

Presentado en el VIII Taller Internacional "Universidad, Seguridad y Soberanía Alimentaria"

Artículos científicos

Investigación e innovación relacionadas con el uso agrícola del biocarbón: dos casos de estudio cubanos

Research and innovation related to the agricultural use of biochar: two cuban study cases

Mayra Guadalupe Rodríguez Hernández¹  0000-0003-3394-6874  mayrag2531961@gmail.com

Esteban González Fuentes²  msuriscampos84@gmail.com

Norvis Hernández Hernández³  0000-0002-1622-205X  norviscu@gmail.com

¹ Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Mayabeque, Cuba.

² Unidad Básica de Producción Cooperativa "Organopónico Vivero Alamar". La Habana, Cuba.

³ Parque Nacional "Alejandro de Humboldt". Departamento de Conservación Baracoa. Guantánamo, Cuba.

Recibido: 10/01/2024

Aprobado: 4/02/2024

RESUMEN

El biocarbón, material poroso rico en carbono, obtenido por pirólisis de biomásas secas, posee usos agrícolas; su generalización en Cuba demanda demostraciones/capacitación. Los objetivos de este trabajo son *i*) evaluar, en una forma de producción de agricultura urbana, el efecto del biocarbón de cáscara de arroz (carboncillo) mezclado con abonos en la producción de plántulas de lechuga y la producción de tomate en casa de cultivo y *ii*) investigar/innovar sobre producción/uso de biocarbón en fincas de un parque nacional. Los trabajos se desarrollaron en el marco del proyecto BioC, donde participaron nueve entidades cubanas y dos suizas (2018-2022). En la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Organopónico Vivero Alamar" (Habana), se evaluaron combinaciones carboncillo, humus y compost. Se determinó que biocarbón+compost+humus (25: 25: 50 %), constituye sustrato óptimo para producir plántulas. El uso de carboncillo+humus, aplicados en la siembra, incrementó los rendimientos del tomate. Los ensayos sirvieron de base

para iniciar la generalización en la UBPC y el trabajo con agricultores y niños de diversas edades del municipio. En el Parque Nacional "Alejandro de Humboldt" (Guantánamo) se produjo el biocarbón, a partir de material de poda y de plantas invasoras, se utilizó en la producción de alimentos y árboles de interés ambiental. Se vincularon líderes locales, agricultores y niños a pequeños ensayos en fincas seleccionadas; se comunicaron los resultados en talleres, emisiones radiales y televisión local. En ambos escenarios, con diferente contexto y formas de trabajar, se logró la aplicación del biocarbón en la producción de alimentos y mejora de los suelos, ejemplo de economía circular/medida de adaptación.

Palabras clave: abonos orgánicos; biocarbón; compost; fincas; humus; nemátodos; reserva de la biósfera; zonas protegidas.

ABSTRACT

Biochar, porous material rich in carbon, obtained by pyrolysis of dry biomasses, has several agricultural uses; its generalization in Cuba demands demonstrations/training. The objectives of this works are *i)* to evaluate, in a urban agriculture production's form, the effect of rice husk biochar (carboncillo) mixed with manures on the production of lettuces seedlings and tomato yield in house under shelter condition and *ii)* reseach/innovate on the production/use of biochar on farms in a national park. The works were developed within the framework of BioC project, where nine Cuban and two Swiss entities participated (2018-2022). In the Basic Cooperative Production Unit (UBPC) "Organopónico Vivero Alamar" (Havana) combinations of biochar, humus and compost were evaluated. It was determine that biochar+compost+humus (25:25:50%) constitutes the optimal substrate to produce seedlings. The use fo biochar+ humus, applied at planting, increased tomato yields. The trials served as the basis to start the generalization in the UBPC and works with farmers and children of different ages in the municipality. In the "Alejandro de Humboldt" National Park (Guantánamo), biochar was produced from pruning material and invasive plantas, using it in production of food and trees of environmental interest. Local leaders, farmers and children were linked to small trials on selected farms; communicating results in workshops, radio broadcasts and local television. In both scenarios, with different contexts and ways of working, the application of biochar was achieved by producing food and improving soils, as an example of circular economy/adaptation measure.

Keywords: organic manure; biochar; compost; farms; humus; nematodes; biosphere reserve; protected areas.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye base de la producción agropecuaria, es una matriz compleja, sus características químicas, físicas y biológicas determinan su productividad; ello indica, en la actualidad, que la salud del suelo determina la salud de las plantas, los animales, los humanos y el ambiente en general.

Para incrementar la productividad de los cultivos y la fertilidad del suelo, se puede aplicar biocarbón, un producto sólido rico en carbono (C) que se produce a partir de diversas biomásas (residuos de cultivos, desechos, excretas, huesos, maderas de podas, entre otras), a través de pirólisis en condiciones de déficit de oxígeno. El biocarbón posee importantes aplicaciones potenciales en el reciclaje de desechos, retención de nutrientes en el suelo; es considerado una de las tecnologías con base natural, con potencial para contribuir a disminuir las emisiones en la agricultura, lo que implicaría la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) de los agroecosistemas y la optimización del secuestro del C en el suelo (Shrestha et al., 2023; Singh Yadav et al., 2023).

El biocarbón no es desconocido en Cuba, el uso de cáscara de arroz carbonizada (carboncillo) fue sugerido por Peña (2009) y se utiliza, como práctica agroecológica, en la producción de plántulas (FAO-MINAG-ACTAF, 2021). También, biocarbones producidos con residuos de especies maderables se evaluaron para mejorar sustratos (Arteaga et al., 2014); sin embargo, su generalización en el país, demanda demostraciones/capacitación.

El proceso de pirólisis se produce entre 2 y 4 horas, en un horno en el suelo o elaborados con latones, llantas de camiones u otros, se utilizan el método "Kon-Tiki" (Pentón y Schmidt, 2020), lo que permite el reciclaje de biomasa con visión de "economía circular" (Milera, 2023). En el país, la experiencia de elaborar el biocarbón, mediante la tecnología de "Kon-tiki" para uso agrícola, se generó en el marco del proyecto BioC ("*Re-cycling of biomass nutrients and carbon for advanced organic fertilization in an ecosmart and climate positive agriculture on Cuba*") liderado por el Dr. Hans-Peter Schmidt (Instituto Ithaka, Suiza) y co-coordinado, en Cuba, por el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (EPEFIH), ambas pertenecientes al Ministerio de Educación Superior.

Introducir una nueva práctica, producto o servicio, en un nuevo contexto en la producción de alimentos es reconocido como innovación (IICA, 2014); en el caso del proyecto BioC, hacerlo en una zona urbana intensamente poblada y dentro de un parque nacional, estableció retos para los equipos de investigación en cuanto a modo de actuación, pues las formas de interactuar con los actores sociales vinculados a la agricultura en ambos escenarios es diferente y requiere de experimentación *in situ*, talleres, acciones de capacitación y acompañamiento, entre otras, adaptados a cada contexto y raíces culturales.

Los objetivos de este trabajo son *i)* evaluar, en una forma de producción de agricultura urbana, el efecto del biocarbón de cáscara de arroz (carboncillo) mezclado con abonos en la producción de plántulas de lechuga y la producción de tomate en casa de cultivo y *ii)* investigar/innovar sobre producción/uso de biocarbón en fincas de un parque nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos se desarrollaron en zonas de dos provincias en Cuba: la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Organopónico Vivero Alamar", Municipio Habana del Este, La Habana y la zona de Baracoa, perteneciente al Parque Nacional "Alejandro de Humboldt", Guantánamo. Las actividades estuvieron enmarcadas en el Proyecto **BioC** ("*Re-cycling of biomass nutrients and carbon for advanced organic fertilization in an ecosmart and climate positive agriculture on Cuba*", con financiamiento de SNSF-Suiza; Programa Sectorial de Salud Animal y Vegetal / FONCI - Cuba) entre los años 2018 y 2022.

1. Estudios demostrativos en la UBPC "Organopónico Vivero Alamar"

La UBPC posee tradición en el trabajo con centros de investigación, técnicos e ingenieros agrónomos que se responsabilizan con el cuidado de los ensayos y el registro de datos (Figura 1), lo que permite hacer análisis estadísticos de los resultados.

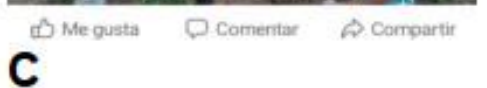


Figura 1. A) Ing. José L. Linares (responsable de los ensayos en la UBPC entregando datos para su análisis estadístico. B) Firma de convenio CENSA-UBPC por sus directivos. C y D) Divulgación del trabajo, a través de redes sociales, lo que hizo que numerosos actores sociales en el municipio y provincia, así como turistas, se interesaran y visitaran la UBPC en busca de elementos sobre el biocarbón y su uso

1.1. Uso de biocarbón y abonos orgánicos como sustrato en la obtención de plántulas

La UBPC produce plántulas para su uso y venta, el objetivo del ensayo fue determinar la mejor combinación de materiales para preparar el sustrato. Se evaluaron seis tratamientos: 1. humus 50 % + compost 25 % + cáscara de arroz seca 25 % (control estándar); 2. humus 50 % + compost 25 % + carboncillo 25 %; 3. humus 25 % + compost 25 % + cáscara de arroz seca 25 % + carboncillo 25 %; 4. humus 25 % + compost 50 % + carboncillo 25 %; 5. humus 25 % + compost 25 % + carboncillo 50 %; 6. carboncillo 100 %. Se utilizaron bandejas de cepellones de 260 alveolos y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivar `Maravilla de Verano´ (Tokita Co., Japón).

Se evaluaron, al momento del trasplante, tres réplicas de 20 plántulas cada una por tratamiento, se determinó la altura de las plantas (cm) (A), número de hojas (NH), longitud de raíz (cm) (LR) y, en el caso de la masa de plántulas, al no contar con balanza apropiada para determinar este indicador por cada planta, se tomó la masa de 5 plantas (todos los valores se expresaron en g) (M). Se probó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks, posteriormente, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis y las medias se contrastaron con el test de Dunnett.

1.2. Uso de biocarbón y humus en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casa de cultivo

El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de biocarbón de cáscara de arroz (carboncillo) y humus (producido en la UBPC) en la producción de tomate, en una casa de cultivo tipo túnel (Carisombra Cuba-España), dimensiones 40 x 8 x 2,5 m.

El ensayo se estableció en abril de 2019, utilizando tomate cultivar `Agean´, de crecimiento indeterminado, resistente a TYLCV. Antes del establecimiento del ensayo se realizó un muestreo de suelo, del tipo estratificado al azar, y las muestras se llevaron al Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA para determinar la presencia de nematodos fitoparásitos.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron aplicaciones foliares de productos nacionales, como FitomaS-E®, Tomacid, QuitomaX, Espirulina y microorganismos eficientes. Para manejar las plagas que se presentaron en el período, se utilizaron residuos de tabaco en el follaje (soluciones) como insecticida y se esparcieron en el suelo, junto a las plantas, contra moluscos; se aplicaron los productos SevetriC (*Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg) (producido por CENSA) vs. *Phyitium* sp. y Cuproflow (cobre) vs. *Alternaria solani* Alt.; mientras que, *Heliothis* sp.,

se manejó con *Bacillus thuringiensis* (cepa Bt- 24) y solución de hojas de tabaco + carbonato de calcio.

Se usaron dos tratamientos en los canteros centrales del túnel, que se aplicaron al hueco, en el momento del trasplante: tratamiento 1: humus 200 g x planta (control, modo estándar en UBPC) y tratamiento 2: humus 200 g + 100 g biocarbón (carboncillo) de cáscara de arroz.

Se evaluaron seis cosechas (durante un mes) y los datos relacionados con el número de frutos por tratamiento se procesaron a través de prueba de T de Student para muestras independientes. Luego de constatar los resultados, se efectuaron talleres para enseñar a los miembros de la UPBC y otros actores sociales vinculados a la producción de alimentos en el municipio a construir los hornos de tierra Kon-Tiki y producir biocarbón de biomasa disponible en las fincas y se diseñó, imprimió y distribuyó un plegable con elementos básicos sobre la producción y uso de biocarbón.

1.3. Talleres y trabajo con niño

Se realizaron talleres con los miembros de la UBPC, con agricultores del municipio, se llegó a firmar Convenio de Colaboración con CENSA para asistencia técnica y capacitación. Se vincularon trabajadores de la UBPC al trabajo con niños en un círculo infantil de la zona 6 de Alamar, en actividades de siembra con biocarbón y abonos, riego y cosecha de viandas y hortalizas.

2. Estudios demostrativos en el PNAH

El trabajo en el PNAH tienen como características que en la existencia de fincas aisladas, la agricultura se desarrolla en pequeños "conucos" (casi agricultura de subsistencia) y el equipo de trabajo, en su mayoría biólogos, trabaja con las comunidades, se involucra el trabajo de género y con las nuevas generaciones, se prepara la conservación del parque (naturalezas) y de las tradiciones culturales, se involucran las escuelas y se desarrollan aplicaciones de las prácticas in situ; pero sin poder hacer evaluaciones cuantitativas de datos. La apreciación de las bondades de las prácticas las hace el agricultor y su familia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Uso de biocarbón y abonos orgánicos como sustrato en la obtención de plántulas

Se evidenciaron diferencias entre los tratamientos (Tabla 1) y los cooperativistas sugirieron utilizar la mezcla número 4 donde se conjugaron adecuados valores de altura, masa, número de hojas y longitud de la raíz. Este sustrato, empleado en otros dos ensayos (datos no mostrados), finalmente fue asumido como práctica común en la UBPC, con excelentes resultados. Al respecto, señalaron Varela Milla et al. (2013) que el biocarbón de paja de arroz obtenido por pirólisis, mejoró la producción de biomasa, el tamaño de las plantas y de las raíces.

Tabla 1. Efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de plántulas de lechuga cv “Maravilla de Verano” en ensayo desarrollado en la UBPC “Organopónico Vivero Alamar” como parte de las demostraciones a los agricultores para la adopción de biocarbón

Trat.	Altura de las plantas (cm)	Número de hojas	Longitud media de raíz (cm)	Masa fresca de 5 plántulas (g)
	Media ± ESX	Media ± ESX	Media ± ESX	Media ± ESX
1	3,79 ± 0,13 b	5,8 ± 0,33 b	5,11 ± 0,11 c	15 ± 0bc
2	4.57± 0,19 cd	5,4 ± 0,23 b	4,59 ± 0,1 a	18,75 ± 1,25 c
3	3,25 ±0.09 a	5,6 ± 0,23 b	5,02 ± 0,15 bc	10 ± 0 ab
4	5,12 ± 0,19 d	6,2 ± 0,34 b	4,65 ± 0,08 abc	13,75 ± 1,25 abc
5	4, 28 ± 0,21 bc	3,6 ± 0,1 b	4,43 ±0,08 a	20 ±0 c
6	3 ± 0,14 a	3,85 ± 0,25 a	4,44 ± 0,14 a	5 ± 0 a

Durante mucho tiempo, el sustrato utilizado fue una mezcla de humus: compost: cáscara seca de arroz (50: 25:25 %). Sin embargo, el uso de cáscara seca sin carbonizar, a juicio de los especialistas de la UBPC, resultó poco eficiente, pues se obtenían plántulas alargadas, delgadas y con algunos signos de escasez de nutrientes. La tecnología de bandejas multiceldas, para obtener cepellones maximiza el ahorro de semillas y facilita que las plántulas superen el estrés del trasplante, entre otras ventajas, por ello, resulta importante obtener plantas fuertes para su uso en la UBPC y venta.

1.2. Uso de biocarbón y humus en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en casa de cultivo

El número de frutos en las plantas que recibieron biocarbón (carboncillo) + humus fue superior en varias de las cosechas y significativamente mayor en las dos del mes de junio de 2019 (Figura 2). Se demostró a los agricultores que es favorable incorporar el biocarbón + abono orgánico al sistema productivo para la obtención de tomate fuera de época (buen precio de venta).

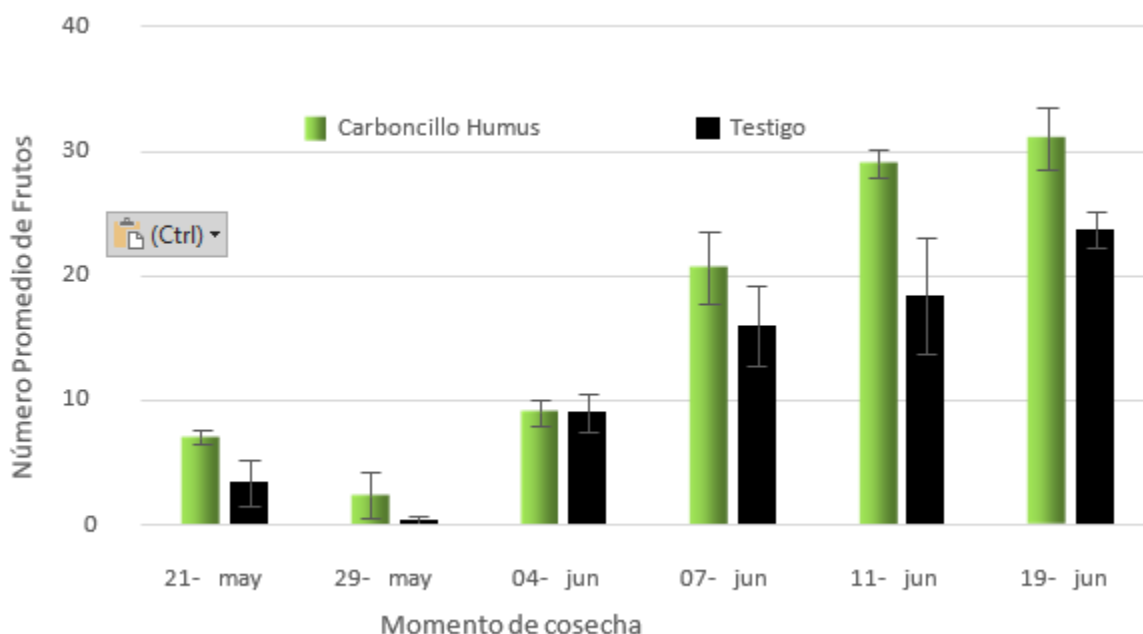


Figura 2. Número de frutos (promedio) de tomate, en tres réplicas por tratamiento (seis momentos de cosecha), en ensayo demostrativo en UBPC "Organopónico Vivero Alamar"

En el suelo del túnel, se hallaron pequeñas poblaciones de nematodos herbívoros de los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* y *Meloidogyne*, lo cual está en correspondencia con el alto nivel de rotación de cultivos y aplicación de materiales orgánicos en estos suelos, como parte de la estrategia agroecológica de manejo de la UBPC.

1.3. Talleres y trabajo con niños

Se efectuaron talleres de capacitación a actores sociales vinculados a la producción de alimentos en el municipio y se realizaron días de campo con estudiantes de diversos niveles de enseñanza. Se firmó convenio de colaboración entre CENSA y UBPC para asistencia técnica y capacitación, como

ejemplo de relación centro de investigación y productivo. Las redes sociales se emplearon para divulgar el trabajo (Figura 1).

2. Estudios demostrativos en el PNAH

El equipo de trabajo del PNAH, liderado por la M. Sc. Norvis Hernández (Figura 3) desarrolló, a lo largo del proyecto acciones de producción y uso de biocarbón en las diferentes fincas de varios asentamientos en la producción de viandas, frutales, plantas de condimentos, talleres vinculando los conocimientos sobre biocarbón y exposición de platos típicos de la cultura de Baracoa, trabajaron con los niños en las escuelas y en las comunidades.

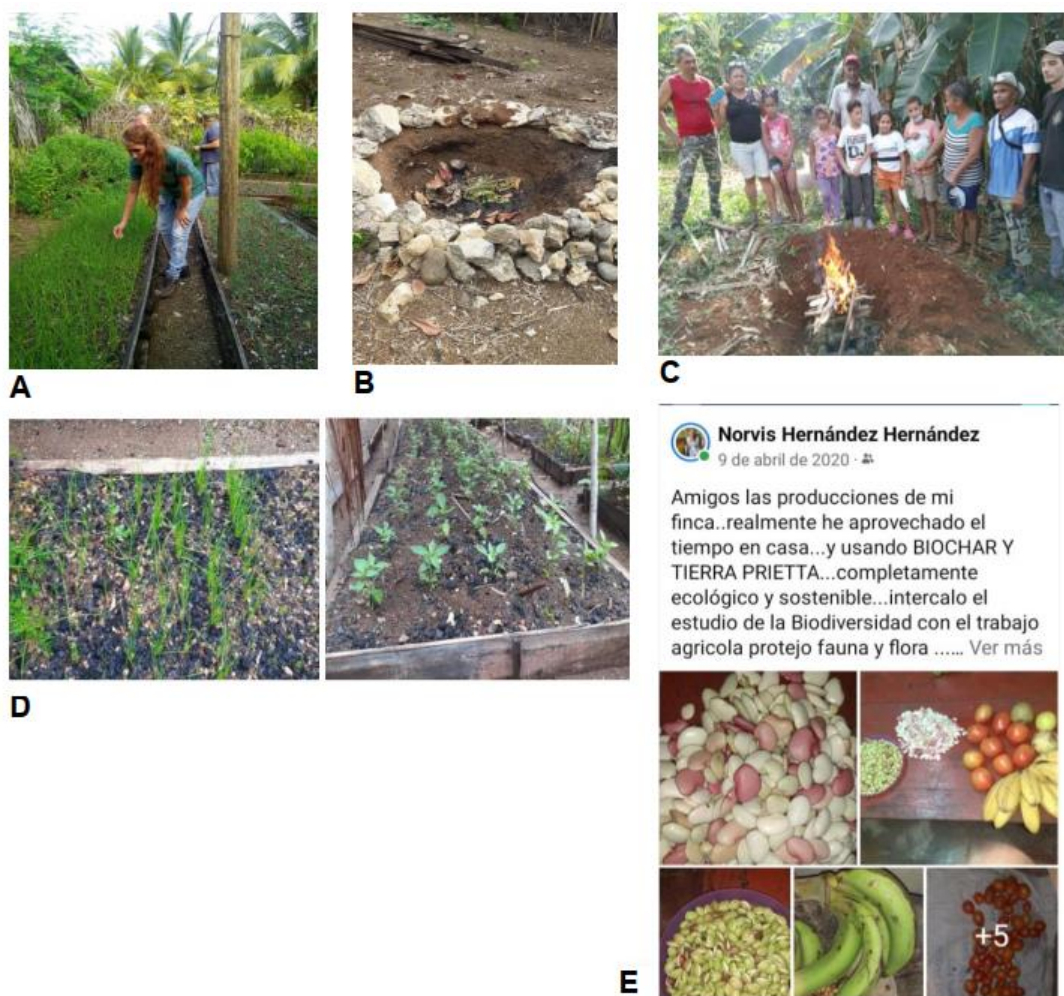


Figura 3. A) M. Sc. Norvis Hernández en trabajo con agricultores. B y C) Horno Kon-Tiki y niños en taller de elaboración de biocarbón. D) producciones de espacia y hortalizas con biocarbón. E) ejemplo de difusión, a través de redes sociales de la actividad en PNAH

El trabajo del equipo de proyecto BioC en PNAH tuvo los siguientes impactos: creación de dos círculos de interés con los niños, con el objetivo de preparar a las jóvenes generaciones en el uso del Biochar, así como para implementarlo en el huerto de sus escuelas; se realizaron 12 acciones de comunicación en diferentes medios de divulgación redes sociales, (Radio local "La voz del Toa" y Televisión Local "Primada Visión"); se capacitaron mediante cursos, talleres, charlas y conferencias, tanto en el Baracoa como en otros municipios (Maisí, la Melva de Moa), a 249 técnicos, especialistas, productores, investigadores y campesinos, de ellos 55 mujeres; se fortaleció la producción de alimentos en 5 comunidades del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, debido a la capacitación técnica adquirida y la implementación del biocarbón; se crearon Fincas Escuelas con enfoque de género; se fortalecieron las capacidades técnicas y se beneficiaron con las acciones del proyecto 55 mujeres.

El biocarbón de paja de arroz (carboncillo) enriquecido con abonos orgánicos (humus y compost) resultó favorable para la obtención de plántulas saludables de lechuga e incrementó el número de frutos en tomate cosechado en verano en un túnel de la UBPC "Vivero Organopónico Alamar" (Habana, Cuba), lo que sugiere las potencialidades de este producto, obtenido por pirólisis de biomasa, de ser utilizado en la producción agroecológica de hortalizas.

En el Parque Nacional "Alejandro de Humboldt" se logró extender la producción y uso de biocarbón en la producción de alimentos, vinculando también acciones de género y preservación de cultura culinaria en habitantes.

El trabajo en ambos escenarios con diferencias tecnológicas, edáficas y culturales demandó el diseño de actividades adecuadas a las características de cada contexto para lograr la materialización de la producción y uso del biocarbón como innovación en el manejo del suelo y la producción de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Son autores también de este trabajo los siguientes compañeros (as): Ing. Jorge L. Linares², Téc. Cecilia Quiñonez², José Ariel González²; Dra. Daine Hernández¹, Dra. Ileana Miranda¹, Dra. Oriela Pino¹, M. Sc. Gerardo Beque Quiala³, M. Sc. Geovanys Rodríguez Cobas³, Lic. Leandro Wong³, Téc. Roermis Ortiz Reyes³, Téc. Juan Carlos Lobaina³

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga-Crespo, Y., Geada-López, G., García-Quintana, Y., Alonso-López, M., Castolillo Martínez, I. (2014). Mejoramiento de las propiedades físicas de los sustratos con biocarbón. *Revista Forestal Baracoa*, 33 (1), 25-32
- FAO-MINAG-ACTAF. (2021). Producción de posturas de hortalizas en cepellón con el uso de los sustratos locales. En: *Iniciativas y evidencias innovadoras de agricultura sostenible y agroecología para el desarrollo rural, escalables a políticas públicas en Cuba*. Oficina de FAO en Cuba. La Habana
- Milera, M. C. (2023). Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Importancia de la economía circular. [Presentación Oral]. IV Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria. Multimedia SISA 2023. Varadero, Cuba. Pp 32-33. p. 22-23. <https://doi.org/10.4060/cb5990es>
- Peña, E. (2009). Cáscara de arroz carbonizada: opción ventajosa en la elaboración de sustrato para la obtención de posturas. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". La Habana, Cuba. 23 p.
- Pentón, G., Schmidt, H.P. 2020. Ficha agroecológica sobre biochar. Proyecto BIOC. Reciclaje de nutrientes de biomasa y carbono para fertilización orgánica avanzada en una agricultura eco inteligente y clima positiva en Cuba BioC" (IZ08Z0_177346). <https://www.researchgate.net/publication/342048544>
- Shrestha, R. K., Jacinthe, P. A., Lal, R., Lorenz, K., Singh. M. P., Demyan S. M., Ren, W., Lindsey, L. E. (2023). Biochar as a negative emission technology: A synthesis of field research on greenhouse gas emissions. *J. Environ. Qual.*, 1-30. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20475>
- Singh-Yadav, S. P., Bhandari, S., Bhatta, D., Poudel, A., Bhattara, S., Yadav, P., Ghimire, N., Paudel, P., Shrestha, J., Oli. (2023). Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100498. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100498>
- Varela-Milla, O., Rivera, E.B., Huang, W.J., Chien, C.C., Wan, Y.M. (2013). Agronomic properties and characterization of rice husk and wood biochars and their effect on the growth of water spinach in a field test. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 3 (2), 251-266.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Todos los autores revisaron la redacción del manuscrito y aprueban la versión finalmente remitida.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional