

# EFFECTIVIDAD DE BIOCHAR Y BIOFERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CACAO

## EFFECTIVENESS OF BIOCHAR AND BIOFERTILIZERS IN THE GROWTH AND QUALITY OF COCOA SEEDLINGS

Jessica Elizabeth Cargua Chávez<sup>1</sup>, Corayma Maribel Echeverria Arangundi<sup>1</sup>, George Alexander Cedeño García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola, Instituto Superior Tecnológico Calazacón, Av. Galo Luzuriaga y Calle B. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, km 13 ½ vía Portoviejo - Santa Ana, Santa Ana, Manabí, Ecuador.

Email: [jessicacargua@tsachila.edu.ec](mailto:jessicacargua@tsachila.edu.ec)

### Información del artículo

*Tipo de artículo:*  
Artículo original

*Recibido:*  
01/09/2020

*Aceptado:*  
15/12/2020

*Licencia:*  
CC BY-NC-SA 4.0

*Revista*  
*ESPAMCIENCIA*  
11(2):95-100

*DOI:*  
[https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v11i2.224](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i2.224)

### Resumen

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la efectividad de biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero. El trabajo se desarrolló desde enero a abril del 2020, en casa de cultivos del Instituto Superior Tecnológico Calazacón en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Los tratamientos evaluados fueron T1: biochar, T2: biochar + biofertilizante, T3: biofertilizante, T4: fertilizante compuesto y T5: tratamiento control. El biochar fue aplicado en dosis de 20 g kg<sup>-1</sup> de sustrato. El biofertilizante se conformó de un consorcio microbiano comercial compuesto por cepas de hongos, bacterias, micorrizas y levaduras. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro replicas. La unidad experimental se conformó de 20 plántulas de cacao CCN-51. Las principales variables registradas fueron masa seca de planta (g), área foliar (cm<sup>2</sup>) e índice de calidad de Dickson. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas (p<0,05) entre los tratamientos evaluados, destacándose el tratamiento de biochar + biofertilizante con la mayor tasa de crecimiento en masa seca, área foliar e índice calidad de Dickson con 8,23 g, 497,82 cm<sup>2</sup> y 5,45, respectivamente, en relación a los demás tratamientos evaluados. Se encontró una correlación significativa (p < 0,05) y positiva entre el índice de calidad de Dickson y las variables de crecimiento analizadas. La aplicación combinada de biochar y biofertilizantes en los sustratos puede potenciar el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero.

*Palabras clave:* Biocarbón, microorganismos eficientes, plantas de cacao, vivero.

### Abstract

The main objective of this study was to evaluate the effectiveness of biochar and biofertilizers in the growth and quality of cocoa seedlings in the nursery. The work was carried out from January to April 2020, in the grow house of the Instituto Superior Tecnológico Calazacón in Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. The treatments evaluated were T1: biochar, T2: biochar + biofertilizer, T3: biofertilizer, T4: compound fertilizer and T5: control treatment. Biochar was applied in doses of 20 g kg<sup>-1</sup> of substrate. The biofertilizer was made up of a commercial microbial consortium composed of strains of fungi, bacteria, mycorrhizae and yeasts. A completely randomized design with four replicates was used. The experimental unit was made up of 20 CCN-51 cocoa seedlings. The main variables recorded were dry plant mass (g), leaf area (cm<sup>2</sup>) and Dickson's quality index. The results showed significant statistical differences (p<0.05) among the treatments evaluated, highlighting the biochar + biofertilizer treatment with the highest growth rate in dry mass, leaf area and Dickson's quality index with 8.23 g, 497.82 cm<sup>2</sup> and 5.45, respectively, in relation to the other treatments evaluated. A significant (p < 0.05) and positive correlation was found between Dickson's quality index and the growth variables analyzed. The combined application of biochar and biofertilizers on the substrates can enhance the growth and quality of cocoa seedlings in the nursery.

*Keywords:* Biochar, efficient microorganisms, cocoa plants, nursery

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es el primer exportador mundial de cacao fino y de aroma (*Theobroma cacao* L.), rubro importante en la generación de trabajo, ingresos económicos y divisas para el país (Morales et al., 2018). Sin embargo, presenta los rendimientos más bajos de la región sudamericana y su cadena productiva presenta varios riesgos que merman su producción (Rodríguez y Fusco, 2017; FAO, 2019). En Ecuador, la cadena del cacao presenta serios problemas en la producción y productividad, que están vinculados al uso de tecnologías de manejo, enfermedades, uso de insumos, disponibilidad de semillas, prevalencia de plantaciones viejas, etc (Vassallo, 2015), razón por la cual el gobierno nacional ha promovido nuevas siembras y renovaciones del área cacaotera (MAG, 2017). En este sentido, para incrementar y renovar el área cultivada de cacao, se requiere de material de siembra de alta calidad que asegure la producción y longevidad del cultivo en campo (Gutiérrez et al., 2011; Osorio et al., 2017).

Destacando la importancia de la calidad de las plántulas como un factor determinante en la producción de cultivos, es importante buscar alternativas que permitan obtener material de siembra de alta calidad en vivero (Davis y Jacobs, 2005; Karlen y Rice, 2015; Gomes y Miglioranza, 2015; Andrade y Sena, 2017). Investigaciones recientes sugieren que el uso de biochar y biofertilizantes puede mejorar notablemente el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero (Bahrun et al., 2020; Pélagie et al., 2020). En este contexto, Nduka y Adeniyi (2017) concluyeron que el uso de *Trichoderma harzianum* y *Streptomyces* spp, como degradadores de sustratos, mejoró notablemente el crecimiento de plántulas de cacao en vivero. De forma similar, Laode et al. (2018) demostraron que la cáscara de cacao descompuesta por *Lycoperdon* sp, y *Pleurotus* sp, estimuló significativamente el crecimiento de plántulas de cacao. Por otra parte, Pélagie et al. (2020), determinaron que en general, los biofertilizantes favorecen el desarrollo equilibrado de las plántulas de cacao en vivero, lo cual promueve un mejor desempeño en campo.

En cuanto al uso del biochar como medio de crecimiento de plántulas, varias investigaciones han concluido que su uso como parte del sustrato incrementó el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero, lo cual potencia su establecimiento, adaptación y producción en campo (Helliwell, 2015; Dewi et al., 2017; Bahrun et al., 2020). En Ecuador, existe poca información relacionada al uso de biochar y biofertilizantes de manera combinada como una alternativa para mejorar el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero, razón por la cual el trabajo realizado es justificable, para lo cual se estableció como objetivo principal evaluar la efectividad del biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao en vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se desarrolló desde enero a abril de 2020 en casa de cultivo del Instituto Superior Tecnológico Calazacón, ubicado en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, en las coordenadas geográficas X: 706257 y Y: 9972460, a una altitud de 578 msnm, con temperatura promedio anual de 24,9°C, precipitación promedio de 3052 mm anuales y heliofanía de 780 horas año<sup>-1</sup>.

### Material de siembra

Para la siembra se utilizaron semillas de cacao CCN-51, las cuales fueron establecidas en bolsas de polietileno de 6 x 9 pulgadas, que previamente se llenaron con sustrato compuesto por tierra de capa arable, arena de río y compost en proporción 3:1:1.

### Tratamientos

- T1: Biochar + fertilizante compuesto
- T2: Biochar + biofertilizante + fertilizante compuesto
- T3: Biofertilizante + fertilizante compuesto
- T4: Fertilizante compuesto
- T5: Control (sin biochar, sin biofertilizante y sin fertilizante compuesto).

### Aplicación de tratamientos

El biochar se aplicó en dosis de 20 g kg<sup>-1</sup> de sustrato, el mismo que se agregó al momento de la preparación del sustrato. El biofertilizante utilizado fue un consorcio comercial a base de cepas de micorrizas *Acalulospora* spp, *Glomus* spp, *Sclerocystis* spp (200 millones UFC mL<sup>-1</sup>), hongos *Trichoderma* spp (30 mil millones UFC mL<sup>-1</sup>), bacterias *Azospirillum* spp (100 millones UFC mL<sup>-1</sup>), *Azotobacter* spp. (42 millones UFC mL<sup>-1</sup>), *Bacillus* spp (300 millones UFC mL<sup>-1</sup>), *Pseudomona* spp. (100 millones UFC mL<sup>-1</sup>), y la levadura *Sacharomyces cerevisiae* (140000 UFC mL<sup>-1</sup>). El consorcio microbiano se aplicó en dosis de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua, y de esa solución se agregó 100 mL planta<sup>-1</sup> al momento de la siembra de las semillas en el sustrato y 15 días después de la emergencia de las plántulas. Independientemente de los tratamientos basados en biochar y biofertilizantes, todas las plántulas fueron fertilizadas con un fertilizante compuesto en dosis de 5 g planta<sup>-1</sup>. La composición del fertilizante utilizado fue 12% de N, 19% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% de K<sub>2</sub>O, 2,7% de MgO, 20% de SO<sub>4</sub>, 0,02% de Mn, 0,015% de B, 0,2% de Fe y 0,02% de Zn.

### Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cinco tratamientos, cuatro réplicas 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 con Tukey al 5% de probabilidades de error. Además, se realizó análisis de correlaciones entre variables de crecimiento y calidad de las plántulas.

### Variables respuesta

Todas las variables fueron registradas a los 90 días después de la emergencia de las plántulas. Las variables registradas fueron altura de planta (cm), la cual se midió con una cinta métrica desde la base del sustrato hasta la última hoja; el diámetro de tallo (mm) fue registrado a nivel del sustrato con la ayuda de un calibrador; la longitud radical (cm) fue tomada desde el cuello del tallo hasta el ápice de la biomasa radical con la ayuda de una cinta métrica. Para el registro de la masa seca (g), las plántulas fueron sometidas a secado en estufa a 70°C hasta alcanzar peso constante y luego se registró el peso con ayuda de una balanza analítica de precisión; además, también se registró el peso seco de la parte aérea y radical de las plántulas con la finalidad de determinar el índice de calidad de Dickson que integra a estas variables. El área foliar (cm<sup>2</sup>) fue registrada con la metodología del sacabocado, donde se relaciona el área de un cuadrante de hoja de 2 x 2 cm (4 cm<sup>2</sup>) con su peso seco determinado en estufa. Finalmente, el índice de calidad de Dickson (ICD) fue estimado con la ecuación [1] propuesta por Dickson et al. (1960):

$$ICD = \frac{Masa\ seca\ total\ (g)}{\frac{Altura\ de\ planta\ (cm)}{Diámetro\ de\ tallo\ (mm)} + \frac{Masa\ seca\ aérea\ (g)}{Masa\ seca\ radical\ (g)}} \quad [1]$$

El índice de calidad de Dickson integra varias características morfológicas de las plantas que definen su potencial de adaptación y sobrevivencia en campo, por lo cual a mayor índice de calidad de Dickson en vivero supone un mayor potencial de producción del cultivo (Birchler et al., 1998; Davis y Jacobs, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de las plántulas de cacao fue influenciado significativamente por los tratamientos probados (Cuadro 1), donde el tratamiento biochar + biofertilizante alcanzó el mayor incremento en altura de planta, superando en 63, 29, 23 y 11% a los tratamientos control, biochar, fertilizante compuesto y biofertilizante, respectivamente. De forma similar, el tratamiento a base de biochar + biofertilizante mostró un incremento en diámetro de tallo del 46, 19, 17 y 7%, con relación a los tratamientos control, fertilizante compuesto, biochar y biofertilizante,

respectivamente (Cuadro 1). La longitud radical también fue mayormente afectada por el tratamiento biochar + biofertilizante, que superó a los tratamientos control, biochar, fertilizante compuesto y biofertilizante con 67, 23, 19 y 16%, respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Efecto de biochar y biofertilizante sobre el crecimiento de plántulas de cacao en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíces (cm)
Biochar + Biofertilizante	34,67 a	9,00 a	40,19 a
Biofertilizante	30,71 ab	8,36 a	33,71 a
Fertilizante compuesto	26,61 bc	7,33 a	32,62 a
Biochar	24,66 c	7,45 a	30,85 b
Control	12,93 d	4,83 b	13,24 c
C.V. %	9,85	11,30	13,38
p-valor ANOVA	0,0001	0,0001	0,0001

<sup>1/</sup> Medias dentro de columnas con letras distintas difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

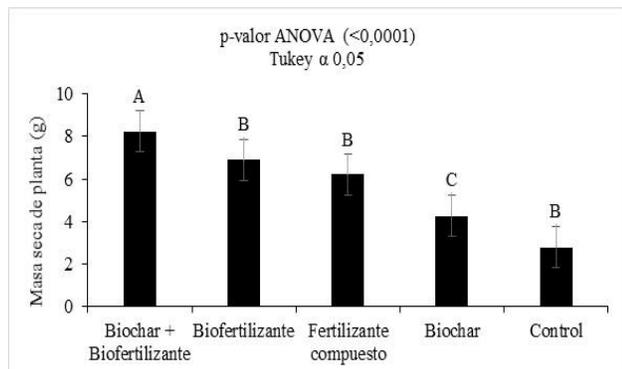
Los resultados obtenidos con altura de planta, diámetro de tallo y longitud radical, muestran que tanto el biochar, el biofertilizante y su combinación promueven un mejor desarrollo aéreo y radical de las plántulas de cacao, lo cual se asemeja a los resultados alcanzados por Nduka y Adeniyi (2017), Dewi et al. (2017), Bahrun et 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 a tratamientos convencionales de fertilización. En este sentido la figura 1, muestra el efecto de los tratamientos utilizados sobre el desarrollo radical de plántulas de cacao a los 90 días de crecimiento en vivero, se aprecia un claro incremento de la biomasa radical con la combinación biochar + biofertilizante (Figura 1 A).



**Figura 1.** Efecto de biochar + biofertilizante (A), biofertilizante (B), biochar (C), fertilizante compuesto (D) y control (E) sobre el desarrollo radical de plántulas de cacao a los 90 días de crecimiento en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020.

La masa seca de planta fue influenciada estadísticamente por los tratamientos utilizados (Gráfico 1), donde la combinación biochar + biofertilizante alcanzó el mayor valor de masa seca con 8,23 g planta<sup>-1</sup>, en relación a los

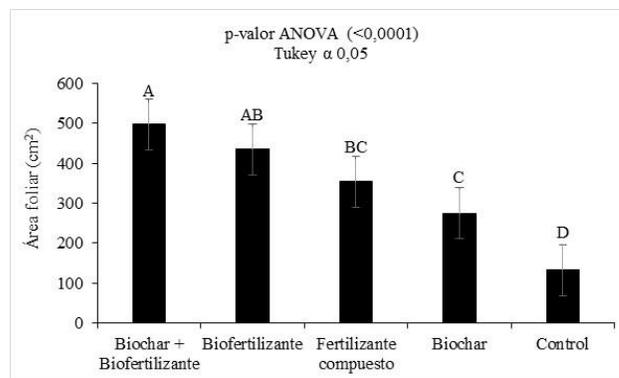
tratamientos de biofertilizante, fertilizante compuesto, biochar y control que alcanzaron una masa seca promedio de 6,89; 6,21; 4,26 y 2,79 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Gráfico 1.** Efecto de biochar y biofertilizante sobre la masa seca de plántulas de cacao en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020.

Los resultados logrados en cuanto a masa seca de planta, son similares a los obtenidos por Bahrun *et al.* (2017), quienes reportaron incrementos significativos de masa seca de planta con tratamientos de biochar, en relación al tratamiento control que obtuvo 1,39 y 4,53 g de masa seca aérea y radical planta<sup>-1</sup>, respectivamente. De forma similar Dewi *et al.* (2017), reportaron que la aplicación de biochar en combinación con fertilizantes orgánicos aumentó efectivamente el peso seco de las hojas y el peso seco total de las plántulas de cacao. Por su parte, Laode *et al.* (2018), concluyeron que el efecto de la aplicación de cáscara de mazorca de cacao degradada por hongos fue comparable con el fertilizante inorgánico para promover el incremento del peso seco de las plántulas de cacao. De la misma forma, Pélagie *et al.* (2020) indicaron que en general, la inoculación de biofertilizantes micorrízicos en los sustratos incrementó la masa seca de plántulas de cacao en vivero, en comparación con las plantas tratadas de manera convencional. Lo anteriormente descrito, evidencia que el uso de biochar y biofertilizantes como medio para el desarrollo de plántulas en vivero, es efectivo para potenciar el crecimiento temprano de plántulas de cacao.

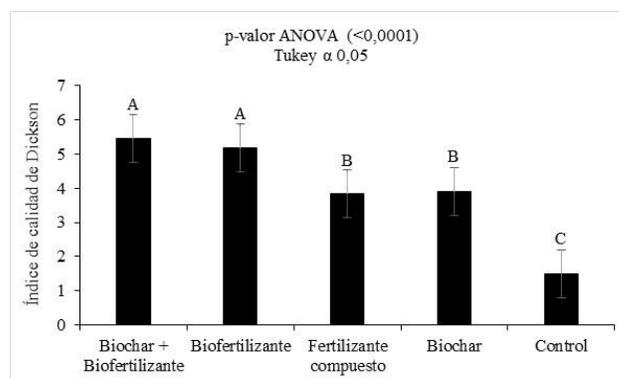
Los tratamientos evaluados también influyeron significativamente el área foliar (Gráfico 2), donde la combinación biochar + biofertilizante logró el mayor promedio de área foliar con 497,82 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, en contraste con los tratamientos biofertilizante, fertilizante compuesto, biochar y control con 435,31; 454,56; 274,50 y 133,02 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> de área foliar, respectivamente. En este contexto, los resultados logrados son cercanos a los alcanzados por Bahrun *et al.* (2017) y Nduka y Adeniyi, (2017) quienes reportaron incrementos significativos de área foliar de plántulas de cacao en vivero, con sustratos enriquecidos e inoculados con biochar y biofertilizantes.



**Gráfico 2.** Efecto de biochar y biofertilizante sobre el área foliar de plántulas de cacao en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020.

Lo anterior indica que los sustratos enriquecidos e inoculados con biochar y biofertilizantes, pueden mejorar las condiciones de crecimiento de las plántulas, lo cual puede potenciar el desarrollo foliar y por ende la actividad fotosintética. En este sentido, Bahrun *et al.* (2017) y Pélagie *et al.* (2020) reportaron que el uso de biochar y biofertilizantes 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.

Los valores del índice de calidad de Dickson fueron modificados significativamente por los tratamientos probados (Gráfico 3), donde la combinación biochar + biofertilizante alcanzó el mayor índice de calidad con 5,45, en relación a los tratamientos biofertilizante, biochar, fertilizante compuesto y control con 5,17; 3,89; 3,84 y 1,49; respectivamente. Lo anterior indica que el uso de biochar como parte integral de los sustratos y la inoculación de microorganismos como biofertilizantes se presentan como una alternativa para conseguir plántulas más robustas y de alta calidad fisiológica (Bahrun *et al.*, 2020; Pélagie *et al.*, 2020).



**Gráfico 3.** Efecto de biochar y biofertilizante sobre el índice de calidad de Dickson de plántulas de cacao en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020.

En plántulas de cacao el potencial del índice de calidad de Dickson ha sido demostrado en investigaciones recientes como un buen indicador para la selección de plántulas a nivel de vivero (Alves *et al.*, 2018; Sampaio *et al.*, 2019). En este contexto el cuadro 2, muestra una correlación significativa y positiva entre las principales variables morfológicas y el índice de calidad de Dickson de plántulas de cacao a los 90 días de crecimiento en vivero. Este resultado se asemeja a los obtenidos por Alves *et al.* (2018) quienes reportaron una correlación positiva y significativa entre el índice de calidad de Dickson y la masa seca de la raíz de plántulas de cacao a los 90 y 120 días después la siembra en vivero.

**Cuadro 2.** Relación entre el crecimiento y calidad de plántulas de cacao a los 90 días de crecimiento en vivero. Santo Domingo, Ecuador, 2020

	AP (cm)	DT (mm)	LR (cm)	MS (g)	AF (cm <sup>2</sup> )
	R	R	R	R	R
ICD	0,88	0,87	0,83	0,91	0,85
	p	p	p	p	p
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

AP = Altura de planta; DT = Diámetro de tallo; LR = Longitud radical; MS = Materia seca; AF = Área foliar; ICD = Índice de calidad de Dickson

R = Coeficiente de correlación de Pearson  
p-valor de las correlaciones  $\alpha \leq 0.05$

Algo relevante de destacar 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 + biofertilizante superó ampliamente al tratamiento de fertilización convencional. En este sentido, los resultados se relacionan a los reportados por Famuwagun y Titilayo (2016) y Fidelis y Rao (2017), quienes concluyeron que los abonos orgánicos mejoró la asimilación de nutrientes en plántulas de cacao. Por otra parte, investigaciones desarrolladas por Dewi *et al.* (2017), Nduka y Adeniyi (2017); Laode *et al.* (2018) y Bahrún *et al.* (2017; 2020) demostraron que el efecto del biochar y biofertilizantes aumentaron la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plántulas de cacao, además de incrementar la CIC y la disponibilidad de cationes intercambiables, lo cual podría explicar como el biochar y biofertilizantes aumenta el crecimiento y calidad de las plántulas de cacao en vivero. Por otra parte, se ha demostrado que el biochar al poseer microporos 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).

## CONCLUSIONES

El biochar y biofertilizantes fueron eficientes para promover mayores tasas de 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 + biofertilizantes + fertilizante compuesto. El biochar y biofertilizantes mejoraron el efecto de la fertilización mineral convencional de las plántulas de cacao en vivero. El índice de calidad de Dickson se correlacionó positivamente con el crecimiento de las plántulas de cacao en vivero.

## LITERATURA CITADA

- Alves, R.; Gomes, G.; Malta, E.; Andrade, G.; do Sacramento, C. 2018. Manejo de matrizes interfere no rendimento e na qualidade de mudas de cacaueiros. *Rev. Bras. Frutic.* 40(3): 1 – 8.
- Andrade, G.; Sena, A. 2017. Propagação de cacaueiro e tecnologias para produção de mudas clonais. *Rev. Bras. Frutic.* 41(2): 1 – 22.
- 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.
- Bahrún, A.; Yunus, M.; Safuan, L.; Harjoni, L.; Singh, R. 2017. Effects of Cocoa Pod Husk Biochar on Growth of Cocoa Seedlings in Southeast Sulawesi-Indonesia. *Asian Journal of Crop Science* 10: 22 – 30.
- Bahrún, A.; Mardani, T.; Rakian, C.; Nuriadi.; Madiki, A. 2020. Effect of Different Types of Biochar on Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Crop Science* 12: 12 – 18.
- Birchler, T.; Royo, A.; Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7(1 y 2): 109 – 121.
- Davis, A. and Jacobs, D. 2005. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests* 30:295–311.
- Dewi, K.; Anas, I.; Anwar, S.; Yahya, S.; Djajakirana, G. 2017. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)* 36(5):261-273.
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36:10-13.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Consultado 4 de junio de 2019).

- Famuwagun, I. y Titilayo, O. 2016. Influence of Varying Rates of Fertilizers on the Performance of Cacao (*Theobroma cacao*) Seedlings in the Nursery. *International Letters of Natural Sciences* 58: 54-59.
- Fidelis, C.; Rao, B. 2017. Enriched cocoa pod composts and their fertilizing effects on hybrid cocoa seedlings. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 6:99-106.
- Gomes, C. and Miglioranza, E. 2015. Quality levels of organic coffee seedlings in black and white nonwoven fabric (NWF) containers of various sizes. *African Journal of Agricultural Research* 10(9): 86-89.
- Gutiérrez, M.; Gómez, R. y Rodríguez, N. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 12(1): 33-42.
- 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.
- Hardy, B.; Sleutel, S.; Dufey, J.; Cornelis, J. 2019. The Long-Term Effect of Biochar on Soil Microbial Abundance, Activity and Community Structure Is Overwritten by Land Management. *Front. Environ. Sci.* 7:110.
- Helliwell, R. 2015. Effect of biochar on plant growth. *Arboricultural Journal* 37(4): 238-242.
- Karlen, D.; Rice, C. 2015. Soil Degradation: Will Humankind Ever Learn?. *Sustainability* 7:12490-12501.
- Laode, A.; Rahim, I.; Kuswinanti, T.; Rasyid, B.; Nasruddin, A. 2018. Effect of Cocoa Pod Husk Compost Produced Using Rot Fungi on the Growth of Cocoa Seedlings. *OnLine Journal of Biological Sciences* 18 (1): 69-73.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017. Boletín situacional Cacao. Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Quito, Ecuador. 6 p.
- Morales, F.; Carrillo, M.; Ferreira, J.; Peña, M.; Briones, W. y Albán, M. 2018. Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 11(1): 63-69.
- Nduka, B.; Adeniyi, D. 2017. Amelioration of cacao seedlings with bio – degraded coffee husk for enhanced nursery performance. *African Journal of Agricultural Research* 12(15): 1332-1340.
- Osorio, M.; Leiva, E. y Ramírez, R. 2017. Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Rev. Cienc. Agr.* 34(2): 73-82.
- 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
- Rodríguez, D. y Fusco, M. 2017. Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación en Modelos Financieros* 1(1).57-74.
- Sampaio, E.; Prucoli, R.; Ferreira, S.; de Souza, V.; Valani, F.; Lima, R.; de Moura, I.; Spaggiari, S.; Prucoli, S.; Silva, G.; Schmildt, O.; Romais, E. 2019. Growth and Quality of Genotype PS-1319 Cacao Seedlings Produced Under Different Irrigation Depths. *Journal of Agricultural Science* 11(16): 238 - 247.
- Vassallo, M. 2015. Diferenciación y agregado de valor en la cadena ecuatoriana del cacao / Miguel Vassallo. — 1ª. ed. — Quito: Editorial IAEN, 156 p.