


Evaluación del biochar de raquis del banano en el cebollino (*Allium schoenoprasum*, L.)**(Original)****Biochar evaluation of the banana rachis on chives (*Allium schoenoprasum*, L.) (Original)**

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

Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba. yeniseiki@uo.edu.cu 

Orlando Salustiano González Paneque. Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias. Profesor

Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. ogonzalezp@udg.co.cu 

Jairo David Reguifero Medina. Estudiante de la carrera de Agronomía. Universidad de Oriente.

Santiago de Cuba. Cuba. jairo.reguifero@estudiantes.uo.edu.cu 

Recibido: 25-01-2023/ Aceptado: 03-05-2023

Resumen

La investigación se desarrolló en la parcela de la Base de Taxi del Consejo Popular Chicharrones en el municipio Santiago de Cuba, en el período de julio a septiembre de 2022. El objetivo de la investigación fue evaluar el carbón vegetal o biochar obtenido del raquis del banano como enmienda al suelo en el rendimiento del cultivo del cebollino. Se aplicó el método de pirólisis “Kontiki en suelo”. El principal aporte consiste en la sustitución de importaciones, al disponer de un fertilizante orgánico resultado de la pirolisis de los residuos de las producciones agrícolas, que garantiza la calidad y productividad del suelo y mejora las características físicas, químicas y biológicas. Permite, además, un aumento de los rendimientos agrícolas con un impacto medioambiental, económico y social.

Palabras clave: biochar; raquis; fertilizante orgánico; Kontiki en suelo

Abstract

The research was developed in the plot of the Taxi Base of the Chicharrones Popular Council in the municipality of Santiago de Cuba, in the period from July to September 2022. The objective of the research was to evaluate the banana rachis carbon vegetable or biochar in the soil amendment in the yield of the chive crop. The pyrolysis method “Kontiki in soil” was applied. The main contribution consists of replace imports, since we will have an organic fertilizer resulting of pyrolysis from the residues of agricultural production, guaranteeing the quality and productivity of the soil and improving its physicochemical and biological characteristics. Allowing an increase in agricultural yields that will have an environmental, economic and social impact.

Keywords: biochar; rachis; organic fertilizer; Kontiki in soil

Introducción

A nivel mundial el uso del carbón vegetal o biochar en el suelo y para los cultivos agrícolas es de extraordinaria importancia, como principal medida a modo de reciclar los nutrientes y administrar los sistemas agrícolas enfocándose en la pérdida del suelo forestal y agrícola, evitando el empobrecimiento y mejorando su fertilidad (Gilces, 2014).

El biochar es el carbón negro rico en carbono y empleado para mejorar la fertilidad de los suelos, este producto se propone como una de las alternativas para enfrentar el cambio climático, debido a su capacidad para secuestrar carbono atmosférico. Sus características físico-químicas se encuentran influenciadas por el tipo de biomasa y las condiciones en las que se desarrolla la pirólisis, y se demostró que este material puede poseer altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, sodio, calcio, cobre, zinc, cobalto, silicio, molibdeno, entre otros elementos y en trazas de estos (Pentón et al., 2021).

La aplicación del biochar en el suelo puede inducir cambios morfofisiológicos y metabólicos en las plantas, y mejorar las interacciones que se establecen con los microorganismos del suelo, entre los que se incluyen los hongos micorrícicos arbusculares, las bacterias promotoras de crecimiento vegetal y los hongos antagonistas como el *Trichoderma*. El carbón vegetal o biochar puede ser enriquecido o combinado con compost, fertilizantes y microorganismos benéficos, lo que promueve el crecimiento y la defensa de las plantas contra diversas plagas, favoreciendo el efecto interactivo con las lombrices en el suelo y del tipo de suelo con el que se pongan en contacto; además, el biochar posibilita inducir resistencia sistémica contra patógenos foliares en algunas plantas, siendo efectivamente probado en el control del *mildiu polvoso* y en la producción de rosas (Álvarez et al., 2003).

En estudios realizados se observó un efecto bioestimulante sobre el crecimiento de plántulas de plátano en viveros, aumentando la producción de la biomasa foliar y el crecimiento radical cuando se adicionó ácido húmico extraído del raquis del banano; además, el raquis ha sido empleado como ingrediente para la fabricación de harinas, papel, fermentos, forraje para ganado y para la germinación de algunas semillas agrícolas.

Como resultado de las inadecuadas prácticas de manejo agrícola, el suelo puede presentar erosión, acidificación, contaminación por metales pesados y plaguicidas, compactación, salinización, encharcamiento, pérdida de materia orgánica, entre otros, y dentro de las estrategias para la recuperación edáfica se encuentran la intensificación ecológica y las enmiendas orgánicas, con el empleo de residuos de cultivos, abonos verdes y de animales, biosólidos, compostaje, entre otros. Una estrategia puntual es el empleo del carbón vegetal o biochar, que puede lograrse como una combinación de fertilización química y biorremediación. El carbón vegetal o biochar presenta macro y micro poros propios que mejoran la estructura del suelo y

propiedades como el pH, la capacidad de intercambio catiónico, contenido de carbono orgánico y aportan nutrientes.

Los suelos de Cuba presentan degradación y existen tecnologías para contrarrestar esta situación, ayudar a recuperar su fertilidad y secuestrar carbono, como la aplicación del carbón vegetal o biochar, que es un subproducto de la pirólisis de la biomasa residual y constituye una de las vías para recuperar los suelos afectados, existiendo experiencias positivas derivadas de la aplicación del carbón vegetal o biochar al suelo que generan una mejoría en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos (Escalante et al., 2016).

El incorporar áreas de bosques a los sistemas agrícolas y las acciones antrópicas como el uso indiscriminado de pesticidas, la compactación y erosión del suelo son amenazas para la sostenibilidad de la agricultura en todo el mundo. En este marco, existe la propuesta de utilizar los desechos de las cosechas para producir abonos como una opción para mejorar la fertilidad del suelo, la restauración de los suelos degradados y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la agricultura y entre las técnicas para fabricar abonos de origen vegetal, se encuentra el carbón vegetal también denominado como biocarbón, carbono negro, carbonizado de carbón, coque, hollín o biochar.

Por tal motivo, al aprovechar los residuos de las cosechas de los cultivos de importancia económica como el banano, el cual es de fácil acceso, se propician beneficios económicos y ambientales, aunque se utilizan la madera y los residuos orgánicos que se generan en lugar de residuos de los cultivos.

El proceso más ordinario para producir el carbón vegetal o biochar, consiste en degradar térmicamente la biomasa en un rango de temperatura de 400 a 600°C, con ausencia del oxígeno o muy baja estequiometría (Tripathi, 2016).

Durante la descomposición térmica, la celulosa hemicelulosa y la lignina que componen la biomasa experimentan sus propias vías de reacción, que incluyen reticulación, despolimerización y fragmentación de la temperatura, produciendo productos sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos sólidos y líquidos se denominan biocarbón y bioaceites; mientras, que la mezcla gaseosa que contiene CO, CO₂, H₂ y los hidrocarburos C1 y C2 se denominan gases de síntesis (Cha et al., 2016).

Tomando en consideración todo lo antes expuesto, la presente investigación se propuso como objetivo evaluar el biochar de raquis del banano en el cebollino (*Allium schoenoprasum*, L.).

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en la parcela de la Base de Taxis de Chicharrones, ubicada en calle 9, entre las calles 10 y 16, Reparto “Dessy”, Consejo Popular “Chicharrones”, municipio Santiago de Cuba, provincia del mismo nombre, con un área total de 2,05 ha.

La parcela es dedicada a la producción agrícola y entre sus principales renglones se encuentran la producción de hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa*, L.), habichuela (*Vigna unguiculata*, L.) var. Lina, quimbombó (*Abelmoschus esculentus*, (Lin.), Moench), berenjena (*Solanum melongena*, L.), tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) y cebollino (*Allium Schoenoprasum*, L.); la producción de viandas como la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), plátano (*Musa* spp.) y boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.); la producción de frutales como la fruta bomba (*Carica papaya*, L.) y guayaba (*Psidium guajava*, L.), y granos como el maíz (*Zea*

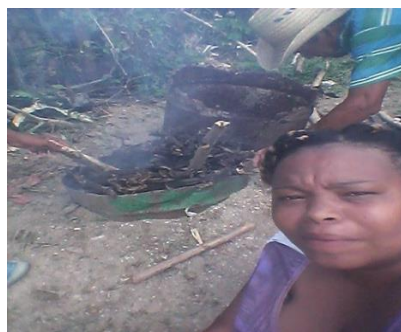
mays, L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). El experimento se desarrolló en un suelo pardo con carbonato, de estructura granular y de baja fertilidad (Hernández *et al.*, 1999).

Para la obtención del raquis del banano se efectuó una recogida manual de cinco sacos con un peso total de 10 kg, en el área de desechos del Mercado Agropecuario Estatal Integral de Nuevo Tipo, ubicado en el Consejo Popular “Chicharrones” de Santiago de Cuba, en estado de descomposición con poca humedad y limpios de bananos.

El secado se efectuó de forma natural durante 14 días, antes de ser sometida al proceso de pirólisis, siendo extendida al sol en una manta de polietileno la biomasa del raquis del banano recogida en el área de desechos del Mercado Agropecuario, expuesto desde las 7:00 am hasta las 2:00 pm, teniendo en cuenta las afectaciones climatológicas en la fecha seleccionada para el secado de este tipo de biomasa.

Es de suma importancia garantizar que los raquis se encuentren, aproximadamente, en un 90% libres de humedad para que pueda someterse al proceso de pirólisis. Posteriormente, se procedió a la pirólisis de la biomasa (Figura 1) mediante el Método Kontiki, según la Guía para la producción de biochar en “Kontiki en el suelo” (2018). Para la obtención del carbón vegetal o biochar el empleo de este método requiere de pocos componentes tecnológicos y permite abastecer a pequeños campos de cultivos.

Figura 1. Proceso de pirólisis mediante el empleo del raquis del banano con la aplicación del método de producción “Kontiki en el suelo”



A continuación se presentan los pasos para la producción de carbón vegetal o biochar en horno mediante el empleo del método de producción de “Kontiki en el suelo”:

1. Preparación del orificio en el suelo. Se procedió a realizar un orificio en el suelo en forma de pirámide invertida (2 metros de diámetro y 1 metro de profundidad), con el uso de una pala excavadora manual y empleando como material ocho kilogramos del raquis del banano.

2. Acopio de la materia prima / biomasa del raquis del banano. La biomasa empleada consistió en el raquis del banano, seca (sin humedad) para evitar que se produzca humo o tarde mucho la carbonización.

3. Producción de carbón vegetal o biochar. Para iniciar la producción de carbón vegetal o biochar, fueron colocadas alrededor de 500 g de biomasa seca en el medio del orificio realizado en el suelo y encendido en la parte superior. Se dejó que el fuego quemara, aproximadamente, un tercio de la parte superior de los residuos o biomasa seca, creando así una corriente que posibilite la penetración del aire por las paredes laterales del orificio, siendo distribuida la biomasa en la parte inferior y dejando que la parte superior de los residuos se carbonice. Cuando la parte superior se comenzó a carbonizar y tomar una coloración blanca por la aparición de cenizas, fue agregada otra capa de biomasa seca sobre la parte carbonizada y este proceso fue repetido varias veces poco a poco hasta ser llenado el orificio en el suelo.

La pirólisis es un proceso termoquímico que degrada la biomasa mediante calor en ausencia de oxígeno y se transforma en biocombustible, fuel gas y residuos de carbón (Urien, 2013) y las transformaciones tanto físicas como químicas que ocurren durante la pirólisis dependen de la biomasa que se utilice y de las condiciones de pirólisis como temperatura, presión y tiempo de residencia.

La caracterización de la mezcla orgánica final se realizó en el Laboratorio Móvil de Suelos 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).

Se estableció un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y cinco repeticiones, entre las cuales se tienen:

T1: empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano;

T2: empleo del estiércol equino;

T3: control (sin materia orgánica).

Las parcelas fueron diseñadas con cinco surcos con 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. Entre cada tratamiento existió un espacio de 0,70 m (Figuras 2, 3 y 4).

Figura 2. Aplicación del carbon vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano en el cultivo del cebollino



Figura 3. Aplicación del estiércol equino en el cultivo del cebollino



Figura 4. Parcela sin la aplicación de materia orgánica en el cultivo del cebollino



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 para la pesada fue empleada 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.

Con los datos de las variables evaluadas, se creó una base de datos utilizando 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, siendo aplicada la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$ de probabilidad del error.

Análisis y discusión de los resultados

Según Bonilla y Pérez (2010), la temperatura ideal para el crecimiento del cultivo del cebollino es de 18 a 24°C; normalmente, temperaturas más altas tienden a producir bulbos muy fibrosos y secos; por otro lado, temperaturas más bajas hacen que su crecimiento sea lento, siendo una planta susceptible a las heladas. En las tablas 1 y 2 se muestran las propiedades químicas del suelo empleado en la investigación y el comportamiento de los parámetros climáticos durante la misma.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo objeto de la investigación (pardo con carbonato)

Propiedades químicas del suelo utilizado para la siembra del cebollino			
pH (H ₂ O)	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	K ₂ O (mg/100 g)	Carbono orgánico (mg/L - ¹)
7,03	22,17	161,82	1,24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Comportamiento de los parámetros climáticos presentados en 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 que las altas temperaturas no afectaran el rendimiento en el cultivo del cebollino, se tomó como alternativa mantener un riego por aspersión constante desde las 6:00 am hasta las 10:45 am, los días donde estuvieron presentes las altas temperaturas y bajas precipitaciones. De

esta manera se lograron las temperaturas apropiadas para su desarrollo fisiológico. Además, se realizó el drenaje al suelo para que el exceso de humedad no provocara enfermedades fungosas.

Según Castro (2021), la temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la fotosíntesis, donde a mayor temperatura se produce mayor fotosíntesis y viceversa. El desarrollo del cultivo del cebollino tiene lugar a temperaturas entre 10 y 45°C, las óptimas se encuentran entre los 30 y 35°C, las cuales aceleran el desarrollo vegetativo por tener un adecuado fotoperiodo y puede tolerar ligeras heladas siendo sensible a altas temperaturas y días largos, adaptándose con facilidad a climas fríos; en cambio presenta un retraso progresivo en el desarrollo debido al descenso de las temperaturas.

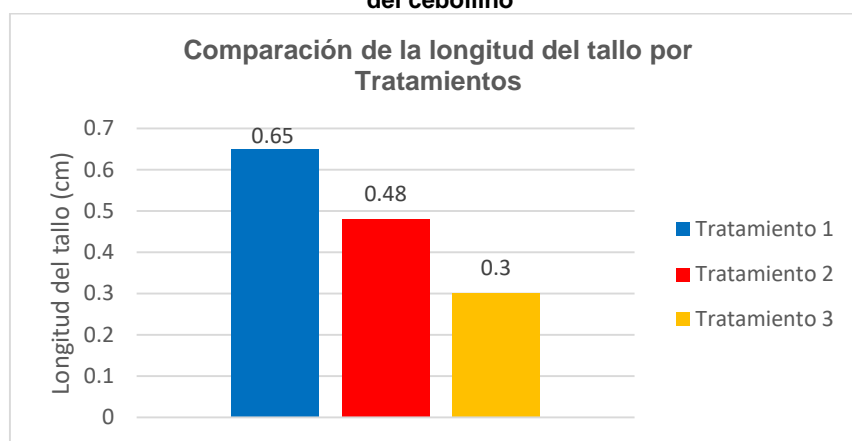
El cultivo del cebollino se adapta a climas templados y frescos. Es una planta que prefiere climas templados e inviernos suaves, aunque en las primeras fases del cultivo puede tolerar temperaturas bajo cero (Hernández, 2014). Esto coincide con lo expuesto en la presente investigación y contribuye al logro de los resultados productivos en el cultivo con las temperaturas obtenidas en el periodo y complementa las medidas que se tomaron en beneficio del logro del objetivo planteado.

El tratamiento 1 (empleo de carbón vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano) tuvo un comportamiento de 1,07 kg/m² y según Alarcón et al. (2020) el rendimiento es de 1 kg/m². Se demostró que al realizarse un solo corte a los 90 días para comprobar la efectividad del carbón vegetal o biochar como resultado de la pirolisis del raquis del banano, se superó el rendimiento esperado en un 0,07 kg/m², lo que demuestra que puede ser un fertilizante apto para aplicar en el suelo y lograr rendimientos apropiados que pueden garantizar y suplir las actuales necesidades de alimentación.

El reemplazo de los fertilizantes de síntesis químicos por abonos orgánicos, permite la disminución de los costos de producción. Los abonos orgánicos sólidos se encuentran conformados por material natural procedente de residuos vegetales y animales, es por tanto, el resultado de la descomposición de las hojas, cáscaras, estiércol, desechos de cocina, madera, residuos agrícolas o agroindustriales, entre otros. A partir de la acción conjunta de la macrofauna como lombrices y escarabajos del suelo y los microorganismos presentes en este y la producción ganadera, se genera gran cantidad de desechos orgánicos que pueden ser aprovechados a través de la utilización de sencillas prácticas de transformación.

Con el uso del tratamiento 2 (empleo de estiércol equino), se demostró que ante una crisis económica y un férreo bloqueo que impide a los pequeños agricultores usufructuarios acceder a la compra de fertilizantes de gran efectividad, constituye una alternativa el empleo del carbón vegetal o biochar como fertilizante para el desarrollo del cultivo del cebollino (figura 5), que a pesar de no ser uno de los métodos más convencionales, se ha generalizado su empleo en Cuba obteniéndose buenos rendimientos en los cultivos de cebollín y en las hojas del cultivo de la cebolla (*Allium cepa*, L.).

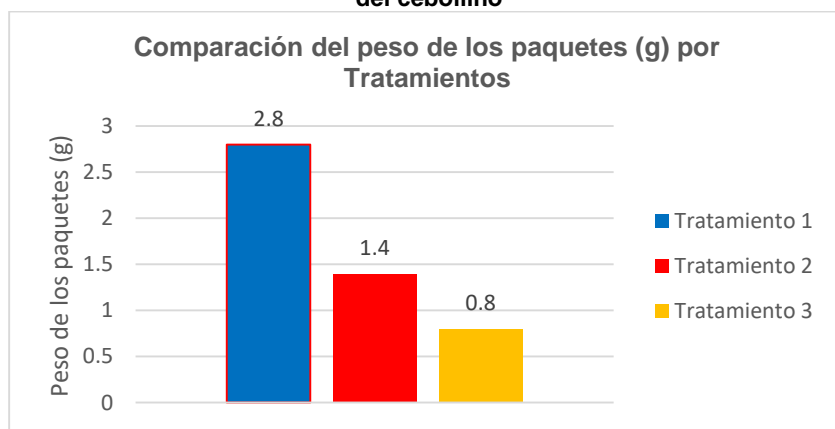
Figura 5. Comportamiento de la longitud de la planta con el empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir del empleo del raquis del banano (T1), el estiércol equino (T2) y sin materia orgánica (T3) en el cultivo del cebollino



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se destaca el resultado obtenido en el peso de las plantas de cebollino (g) con el uso del tratamiento 1 (empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano) respecto a los restantes tratamientos, siendo superior al peso estimado por investigaciones realizadas en el territorio santiaguero por Alarcón et al. (2020) en el cultivo del cebollino. El resultado del tratamiento 2 (empleo de estiércol equino) se comportó similar a los resultados obtenidos en investigaciones realizadas por Alcibíades y Fariñas (2009) y Castro (2021).

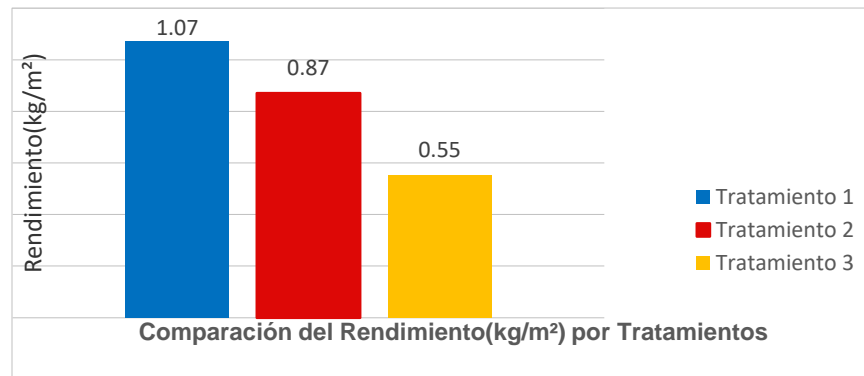
Figura 6. Comportamiento del peso de las plantas con el empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir del empleo del raquis del banano (T1), el estiércol equino (T2) y sin materia orgánica (T3) en el cultivo del cebollino



Fuente: Elaboración propia.

En trabajos realizados por Morales (2013) se comprobó que el rendimiento en el cultivo del cebollino en México fue de 0,93 kg/m² aplicando Profortum (extracto de materia orgánica 20% + ácido húmico y fúlvico al 1% + extractos de algas marinas al 79%), un producto orgánico empleado en el desarrollo radicular y vegetativo en el cultivo del cebollino en muchos países de América Latina que favorece el crecimiento y desarrollo en este cultivo. En la figura 7 se muestran los resultados del rendimiento (kg/m²) con el empleo de los tratamientos aplicados en la investigación.

Figura 7. Comportamiento del rendimiento (kg/m²) con el empleo del carbón vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano (T1), el estiércol equino (T2) y sin materia orgánica (T3) en el cultivo del cebollino



Fuente: Elaboración propia.

En consideración con lo anteriormente planteado el carbón vegetal o biochar obtenido del raquis del banano pudiera ser una alternativa de biofertilizante exportable, orgánico, económicamente viable, cubano, probado, evaluado y con resultados satisfactoriamente económicos en la práctica con el cultivo del cebollino.

Conclusiones

1. Para la evaluación del carbón vegetal o biochar resultante del raquis del banano, se debe tener en cuenta la disciplina tecnológica en cada fase del proceso de pirólisis, lo cual determina la calidad del biochar y la capacidad de mejorar las propiedades del suelo y la obtención de mejores rendimientos de los cultivos por su condición de poseer agua y nutrientes.
2. Se obtuvieron los mejores resultados en la longitud del tallo y el peso de las plantas de cebollino al emplear el carbón vegetal o biochar obtenido a partir del raquis del banano, lo que demuestra que puede ser un bioabono apto para aplicar en el suelo.

Referencias bibliográficas

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

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

<https://cubaresiliente.com/manual-practico-de-agricultura-familiar-en-santiago-de-cuba-2/>

Alcibíades, R. G., & Fariñas, J. (2009). Evaluación agronómica de siete clones de cebollín (*Allium fistulosum*, L.) durante tres ciclos de cultivo, en el municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 491-498.

<http://udoagricola.orgfree.com/V9N3UDOA/V9N3Carrera491.htm>

Álvarez, E., Grajales, C., Villegas, J., & Loke, J. B. (2003). *Control of powdery in Roses by Applying Lixiviated Plantain Rachis Compost*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/57745>

Bonilla, C. R., & Pérez, Y. M. (2010). *Producción y Manejo Pos cosecha del cebollín (Allium schoenoprasum, L.)*. Corredor Tecnológico Agroindustrial, Cámara de Comercio de Bogotá, Colombia.

Castro, A. (2021). Evaluación de tres densidades de siembra del cultivo de cebollín (*Allium schoenoprasum*, L.) bajo ambiente protegido y en condiciones de campo abierto [Tesis de grado, Universidad de La Paz]. Bolivia.

Cha, J. S., Park, S. H., Jung, S. C., Ryu, C., Jeon, J. K., Shin, M. C., & Park, Y. K. (2016). Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, 1-15. <https://daneshyari.com/article/preview/226674.pdf>

Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, P., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382.

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/155>

Gilces, M. A. (2014). *Efectos de la aplicación de biocarbón y cenizas en las propiedades del suelo* [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid].

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6632/TFML190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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

Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D., & Rivero, L. (1999). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. AGRINFOR.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/2946>

Hernández, F. (2014). *Cultivo del Cebollín en Zonas Tropicales*. Asistencia Técnica Agrícola.

Morales, O. (2013). *Estudio de evaluación de la efectividad biológica de Profortum (extracto de materia orgánica al 20% + ácido húmico y fúlvico al 1% + extracto de algas marinas al 79%) como fertilizante orgánico para el desarrollo radicular y vegetativo del cultivo del cebollín*. Universidad Autónoma de Chapingo.

Pentón, G., Milera, M. C., & Schmid, H. P. (2021). *Manual para la elaboración de biochar y microorganismos eficientes IHPLUS®BF*. Estación Experimental Indio Hatuey.

Tripathi, J. N., Sahu, J. N., & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biocarbón from biomass waste through pyrolysis. A review. *Renew Sustain. Energy Reviews*, 55, 467-481.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012010>

Urien, A. (2013). *Obtención de biocarbones y biocombustibles mediante pirólisis de biomasa residual* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Educación a Distancia].

https://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSIC.pdf