

Evaluación del biochar de cáscara de cacao en la habichuela (*Vigna unguiculata*, L.) var.

Lina (Original)

Evaluation of cocoa husk biochar in the bean (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina (Original)

Yeniseiki González Guillot. Ingeniera Agrónoma. Máster en Ciencias. Profesor Asistente.

Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.

yeniseiki@uo.edu.cu 

Orlando Salustiano González Paneque. Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Director de Ciencia, Tecnología e Innovación. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

ogonzalezp@udg.co.cu 

Daniana Fuente Rivera. Estudiante de la carrera de Agronomía. Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.

daniana.fuente@estudiantes.uo.edu.cu 

Recibido: 22-05-2023/ Aceptado: 2-07-2023

Resumen

La política económica agrícola de Cuba pretende incrementar las producciones en el cultivo del cacao, implicando un aumento de residuos de la biomasa y la necesidad de encontrar un uso adecuado para su eliminación. En el presente artículo se evalúan los efectos del biochar de cáscara del cacao en la habichuela (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina. Los resultados de la caracterización del carbón vegetal o biochar indicaron la presencia de altos contenidos de carbono, calcio, potasio, nitrógeno y oxígeno, que lo convierte en un candidato adecuado para su uso como fertilizante del suelo y la conversión en productos de valor agregado a través del

proceso de pirólisis lenta, contribuyendo con el cuidado del medio ambiente, reduciendo el efecto invernadero y generando un ingreso adicional a los agricultores de las poblaciones rurales.

Palabras clave: biomasa; pirólisis; biochar; cacao

Abstract

Cuban economic policy in agriculture aims to increase cocoa crop productions, which implies an increase of biomass residues and the need to find a suitable use for their disposal. This article evaluates the effects of cocoa husk biochar on the bean (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina. The results obtained indicated the presence of high contents of carbon, calcium, potassium, nitrogen and oxygen, which makes it a suitable candidate to be used as a soil fertilizer and the conversion into value-added products through the slow pyrolysis process, thus contributing to environmental protection, reducing the greenhouse effect and generating additional income for farmers in rural populations.

Keywords: biomass; pyrolysis; biochar; cocoa

Introducción

La cáscara del cacao (*Theobroma cacao*, L.) generalmente es desechada sin considerar las ventajas que poseen. Un ejemplo de ello es que la cáscara posee un alto contenido de biomasa y puede ser utilizada como fuente de energía.

Dentro de sus principales características se puede destacar que la composición química del biocarbón presenta un alto índice de heterogeneidad, ya que tiene componentes estables y endebles; como por ejemplo el carbono, materia volátil, materia mineral (ceniza) y humedad (Sohi et al., 2010). Las características físicas del biocarbón están relacionadas a la forma en la que se relacionan con el suelo, por eso las principales características son la elevada capacidad de retención hídrica (Rosado et al., 2016) y el alto grado de porosidad con microporos (< 2nm),

mesoporos cuyo tamaño empieza en los 50 nm y macroporos con diámetro mayor a 50nm (Wang & Wang, 2019) permitiendo formar hábitats para los microorganismos.

Las condiciones de operación del material vegetal y el tipo de biomasa utilizada son responsables de las características y estructura del carbón vegetal o biochar obtenido y su característica más relevante es su alto contenido de carbono orgánico, indispensable para la mineralización y la capacidad de adsorción, manifestándose en un alto poder recalcitrante en el suelo, entre 10 y 1000 veces superiores a otro tipo de materia orgánica que se encuentre presente en el suelo (Méndez et al., 2015).

La política económica agrícola de Cuba pretendía triplicar los cultivos de café (*Coffea arabica*, L.) y cacao para el año 2021, lo cual implicó un aumento de residuos de biomasa y la necesidad de encontrar un uso adecuado para su eliminación y el proceso de pirólisis lenta permite convertir los residuos lignocelulósicos en productos de valor agregado como carbón vegetal o biochar, biocombustible y gas (...) (Milian et al., 2020, p.23).

El carbón vegetal es un material carbonoso, obtenido a partir de diferentes tipos de biomasa, la cual es sometida a un proceso termoquímico (pirólisis), dicho proceso debe llevarse a cabo a una temperatura comprendida entre 350 y 650°C y en ausencia de oxígeno. La biomasa empleada para este procedimiento es madera, residuos agrícolas, estiércol y residuos forestales; siendo la biomasa maderera la más representativa en la producción de biochar (Méndez et al., 2015) y en la presente investigación se tuvieron en cuenta estos parámetros en la selección del material a pirolizar, como es la cáscara del fruto del cacao.

Aún se desconocen los efectos del biochar obtenido de la cáscara del cacao en lo referente a su comportamiento en las características biológicas, físicas y químicas en el suelo;

por lo que en el presente artículo se plantea como objetivo evaluar los efectos del biochar de cáscara del cacao en la habichuela (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en la parcela familiar La Fuente, ubicada en la carretera Baconao km 2½, poblado El Oasis, municipio Santiago de Cuba, con un área total de 1,05 ha dedicada a la producción agrícola, contando entre sus principales renglones la producción de:

- hortalizas: lechuga (*Lactuca sativa*, L.), habichuela (*Vigna unguiculata*, L.), pepino (*Cucumis sativus*, L.), berenjena (*Solanum melongena*, L.) y tomate (*Solanum lycopersicum*, L.);
- viandas: yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), plátano (*Musa* spp.), boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), ñame (*Dioscorea alata*, L.);
- frutales: mango (*Mangifera indica*, L.);
- cítricos: limón criollo (*Citrus aurantifolia*, Christm Paz (Swingle)) y naranja dulce (*Citrus sinensis*, (L.) Osbeck.);
- granos: maíz (*Zea mays*, L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) y arroz (*Oriza sativa*, L.).
- posee además, el cultivo del cacao, coco (*Cocos nucifera*, L.), guayaba (*Psidium guajava*, L.) y aguacate (*Persea americana*, Mill.).

El cacao variedad Trinitario, se caracteriza por tener frutos de cáscara dura y leñosa, seleccionada por su potencial productivo, adaptabilidad a los suelos y las condiciones climáticas de la localidad, las muestras fueron recolectadas y trasladadas al laboratorio para su secado y procesamiento. El experimento se desarrolló en un suelo Pardo con carbonato, de estructura granular y de baja fertilidad (Instituto de Suelos, 1999).

Recolección de la biomasa de la cáscara del cacao

El carbón vegetal o biochar se obtuvo a partir de la cáscara del cacao y se realizó la preparación de la biomasa mediante el proceso de secado natural, expuesta al sol durante 14 días desde el amanecer hasta el atardecer, antes de ser sometida al proceso de pirólisis.

Posteriormente, se llevó a cabo la producción de carbón vegetal o biochar (pirólisis) de la biomasa en el horno mediante el Método de producción de "Kontiki en el suelo" (Proyecto biochar for sustainable soils (b4ss) biochar para suelos sostenibles, 2018). Este método requiere pocos componentes tecnológicos y permite abastecer con este material una vez producido a pequeños campos de cultivos.

La caracterización de la mezcla orgánica final se realizó en el Laboratorio móvil de suelo del Centro de Estudios de Zonas Costeras de la Universidad de Oriente, provincia Santiago de Cuba y las atenciones culturales se realizaron según las recomendaciones del Manual Práctico de Agricultura Familiar en Santiago de Cuba (Alarcón et al., 2020). El proceso de secado es importante para garantizar que las cáscaras del cacao se encuentren en un 90% libre de humedad y de esta manera pueda someterse al proceso de pirólisis.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres tratamientos y cinco repeticiones, entre los cuales tenemos:

T1: empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir de la cáscara del cacao (Figura 1).

T2: empleo del estiércol bovino (Figura 2).

T3: sin materia orgánica (control) (Figura 3).

Las parcelas fueron diseñadas con cinco surcos de 9 m de largo y 5,6 m de ancho, separados a 0,70 m, conformando un área de 50,4 m² y 151 m² como área del experimento y un área total de 183,8 m² y entre cada tratamiento existió un espacio de 0,70 m.

Figura 1. Empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir de la cáscara del cacao en el cultivo de la habichuela



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Empleo del estiércol bovino en el cultivo de la habichuela



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Parcela sin la aplicación de materia orgánica (control) en el cultivo de la habichuela



Fuente: Elaboración propia.

Variables evaluadas

Variables fenológicas: Longitud de la planta (cm): se realizó a los 45 días después de la germinación, midiendo la longitud desde la base del tallo hasta el ápice de la planta y con el empleo de una cinta métrica.

Variables productivas:

- Peso fresco (g): se conformaron paquetes de 10 plantas durante la cosecha y se realizó con el empleo de una balanza.

- Rendimiento (kg/m²): se determinó al realizar la cosecha y los rendimientos alcanzados en cada muestra (diez plantas), fueron sumados a la cosecha de las restantes plantas que formaron el punto de muestreo.

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa InfoStat/Profesional, versión 1.1 y fue realizado un Análisis de Varianza Simple (ANOVA), teniendo presente los diferentes tratamientos y las muestras evaluadas; se aplicó la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$ de probabilidad del error.

Análisis y discusión de los resultados

En la tabla 1 se muestran las características químicas del sustrato utilizado en la siembra del cultivo de la habichuela, donde se puede observar que los elementos analizados se encuentran en una cantidad que favorecen el desarrollo del mismo.

Tabla 1. Características químicas del sustrato utilizado en la siembra del cultivo de la habichuela

pH (H₂O)	P₂O₅ (mg/100 g)	K₂O (mg/100 g)	Carbono orgánico (mg/L⁻¹)
7,03	22,17	161,82	1,24

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se muestran los parámetros climatológicos analizados durante la investigación y el cultivo de la habichuela se puede considerar que es tolerante a una cantidad favorable de lluvia (entre 80 y 96 mm mensuales). En el periodo evaluado la temperatura media osciló entre 25 y 28°C, permisibles para el crecimiento de la habichuela que se desarrolla obteniéndose los mejores rendimientos en el rango entre 25 y 27°C. En lo referente a la humedad relativa sus valores oscilaron entre 68 y 70%, en el primer valor por debajo del rango que tolera el cultivo.

Tabla 2. Comportamiento de los parámetros climáticos durante el período de la investigación

Meses	Temperatura media (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
Julio	28	68	74
Agosto	25	69	60
Septiembre	28	70	47

Fuente: Elaboración propia

Para este cultivo se puede considerar una cantidad favorable de lluvia, cuando caen entre 80 y 96 mm mensuales; la temperatura media osciló entre 25 y 28°C, permisibles para el crecimiento de la variedad Lina, que se desarrolla en rangos de 25 a 27 °C; otro tanto ocurrió con la humedad relativa, que sus valores oscilaron entre 68 y 70%, en el primer valor por debajo del rango que permite el cultivo.

En la investigación se demostró que en el tratamiento 1 con la aplicación del carbón vegetal o biochar obtenido a partir de la cáscara del cacao, se presentaron los mejores resultados en lo referente a la altura y el peso de las plantas en el cultivo de la habichuela, lo que permite demostrar que con su aplicación se estimula el crecimiento y desarrollo vegetativo en este cultivo, en comparación con los tratamientos 2 (empleo del estiércol bovino) y el tratamiento 3

(sin la aplicación de materia orgánica). Se demuestra de esta forma, que con los recursos locales se puede desarrollar un bioproducto que mejore las características físico, químicas y biológicas del suelo, estimula el crecimiento y desarrollo vegetativo y se pueden alcanzar incrementos en los rendimientos en el cultivo de la habichuela (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento del cultivo de la habichuela

Tratamientos	Longitud de la planta (cm)	Peso (g)
T1 (empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir de la cáscara del cacao)	79,0	7,3 a
T2 (empleo del estiércol bovino)	61,0	4,4 b
T3 (sin materia orgánica)	42,0	3,1 c

Valores promedios con letras no comunes difieren entre sí a $p < 0,05$

Fuente: Elaboración propia.

Resultados similares obtuvieron Nápoles et al. (2016),

Al encontrar diversas respuestas del cultivo de la habichuela con el uso de diferentes aplicaciones de Pectimorf®, empleadas en las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio que estimularon el crecimiento y desarrollo de las plantas; así como, el rendimiento agrícola, resultando ser la aplicación más efectiva la correspondiente al empleo del producto bioactivo a las semillas por imbibición y por aspersión foliar al inicio de la floración. (p.176)

Los mejores resultados obtenidos en el rendimiento de la habichuela se logran con la aplicación del tratamiento 1 (empleo del carbón vegetal o bichar), seguido del tratamiento 2 (empleo del estiércol bovino), lo cual demuestra que el carbón vegetal o biochar aporta elementos nutrientes al suelo que favorecen el crecimiento, desarrollo y el rendimiento en este cultivo.

Los resultados alcanzados tributan a lo que enfatizó Díaz-Canel et al. (2020), relacionado con la importancia de la Ciencia y la Innovación como pilar de su gestión y los enfoques a partir de los cuales articula innovación y gestión gubernamental, mostrando cómo la gestión se ha orientado desde los años 2018 al 2022 al tema de la Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional en la población cubana, a través de programas y cursos de capacitación, transferencia de conocimientos de campesino a campesino sobre el uso de biofertilizantes, manejo del agua, conservación del suelo y otros; en función de la producción de alimentos.

Conclusiones

1. Se obtuvieron los mejores resultados con el empleo del tratamiento 1 en la longitud, el peso de las plantas y el rendimiento del cultivo de la habichuela, a partir de la aplicación del carbón vegetal o biochar resultante de la pirólisis de la cáscara del cacao.
2. Se demuestra la posibilidad del empleo del carbón vegetal o biochar como estimulador del crecimiento y el desarrollo en el cultivo de la habichuela.

Referencias bibliográficas

Alarcón, C. O., Pérez, C., Cardoso, P., Figueredo, M., Vuelta, A., Vuelta, D. & Sagaró, F.

(2020). *Manual Práctico de Agricultura Familiar en Santiago de Cuba*.

<https://cubaresiliente.com/wp-content/uploads/2022/03/Manual-practico-de-Agricultura-Familiar-en-Santiago-de-Cuba.pdf>

Díaz-Canel, M. M., Núñez, J. & Torres, C.C. (2020). Ciencia e innovación como pilar de la gestión de gobierno: un camino hacia los sistemas alimentarios locales. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8 (3), 367-387. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8379955>

Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura (1999). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. AGRINFOR.

[https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/2946/Nueva versión de%20clasificación genética de los suelos de Cuba.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/2946/Nueva%20versión%20de%20clasificación%20genética%20de%20los%20suelos%20de%20Cuba.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Méndez, A., Paz-Ferreiro, J., Gil, E. & Gascó, G. (2015). The effect of paper sludge and biochar addition on brown peat and coir based growing media properties. *Scientia Horticulturae*, 193, 225-230. <https://www.researchgate.net/publication/282284649>

Milian, L., Hernández, M., Falcón, J. & Otero, A. (2020). Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable candidates for being used as soil amendment and source of energy. *Revista Colombiana de Química*, 49 (2), 23-29. <https://www.researchgate.net/publication/342623267>

Nápoles, S., Garza, T. & Reynaldo, I.M. (2016). Respuesta del cultivo de Habichuela (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf. *Cultivos Tropicales*, 37 (3), 172-177. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1267/pdf>

Proyecto: biochar for sustainable soils (b4ss) biochar para suelos sostenibles. (2018). *Guía para la producción de biochar en "Kontiki en el suelo"*. https://biochar.international/wp-content/uploads/2018/11/B4SS_Peru_Flyer.pdf

Rosado, J., Paneque, M., Miller, A. Z., López, R. & Knicker, H. (2016). Evaluación de la alteración de biochars utilizados como enmienda de un cultivo de girasol bajo condiciones de clima mediterráneo. Red Española de Compostaje. http://digital.csic.es/bitstream/10261/152373/1/Evaluacion_alteracion_biochar_VJorREC_2016.pdf

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E. & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105(1), 47-82.[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05002-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05002-9)

Wang, J. & Wang, S. (2019). Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1002-1022.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>