

Características de sustratos orgánicos acondicionados con biocarbón. Influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes

Characteristics of organic substrates equipped with Biocarbon. Influence on Quality Plants *Hibiscus elatus* (Sw.) Fryxell Grown in tubotes

Marilyn Alonso López*; Yasiel Arteaga Crespo; Gretel Geada López; Yudel García Quintana; Leila Carballo Abreu; 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 determinar las propiedades físicas de sustratos orgánicos en mezclas con biocarbón como acondicionador y su influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes. Para ello se realizó un ensayo experimental, el cual se instaló en una casa de cultivo, ubicada en las áreas del Laboratorio de Suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, municipio Pinar del Río (22° 25' 21,9" N; 83° 40' 33,6 E"). Los sustratos independientes empleados fueron cachaza, turba, biocarbón y mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón en un experimento completamente aleatorio con nueve tratamientos y diez réplicas. Se demostró la influencia positiva del biocarbón en las propiedades físicas de los sustratos dado por la disminución de la densidad aparente, diámetro medio de partículas y aumento de la retención de humedad de las mezclas en relación con los componentes individuales. El análisis de correspondencia mostró una correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre los sustratos y las variables destubetado, estabilidad del cepellón y arquitectura radical. La especie *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell mostró una

respuesta favorable demostrada por sus parámetros morfológicos, donde los más favorables resultaron en los sustratos conformados por cachaza con un ochenta y cincuenta por ciento (C80 y C50), lo que evidenció que estos sustratos proporcionan las mejores características químicas y físicas requeridas para su crecimiento.

PALABRAS CLAVES: biocarbón, propiedades químicas, propiedades físicas, sustratos.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the physical properties of organic substrates in blends with biochar as a conditioner and its influence on the quality of plants *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell grown in tubetes. An experimental trial, which was installed in a growing house, located in areas of the Soils Laboratory of the Ministry of Agriculture, municipality Pinar del Río (22° 25 '21.9' 'N; 83° 40; was performed '33.6 E' '). Independent substrates used were straw, peat, biochar and volumetric mixtures of straw-biochar and peat-biochar in a completely randomized experiment with nine treatments and ten replicates. The positive influence of biochar was demonstrated in the physical properties of the substrates given by the decrease in bulk density, average particle diameter and increasing moisture retention of the mixtures in relation to individual components. Correspondence analysis showed a significant correlation ($p \leq 0.05$) between the substrates and destubetado variables, stability of the root ball and radical architecture. The species *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell showed a favorable response shown by morphological parameters, where the most favorable substrates resulted in a filter cake formed by fifty percent and eighty (C80 and C50), which showed that these substrates provide the best chemical and physical characteristics required for growth.

KEY WORDS: biochar, chemical properties, physical properties, growing media.

INTRODUCCIÓN

La política forestal de Cuba contempla en su programa de desarrollo hasta el año 2020 la sustitución en más de un 90 % de la tecnología de vivero forestal tradicional por la de tubetes para producción de plantas (SEF, 2012). Esto hace necesario el empleo de sustratos orgánicos que reúnan propiedades químicas y físicas que garanticen aportes de nutrientes necesarios así como una fácil operacionalidad en un volumen limitado de los contenedores, lo que exige óptimas propiedades para el crecimiento del material vegetal. Durante los últimos años, el uso de materiales con características capaces de sustituir al suelo en la producción de plantas forestales ha sido muy acelerado, de tal manera que la producción en viveros se hace bajo esquemas de producción donde se utilicen materiales reciclables y con orientación ecológica (Santiago, 2002). 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 la influencia en la calidad de plantas.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades físicas de sustratos orgánicos en mezclas con biocarbón como acondicionador y su influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizaron diferentes sustratos: cachaza, turba y biocarbón, además se emplearon mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón (4:1; 1:1; 1:4). La composición de los sustratos se muestra en la Tabla 1.

Tabla I. Composición de los sustratos empleados en el experimento.

Sustrato	Abreviatura	Tratamiento	Composición (v/v)
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

Table I. Composition of the substrates used in the experiment.

RESULTADOS

Los análisis químicos de los sustratos se realizaron a partir de las normas cubanas para este tipo de análisis (NC-XX 2009), donde se determinó el porcentaje de materia orgánica, contenido de potasio, calcio, sodio, nitrógeno total, pH y conductividad eléctrica. Se determinaron las propiedades físicas a partir de las metodologías de Ansorena (1994), (densidad aparente, densidad real, porosidad total y retención de humedad). Además del diámetro medio de las partículas (D_{mp}), mediante análisis granulométrico, para la serie de tamices ASTM $\sqrt{2}$ (ASTM E-29, 1972).

Para los parámetros destubetado, estabilidad estructural del cepellón y arquitectura radical se analizaron niveles del grado de complejidad como se indica en la Tabla 2.

Tabla II. Niveles establecidos para destubetado, estabilidad del cepellón y desarrollo radical.

Variable	Nivel		
	1	2	2
Destubetado	Fácil	Medio	Difícil
Estabilidad del cepellón	Alta	Intermedia	Baja
Arquitectura radical	Buena	Aceptable	Mala

Table II. Established levels for destubetado stability of the root ball and radical development.

Las variables morfométricas utilizadas en el análisis fueron altura, diámetro del cuello de la raíz, peso seco aéreo, peso seco de la raíz principal y peso seco de las raíces

finas, sugeridas por Mexal y Landis (1990) y Contardi (1999), como esenciales para el monitoreo de la calidad de las plantas, medidas a los 84 días posteriores a la siembra.

El índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura en centímetros entre el diámetro del tallo en el cuello de la raíz en milímetros. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso seco de la parte aérea en gramos y el peso seco de la raíz en gramos. Relación altura parte aérea y masa seca de la parte aérea se obtuvo por la división de la altura por la materia seca de la parte aérea. El Índice de calidad de Dickson a partir de la siguiente ecuación:

$$ICD = \left[\frac{P_{st}}{h} \div \frac{d_{cr}}{P_{sr}} + \frac{P_{sa}}{P_{sr}} \right]$$

Siendo: Pst: peso seco total (g); H: altura (cm); dcr: diámetro del cuello de la raíz (mm); Psa: peso seco aérea (g); Psr: peso seco radical (g)

Se evaluó la dinámica de crecimiento para las variables altura y diámetro cada siete días a partir de los 42 días posteriores a la siembra.

Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y una prueba de comparación de medias de Duncan para un 95 % de probabilidad para las propiedades química y física de los sustratos. Los parámetros destubetado, estabilidad estructural y desarrollo radical se evaluaron a través del análisis de correspondencia. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS ver. 15.0 para Windows.

DISCUSIÓN

Los sustratos presentaron diferencias significativas en la mayoría de sus características químicas, con excepción del sodio (Tabla 3).

Tabla III. Valores medios y desviación típica de la composición química de los sustratos.

S	PH	CE (S/cm)	MO (%)	K ⁺ (%)	Ca ²⁺ (%)	Na ⁺ (%)	N (%)
T	5,61 ^c ±0,32	2,15 ^{ab} ±0,21	40,03 ^f ±4,28	0,07 ^b ±0,02	1,81 ^{de} ±0,46	0,04 ^a ±0,01	1,99 ^d ±0,05
C	6,64 ^a ±0,17	2,75 ^a ±0,82	46,95 ^e ±1,36	0,14 ^a ±0,02	3,88 ^a ±0,31	0,04 ^a ±0,00	3,05 ^a ±0,05
T20	6,01 ^b ±0,04	0,91 ^{de} ±0,17	68,21 ^c ±4,30	0,07 ^b ±0,03	2,08 ^{cde} ±0,74	0,08 ^a ±0,02	1,84 ^e ±0,14
T50	6,01 ^b ±0,02	1,54 ^{bcd} ±0,07	57,23 ^d ±1,63	0,06 ^b ±0,01	2,72 ^{bc} ±0,39	0,07 ^a ±0,01	1,83 ^e ±0,15
T80	5,60 ^c ±0,01	1,94 ^{bc} ±0,11	49,97 ^e ±2,74	0,05 ^b ±0,01	1,68 ^e ±0,56	0,05 ^a ±0,00	1,90 ^{de} ±0,06
C20	6,83 ^a ±0,03	1,20 ^{cd} ±0,58	75,62 ^b ±3,23	0,12 ^a ±0,03	1,87 ^{de} ±0,05	0,06 ^a ±0,02	1,94 ^{de} ±0,11
C50	6,82 ^a ±0,03	1,56 ^{bcd} ±0,53	64,06 ^c ±0,49	0,12 ^a ±0,00	2,57 ^{bcd} ±0,41	0,06 ^a ±0,00	2,85 ^b ±0,08
C80	6,78 ^a ±0,09	2,17 ^{ab} ±0,50	54,85 ^d ±0,23	0,12 ^a ±0,02	3,28 ^{ab} ±0,34	0,05 ^a ±0,00	2,80 ^b ±0,04

Table III. Mean values and standard deviation of the chemical composition of the substrates.

El pH en todos los sustratos no limita el desarrollo vegetal de acuerdo MINAGRI (1984). En este sentido Taiz y Zeiger (2006), reportan que valores entre 5,5-6,5 incrementan la disponibilidad de elementos nutricionales y Landis *et al.*, (2000), plantean que las especies forestales toleran un intervalo relativamente amplio de valores de pH. Con relación a la conductividad eléctrica los valores se encuentran dentro del intervalo adecuado por Noguera *et al.*, (2003) para el desarrollo vegetal. El biocarbón prácticamente estuvo constituido por materia orgánica lo que sugiere que este podría ser utilizado como un componente activo del sustrato. Fuentes y Oropeza (1996) plantean que la materia orgánica contribuye a la mejora de las propiedades físicas. El contenido de nitrógeno, calcio y potasio resultó menor en turba y mayor en cachaza, las mezclas presentaron valores semejantes a sus componentes mayoritarios. Sin embargo, la composición de sodio fue similar en todos los sustratos.

El análisis de las propiedades físicas de los sustratos (Tabla IV) indicó diferencias significativas.

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

Sustrato	DA (g mL ⁻¹)	DMP (mm)	RH (%)
T	0,62±0,02 ^a	1,03±0,02 ^a	42,10±1,60 ^f
C	0,55±0,01 ^b	1,00±0,06 ^b	53,54±1,15 ^e
T20	0,32±0,01 ^e	0,37±0,01 ^g	64,63±0,67 ^b
T50	0,46±0,01 ^c	0,61±0,01 ^e	57,34±1,53 ^d
T80	0,57±0,01 ^b	0,90±0,02 ^c	52,94±1,42 ^e
C20	0,32±0,02 ^e	0,42±0,01 ^h	65,49±1,60 ^b
C50	0,44±0,03 ^d	0,46±0,01 ^d	59,20±1,14 ^c
C80	0,43±0,02 ^d	0,89±0,01 ^c	58,36±1,04 ^{cd}

Table IV. Mean values and standard deviation of the physical characteristics of the substrates.

Se encontró valores medios, en relación con los constituyentes individuales, en las propiedades físicas de las mezclas donde se evidenció influencia del biocarbón en la modificación de las propiedades. Según criterios de Fonteno (1996), aquellos sustratos que tengan una porosidad total en un intervalo de 75 a 85 % reúnen las características adecuadas. Los materiales con mayor porosidad resultaron ser T20 y C20, siendo mayor en T, C y T80. En el caso de T20 y C20, los valores mayores, en relación con T y C, se deben a que mayoritariamente en su composición se encuentra el biocarbón. La retención de humedad según Abad *et al.*, (1999), citado por Guzmán (2003), es adecuada en aquellos sustratos que al menos retengan un 50 % de humedad. Según este criterio, excepto T, los materiales empleados reúnen esta condición. Estos mismos autores consideran la densidad aparente óptima si los valores son menores de 0,2 g mL⁻¹. Ansorena (1994), obtuvo buenos resultados con una densidad aparente por debajo de 0,4 g mL⁻¹. Los sustratos donde la proporción de biocarbón es mayoritaria se encuentran cercanos a este valor. En cuanto a la densidad real los valores se encuentran dentro de los intervalos recomendados por Ansorena (1994).

El análisis de correspondencia mostró una correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre los sustratos y las variables destubetado, estabilidad del cepellón y arquitectura radical (Tabla 5), con valores de inercia total mayores que uno.

Tabla V. Resumen del análisis de correspondencia.

Destubetado						
Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia	
					Explicada	Acumulada
1	0,944	0,891			0,583	0,583
2	0,799	0,638			0,417	1,000
Total		1,529	137,6	0,000	1,000	1,000
Estabilidad del cepellón						
1	0,961	0,923			0,660	0,660
2	0,690	0,476			0,340	1,000
Total		1,399	125,889	0,000	1,000	1,000
Arquitectura radical						
1	0,960	0,921			0,534	0,534
2	0,896	0,803			0,466	1,000
Total		1,724	155,194	0,000	1,000	1,000

Table V. Summary of the correspondence analysis.

En la Figura 1 se puede apreciar que a un fácil destubetado estuvieron asociados los sustratos T20, T50, C50 y C80; medio a C y T80 y difícil T.

Figura 1. Gráfico en dos dimensiones donde se muestra la relación entre los diferentes niveles del destubetado y los sustratos

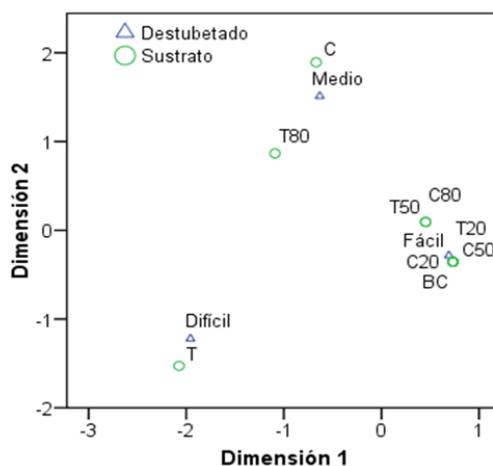


Figure 1. Graph in two dimensions where the relationship between different levels of destubetado and substrates is shown

En la Figura II se puede apreciar que proporciones de BC del 80 % disminuye la estabilidad del cepellón tanto en turba como en cachaza .Esto a su vez reafirma el uso de biocarbón solo como acondicionador.

Figura 2. Gráfico en dos dimensiones donde se muestra la relación entre los diferentes niveles de estabilidad del cepellón y los sustratos

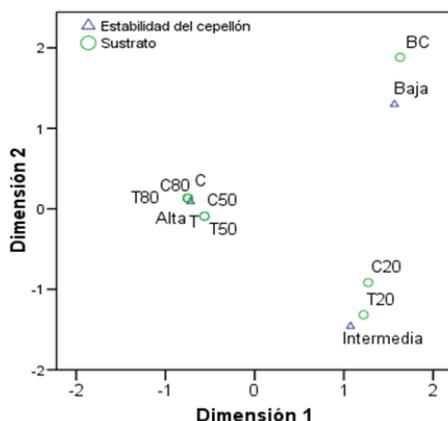


Figure 2. Graph in two dimensions where the relationship between different levels of stability of the root ball and substrates is shown

La arquitectura radical resultó buena para la mayoría de los sustratos (Figuras 3 y 4 a, b y c), excepto T que se consideró mala, lo cual indica que la presencia de BC favorece el desarrollo del sistema radical.

Figura 3. Relación entre los diferentes niveles de la arquitectura radical y los sustratos

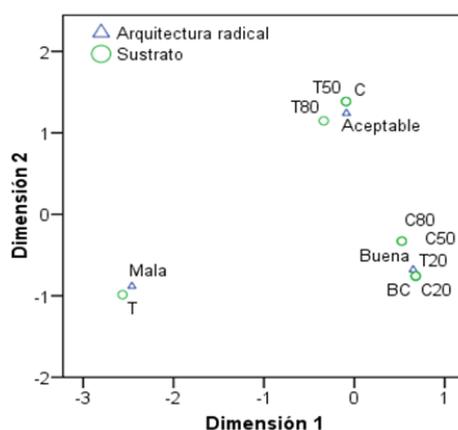


Figure 3. Relationship between different levels of radical architecture and substrates

Figura 4. Arquitectura radical. (a) Buena, (b) Aceptable, (c) Mala

Fuente: Elaboración Propia.



Figure 4. radical architecture. (a) Good, (b) Acceptable, (c) Poor

Source: Own Elaboration

El destubetado es una propiedad física asociada al desarrollo radical y las propiedades físicas de los sustratos. Un menor grado de desarrollo del sistema radical puede disminuir la estabilidad del cepellón.

Castillo *et al.*, (2006) en la evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucaliptus grandis* demostraron que las plantas con una mayor colonización de las raíces sobre el sustrato presentan una menor resistencia al destubetado. Estos autores refieren que las variables destubetado, estabilidad del cepellón y arquitectura radical 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.

Como se aprecia en la Figura V tanto para la altura como el diámetro a partir de los 50 días aparecen los mayores incrementos (el período más activo de crecimiento), y para los 77 días comienzan a estabilizarse los incrementos, lo que pudiera estar indicando menor disponibilidad de nutrientes y espacio para continuar el crecimiento. En ambas curvas el sustrato con peor comportamiento resultó ser T y sus combinaciones, cachaza .Y los mejores resultados siempre estuvieron asociados a las combinaciones de biocarbón y cachaza (C50 y C80). Cabe señalar, que las combinaciones de turba y cachaza con biocarbón siempre fueron superiores a los sustratos de estos elementos

independientes, lo que puede estar relacionado con las mejoras en las propiedades físicas y químicas que le impone la presencia de biocarbón.

Figura 5. Dinámica de crecimiento de *T. elatum* en diferentes sustratos. (a) Altura, (b) Diámetro

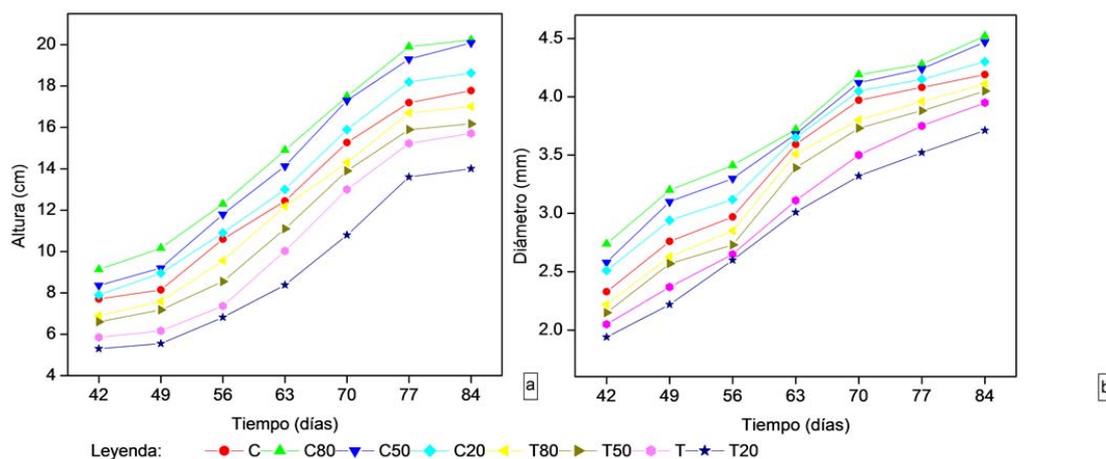


Figure 5. Dynamic *elatum* T. growth in different substrates. (a) height, (b) Diameter

El comportamiento de la dinámica de crecimiento de la especie resultó similar a los informados por Cobas (2001) y León (2010) en relación con el período de mayor velocidad de crecimiento entre 70 a 90 días. Las variaciones en el intervalo pudieran estar asociadas por la fuente de semilla, a las condiciones ambientales del vivero, fecha de siembra, densidad de cultivo, tipo de contenedor, grado de sombreado, régimen riego, entre otros.

En las Tabla VI se exponen los resultados de los parámetros morfológicos. Se comprobó que los mejores atributos e índices morfológicos correspondieron a los sustratos C50 y C80, no existiendo diferencias significativas entre ellos, lo cual pudo estar asociado a las mejores características químicas y físicas, por lo que estas combinaciones favorecieron en mayor medida el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Tabla VI. Valores medios y desviación típica de los parámetros morfológicos.

Sustrato	Parámetros				
	A	D	PSA	PST	PSR
T	15,66±0,30 ^e	3,95±0,06 ^e	1,17±0,05 ^f	1,54±0,08 ^e	0,38±0,04 ^f
T20	14,04±1,17 ^f	3,69±0,09 ^f	1,05±0,08 ^g	1,41±0,09 ^f	0,36±0,03 ^f
T50	16,06±1,12 ^e	4,05±0,05 ^{de}	1,22±0,04 ^d	1,71±0,06 ^e	0,48±0,04 ^e
T80	17,00±0,52 ^d	4,11±0,08 ^{cd}	1,31±0,05 ^e	1,87±0,06 ^d	0,56±0,03 ^d
C	17,73±0,31 ^c	4,20±0,10 ^c	1,37±0,08 ^c	1,98±0,11 ^c	0,61±0,05 ^c
C20	18,58±0,34 ^b	4,30±0,07 ^b	1,43±0,05 ^b	2,07±0,06 ^b	0,64±0,03^b
C50	19,82±0,35 ^a	4,47±0,11 ^a	1,53±0,02 ^a	2,24±0,03 ^a	0,71±0,04 ^a
C80	20,30±0,70 ^a	4,54±0,13 ^a	1,56±0,04 ^a	2,29±0,02 ^a	0,72±0,04 ^a

Table VI. Mean values and standard deviation of the morphological parameters.

En la Tabla VII se presentan los índices morfológicos. Los mayores valores del índice de esbeltez resultaron en C50 y C80 y los menores para T, seguido de las mezclas turba-biocarbón, donde se evidencia que la presencia de biocarbón influyó de manera positiva en estos resultados. La relación altura/materia seca de la parte aérea fue menor en T y sus combinaciones, con una menor expectativa de supervivencia para estos sustratos, según criterios de Gomes et al., (2002). El índice de calidad de Dickson se mostró mayor en las mezclas C50 y C80.

Tabla VII. Valores medios y desviación típica de los índices morfológicos.

Sustrato	Relaciones e índices			
	IE	A/PSA	PSA/PSR	ICD
T20	4,24±0,27 ^b	12,95±1,55 ^a	2,92±0,32 ^b	0,20±0,10 ^f
T50	4,21±0,13 ^b	12,95±0,57 ^{bc}	3,46±0,23 ^a	0,22±0,16 ^e
T	3,55±0,28 ^d	11,99±1,04 ^c	2,45±0,20 ^c	0,28±0,14 ^d
T80	3,91±0,07 ^c	13,08±0,45 ^b	2,19±0,16 ^d	0,29±0,11 ^c
C	4,22±0,13 ^{bc}	12,97±0,85 ^{bc}	2,26±0,18 ^d	0,31±0,24 ^b
C20	4,32±0,09 ^{ab}	13,11±0,56 ^b	2,21±0,15 ^d	0,32±0,10 ^b
C50	4,43±0,09 ^a	14,96±0,20 ^{bc}	2,18±0,12 ^d	0,33±0,10 ^a
C80	4,46±0,13 ^a	12,99±0,15 ^{bc}	2,17±0,17 ^d	0,34±0,15 ^a

Table VII. Mean values and standard deviation of morphological indices.

Los valores del índice de esbeltez resultaron inferiores a 4,5; valores similares a los reportados por Cobas et al., (2001) y León (2010), para la especie en estudio.

El índice obtenido por la división la altura por la materia seca de la parte aérea resulta de gran utilidad para predecir el potencial de supervivencia de las plántulas en el campo, a pesar de no ser comúnmente usado como un índice para evaluar el patrón de calidad en fase de establecimiento. Cuanto menor es este índice, más lignificada está la planta y mayor deberá ser la capacidad de supervivencia (Gomes et al., 2002). En este sentido Zumkeller et al., (2009) obtuvieron para *Tabebuia heptaphylla* valores superiores hasta 32. La relación entre materia seca de la parte aérea y la materia seca de la raíz es considerada como un índice eficiente y seguro para expresar la calidad de las plantas (Parviainen, 1981). Se propuso que 2,0 sería la mejor de relación entre estos atributos (Brisette et al., 1991). En el experimento esta relación se encontró próximo a este valor en C y las mezclas con esta (C, C20, C50 y C80), no existiendo diferencias significativas, mientras que en T y las mezclas turba-biocarbón los valores se encontraron por encima, sin embargo fueron inferiores a 3,1. Según lo recomendado por Hunt (1990), de un valor mínimo de ICD de 0,20, se observa que las plántulas de *T. elatum*, alcanzaron esos valores, lo cual indica que presentan calidad suficiente para ser plantadas. Los mejores resultados se presentaron en C50 y C80. Estos valores resultaron semejantes a los encontrados por Mateo et al., (2011), con valores entre 0,17 y 0,30 en la producción de *Cedrela odorata* L. en sustrato a base de aserrín. El ICD combina la información de los índices de esbeltez y la relación entre peso seco aéreo y peso seco radical ,y los ajusta por el efecto del tamaño de la planta, por lo que un aumento en el índice representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que, por una parte el desarrollo de la planta es grande y que al mismo tiempo , las fracciones aérea y radical están equilibradas (Oliet, 2000).

CONCLUSIONES

- Las mejores propiedades químicas y físicas en C50 y C80 indican que son los sustratos potenciales para su uso en contenedores.
- El biocarbón presentó un efecto acondicionador de las propiedades físicas en turba y cachaza con una disminución de la densidad y aumento de la retención de humedad de los sustratos.

- La especie *T. elatum* mostró una respuesta morfológica más favorable en C50 y C80, lo que evidenció que estos sustratos proporcionan las mejores características químicas y físicas requeridas para su crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M.; NOGUERA, P. *Los sustratos en el cultivo sin suelo: Manual de cultivo sin suelo*. 2ª ed. Madrid: Coedición Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alemania. Almería y Grupo Mundi-Prensa, 1999.
- ARTEAGA, C.Y. et. al. Caracterización del aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. **8(2)**, 90-95.
- ANSORENA, M.J. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. España, 1994.
- BRISSETTE, J.C., BARNETT, J.P. Y LANDIS, T.D. Container seedlings. En: Duryea, M.L. y Dougherty, P.M. eds. *Forest Regeneration Manual*. *Kluwer Academic Publishers*, The Netherlands. 199, p.117-141.
- CASTILLO, M.I.C. et al. Evaluación de diferentes sustratos compuestos por cachaza como elemento principal en la producción de plantas de *Eucaliptus grandis* en contenedores. *Revista Forestal Baracoa*, 2006, **25(2)**, 75-85.
- COBAS, L.M. *Caracterización de los atributos de calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw. cultivada en tubetes*. Pinar del Río. Tesis doctoral inédita, Universidad de Pinar del Río, 2001.
- COBAS, L.M., CASTILLO, I. Y GONZÁLEZ, E. 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*, 2001. **3(1)**, 17-21.
- CONTARDI, L. Medición de plantines. *Patagonia Forestal*, 1999 **5(3)**, 11-12.

- FONTENO, W. Sustratos: tipos y propiedades físicas y químicas. In: Reed, D. ed. Guía del productor: *Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero*. Colombia: Ball Publishing – Horti – Tecnia Ltda., 1996, p. 93-123.
- FUENTES, M. Y OROPEZA, J. *Evaluación preliminar del comportamiento de algunos materiales orgánicos como sustratos para la siembra de Eucalyptus urophylla*. Segundo Taller Internacional Biomasa Vegetal. Pinar del Río. Cuba: Bioforest, 1996.
- GOMES, J.M. et. al. Parámetros morfológicos na avaliacao da qualidade de Mudras de Eucalyptus grandis. *Rev. Arvore*, 2002, **26**(6), 655-664.
- GUZMÁN, J.M. *Sustratos y tecnología de almácigo*. In: *Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos*. San José, Costa Rica: UCR-CYTED, 2003.
- HUNT, G.A. Effect of styroblock design and copper on morphology of conifer seedlings En: Rose, R., S. J. Campbell y T. D. Landis (eds.). *Proceedings, Western Forest Nursery Association*, 1990.
- KRAMER, P. J. *Relaciones hídricas de Suelos y Plantas*. México: Edutex, S. A., 1974.
- LANDIS, T. et. al. *Manual de vivero para la producción de especies forestales en contenedores*. Vol. 2. Contenedores y medios de crecimiento. Handbook, 2000.
- LEÓN, L. E. *Efecto del sustrato y el manejo del riego en la fase de vivero de Talipariti elatum (Sw.) Fryxell en contenedores*. Pinar del Río. Tesis doctoral inédita, 2010.
- LEVITT, J. *Responses of plants to environmental stresses*. Vol. II. *Water, radiation, salts and other stresses*. 2^a ed. New York, USA: Acad. Press, 1980.
- MATEO, S.J. et. al.. Producción de (Cedrela odorata L.), en sustratos a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, Mexico. *Ra Ximhai*, 2011, **7**(1), 123-132.

- MEXAL, J.G. Y LANDIS, T.D. Target seedling concepts: height and diameter. In *Target seedling symposium: proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations*. Roseburg, Oregon. USDA, Forest Service, 1990.
- MINAGRI. *Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos*, 1984.
- NOGUERA, P. et. al. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2003, 34, 593-605.
- OLIET, J. A. *La calidad de la planta forestal en vivero*. Córdoba. España: ETSIAM, 2000.
- PARVIAINEN, J.V. Qualidade e avaliacao da qualidade de mudas florestais In: *Seminario de sementes e viveiros florestais*. Curitiba: FUPEF, 1981, p. 59-90.
- ROOK, D.A. Seedling development and physiology in relation to mineral nutrition. En: van den Driessche, R. ed. *Mineral nutrition in conifer seedlings*. CRC Press, 1991, p. 86-112.
- SANTIAGO, T.O. *Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor*. Tesis de Maestría inédita, Universidad Autónoma Chapingo. México, 2002.
- SEF (Servicio Estatal Forestal). *Dinámica Forestal*. Pinar del Río, Cuba: Ministerio de la Agricultura, 2012.
- TAIZ, L. Y ZEIGER, E. *Fisiología vegetal, Volumen II*, Los Ángeles. U.S.A: Universidad de California, 2006.
- WARWICK, N.W.M. Y THUKTEN, T. Water relations of phyllodinous and non-phyllodinous Acacias, with particular reference to osmotic adjustment. *Physiologia Plantarum*, 2006, 127, 393-403.
- ZUMKELLER, S.D. et. al. Producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. *Bosque*, 2009, **30**(1), 27-35.

Aceptado: 16/01/2015