

12

Fecha de presentación: marzo, 2021

Fecha de aceptación: mayo, 2021

Fecha de publicación: agosto, 2021

EFFECTOS DE BIOCHAR EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE THEOBROMA CACAO L

EFFECTS OF BIOCHAR ON PLANT DEVELOPMENT OF THEOBROMA COCOA L

Salomón Barrezueta Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

Priscila Sisalima Morales¹

E-mail: psisalima_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2391-9143>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Barrezueta Unda, S., & Sisalima Morales, P. (2021). Efectos de biochar en el desarrollo vegetativo de Theobroma cacao L. (2021). *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 86-91.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue medir los efectos del biochar en el desarrollo de plantas de cacao. El trabajo se realizó en una finca cultivada con el clon de cacao CCN51, la cual se dividió en tres parcelas de 5000 m², a las que se asignaron dos tratamientos (T1=75 g de biochar + 75 g de gallinaza/por planta; T2=150 g de biochar + 150 g de gallinaza/por planta) y una parcela control (T0= 150 g de gallinaza/por planta). En cada tratamiento, se realizó dos aplicaciones con un intervalo de 6 semanas después de la primera aplicación. El biochar se obtuvo de resto de la cosecha de cacao en un horno de doble fondo a una temperatura aproximada de 350 °C por 2 horas. Se observó diferencias significativas en altura de planta y número de brotes por rama, los valores más altos fueron en T1 y T2. El diámetro y peso de las mazorcas no indicaron significancia estadística, pero sí en el peso de las almendras con el mayor promedio en T1. Se pudo determinar el efecto positivo del biochar frente al testigo. Se recomienda acompañar las aplicaciones de biochar con otros abonos orgánicos como humus o yeso agrícola para evitar la alcalinidad del suelo, por ser un factor que pudo limitar el efecto en T2 en el llenado de las mazorcas.

Palabras clave:

Enmienda edáfica, materia orgánica del suelo, fertilidad del suelo.

ABSTRACT

The aim of the research was to measure the effects of biochar on the development of cocoa plants. The work was carried out on a farm cultivated with cocoa clone CCN51, which was divided into three plots of 5000 m², to which two treatments were assigned (T1=75 g of biochar + 75 g of poultry manure/plant; T2=150 g of biochar + 150 g of poultry manure/plant) and a control plot (T0= 150 g of poultry manure/plant). In each treatment, two applications were made at an interval of 6 weeks after the first application. The biochar was derived from the rest of the cocoa harvest in a double-bottom oven at a temperature of approximately 350 °C for 2 hours. Significant differences were observed in plant height and number of shoots per branch, with the highest values in T1 and T2. The diameter and weight of the ears did not show statistical significance, but the weight of the almonds was statistically significant, with the highest average in T1. It was possible to determine the positive effect of biochar compared to the control. It is recommended to combine biochar applications with other organic fertilizers such as humus or agricultural gypsum to avoid soil alkalinity, as this factor could have limited the effect in T2 on ear filling.

Keywords:

Soil amendment, soil organic matter, soil fertility.

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L. (cacao) es uno de los principales cultivos comerciales en varios países de la región tropical de América y África. En América el 15 % de la producción mundial de cacao se localiza en el centro y sur del continente, siendo Ecuador uno de los mayores productores (Sánchez-Mora, et al., 2015; Barrezueta-Unda & Paz-González, 2017).

El rendimiento del cultivo de cacao depende de las propiedades físicas y químicas del suelo, pero debido a la necesidad de conseguir altas producciones en suelos pobres, se ha incrementado el uso de productos químicos que aporten con los requerimientos nutricionales para su óptimo desarrollo (Hartemink, 2005). No obstante, la frecuente y el inadecuado empleo de fertilizantes y pesticidas tiene como consecuencia la acidificación y compactación de los suelos, la alteración de los macro y micro nutrientes, y la destrucción de la vida microbiana, afectando la calidad del suelo y la productividad de los cultivares de cacao (Argüello, et al., 2019).

En este marco, existen alternativas para contrarrestar estos efectos y poder aprovechar los residuos vegetales, siendo biochar o también denominado biocarbón o carbón vegetal una opción viable (Escalante, et al., 2016; Ramtahal, et al., 2019). El biochar proviene de la descomposición de la biomasa vegetal sometidos a temperaturas entre 300 a 700°C y con limitado oxígeno (pirólisis).

Cuando los suelos están degradados principalmente por la sobre explotación, la propiedad biológica tiende a decrecer, pero las enmiendas solo con biochar que por lo general su pH fluctúa entre 8.5 a 9.5 (Marín, et al., 2018), coadyuva a la disminución de los microorganismos, por tanto, el biochar debe ser mezclado con abonos biológicos como: compost, estiércoles de animales, restos de cosechas, humus de lombrices, etc. La sinergia entre biochar y abonos biológicos al incrementar los microorganismos favorece la nutrición de las plantas como los hongos micorrícicos que incrementan la disponibilidad del fósforo (Castebianco, 2018).

El origen de la biomasa, el tiempo y temperatura en que se produce la pirólisis son factores fundamentales para obtener un abono con grupos funcionales poliaromáticos, estabilidad estructural, alta porosidad y retención de iones en la superficie (Novotny, et al., 2015; Pentón Fernández, et al., 2020). Estas características del biochar incrementan la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico en el suelo y aumentan la retención hídrica (Bahrun, et al., 2018). Para lograr esto el biochar se debe mezclar con abonos orgánicos como el compost, humus, estiércoles, etc., para formar comunidades de microorganismos que se adhieren al biochar como

biopelículas (Spokas, et al., 2012). De esta forma obtener óptimos resultados.

Con lo detallado el objetivo de la investigación fue medir los efectos del biochar + gallinaza obtenidos a partir de los restos de la cosecha del cacao, en el desarrollo de plantas de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una finca cacaotera de 5 ha con 3 años de cultivada con el clon CCN51. La cacaotera se ubicada en Rio Negro, canton Santa Rosa en la provincia El Oro (Ecuador), localizada entre las coordenadas 3°24'57.166" de latitud Sur y 79°49'59.163" de longitud Oeste a 45 msnm. La región presenta condiciones climáticas con temperatura promedio de 26,1 °C y precipitación promedio anual de 575,8 mm.

Previo al ensayo fueron tomadas muestras de suelos disturbadas en frente a cada planta a dos profundidades (0,0-0,15 cm y 0,15-0,30 cm). Muestras que fueron homogeneizadas, secas al ambiente, trituradas y tamizadas; para luego ser analizado el contenido de materia orgánica del suelo (MOS) por el método de Walkley y Blach, conductividad eléctrica (CE) y pH, en pasta de saturación relación 1:2 (suelo/H₂O). Determinaciones realizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Técnica de Machala.

Las cáscaras de la mazorca del cacao fueron recolectadas después de varias cosechas, obteniendo 80 kg de biomasa en estado fresco. Luego se realizó el secado al ambiente, esparciéndose sobre un plástico por varios días, reduciendo la materia prima para el biochar a 12 kg de biomasa seca.

Para realizar el proceso de pirólisis para la obtención de biochar se construyó un horno con las medidas propuestas por Marín Armijos, et al. (2018), el cual consistió en elaborar dos cilíndricos de metal, el primero con medidas de 70 cm de largo por 40 cm de diámetro, con su respectiva tapa donde se colocará la materia prima. El segundo tanque de 120 cm de alto por 50 cm de diámetro, en el cual se introdujo el cilindro más pequeño, el cual tendrá aberturas en su parte inferior para colocar la madera y generar fuego. El tiempo de quema fue aproximadamente de 2 horas.

Con el material obtenido se trituró y tamizo de forma manual. Luego para lograr una activación de las propiedades del biochar, se mezcló con humus de lombriz en cantidades homogéneas (Ej: 2 kg de biochar: 2 kg de humus), dejando reposar por 21 días, tiempo en el cual se aplicó agua cada tres días manteniendo un material húmedo para su posterior uso en el suelo. Las dosis fueron pesadas en dos vasos plásticos los cuales fueron marcados con las diferentes cantidades para cada tratamiento.

Se delimitó tres parcelas de 500 m² conformadas por 10 plantas (unidad experimental), para diseñar un experimento de bloques completamente al azar. Dos parcelas fueron asignadas para los tratamientos y la tercera parcela de control; la dosificada por tratamiento se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de biocarbón a emplearse.

Tratamiento	Dosis (g) de biochar + gallinaza por planta
Tratamiento control (T0)	0 + 150 g
Tratamiento 1 (T1)	75 g + 75 g
Tratamiento 2 (T2)	150 g + 150 g

La frecuencia de aplicaciones de biochar fueron dos con un intervalo de 6 semanas. En cada aplicación se distribuye alrededor de las plantas a 25 cm de distancia del tronco (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de biochar en plantas de cacao.

Los parámetros que se midieron fueron:

Medición de la altura de planta: La medición de la altura se utilizó una cinta métrica adherida a una vara

en donde se midió desde la base del suelo hasta la copa del árbol, la toma de datos se la realizaba cada mes.

Número de brotes: Para contabilizar el número de brotes se eligieron dos ramas al azar por planta señalándolas con cintas y numeradas para los próximos conteos, esta variable se la realizó a todas las plantas de las unidades de estudio, el conteo se lo efectuaba cada mes.

Peso, largo y diámetro de la mazorca: Se recolectaron 5 mazorcas de cacao por cada tratamiento para luego realizar varias mediciones, para lo cual se utilizó una cinta métrica y una balanza digital, posteriormente se registraron los siguientes datos:

- Peso de mazorca (kg)
- Peso de almendra (kg)
- Largo de mazorca (cm)
- Diámetro de mazorca (cm)

Los resultados fueron ingresados en un archivo del programa estadístico SPSS versión 22 para su análisis descriptivo e inferencia (prueba *t* de comparación de medias) los cuales se presentan en tablas y gráficos.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de suelo (tabla 2) por cada tratamiento mostró un contenido de moderado de MOS (2,83-1,31% en T0) a alto (3,45-3,24 % en T1), mientras que el pH varió entre 6,97-6,62 y disminuye hacia la neutralidad (pH 6,51-6,36) en las capas de 15 a 30 cm del suelo. En cuanto a la CE los valores son constantes excepto en la parcela control que disminuyó de 0,22 dS/mhos a 0,12 dS/mhos. Los valores determinados en general son los adecuados para la normal producción de cacao en la localidad (Hartemink, 2005; Barrezueta-Unda & Paz-González, 2017).

Tabla 2. Descriptivos de las propiedades química del suelo materia orgánica del suelo y pH.

Tratamiento	0 - 15 cm			15 - 30 cm		
	MOS (%)	CE (dS/mhos)	pH	MOS (%)	CE (dS/mhos)	pH
T1	3,45	0,17	6,97	3,24	0,18	6,51
T2	3,1	0,16	6,73	2,27	0,18	6,38
T0	2,83	0,22	6,62	1,31	0,12	6,36

La media de altura de planta por tratamientos (Figura 2a) indicó diferencias significativas ($p < 0,05$) y la conformación de dos grupos entre el tratamiento T2 frente a T1 y T0, que se obtuvo mediante la prueba de Duncan. La mayor altura se registró en T2 (2,56 m), seguido de T0 (2,50 cm) y T1 (2,40 m). Varios autores expresan que el aporte de carbono orgánico de la hojaras, más el carbono que aporta el Biochar incrementa la capacidad de intercambio cationico, aspecto que mejora la asimilación nutriente (Fontes, et al., 2014; Barrezueta-Unda & Paz-González, 2017). Así también, la acumulación de hojaras en el suelo por las plantas de cacao incrementa de forma significativa los niveles de nitrógeno (N) y de fósforo (P), elementos que están relacionado con el crecimiento de las plantas (Hartemink, 2005; Puentes Paramo, et al., 2014); pudiendo ser factores para la poca diferencia numérica en la altura de las plantas.

Por otro lado, las medias de los brotes (Figura 2b) en los diferentes tratamientos indicaron diferencias significativas entre T1 que presentó 16 brotes frente a T2 y T0, con una media de brotes de 12 y 11, respectivamente. Aggangan, et al (2019); y Salifu, et al. (2020), también encontraron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas y números de brotes en tratamientos de biochar + compost en cultivares de cacao con respecto al control, aunque sus experimentos los realizaron con biochar obtenido de bambú y en condiciones de invernadero.

Hartemink (2005); Puentes Paramo, et al. (2014); Rivera-Fernández, et al. (2014); y López, et al. (2016), expresan que el número de brotes de cacao son afectados en forma positiva por el tipo de poda, e incluso cuando se realicen podas excesiva, pero en condiciones de una buena fertilidad del suelo. En este caso se realizó una poda sanitaria antes del ensayo por igual en todas las parcelas.

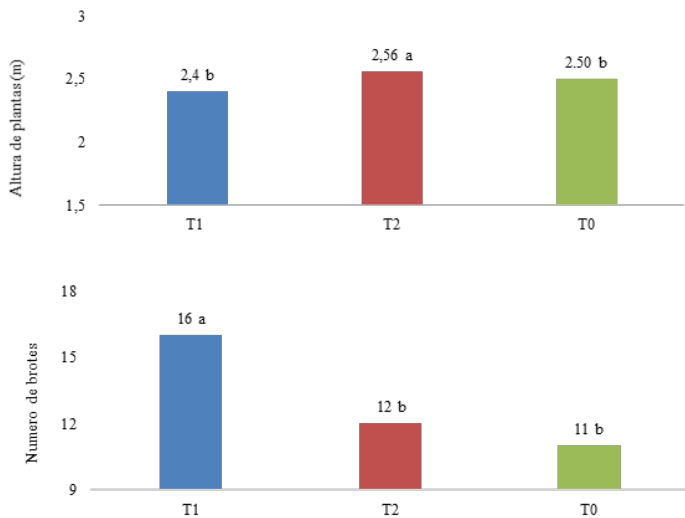


Figura 2. Valores de media y test pos-hoc de Duncan de las variables de crecimiento vegetativo por tratamiento (T1, T2) y el testigo (T0): a) altura de plantas de cacao por tratamiento, b) número de brotes de la planta de cacao.

Los promedios de diámetro de mazorca variaron de 33,2 a 34,2 cm (Figura 3a), mientras que el largo de mazorca fluctuó entre 27,6 a 29,4 cm (Figura 3b), en ambos casos sin mostrar diferencias significativas ($p > 0,05$); indicando homogeneidad entre las mazorcas de los tratamientos y la parcela testigo. Marin-Armijos., et al. (2018), tampoco encontró diferencias significativas en el diámetro y largo de mazorcas de maíz, en parcelas que fueron tratadas con biochar de cacao. Sánchez-Mora, et al. (2015), explican que este comportamiento probablemente fue provocado por las características genotípicas del clon CCN51 y su interacción con el medio ambiente. Mientras que, Quintana-Fuentes, et al., (2015); y Lachenaud & Motamayor (2017), señalan que el desarrollo de

la mazorca en cuanto a largo y diámetro varían muy poco cuando los ensayos se realizan sobre un solo genotipo de cacao y en igual condiciones de manejo, pero se registran diferencias estadísticas en el peso de la mazorca.

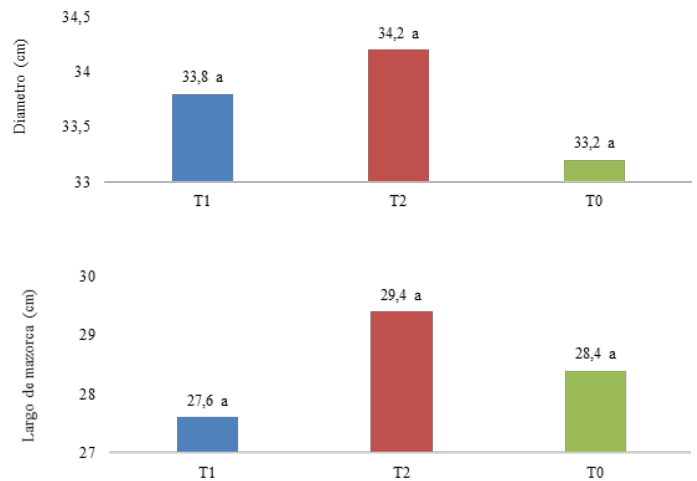
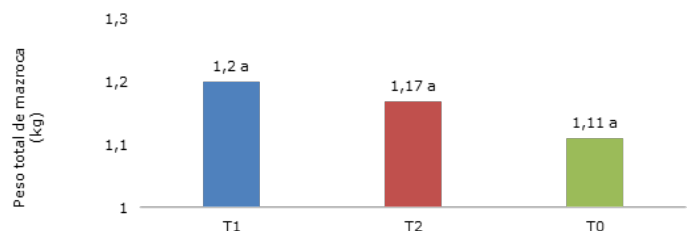


Figura 3. Medias de las dimensiones de la mazorca de cacao por tratamiento (T1, T2) y el testigo (T0): a) diámetro (cm), b) largo (cm).

El peso total de la mazorca (Figura 4a), no se evidenció efectos significativos de la aplicación de biochar entre tratamientos, debido a que los valores fueron muy próximos (1,20 kg T1; 1,17 kg T2; 1,11 kg T0). En cuanto a peso de almendra (Figura 4b) existió una variación de medias que indicó diferencia significativa; donde el mayor peso se registró en T1 (0,44 kg), seguido de tratamiento control (0,39 kg) y T2 (0,30 kg); valores superiores (0,167 kg) a los obtenido por Vera-Chang, et al. (2014), en CCN51, en ensayos con fertilización química más compost.

Por otra parte, la diferencia del peso de las almendras las cuales almacenan una considerable cantidad de nutrientes, grasas y otros compuestos bioquímicos son influenciada por el aporte de nutrientes del suelo a la planta (Puentes Paramo, et al., 2014). En este caso, T1 con una dosis menor a T2 fue superior en peso, e incluso la parcela control superó a T2, pudiendo ser la fertilidad natural del suelo la que en realidad influyó en el ensayo al medir esta variable productiva.



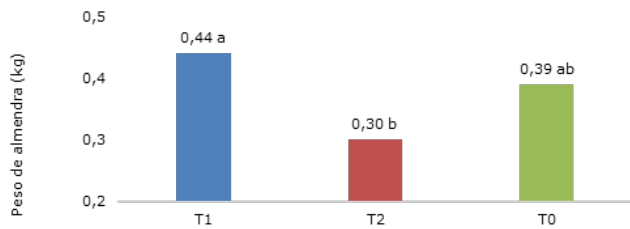


Figura 4. Media y test pos-hoc de Duncan: a) peso de mazorca y b) peso de almendras.

CONCLUSIONES.

El uso de biochar + gallinaza causa efectos en la altura y peso de las almendras, mostrando el mejor resultado con dosis del T2 y T1 respectivamente. Estos resultados determinaron que su empleo es conveniente para su desarrollo vegetal, pero que se deben ajustar mejor la dosis, para lograr con los restos de las cosechas de cacao un manejo sostenible de la fertilidad de las cacaoteras. Es recomendable continuar con más estudios sobre los efectos del biochar de la cáscara de cacao, a mediano y largo plazos, en diferentes cantidades de aplicación al suelo considerando como respuesta las propiedades del suelo y, atributos de las plantas de otras especies cultivadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aggangan, N., Cortes, A., & Rea, C. (2019). Growth response of cacao (*Theobroma cacao* L) plant as affected by bamboo biochar and arbuscular mycorrhizal fungi in sterilized and unsterilized soil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *22*, 1–11.

Argüello, D., Chávez, E., Laurysen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, *649*, 120–127.

Bahrún, A., Fahimuddin, M. Y., Rakian, T. C., Safuan, O., Ode, L., & Harjoni, M. (2018). Cocoa Pod Husk Biochar Reduce Watering Frequency and Increase Cocoa Seedlings Growth. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, *3*(5), 1635–1639.

Barrezueta Unda, S., Prado-Carpio, E., & Jimbo-Sarmiento, R. (2017). Características del Comercio de cacao a nivel intermediario en la provincia de El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, *13*(16), 273–282.

Castebianco, J. A. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *La Granja*, *27*(1), 21–35.

Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves, J., Valtierra Pacheco, E., & Etchevers Barra, J. D. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, *34*(3), 367–382.

Fontes, A. G., Gama-Rodrigues, A. C., Gama-Rodrigues, E. F., Sales, M. V. S., Costa, M. G., & Machado, R. C. R. (2014). Nutrient stocks in litterfall and litter in cocoa agroforests in Brazil. *Plant and Soil*, *383*(1–2), 313–335.

Hartemink, A. E. (2005). Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: A review. Elsevier Inc.

Lachenaud, P., & Motamayor, J. C. (2017). The Criollo cacao tree (*Theobroma cacao* L.): a review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *64*(8), 1807–1820.

López Juárez, S. A., Sol-Sánchez, Á., Córdova Ávalos, V., & Gallardo López, F. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *14*(1), 2807–2815.

Marín, J., García, R., & Barrezueta-Unda, S. (2018). Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara de cacao y raquí de banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, *6*(3), 75–81.

Novotny, E. H., Branco de Freitas Maia, C. M., De Melo Carvalho, M. T., & Emöke Madari, B. (2015). Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use - a critical review. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, *39*(2), 321–344.

Puentes Paramo, Y. J., Menjivar Flores, J. C., Gomez Carabali, A., & Aranzazu Hernández, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*, *63*(2), 145–152.

Quintana-Fuentes, L., Gómez-Castelblanco, S., García-Jerez, A., & Martínez-Guerrero, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(1), 253–266.

Ramtahal, G., Umaharan, P., Hanuman, A., Davis, C., & Ali, L. (2019). The effectiveness of soil amendments, biochar and lime, in mitigating cadmium bioaccumulation in *Theobroma cacao* L. *Science of The Total Environment*, *693*.

Rivera-Fernández, R. D., Valarezo-Beltrón, O., Vera-Macías, L., Chavarría-Párraga, J. E., & Guzmán-Cedeño, Á. M. (2014). Efecto de la poda fitosanitaria sobre la enfermedad escoba de bruja en el cultivo de cacao. *Intrópica*, *9*, 129–136.

Salifu, A., Amedor, E. N., & Afetsu, J. Y. (2020). Effects of Biochar and Compost on Cocoa (*Theobroma Cacao*) Seedlings Growth. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, *6*(8), 6–12.

- Sánchez-Mora, F., Medina-Jara, M., Díaz-Coronel, G., Ramos-Remache, R., Vera-Chang, J., Vásquez-Morán, V., Troya-Mera, F., Garcés-Fiallos, F., & Onofre-Nodari, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *38*(3), 265–274.
- Spokas, K. A., Cantrell, K. B., Novak, J. M., Archer, D. W., Ippolito, J. A., Collins, H. P., Boateng, A. A., Lima, I. M., Lamb, M. C., McAloon, A. J., Lentz, R. D., & Nichols, K. A. (2012). Biochar: A Synthesis of Its Agronomic Impact beyond Carbon Sequestration. *Journal of Environment Quality*, *41*(4), 973.
- Vera-Chang, J., Vallejo-Torres, C., Pàrraga-Moran, D., Morales-Rodríguez, W., Macías-Véliz, J., & Ramos-Remache, R. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, *7*(2), 21–34.