

Efecto del biocarbón en las propiedades físicas de diferentes sustratos orgánicos

Biochareffect in the physical properties of different organic growing media

Marilyn Alonso López*; Yasiel Arteaga Crespo; Leila Carballo Abreu; Gretel Geada López; Yudel García Quintana; Iris Castillo Martínez

*Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Calle Martí No. 270, CP: 20100, tel.: 53-048-779363. Email: marilyn73@af.upr.edu.cu

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto del biocarbón en las propiedades físicas de diferentes sustratos orgánicos constituidos por cachaza, turba, biocarbón y mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón. Para ello se realizó un experimento completamente aleatorio con nueve tratamientos y diez réplicas. Se demostró a partir de una prueba de comparación de medias de Duncan la influencia del biocarbón en las propiedades físicas de los sustratos: disminuye la densidad aparente, densidad real, aumenta la porosidad y la retención de humedad de las mezclas en relación a los componentes individuales. La prueba de chi-cuadrado permitió comprobar la dependencia entre el sustrato y la facilidad al destubetado, así como la estabilidad del cepellón y la arquitectura radical, garantizando el destubetado y el desarrollo de un buen sistema radical.

PALABRAS CLAVES: Biocarbón, propiedades físicas, sustratos.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the effect of biochar on physical properties of different organic substrates consisting in sugarcane straw, peat, and biochar as well as combinations of sugarcane straw-biochar, peat-biochar. This was completely randomized experiment with nine treatments and ten replicates. Was demonstrated from a comparison of means test of Duncan that biochar influence on the physical properties of the growing media to decreasing the bulk density, real density, increase porosity and moisture retention of the blends relative to the individual components. The chi-square test allowed the dependence between the grow in media and the to remove from the container ease and root architecture, ensuring growing media and the development of a good root system.

KEYWORDS: Biochar, physical properties, growing media.

INTRODUCCIÓN

La producción de plantas en contenedores continúa siendo una práctica ecológica a nivel mundial debido principalmente al uso de materiales orgánicos, que en muchos casos, provienen de residuos de la actividad agrícola o industrial (Kämpf y Jung, 1991; Raviv *et al.*, 2008).

En Cuba los residuos forestales, principalmente el aserrín, constituyen una problemática medioambiental que continúa llamando la atención, por lo que la búsqueda de alternativas de usos de este residual, para mitigar los impactos negativos sobre el ambiente, es una temática actual que contribuye a su manejo y además permite generar mediante su aprovechamiento mayores beneficios económicos.

La conversión de residuos mediante la pirólisis para obtener biocarbón ha sido ampliamente utilizada como una alternativa de manejo, reduciendo el volumen de residual sólido (Caballero *et al.*, 1997; Koch y Kaminsky, 1993; Yamato *et al.*, 2006). Sin embargo, el uso de biocarbón como sustrato o en mezclas en viveros bajo tecnología de tubetes no ha sido estudiado, así como los efectos del mismo en parámetros morfológicos en plántulas forestales. En este ámbito la política forestal de Cuba, contempla en su programa de desarrollo hasta el 2020 la producción de plantas en los viveros forestales a partir de sustratos que reúnan propiedades químicas y físicas adecuadas para la producción del material vegetal de calidad, lo cual influye de manera determinante en el éxito de los programas de reforestación.

El objetivo del presente trabajo consistió en analizar el efecto del biocarbón en las propiedades físicas de diferentes sustratos orgánicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizaron diferentes sustratos (S): cachaza, turba y biocarbón, y además se emplearon mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón (C-BC) y turba-biocarbón (T-BC), en proporciones 4:1; 1:1; 1:4 para la producción de plántulas de *Talipariti elatum*, empleando tubetes plásticos de 90 cm³ de capacidad, con un total de nueve tratamientos y 10 réplicas bajo un diseño completamente aleatorio. La composición de los sustratos se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de los sustratos empleados en el experimento

Sustrato	Abreviatura	Tratamiento	Composición (%)
Biocarbón	BC	BC	100
Turba	T	T	100
Cachaza	C	C	100
Turba + biocarbón	T + BC	T20	20 + 80
Turba + biocarbón	T + BC	T50	50 + 50
Turba + biocarbón	T + BC	T80	80 + 20
Cachaza + biocarbón	C + BC	C20	20 + 80
Cachaza + biocarbón	C + BC	C50	50 + 50

Cachaza + biocarbón	C + BC	C80	80 + 20
---------------------	--------	-----	---------

Se determinaron las propiedades físicas a partir de las metodologías descritas por Ansorena (1994) (densidad aparente, densidad real, porosidad total y retención de humedad). Además del diámetro medio de las partículas (D_{mp}), mediante análisis granulométrico, con el método de tamizado para la serie de tamices ASTM $\sqrt{2}$ (ASTM E-29, 1972).

La densidad aparente se determinó por el método del cilindro, calculándose mediante la expresión:

$$d_a = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Dónde: M representa la masa del sustrato (g); V el volumen del cilindro (cm^3).

La densidad real se calculó a partir del contenido de cenizas (C), referido a materia seca de la muestra, considerando el sustrato como una mezcla de dos componentes, uno orgánico (su materia orgánica) y otro mineral (cenizas), cuyas densidades reales son 2,65 y 1,50 g mL^{-1} respectivamente por la expresión:

$$d_r = \frac{100}{\frac{100 - C}{1,50} + \frac{C}{2,65}} = \frac{397,5}{265 - 1,15 C} \quad (2)$$

La porosidad total se calculó con la medida de la densidad aparente y real a través de la ecuación:

$$P_t = \left(1 - \frac{d_a}{d_r} \cdot 100\right) \quad (3)$$

Para los parámetros destubetado, estabilidad estructural del cepellón y arquitectura radical, se establecieron niveles que muestran el grado de complejidad, según criterios de Castillo *et al.*, (2006), como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles establecidos para las variables destubetado, estabilidad del cepellón y estructura radical.

Variable	Nivel		
	I	II	III
Destubetado	Fácil	Medio	Difícil
Estabilidad del cepellón	Alta	Intermedia	Baja
Arquitectura radical	Buena	Aceptable	Mala

Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y una prueba de comparación de medidas de Duncan para un 95% de probabilidad con los datos de composición física de los sustratos.

Se realizó una prueba chi-cuadrado (χ^2) a los parámetros destubetado, estabilidad estructural y arquitectura radical mediante un análisis de contingencia ($\chi^2 \leq 0,05$). Cuando el estadístico χ^2 mostró dependencia estadística, la magnitud de ésta fue evaluada a través del coeficiente de contingencia.

RESULTADOS

En la tabla 2 se presentan los resultados de las propiedades físicas de los sustratos, donde se encontró que los valores más bajos de densidad aparente y real corresponden al BC, mientras que los mayores los presentaron C y T. Las mezclas presentaron valores intermedios al de los constituyentes individuales, lo que evidenció que las proporciones empleadas influyen significativamente en estas propiedades, evidenciándose que un aumento en la proporción de BC disminuye la densidad.

En relación a la porosidad total, el BC presentó el mayor valor, mientras T y C presentaron los menores valores, evidenciándose que la porosidad varía con las proporciones empleadas, en la medida que aumenta la cantidad de BC en la mezcla aumenta la porosidad total.

El menor diámetro medio de partículas se presentó en el BC, mientras que T y C mostraron los mayores, al formar las mezclas entre estos componentes se obtuvieron diámetros de partículas intermedios entre los valores de sus componentes.

La retención de humedad resultó mayor en el BC, seguido por las mezclas donde este estuvo presente mayoritariamente, lo que evidenció su influencia en la mayor retención de humedad.

Tabla 4. Valores medios y desviación típica de las características físicas de los sustratos.

Sustrato	Densidad aparente (g mL ⁻¹)	Densidad real (g mL ⁻¹)	Porosidad total (%)	Diámetro medio de partículas (mm)	Retención de humedad (%)
BC	0,26±0,08 ^f	1,53±0,01 ⁱ	82,99±0,59 ^a	0,34±0,01 ⁱ	68,73±1,25 ^a
T	0,62±0,02 ^a	2,02±0,04 ^a	69,59±0,75 ^e	1,03±0,02 ^a	42,10±1,80 ^f
C	0,55±0,01 ^b	1,95±0,01 ^b	71,58±0,64 ^e	1,00±0,06 ^b	53,54±1,15 ^e
T20	0,32±0,01 ^e	1,75±0,03 ^g	81,51±0,91 ^b	0,37±0,01 ^g	64,63±0,67 ^b
T50	0,46±0,02 ^c	1,84±0,01 ^e	75,23±0,88 ^d	0,61±0,01 ^e	57,34±1,53 ^d
T80	0,57±0,01 ^b	1,91±0,03 ^c	70,42±0,33 ^f	0,90±0,02 ^c	52,94±1,42 ^e
C20	0,32±0,02 ^e	1,68±0,02 ^h	81,17±1,07 ^b	0,42±0,01 ^h	65,49±2,16 ^b
C50	0,44±0,01 ^d	1,78±0,00 ^f	75,41±0,61 ^d	0,46±0,01 ^d	59,20±1,09 ^c
C80	0,43±0,02 ^d	1,87±0,00 ^d	76,87±0,91 ^c	0,89±0,01 ^c	58,36±1,04 ^{cd}

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de comparación de medias de Duncan con una $P < 0,05$.

La matriz de correlación de Pearson mostró una dependencia altamente significativa ($p < 0,01$) entre las variables analizadas y en su mayoría con más del 92%. La mayor correlación fue entre la densidad aparente y la porosidad total, aspecto lógico ya que la densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato.

Tabla 5. Matriz de correlación de Pearson para las variables físicas

	DMP	RH	DA	PT	DR
DMP	1,000	-0,884(**)	0,931(**)	-0,918(**)	0,843(**)
RH		1,000	-0,943(**)	0,915(**)	-0,913(**)
DA			1,000	-0,992(**)	0,937(**)
PT				1,000	-0,894(**)
DR					1,000

** La correlación es significativa para $p < 0,01$

DMP: Diámetro medio de partícula; RH: Retención de humedad; DA: Densidad aparente; PT: Porosidad total; DR: Densidad real

Los análisis estadísticos indicaron interacción entre las variables sustratos, facilidad al destubetado, estructura radical y estabilidad del cepellón. En la figura 2a, se puede apreciar que solo T presentó un destubetado difícil, mientras C y T80 aceptable y el resto de los sustratos fácil. Se comprobó dependencia entre las variables sustrato y facilidad al destubetado ($p < 0,05$) con un coeficiente de contingencia de 0,778, por lo que se pudo aseverar que el BC incidió favorablemente en esta propiedad al aumentar la proporción de BC en la mezcla.

La arquitectura radical fue buena para la mayoría de los sustratos (figuras 2b y 3), excepto T que se consideró malo. También se encontró dependencia del sustrato con la arquitectura radical ($p < 0,05$) para un coeficiente de contingencia de 0,796, indicando que la presencia de BC favorece el sistema radical.

Se demostró además relación entre las variables sustrato y estabilidad del cepellón ($p < 0,05$) y un coeficiente de contingencia de 0,769, resultando BC, T20 y C20 las de menor estabilidad, en este caso las altas proporciones de BC incidieron negativamente, mientras que cantidades, tanto de T como C, por encima del 20 %, le confieren estabilidad.

Figura 2. Histograma de frecuencia. (a) Destubetado, (b) Arquitectura radical, (c) Estabilidad del cepellón.

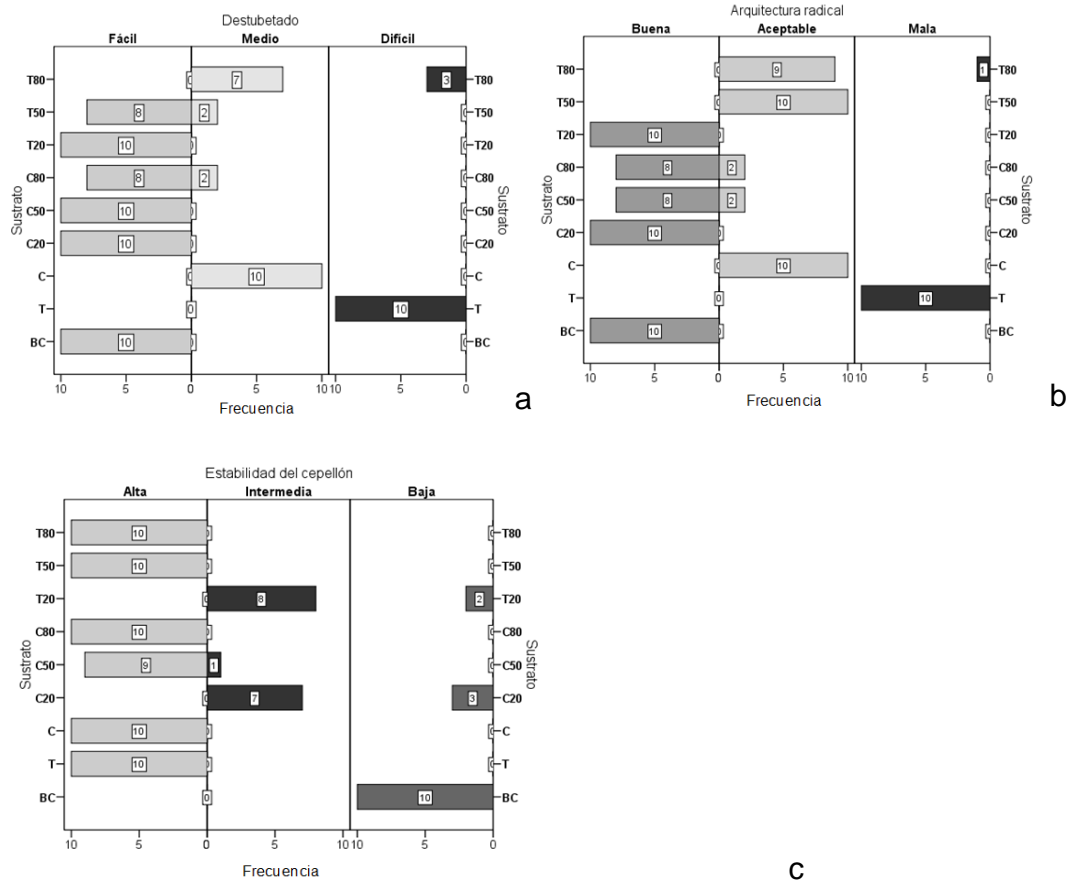


Figura 3. Arquitectura radical. (a) Buena, (b) Aceptable, (c) Mala.



DISCUSIÓN

Para la evaluación de los sustratos es de marcada importancia la valoración de propiedades físicas tales como densidad aparente y real, porosidad, diámetro medio de partículas, retención de humedad, entre otras (Alarcón, 2004).

Según criterios de Fonteno (1996), aquellos sustratos que tengan una porosidad total en un intervalo de 75 a 85 % reúnen las características adecuadas.

Con relación a la retención de humedad Abad *et al.* (1999), citado por Guzmán (2003), consideran como adecuados aquellos sustratos que al menos retengan un 50 % de humedad, según este criterio, excepto T, el resto de los materiales empleados reúnen esta condición, siendo BC el que mayor contenido de agua retiene. Estos mismos autores consideran la densidad aparente óptima si los valores son menores de $0,2 \text{ g mL}^{-1}$, mientras Cabrera (1999), refiere que estas densidades no son deseables para sustratos empleados en viveros ya que se incrementan los riesgos de volcado de los contenedores por efecto del viento. Ansorena (1994), obtuvo buenos resultados con valores de densidad aparente por debajo de $0,4 \text{ g mL}^{-1}$. Los sustratos donde la proporción de BC es mayoritaria se encuentran cercanos a este valor. En cuanto a la densidad real aunque se encontraron diferencias significativas para todos los sustratos, los valores se encuentran dentro de los intervalos recomendados por Ansorena (1994), entre $1,45 \text{ g mL}^{-1}$ y $2,65 \text{ g mL}^{-1}$.

En los sustratos el tamaño de partícula no es homogéneo, tampoco presenta un tamaño único donde la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de partícula. La presencia de partículas muy pequeñas proporciona una disminución de la porosidad total y aumento de la retención de la cantidad de agua. Un sustrato con tamaño de partículas muy pequeñas se vuelve compacto, en especial, cuando está húmedo, e impide el paso del aire (Noguera *et al.*, 2003).

Las variables arquitectura radical, estabilidad del cepellón y destubetado están estrechamente relacionadas entre sí, las cuales se deben tener en cuenta a la hora de estudiar los sustratos, pues del buen comportamiento de ellas depende en gran medida el éxito de la plantación (Castillo *et al.*, 2006). El destubetado es una propiedad física asociada a la arquitectura radical y las propiedades físicas de los sustratos. Un menor grado de desarrollo del sistema radical puede disminuir la estabilidad del cepellón. En las plantas que reflejaron una mayor colonización de las raíces sobre el sustrato la resistencia al destubetado fue menor. Castillo *et al.* (2006), obtuvieron un destubetado fácil en la evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucalyptus grandis*.

CONCLUSIONES

- Se demostró que el biocarbón mejora las propiedades físicas de los sustratos disminuyendo la densidad aparente y densidad real, y aumenta la porosidad y retención de humedad de las mezclas en relación a los componentes individuales.
- El biocarbón facilita el destubetado, y permite el desarrollo del sistema radical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. 2004. Introducción a los cultivos sin suelo. In Curso de fertirriego: Manejo en suelos y sustratos agrícolas. San José, Costa Rica. 23 p.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1972. Guidelines for establishing sieve analysis procedures. 50 p.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Rditiones Mundi-Prensa. España. 172 p.
- Caballero, J.A.; Front, R.; Marcilla, A. y Conesa, J.A. 1997. Characterization of sewage sludges by primary and secondary pyrolysis. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 40(41): 433-450.
- Castillo, M. I; Medina, M. R.; González, I. E.; Cobas, L.M. y Bonilla, M. 2006. Evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento. Revista Forestal Baracoa. 25 (2): 75-85.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Hortícola. 5(1):5-11.
- Koch, J. y Kaminsky, W. 1993. Pyrolysis of a refinery sewage sludge. Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochemie. 46: 323.
- Noguera, P.; Abad M. R.; Maquieira, P. A. y Noguera, V. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as a container medium. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 34:593-60.
- Yamato, M.; Okimori, Y.; Wibowo, I.F.; Ashori, S. y Ogawa, M. 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. Soil Science and Plant Nutrition. 52:489-495.
- Kämpf, A.N. y Jung, M. 1991. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. Acta Horticulturae. 294: 271-283.
- Raviv, M.; Lieth, J.H.; Bar-Tal, A. y Silber, A. 2008. Growing plants in soilless culture operational conclusions. Pp.545-567. In: Soilless culture: Theory and practice. Raviv, M and JH Leith (ed) Elsevier. 587 p.

- Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. In: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCR-CYTED. San. José, Costa Rica.
- Cobas, L., M.; Castillo, I. y González, I., E. 2001. Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw., cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Revista Avances 3(1): 17-21.