

Utilización de bioinsumos en la obtención de posturas de cacao” (Theobroma cacao, Lin.)

Use of bioinputs in obtaining cocoa seedlings (Theobroma cacao, Lin.)

Autores:

Tec. Arlety Clares -Tamé, <https://orcid.org/0009-0003-9161-3936>

Lic. Noryaysi Abreu - Romero, <https://orcid.org/0000-0003-4390-5814>

MSc. Irladis Urgelles - Cardoza, <https://orcid.org/0000-0002-3387-2943>

Lic. Arles Abreu - Romero, <https://orcid.org/0000-0002-0489-5943>

Lic. Norbelis Abreu - Romero, <https://orcid.org/0000-0003-0612-3493>

Filiación Institucional: Centro de Desarrollo de la Montaña, municipio El Salvador, Guantánamo, Cuba.

E-mail: arletis@cdm.gtmo.inf.cu, chinina.abreu@gmail.com, irladis@cdm.gtmo.inf.cu, arles@cdm.gtmo.inf.cu

Fecha de recibido: 21 de marzo de 2026

Fecha de aprobado: 9 de mayo de 2026

Resumen

El cacao es uno de los principales cultivos de importancia agrícola en Cuba. Con el propósito de mejorar la calidad de las posturas de cacao en vivero, se evaluó la efectividad del biochar y el microorganismo eficiente en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero. Los tratamientos evaluados fueron: biochar (T1), microorganismos eficientes (T2), biochar + microorganismos eficientes (T3) y un control (T4). Las principales variables estudiadas fueron altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo y longitud de la raíz. En este sentido el T3 alcanzó mayor altura de la planta, números de hojas, diámetro del tallo y longitud de la raíz en relación con los demás tratamientos, con valores de 35, 24a cm, 24.19, 7.08 mm y 40.79cm a los 90 días. Sin embargo, se requiere explorar investigación en la aplicación en campo con el fin de lograr resultados concluyentes.

Palabras **Clave:** Biochar;
Microorganismos eficientes; Efectividad;
Plántulas.

Abstract

Cacao is one of the main agricultural crops in Cuba. To improve the quality of cacao seedlings in nurseries, the effectiveness of biochar and an efficient microorganism on the growth and quality of cacao seedlings was evaluated. The treatments assessed were: biochar (T1), efficient microorganisms (T2), biochar + efficient microorganisms (T3), and a control (T4). The main variables studied were plant height, number of leaves, stem diameter, and root length. T3 resulted in the greatest plant height, number of leaves, stem diameter, and root length compared to the other treatments, with values of 35, 24 cm, 24.19, 7.08 mm, and 40.79 cm, respectively, at 90 days. However, further research is needed to explore field applications and obtain conclusive results.

Keywords: Biochar; Efficient
microorganisms; Effectiveness; Seedlings.

Introducción

Con el uso de los bioestimulantes, la producción de plántulas en viveros se hace más eficiente, ya que estos permiten obtener plantas vigorosas, las que, por tener cualidades especiales, vigor y mayor resistencia de las plántulas a las plagas y enfermedades, se desarrollan con rapidez y reúnen rápidamente todas las características para ir al campo definitivo. El futuro de una plantación está asegurado con la calidad de las plántulas que se obtienen, y para esto interesa mucho el tratamiento que se dé en vivero (Rodríguez, 2009).

La premisa fundamental para tener plantaciones de cacao altamente productivas es la obtención de posturas sanas y vigorosas. Por eso es importante mantener un adecuado balance nutrimental en el sustrato que permita cumplir con esta condición (Sánchez, 2001, citado por Sánchez y col., 2012).

Precisamente, uno de los retos dentro de la agricultura sostenible, es garantizar un suministro adecuado de nutrientes para asegurar la calidad de aquellas plantas que se desarrollan en vivero. Una posible alternativa para mejorar la fertilización de los cultivos es el empleo de productos o sustancias bioactivas ecológicamente inocuas lo que ha cobrado gran auge en la producción agrícola por su efecto positivo en el rendimiento de los cultivos (Ramírez y col., 2003).

El biochar es un material rico en nutrientes producido a partir de pirolización de biomasa, evitando su rápida oxidación a CO₂, que atrae la atención para fines de enmienda del suelo, mejora del rendimiento de los cultivos y secuestro de carbono (Allohverdi et al., 2021). Esto se debe a que el biochar puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, acarrear microorganismos y nutrientes para mejorar la supervivencia de las semillas, aumentar la resistencia al estrés abiótico y biótico, favorecer la germinación, emergencia y crecimiento, como lo propone Zhang et al. (2022) y crear de este modo un ambiente o hábitat favorable para la reproducción, crecimiento y actividad microbiológica del suelo, y promover un mejor crecimiento, nutrición y defensa de las plantas (Escalante et al., 2016; Ding et al., 2016; Ajema, 2018; Gorovtsov et al., 2019; Hardy et al., 2019; Yu et al., 2019).

Los biofertilizantes, también llamados inoculantes microbianos, son microorganismos que mejoran la disponibilidad de nutrientes, son reconocidos por su gran efecto como promotores de desarrollo radicular en las plántulas de cacao y por su distribución al incremento y capacidad de absorción de nutrientes contribuyendo a la nutrición de las plantas ya sea facilitando la absorción de nutrientes o aumentando la disponibilidad de nutrientes primarios en la rizósfera (Pereg y McMillan, 2015; Nosheen et al., 2021).

Los microorganismos utilizados como biofertilizantes al encontrar un medio adecuado en la zona de la rizósfera, potencian mecanismos necesarios para la fijación de nitrógeno, solubilizar nutrientes, producir sustancias antagónicas a patógenos y promotoras del crecimiento vegetal (Restrepo et al., 2017; Soumare et al., 2020; Nosheen et al., 2021; Mitter et al., 2021; Fasusi et al., 2021).

A pesar de que la evidencia científica muestra la efectividad aislada de biofertilizantes y biochar sobre el crecimiento de plántulas de cacao, no existe suficiente evidencia del efecto combinado de biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de esta especie vegetal a nivel de vivero. Sin embargo, resultados alcanzados por Saxena et al. (2013), Nadeem et al. (2017), Ashry y Hassan (2019) y Cargua et al. (2020) en frejol, pepino, pimienta y café, respectivamente, mostraron que la aplicación combinada de biochar y consorcios microbianos, mejoró significativamente el crecimiento de estas especies por lo que se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar la efectividad del biochar y microorganismo eficiente en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en casa de cultivo del Centro de Desarrollo de la Montaña en el periodo comprendido de octubre 2023 a abril 2024 ubicado en Limonar de Monte Ruz, municipio El Salvador, provincia de Guantánamo. Se evaluó el efecto de los microorganismos eficientes y el Biochar o Biocarbón en la producción de posturas de cacao. En la mezcla con la materia orgánica, se utilizó un suelo pardo con carbonatos (MINAGRI, 1999).

Se utilizaron semillas de cacao Variedad Criollo que fueron adquiridas de la finca de la Productora Aimé Hernández Perú perteneciente a la UBPC Marcos Martí de la localidad de Olimpo, las cuales fueron beneficiadas en el mismo centro. Luego fueron plantadas en bolso de polietileno de 15 x 22 cm, que previamente fueron llenadas con sustrato compuesto por

tierra de capa arable, y cascarilla de café descompuesta como materia orgánica en proporción 3:1.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en los siguientes: T1: Biochar; T2: Microorganismo Eficiente T3: Biochar + Microorganismo Eficiente; T4: Control

T1: Biochar+ suelo + Materia orgánica

T2: M. Montaña+ suelo + Materia orgánica

T3: Biochar+ M. Montaña+ suelo + Materia orgánica

T4: Tratamiento Control.

Las atenciones culturales se realizaron según lo orientado en las Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha de Café y Cacao (Cuba. Ministerio de la Agricultura, 1987).

El biochar utilizado se obtuvo por pirolisis de troncos y ramas de algarrobo (*Prosopis pallida*), el cual fue previamente molido, y luego aplicado en dosis de 100 g por bolso y fue agregado al momento de la siembra de las semillas.

El biofertilizante utilizado fue Microorganismo Eferente producido en la planta artesanal de EM del Centro de desarrollo de la Montaña con un PH óptimo de 2.7 y 0 presencia de coniformes fecales.

Evaluaciones realizadas a los 60 y 90 días de germinadas las semillas

1. Altura de las plantas (cm): se utilizó cinta métrica, se midió desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal.

Número de hojas por planta (unidad).

2. Diámetro del tallo (cm): se midió por debajo de la cicatriz cotiledonal, con un pie de rey con precisión 0,05 cm.

3. Largo de la Raíz cm): se midió desde el cuello de la raíz hasta la punta, con cinta métrica.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos, y 20 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por 20 plántulas. Los

datos fueron sometidos a análisis de varianza al 5% de probabilidades de error, y la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidades de error. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics .5.

Resultados y discusión

Evaluación del efecto del biochar y microorganismos eficientes sobre el crecimiento de plántulas de cacao a los 60 días

En la tabla 1 se muestran los resultados del efecto del biochar y los microorganismos de montaña sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero a los 60 días después de germinadas las semillas.

Cuando se evaluó la altura de la planta el tratamiento que mejor resultados obtuvo fue T3 cuando se combinaron el biochar + microorganismo eficiente con una altura promedio de 29 cm con respecto al resto de los tratamientos que fueron de 20.50, 25.50 y 16.83 cm existiendo diferencia significativa con respecto al control.

Tabla 1: Efecto del biochar y microorganismos eficientes sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero a los 60 días después de germinadas las semillas

Tratamiento	Altura planta (cm)	Número de hojas	Diámetro (cm)
T1: Biochar	20.50c	22.3 a	4.15 b
T2: Microorg. Eficiente	25.50b	20.0 b	4.23 b
T3: Biochar + Microg. Eficiente	29.00a	25.5 a	5.00 a
T4: Testigo sin aplicar	16.83d	19.0 b	3.50 c
Cv %	6.90	10.07	9.52

Medias con letras diferentes difieren significativamente según prueba de Tukey para $p < 0.05$.

La aplicación del Biochar y los Microorganismos Eficientes favoreció el incremento en el número de hojas T3 presentando la media más alta 25.5 con respecto al control con la media más baja de 19.0.

Con respecto al diámetro del tallo se evidenció que el tratamiento T3 obtuvo un diámetro de 5.00cm respecto al testigo con un valor de 3.50 cm, mientras que los demás tratamientos mostraron respuestas positivas en función de los parámetros evaluados, demostrando diferencias significativas con respecto al testigo.

Evaluación del efecto del biochar y microorganismos eficientes sobre el crecimiento de plántulas de cacao a los 90 días

En la tabla 2 se muestran los resultados de la efectividad del biochar y el microorganismo eficiente en parámetros morfológicos de plántulas de cacao en condiciones de vivero al cabo de los 90 días, donde el crecimiento de plántulas de cacao en los parámetros altura de planta, números de hojas, diámetro de tallo y largo de las raíces se vieron influenciados por los tratamientos probados donde la combinación del Biochar + Microorganismos Eficientes alcanzó los mejores resultados.

La mayor altura de la planta 35.24cm fue alcanzada cuando se aplicó la combinación de biochar + microorganismos de montaña, seguido del tratamiento donde se aplicó Biochar y Microorganismos Eficientes existiendo diferencia significativa entre los tratamientos y el control.

Tabla 2: Efecto de biochar y microorganismos eficientes sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero a los 90 días después de germinadas

Tratamiento	Altura planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíces (cm)
T1: Biochar	28,63c	21,80b	6,32b	30,45bc
T2: M. Montaña	30,70b	22,19b	6,96ab	32,33 b
T3: Biochar + M. Montaña	35, 24a	24, 19a	7,08a	40,79 a
T4: Control sin aplicar	18,58d	19,00c	5,75c	18,74 c
CV%	8,94	10,07	6,52	13,38

Medias con letras diferentes difieren significativamente según prueba de Tukey para $p < 0.05$

La aplicación del biopreparado a base de Microorganismos Eficientes muestra la eficiencia al incrementar la altura de planta en un 30.70cm existiendo diferencia significativa con respecto al control. Este desarrollo puede estar relacionado, además, con la aplicación de materia orgánica proveniente de cascarilla de café, lo cual crea condiciones favorables para la actividad de los microorganismos, que necesitan de un sustrato orgánico para su metabolismo.

En cuanto a la longitud de la raíz T3 presentó un valor de 40.79 cm, seguido del T2, T1 y T4 con valores de 32.33 cm, 30.44 cm y 18.74 cm, respectivamente, siendo el T3 el mejor

tratamiento con respecto al resto de los tratamientos existiendo diferencia significativa con respecto al T4 testigo sin aplicar.

El desarrollo de la raíz es sumamente influenciado por el sustrato que se utiliza. Cuanto mayor porcentaje de materia orgánica y porosidad se encuentre en él, se observará un incremento en el desarrollo de sus raíces (Ran et al., 2022). Los resultados obtenidos de los tratamientos evaluados demostraron que la materia orgánica presente en la composición de un bioestimulantes es capaz de mostrar una diferencia numérica significativa en las medias.

Estos resultados concuerdan con los de Lemus-Soriano et al. (2021), quienes evidenciaron en el cultivo de aguacate que los tratamientos a los cuales se aplicaron bioestimulantes radiculares, tuvieron diferencias significativas en comparación al testigo.

Los resultados obtenidos con altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y largo de la raíz muestran que tanto el biochar, el biofertilizante y su combinación promueven un mejor desarrollo de las plántulas de cacao, lo cual se asemeja a los resultados alcanzados por Bahrune*t al.* (2018), Laode *et al.* (2018) y Pélagie *et al.* (2020), quienes reportaron un incremento significativo de la altura de planta, diámetro de tallo y crecimiento radical en plántulas de cacao en vivero, con diferentes tratamientos a base de biochar y biofertilizantes, en relación con los tratamientos convencionales de fertilización.

Por su parte, Cargua et al. (2020) reportaron incrementos de altura de planta y longitud de biomasa radical del 29 y 67%, respectivamente, en plántulas tratadas con biochar e inoculadas con consorcios microbianos, en relación con el tratamiento control.

En cuanto al número de hojas se observó que hubo mayor cantidad de hojas cuando se aplicó el Biochar + M. Eficientes alcanzando 24.19 unidades este resultado indica que los sustratos enriquecidos e inoculados con biochar y bioestimulante, pueden mejorar las condiciones de crecimiento de las plántulas, lo cual puede potenciar el desarrollo y por ende, la actividad fotosintética. En este sentido, Bahrune*t al.* (2017) y Pélagie *et al.* (2020) reportaron que el uso de biochar y bioestimulante como medio de crecimiento de plántulas de cacao en vivero, incrementó la producción de hojas y la concentración de clorofila en las mismas, el cual es el principal pigmento fotosintético.

El parámetro diámetro del tallo se vio influenciado por la efectividad de la combinación del Biochar + Microorganismos de Eficientes con un diámetro de 7.08 mm al respecto.

Los microorganismos eficientes, como inoculantes microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conservan los recursos naturales, generando una agricultura sostenible (Liriano González et al., 2015).

Algo relevante en relación con los resultados obtenidos, es que el uso de biochar y biofertilizantes como sustratos y abonos orgánicos potencian el efecto de la fertilización mineral de las plántulas, puesto que en todas las variables evaluadas el tratamiento a base de biochar + biofertilizantes superó ampliamente al tratamiento.

Por otra parte, se ha demostrado que el biochar al poseer micro poros crea condiciones adecuadas para que los microorganismos del suelo incrementen su población y estos a su vez promueven mayor disponibilidad de nutrientes minerales y sustancias de crecimiento para las plantas, además de contribuir a mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo (Ajema, 2018; Gorovtsov *et al.*, 2019; Hardy *et al.*, 2019).

La aplicación del biochar tuvo efecto que provoca cambios positivos en el suelo que favorecen sus propiedades y el crecimiento de los cultivos (Escalante Rebolledo et al.2016).

Conclusiones

El biochar y el microorganismo de montaña fueron eficientes para promover el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero.

El tratamiento más efectivo para potenciar el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero fue la combinación de biochar + microorganismos de eficiente, donde los parámetros evaluados tuvieron mejor desarrollo.

Bibliografía

Ajema, L. 2018. Effects of Biochar Application on Beneficial Soil Organism: Review. International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology 5(5): 9 – 18.

Allohverdi, T., Mohanty, A., Roy, P. and Misran, M. 2021.A Review on Current Status of Biochar Uses in Agriculture. Molecules, 26, 5584. <https://doi.org/10.3390/molecules26185584>

- Bahrn, A., M. Yunus, L. Safuan, L. Harjoni, and R. Singh. 2017. Effects of cocoa pod husk biochar on growth of cocoa seedlings in southeast Sulawesi-Indonesia. *Asian Journal of Crop Science* 10(1): 22-30. doi: 10.3923/ajcs.2018.22.30.
- Cargua, J., C. Echeverria, y G.A. Cedeño. 2020. Efectividad de biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao. *ESPAMCIENCIA* 11(2):95-100.
- Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campos Alves, J., Valtierra Pacheco, E., & Etchevers Barra, J. D. (2016). 37 Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367–382. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57346617009>
- Fasusi, O., C. Cruz, and O. Babalola. 2021. Agricultural Sustainability: Microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture* 11: 163. doi:10.3390/agriculture11020163.
- Gorovtsov, A.; Minkina, T.; Mandzhieva, S.; Perelomov, L.; Soja, G.; Zamulina, I.; Rajput, V.; Sushkova, S.; Mohan, D.; Yao, Y. 2019. The mechanisms of biochar interactions with microorganisms in soil. *Environ Geochem Health* 42: 2495–2518.
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., Pérez-López, M. A., Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139–1144. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V12I6.2725>.
- Márquez J. J. (2004). Experiencias de la capacitación en cosecha y beneficio del cacao. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana: [s.n].
- Mitter, E., M. Tosi, D. Obregón, K. Dunfield, and J. Germida. 2021. Rethinking crop nutrition in times of modern microbiology: innovative biofertilizer technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5:606815. doi: 10.3389/fsufs.2021.606815
- Nosheen, S., I. Ajmal, and Y. Song. 2021. Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability* 13: 1868. doi.org/10.3390/su13041868
- Pélagie, D.; Jules, N.; Philippe, K.; Eddy, N. 2020. Evaluation of the Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.) in the Nursery. *International Journal of Sciences* 9(07): 6 – 13
- Pereg, L. and McMillan, M. 2015. Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry* 80: 349-358. doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.10.020

- Ramírez, A.; Cruz, N. y O. Franchialfaro: Uso de bioestimuladores en la reproducción de guayaba (*Psidiumguajava* L.) mediante el enraizamiento de esquejes. *Cultivos Tropicales*, 24 (1): 59-63, 2003.
- Restrepo, S., E. Pineda, y L. Ríos. 2017. Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión sistemática. *CorpoicaCiencia Tecnología Agropecuaria* 18(2):335-351.
- Rodríguez, A.: Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar nacional, 2009. [Consultado 5/4/20/25]. [http://dspace.esPOCH.edu.ce/bitstream...456789/319/1/13t0621angulo fermin.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ce/bitstream...456789/319/1/13t0621angulo%20fermin.pdf).
- Sánchez, C.; Rivera, R.; González, C.; Elsa Vicet y M. Ferrer: Producción de posturas y establecimiento de nuevas plantaciones de cafeto en el macizo Guamuhaya basada en el uso de especies de abonos verdes. *Café Cacao*, 11(2): 46-51, 2012. <https://revista.congresouniversidad.cu/congreso/article/view/1>
- Saxena, J., G. Rana, and M. Pandey. 2013. Impact of addition of biochar along with *Bacillus* sp. on growth and yield of French beans. *Scientia Horticulturae* 162:351–356. doi:10.1016/j.scienta.2013.08.002.
- Soumare, A., K. Boubekri, K. Lyamlouli, M. Hafidi, Y. Ouhdouch, and L. Kouisni. 2020. From isolation of phosphate solubilizing microbes to their formulation and use as biofertilizers: Status and Needs. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 7:425. doi:10.3389/fbioe.2019.00425.