde el punto de vista económico el biocarbón tuvo mayores efectos y beneficios económicos sobre el cultivo del plátano ya que a pesar de su alta dosis por hectárea, su costo es muy reducido y en comparación con otros biofertilizantes sintéticos su uso resulta más rentable.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “*Re-cycling of biomass nutrients and carbon for advanced organic fertilization in an ecosmart and climate positive agriculture on Cuba (Bio-C)*”, financiado por Schweizerischer National Fonds (Suiza) el Programa Sectorial de Salud Animal y Vegetal (MINAG) y el Fondo Nacional de Ciencia (FONCI) de Cuba, así como también a los autores y revisores anónimos por sus correcciones y comentarios, los cuales ayudaron a mejorar el manuscrito. También agradecer las sugerencias de los evaluadores anónimos que permitieron mejorar sustancialmente el manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBURQUERQUE-MÉNDEZ, J.; CALERO-RODRÍGUEZ, J.; BARRÓN-LÓPEZ DE LA TORRE, V.; TORRENT-CASTELLET, J.; DEL CAMPILLO-GARCÍA, M.; GALLARDO-CORREA, A.; VILLAR-MONTERO, R.: “El biocarbón como una herramienta para limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar las propiedades del suelo en el ámbito Mediterráneo”, [en línea], Ed. Sociedad Española de Ciencias Forestales, pp. 10, 2013, Disponible en: <https://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-549.pdf>.
- AMIN, F.R.; HUANG, Y.; HE, Y.; ZHANG, R.; ACOSTA, G.; CHEN, C.: “Biochar applications and modern techniques for characterization”, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18: 1457-1473, 2016, Publisher: Springer, 2016, ISSN: 1618-954X, DOI: [10.1007/s10098-016-1218-8](https://doi.org/10.1007/s10098-016-1218-8).

- ARIAS, P.; DANKERS, C.; LIU, P.; PILKAUSKAS, P.: *La economía mundial del banano*, [en línea], Inst. Panorama General De la Producción Y El Comercio Mundial De Banano, Roma Italia, 2002, Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s04.htm>, <http://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>.
- DELLAPENNA, D.: “Biofortification of plant-based food: enhancing folate levels by metabolic engineering”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(10): 3675-3676, 2007, Publisher: National Acad Sciences, 2007, ISSN: 0027-8424, DOI: [10.1073/pnas.0700640104](https://doi.org/10.1073/pnas.0700640104).
- ESCALANTE-REBOLLEDO, A.; PÉREZ-LÓPEZ, G.; HIDALGO-MORENO, C.; LÓPEZ-COLLADO, J.; CAMPO-ALVES, J.; VALTIERRA-PACHECO, E.; ETCHEVERS-BARRA, J.D.: “Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo”, *Terra Latinoamericana*, 34(3): 367-382, 2016, Publisher: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo AC, 2016, ISSN: 0187-5779, Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-5779201600300367&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-5779201600300367&script=sci_arttext).
- GONZÁLEZ-MARQUETTI, I.; RODRÍGUEZ, M.G.; DELGADO-ORAMAS, B.P.; SCHMIDT, H.P.: “Biocarbón y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas”, *Revista de Protección Vegetal*, 35(2), 2020, Disponible en: <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1090/1606>.
- GORST, J.: *The Biology of Musa L. (banana)*, [en línea], Inst. Australian Government, Informe Institucional, Australia, 2008, Disponible en: <http://www.ogtr.gov.au>.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. Ediciones INCA, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 93 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- HUANG, L.; GU, M.: “Effects of biochar on container substrate properties and growth of plants —A review”, *Horticulturae*, 5(1): 14, 2019, Publisher: MDPI, 2019, ISSN: 2311-7524, DOI: [10.3390/horticulturae5010014](https://doi.org/10.3390/horticulturae5010014).
- ISRAELI, Y.; LAHAV, E.: “Tropical agriculture”, En: *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, Ed. Elsevier Ltd., 2da ed., vol. 3, pp. 363-381, 2017. DOI: [10.1016/B978-0-12-394807-6.00072-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00072-1).
- LEÓN, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; LAZCANO, C.: “Propiedades de los bioproductos y vermicompost”, *Acta Zoológica Mexicana*, Número especial 2: 373-383, 2016.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, J.B.; REMY, S.; SWENNEN, R.; SÁGI, L.: *Banana (Musa sp)*, [en línea], Ed. Humana Press, K. Wang (Ed.), Methods in Molecular Biology (1era ed.), vol. 2, Totowa, N J, 167–175 p., 2006. DOI: [10.1385/1-59745-131-2-167](https://doi.org/10.1385/1-59745-131-2-167).
- RAMÍREZ-RIVERO, J.M.: *Evaluación de parámetros asociados al crecimiento y desarrollo del híbrido FHIA-17 bajo las condiciones tecnológicas de la Unidad Empresarial de Base Agropecuaria “Quemado de Güines”, [en línea]*, Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía, Doctoral dissertation, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2018, Disponible en: <https://dspa.ucev.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10209/Tesis%20%20Juan%20>.
- ROUX, N.; BAURENS, F.C.; DOLEŽEL, J.; HŘIBOVÁ, E.; HESLOP-HARRISON, P.; ALEMÁN, C.; SASAKI, T.; MATSUMOTO, T.; ABRAHÃO, R.; REMY, S.: “Genomics of banana and plantain (*Musa* spp.), major staple crops in the tropics”, En: *Genomics of tropical crop plants* (3era ed.), In P. H. Moore & R. Ming (Eds.), Ed. Springer, New York, USA, pp. 83-111, 2008, DOI: [10.1007/978-0-387-71219-2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2), ISBN: 0-387-71218-6.
- SANCHEZ-PILCOREMA, S.E.; BARREZUETA-UNDA, S.; AZUERO-CAAMAÑO, H.A.; CONDOY-GOROTIZA, A.: “Efecto de Biochar, SiO<sub>2</sub> y biol en el desarrollo vegetativo de *Musa* sp.: Effect of Biochar, SiO<sub>2</sub> and biol on the growth of *Musa* sp.”, [en línea], En: *Conference Proceedings (Machala)*, 5(1): 153-159, 2021, ISSN: 2588-056X, DOI: [10.48190/cp.v5n1a15](https://doi.org/10.48190/cp.v5n1a15).
- SEPÚLVEDA, W.S.; URETA, I.; HERNÁNDEZ, G.A.; SOLORZANO, G.K.: “Consumo de plátano en Ecuador: hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores”, *Revista Em Agronegocio e Meio Ambiente*, 10(4): 995-1014, 2017, ISSN: 2176-9168, DOI: [10.17765/2176-9168.2017v10n4p995-1014](https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p995-1014).
- SILVA, M.I.; MACKOWIAK, C.; MINOGUE, P.; REIS, A.F.; MOLINE, E.F.: “Potential impacts of using sewage sludge biochar on the growth of plant forest seedlings”, *Ciência Rural*, 47(1): 1-5, 2016, Publisher: SciELO Brasil, 2016, ISSN: 0103-8478, DOI: [10.1590/0103-8478cr20160064](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160064).
- SOLIS, A.: *El cultivo de Plátano (genero *Musa*) en México*, [en línea], Inst. Buenavista: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2007, Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=tesisan.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=008494>.
- SOORIANATHASUNDARAM, K.N.: “Bananas and Plantains”, *Encyclopedia of Food and Health*, 320-327, 2016, DOI: [10.1016/B978-0-12-384947-2.00054-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00054-4).
- TOTOY-NILVE, T.N.: “Caracterización molecular de plantas de plátano *Musa* spp. modificadas genéticamente para Biofortificación de folato.”, 2019, Publisher: Facultad de Ciencias Naturales.

Universidad de Guayaquil, 2019, *Disponible en:* <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4487/2/1/TESIS%20TOTOY%20>.

XU, C.-Y.; BAI, S.H.; HAO, Y.; RACHAPUTI, R.C.N.; XU, Z.; WALLACE, H.M.: "Peanut shell

biochar improves soil properties and peanut kernel quality on a red Ferrosol", *Journal of Soils and Sediments*, 15(11): 2220-2231, 2015, Publisher: Springer, 2015, ISSN: 1439-0108, DOI: [10.1007/s11368-015-1242-z](https://doi.org/10.1007/s11368-015-1242-z).

*Iván Castro-Lizazo*, Dr.C., Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH), Autopista Nacional y Carretera de Tapaste km 23½. CP: 32700. Apartado Postal: 1819. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba.

*Andy Ruíz-Mayorquí*, Ing., Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH). Autopista Nacional y Carretera de Tapaste km 23½. CP: 32700. Apartado Postal: 1819. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba, e-mail: [andy\\_ruiz@unah.edu.cu](mailto:andy_ruiz@unah.edu.cu).

*Airán Gómez-Canales*, Ing., Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Autopista Nacional y Carretera de Tapaste km 23½. CP: 32700. Apartado Postal: 1819. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba, e-mail: [airang479@gmail.com](mailto:airang479@gmail.com).

*Daine Hernández-Ochandía*, Dr.C., Inv. Titular, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Autopista Nacional y Carretera de Tapaste km 23½. CP: 32700. Apartado Postal: 1819. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba, e-mail: [daineho@gmail.com](mailto:daineho@gmail.com).

*Dilnory Lorente-Pico*, Lic., Dirección Municipal de Justicia, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [yeny851123@nauta.cu](mailto:yeny851123@nauta.cu).

*Mayra G. Rodríguez-Hernández*, Dr.C., Inv. Titular, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Autopista Nacional y Carretera de Tapaste km 23½. CP: 32700. Apartado Postal: 1819. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba, e-mail: [mayrag2531961@gmail.com](mailto:mayrag2531961@gmail.com)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

**CONTRIBUCIONES DE AUTOR:** **Conceptualización:** I. Castro-Lizazo. Curación de datos: I. Castro-Lizazo, A. Ruíz-Mayorquí. **Análisis formal:** I. Castro-Lizazo, A. Ruíz-Mayorquí. Investigación: I. Castro-Lizazo, Ruíz-Mayorquí, A. Gómez, D. Hernández, D. Lorente, M. Rodríguez. **Metodología:** I. Castro-Lizazo, **Supervisión:** I. Castro-Lizazo, A. Ruíz-Mayorquí. **Validación:** I. Castro-Lizazo, D. Hernández Visualización: I. Castro-Lizazo, A. Ruíz-Mayorquí. **Redacción-borrador original:** I. Castro-Lizazo, D. Hernández, M. Rodríguez. **Redacción-revisión y edición:** I. Castro-Lizazo, A. D. Lorente, Ruíz-Mayorquí.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)