

Influencia del sustrato en la calidad de la plana *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., cultivada en contenedores

Influence of substrate on the quality of container-grown *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. Plant

Emir Falcón Oconor,¹ Milagros Cobas López,² Marta Bonilla Vichot,² Orfelina Rodríguez Leyva,³ Caridad Virgen Romero Castillo⁴

¹Ingeniero Forestal. Máster en Ciencias Forestales. Universidad de Guantánamo. Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad Agroforestal, Guantánamo, Cuba. Correo electrónico: emir@cug.co.cu

²Doctora en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias. Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: mcobas@upr.edu.cu ; mbon@upr.edu.cu

³Ingeniera Forestal. Máster en Ciencias Forestales. Universidad de Guantánamo. Guantánamo, Cuba. Correo electrónico: orfelina@cug.co.cu

⁴Licenciada en Educación, Especialidad Idioma Inglés. Profesora en el Departamento de Idiomas. Universidad de Guantánamo. Guantánamo, Cuba. Correo electrónico: elabin@cug.co.cu

Recibido: 28 de enero de 2019.

Aprobado: 16 de octubre de 2019.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en la calidad de la plántula *S. mahagoni*, cultivada en contenedores. Para ello se realizó un ensayo experimental en el vivero tecnificado "Camarones", perteneciente a la Empresa Agroforestal Baracoa. Los sustratos empleados fueron Cascarilla de cacao (Cc), Fibra de coco (Fc) y Aserrín de pino (As) y mezclas volumétricas de cascarilla de cacao, fibra de coco y aserrín de pino en un experimento completamente al azar con ocho tratamientos y cinco réplicas. Se caracterizaron los sustratos y se determinaron los parámetros morfológicos de las plántulas, características de destubetado, estabilidad estructural del cepellón y arquitectura radical. La especie mostró una respuesta morfológica más favorable en las mezclas Cc60 (Cc-60% + Fc-20% + As-20%) y Cc50 (Cc-50% + Fc-30% + As-20%), atribuible a las características físicas y químicas.

Palabras clave: contenedor; morfología; vivero.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different organic substrates on the quality of the container-grown *S. mahagoni* seedling. For this purpose, an experimental trial was carried out in the technified nursery "Camarones", belonging to the Agroforestry Enterprise Baracoa. The substrates used were cocoa husk (Cc), coconut fiber (Fc) and pine sawdust (As) and volumetric mixtures of cocoa husk, coconut fiber and pine sawdust in a completely random experiment with eight treatments and five replicas. The substrates were characterized and the morphological parameters of the seedlings, destubetado characteristics, structural stability of the root ball and radical architecture were determined. The species showed a more favourable morphological response in mixtures Cc60 (Cc-60% + Fc-20% + As-20%) and Cc50 (Cc-50% + Fc-30% + As-20%), attributable to physical and chemical characteristics.

Keywords: container; morphological attributes; nursery.

INTRODUCCIÓN

En los viveros tecnificados, la calidad de los sustratos es un factor importante para el cultivo con éxito de las plantas en tubetes, ya que las características químicas, físicas y biológicas del mismo influyen directamente en la calidad de las especies. Así, para Siqueira *et al.* (2018), los sustratos deben ofrecer soporte físico a las raíces y condiciones para suplir la demanda hídrica y nutricional de las plántulas.

Esto implica el conocimiento del uso de sustratos orgánicos para optimizar la producción de diferentes especies forestales en vivero, con el fin de obtener plántulas de alta calidad y lograr el 100 % de supervivencia en plantación, y así poder disminuir y evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo (Falcón *et al.*, 2015).

Entre las especies producidas en los viveros forestales se encuentra *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., conocida en Cuba con los nombres comunes de caoba, caoba antillana o caoba de Cuba (Barroso, 1999). Es muy cotizada por su madera, pero ha sido objeto de la explotación irracional, lo que ha ocasionado que la especie casi no se comercialice.

Por sus múltiples usos, esta especie se encuentra en los planes de reforestación del país (SEF, 2018) y su cultivo en vivero utilizando la tecnología de tubetes presenta pocos antecedentes investigativos; de hecho, es la primera experiencia de este tipo en la provincia Guantánamo, empleando sustratos elaborados a partir de compuestos orgánicos locales.

Por tal razón, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en algunos parámetros e índices morfológicos de la especie *S. mahagoni*, cultivada en contenedores tipo tubetes, para su empleo en la reforestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el vivero "Camarones" de la Unidad Silvícola "Cayo Güin", perteneciente a la Empresa Agroforestal Baracoa, localizado en las coordenadas geográficas 20° 20' 48" de latitud norte y los 74° 29' 45" de longitud oeste, a una altitud de 23 m.s.n.m.

Las características climáticas del área de estudio, con una serie de datos de 12 años, están dadas por las estadísticas registradas en la Estación Meteorológica de la Delegación Territorial del CITMA, en Baracoa (Figura 1). De forma general, las precipitaciones se comportan por encima de los 100 mm mensuales en casi todos los meses del año, característica de la zona de estudio.

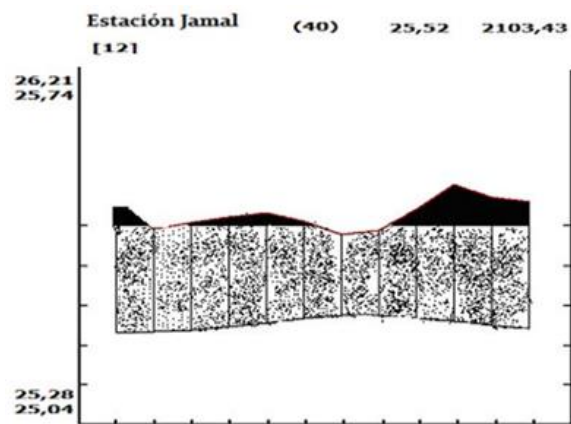


Fig. 1. - Características climáticas del área de estudio

Las semillas para la producción de la especie *S. mahagoni* en vivero fueron obtenidas de la nave semillera de la Empresa Agroforestal Baracoa, las cuales fueron certificadas en el Instituto de Investigaciones Agroforestales de Baracoa, según establecen la Norma Cubana 71-03 y 71-06.

El cultivo de las plantas se realizó en el vivero, sobre tubetes plásticos cónico-cilíndrico de color negro y con una capacidad de 200 cm³, los que se agrupan en bandejas plásticas con capacidad de alojamiento de 98 contenedores (Figura 2).



Fig. 2. - Aspectos del contenedor tipo tubete y bandeja plástica

El cultivo en tubetes se realizó utilizando tres sustratos: cascarilla de cacao, fibra de coco y aserrín de pino semidescompuestos; además, se emplearon mezclas volumétricas de Cascarilla de cacao-Fibra de coco-Aserrín de pino (Tabla 1). Los sustratos utilizados son comunes, de fácil adquisición y transportación en el territorio donde se desarrolló la investigación.

Tabla 1. - Composición de los sustratos empleados en el experimento

Sustrato	Abreviatura	Tratamientos	Composición (%)
Cascarilla de cacao	Cc	Cc	100
Fibra de coco	Fc	Fc	100
Aserrín de pino	As	As	100
Cascarilla de cacao + Fibra de coco	Cc + Fc + As	Cc60	60 + 20 + 20
+ Aserrín de pino	Cc + Fc + As	Cc50	50 + 30 + 20
	Cc + Fc + As	Cc40	40 + 40 + 20
	Cc + Fc + As	Cc30	30 + 50 + 20
	Cc + Fc + As	Cc20	20 + 60 + 20

Diseño experimental

El experimento consistió en ocho tratamientos conformados por diferentes concentraciones de Cascarilla de cacao, Fibra de coco, Aserrín de pino y mezclas volumétricas entre ellas (tabla 1), con cinco repeticiones, bajo un diseño completamente al azar. El tamaño de la unidad experimental fue de 10 plántulas, haciendo un total de 50 individuos por tratamiento. En total, el experimento requirió 400 plántulas.

Caracterización química y físicas del sustrato

Los análisis químicos de los sustratos se realizaron en el laboratorio provincial de suelos del Ministerio de la Agricultura en Guantánamo, a partir de las Normas Cubanas (NC) para este tipo de análisis (NC-XX 2009), donde se determinó: porcentaje de Materia Orgánica (MO) a partir del porcentaje de ceniza (Cza), contenido de potasio (K) y sodio (Na) por la fotometría de llama, fósforo (P) por el método de colorimetría, calcio (Ca) por el método de volumetría, nitrógeno (N) a partir del porcentaje de materia orgánica, pH por el método del potenciométrico y conductividad eléctrica (CE) por el método del conductímetro.

Se determinaron las propiedades físicas (densidad aparente, densidad real, porosidad total y retención de humedad), a partir de la metodología propuesta por Ansorena (1994), citado por Alonso *et al.* (2015). Además del Diámetro Medio de las Partículas (DMP), mediante análisis granulométrico, con el método de tamizado para la serie de tamices ASTM "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 2)

Tabla 2. - Niveles establecidos para destubetado, estabilidad del cepellón y desarrollo radical

Variable	Nivel		
	1	2	3
Destubetado	Fácil	Medio	Difícil
Estabilidad del cepellón	Alta	Intermedia	Baja
Arquitectura radical	Buena	Aceptable	Mala

Caracterización de la planta en vivero

Al cabo de los 25 días de germinación se comenzó la medición de los parámetros morfológicos: altura (h), para lo cual se tomaron las plantas que conformaron la muestra de 50 plantas ubicadas en el centro de cada bandeja (parcela útil) por tratamiento, evitando el efecto de borde. Esta medición se efectuó con una regla graduada en centímetros, se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice; para la medición del diámetro del cuello de la raíz (dcr) se utilizó un pie de rey, con una precisión de 0,002 mm.

Al cuarto mes (120 días), se seleccionaron 15 muestras de cada tratamiento, a las cuales se les determinó el peso de la raíz, tallo y hojas (peso fresco, parte radical y peso fresco, parte aérea). Tras separar la parte aérea de la parte radical por el cuello de la raíz, se colocaron estas en la estufa a 80 °C, durante 8 horas, hasta alcanzar un peso constante; y se determinó en una balanza de precisión de 0,01 g, el peso seco de cada una de las fracciones.

Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes índices morfológicos:

- Esbeltez (H/DCR): es el cociente de la altura dividido por el diámetro en mm.
- Índice de Calidad de Dickson (ICD): el ICD se determinó a partir de la fórmula #1:

$$ICD = \left[\frac{Pst}{h} + \frac{Psa}{Psr} \right]$$

Donde:

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)

- Índice de vigor: se determinó mediante la fórmula #2:

$$IV = \text{Log} \sum \text{todas las variables morfológicas}$$

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y una prueba de comparación de medias de Tukey para un 95 % de probabilidad para los parámetros e índices morfológicos, así como a las propiedades química y física de los sustratos. A los parámetros destubetado, estabilidad estructural y desarrollo radical se les realizó una prueba chi-cuadrado (χ^2) mediante un análisis de contingencia (a d" 0,05). Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS ver. 23 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la tabla #3 muestran diferencias en los valores de pH. El mayor valor corresponde al sustrato Cc20 y el menor para la Fc, clasificado este último como fuertemente ácido. Arévalo *et al.* (2016) señalan que la fibra de coco presenta problemas relacionados con la disponibilidad de nutrientes debido a su alta acidez, pero puede ser un sustituto aceptable de la turba, ya que presenta menor compactación y pérdida de volumen. (Tabla 3)

Tabla 3. - Caracterización química del sustrato

S	pH	MO (%)	CE(dS.m ⁻¹)	N (%)	P (%)	K ⁺ (%)	Ca ²⁺ (%)	Na ⁺ (%)
Cc	5,90 ^d	89,18 ^a	0,65 ^e	1,87 ^a	1,45 ^a	1,81 ^a	0,69 ^a	0,09 ^a
Fc	5,49 ^f	71,73 ^c	3,54 ^a	1,43 ^c	0,11 ^d	1,39 ^e	0,45 ^f	0,06 ^c
As	5,76 ^e	50,41 ^e	3,27 ^b	0,52 ^e	0,093 ^f	1,18 ^g	0,54 ^d	0,03 ^e
Cc60	6,20 ^c	77,20 ^b	3,13 ^c	1,86 ^a	1,43 ^b	1,79 ^a	0,68 ^b	0,08 ^b
Cc50	6,31 ^c	73,78 ^{bc}	2,61 ^c	1,82 ^a	1,42 ^b	1,74 ^b	0,68 ^b	0,07 ^b
Cc40	6,57 ^b	68,96 ^d	2,68 ^c	1,54 ^b	1,42 ^b	1,55 ^d	0,46 ^e	0,05 ^c
Cc30	6,66 ^b	66,66 ^d	3,08 ^b	1,33 ^d	1,36 ^c	1,59 ^c	0,68 ^b	0,04 ^d
Cc20	7,70 ^a	66,02 ^d	2,27 ^d	1,40 ^c	0,10 ^e	1,19 ^f	0,56 ^c	0,05 ^c
E.S	0,160	0,238	0,239	0,114	0,133	0,092	0,021	0,081

Para cada columna, letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de Tukey (Pd"0,05) E.S- Error estándar

Las combinaciones se encontraron entre los valores medios de los constituyentes individuales, con diferencias significativas entre los sustratos de mayores y menores porcentajes de Cascarilla de cacao (Cc), con valores entre ligeramente ácido y neutro, ambos considerados no limitantes para el desarrollo vegetal. En este sentido, Taíz y Zeiger (2006) reportan que valores entre 5,5 - 6,5 incrementan la disponibilidad de elementos nutricionales y Landis *et al.* (2000), citado por Castillo *et al.* (2013) plantean que las especies forestales toleran un intervalo relativamente amplio de valores de pH. Por su lado, Guzmán (2003) expone que, en los contenedores, las plántulas son muy sensibles a alteraciones de pH, debido al lento desarrollo inicial e indicaron un intervalo de pH óptimo entre 5,3 y 6,5. En los sustratos estudiados, el pH se encuentra entre los intervalos reportados y comúnmente evaluados como óptimos para la producción de plantas forestales en contenedores, excepto en el compuesto por Fc y Cc20.

El contenido de Materia Orgánica (MO) mostró diferencia, siendo adecuado para cada sustrato, aunque ligeramente superior en el sustrato Cc, compuesto por la mayor concentración de Cascarilla de cacao. Esta misma tendencia se observa en los sustratos compuestos por los mayores porcentajes de Cascarilla de cacao (Cc60 y Cc50), lo que demuestra la importancia de la Cascarilla de cacao en la elaboración de sustratos para el desarrollo de las plántulas.

La materia orgánica es un componente activo del sustrato, contribuye a la mejora de la estructura del espacio poroso, disminuye la densidad e incrementa la humedad, lo que trae consigo una mejor permeabilidad (Dos Santos *et al.*, 2014).

Con relación a la conductividad eléctrica, la Cascarilla de cacao (Cc) mostró el menor valor y el de mayor valor resultó para Fibra de coco (Fc), con diferencia estadística entre ambos y el resto de los sustratos (Tabla 3). En la mayoría de los sustratos este parámetro no alcanzó los límites considerados por Torres *et al.* (2010) como nocivos para el desarrollo vegetal, cuyo valor es de 3,5 dS.cm⁻¹, excepto Fibra de coco al 100 % (Fc), que supera ligeramente este valor.

El contenido de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y sodio resultó menor en Aserrín (As) y mayor en Cascarilla de cacao (Cc), presentando las mezclas valores semejantes a sus componentes mayoritarios, siendo adecuados por encontrarse entre los rangos aconsejados por Landis (1989), citado por Ribeiro *et al.* (2016). Sin embargo, la composición de calcio fue similar en todos los sustratos, lo que favorece el crecimiento de los tejidos meristemáticos de la planta e importante para el adecuado desarrollo de las raíces de las plantas (Avellán *et al.*, 2015).

Caracterización física de los sustratos

El análisis de las propiedades físicas de los sustratos indicó diferencias significativas. Se encontraron valores medios, en relación con los constituyentes individuales, en las propiedades físicas de las mezclas, donde se evidenció influencia de la cascarilla de cacao en la modificación de las propiedades (Tabla 4).

Tabla 4. - Valores medios de las características físicas de los sustratos

Sustrato	DA (g mL ⁻¹)	DR (g mL ⁻¹)	PT (%)	DMP (mm)	RH (%)
Cc	0,28 ^e	1,53 ^e	84,97 ^a	0,58 ^a	62,60 ^d
Fc	0,19 ^f	1,48 ^f	55,45 ^g	0,37 ^f	78,09 ^a
As	0,54 ^a	2,05 ^a	70,26 ^f	0,52 ^b	50,88 ^f
Cc60	0,38 ^c	1,67 ^d	82,02 ^b	0,45 ^c	65,49 ^d
Cc50	0,37 ^c	1,70 ^c	81,87 ^b	0,42 ^d	64,41 ^e
Cc40	0,42 ^b	1,72 ^b	77,60 ^d	0,44 ^c	66,33 ^c
Cc30	0,33 ^d	1,73 ^{bc}	78,40 ^c	0,34 ^e	71,54 ^b
Cc20	0,31 ^d	1,68 ^d	76,16 ^e	0,35 ^e	70,76 ^b
E.S	0,010*	0,138*	0,126*	0,014*	0,128*

Para cada columna, letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de Tukey (Pd"0,05) E.S- Error estándar

Con relación a la densidad aparente, Abanto *et al.* (2016) sostienen que los valores de este pueden llegar a ser cercanos a $0,4 \text{ g mL}^{-1}$. Las mezclas representadas por los sustratos (Cc60 y Cc50), donde la proporción de cascarilla de cacao 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), entre $1,45 \text{ g mL}^{-1}$ y $2,65 \text{ g mL}^{-1}$.

En relación con la porosidad total, los sustratos compuestos con los mayores porcentajes de cascarilla de cacao presentaron el mayor valor; o sea, a medida que aumenta la cantidad de cascarilla de cacao en la mezcla, aumenta la porosidad total. Según criterios de Ribeiro *et al.* (2016), aquellos sustratos que tengan una porosidad total en un intervalo de 75 a 85 %, reúnen las características adecuadas, encontrándose en este rango la mayoría de los sustratos, excepto la Fc y el As que se encuentran por debajo.

Los valores más bajos de Densidad Aparente (DA) y Diámetro Medio de las Partículas (DMP) correspondieron a la fibra de coco, lo que condiciona los valores más altos de Retención de Humedad (RH), lo cual está dado por la presencia de partículas pequeñas que hacen que disminuya la porosidad total y aumente la capacidad de retención de agua al disminuir el tamaño de los poros interpartículas (Ansorena, 1994).

Según Queiroz *et al.* (2017), los menores valores del DMP caracterizan al sustrato por su alta capacidad de retención de agua. Por su parte, Salto *et al.* (2016) con relación a la retención de humedad consideran como adecuados aquellos sustratos que al menos retengan un 50 % de humedad, según este criterio; excepto As el resto de los materiales empleados reúnen esta condición, siendo Fc el que mayor contenido de agua retiene.

Relación entre las variables destubetado, estabilidad del cepellón, arquitectura radical y los sustratos

La prueba chi-cuadrado (χ^2) a través del coeficiente de contingencia mostró interacción entre la variable sustrato, facilidad al destubetado, estructura radical y estabilidad del cepellón. En la figura #3 se pudo apreciar que solo As presentó un destubetado difícil, Fc y Cc20 medio y el resto de los sustratos resultaron fáciles. Se comprobó dependencia entre la variable sustrato y facilidad al destubetado ($P < 0,05$) con un coeficiente de contingencia de 0,789, por lo que se asevera que al aumentar la proporción de Cc en las mezclas este incide favorablemente en esta propiedad (Figura 3).

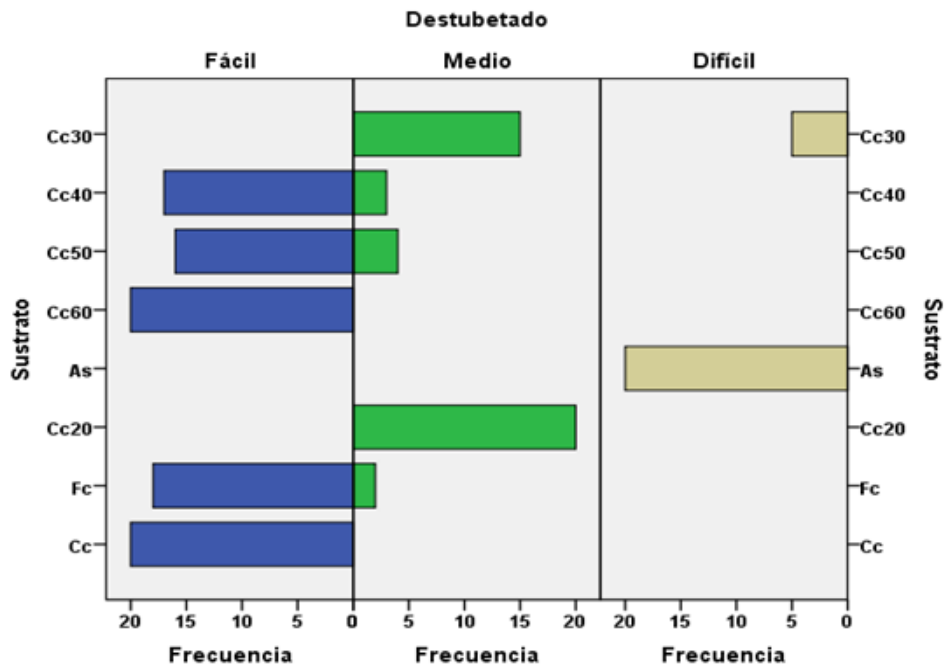


Fig. 3. - Histograma de frecuencia que muestra la relación entre los diferentes niveles del destubetado y los sustratos

La arquitectura radical resultó buena para la mayoría de los sustratos, excepto As que se consideró malo. También se encontró dependencia del sustrato con la arquitectura radical ($P < 0,05$) para un coeficiente de contingencia de 0,795, indicando que la presencia de Cc favorece el sistema radical (Figura 4).

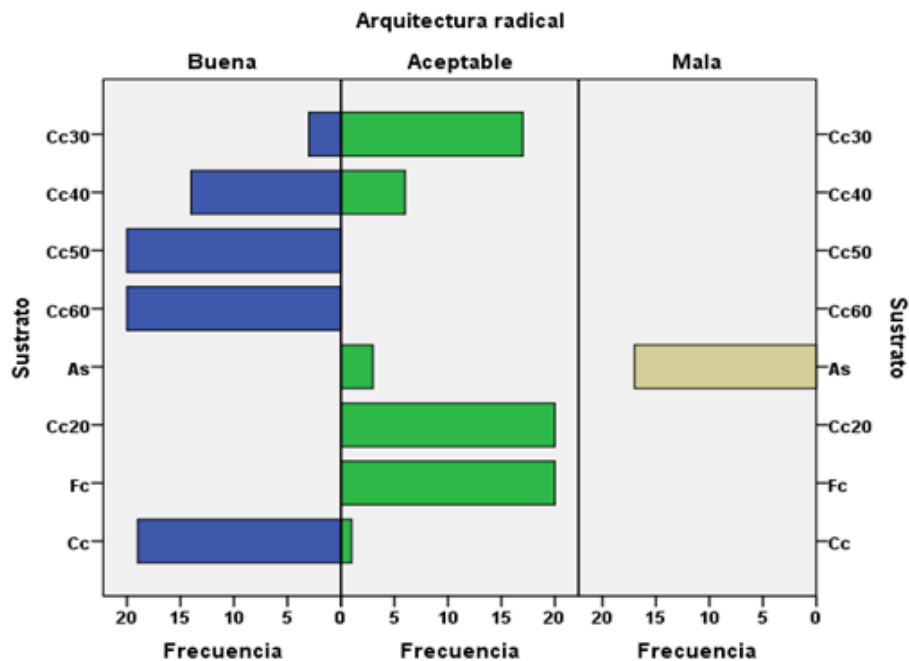


Fig. 4. - Histograma de frecuencia que muestra la relación entre los diferentes niveles de arquitectura radical y los sustratos

Se demostró, además, relación entre la variable sustrato y estabilidad del cepellón ($P < 0,05$) y un coeficiente de contingencia de 0,768, resultando As con baja estabilidad, mientras Cc, Cc50 y Cc60 una alta estabilidad y el resto de los sustratos con estabilidad intermedia. Estos resultados reflejaron que las mayores proporciones de Cc incidieron en la estabilidad del cepellón, lo que indica que el sistema radical pudo explorar y adherirse fácilmente en los sustratos, debido al espacio disponible con respecto a los demás (Figura 5).

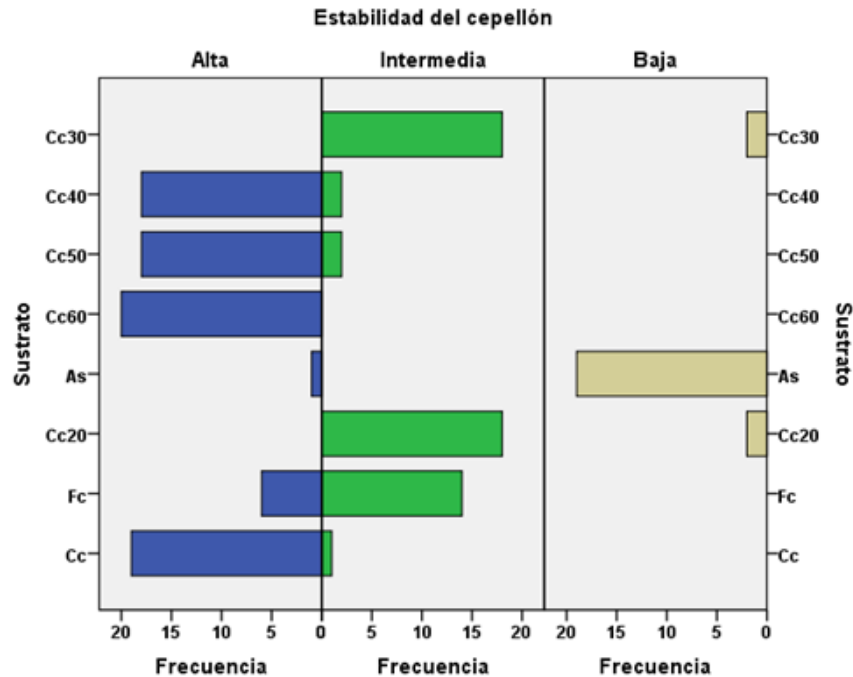


Fig. 5. - Histograma de frecuencia que muestra la relación entre los diferentes niveles de estabilidad del cepellón y los sustratos

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.

Comportamiento de los parámetros e índices morfológicos al final del cultivo

Desde el punto de vista estadístico, no existen diferencias significativas entre los sustratos Cc60 y Cc50 para las variables altura, diámetro y peso seco, aunque el sustrato Cc60 mostró las mayores medias. Estos valores pueden estar condicionados por un correcto o abundante suministro de nutrientes por parte de los sustratos, por lo que estas combinaciones favorecieron en mayor medida el desarrollo y crecimiento de las plantas (Tabla 5).

Tabla 5. - Parámetros e índices morfológicos de las plantas a los tres meses de cultivadas

Sustratos	H (cm)	DCR (mm)	PSA (g)	PSR (g)	H/DCR	ICD	IV
Cc	18,89 ^c	3,87 ^d	0,62 ^b	0,43 ^c	4,88 ^b	0,16 ^d	2,27 ^c
Fc	14,81 ^g	3,16 ^f	0,50 ^d	0,30 ^e	4,68 ^d	0,12 ^g	2,23 ^f
As	15,65 ^f	3,15 ^f	0,34 ^e	0,22 ^f	4,96 ^a	0,09 ^h	2,25 ^e
Cc60	25,10 ^a	5,91 ^a	0,75 ^a	0,53 ^a	4,34 ^f	0,21 ^b	2,31 ^b
Cc50	24,20 ^a	5,56 ^a	0,74 ^a	0,52 ^a	4,26 ^g	0,22 ^a	2,33 ^a
Cc40	20,38 ^b	4,10 ^b	0,64 ^b	0,47 ^b	4,47 ^c	0,18 ^c	2,26 ^d
Cc30	18,28 ^d	3,98 ^c	0,58 ^c	0,29 ^e	4,60 ^e	0,13 ^f	2,23 ^f
Cc20	16,78 ^e	3,75 ^e	0,57 ^c	0,35 ^d	4,68 ^d	0,14 ^e	2,22 ^{fg}
E.S	0,174*	0,048*	0,006	0,005*	0,012*	0,002*	0,002*

Para cada columna, letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de Tukey (Pd"0,05) (n= 25 plantas por tratamiento)

Se considera que estos incrementos se deben a las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en los sustratos Cc60 y Cc50 (Tabla 3). Da Ros *et al.* (2015) y Valkinir *et al.* (2017) indicaron que la presencia de nitrógeno en la fase inicial de la producción de plántulas incrementaba la tasa de crecimiento de la masa del tallo.

Respecto a los tratamientos Fc y Fc20, correspondientes a las mezclas con los mayores porcentajes de fibra de coco, estos produjeron un crecimiento en altura y biomasa inferior que los demás tratamientos utilizados, difiriendo con Klein (2015), quien describe un buen desarrollo de las plantas cuando es utilizada la Fibra de coco como sustrato. Los resultados poco favorables pueden explicarse analizando la inadecuada porosidad total, entregada por el análisis físico-químico, el que muestra una baja DA y DMP pequeño, lo que hace que el sustrato retenga alta cantidad de agua, que aparejado a las características climáticas del área afecten el desarrollo de las posturas (Figura 2).

En relación con los índices evaluados, tales como: Esbeltez (H/DCR), índice de calidad de Dickson (ICD) e Índice de Vigor (IV), los mejores resultados fueron obtenidos en los sustratos Cc60 y Cc50, de lo que se infiere que son plantas que presentan mayor resistencia mecánica durante las operaciones de plantación o fuertes vientos, que por una parte el desarrollo total de la planta es grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas (Santil *et al.*, 2018).

De forma general, los valores de los índices evaluados están dentro de los rangos positivos recomendados por Rueda *et al.* (2014), aunque los peores valores se obtienen al usar como sustrato Fibra de coco (Fc) y Aserrín (As) al 100 %. Estos, como no están mezclados con otros componentes, tienen características físicas y químicas inferiores a los demás sustratos usados coincidiendo con lo expuesto por Queiroz *et al.* (2017), quienes expresan que los medios de crecimiento modernos se preparan con dos o más componentes, para aportar las propiedades físicas, químicas o biológicas deseables (Tabla 3); (Tabla 4).

Las mejores propiedades químicas y físicas en los sustratos Cc60 y Cc50 indican que son los sustratos potenciales para su uso en contenedores en el cultivo de la especie *S. mahagoni*.

La especie *S. mahagoni* mostró la mejor respuesta morfológica en los sustratos Cc60 y Cc50, atribuible a las características químicas-físicas de los sustratos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO-RODRÍGUEZ, C., GARCÍA-SORIA, D., GUERRA-ÁREVALO, W., MURGA-ORRILLO, H., SALDAÑA-RÍOS, G., VÁZQUEZ-REÁTEGUI, D. y TADASHI-SAKAZAKI, R., 2016. Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.). *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, no. 3, pp. 341-347. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.03.23. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000300007
- ALONSO LÓPEZ, M., ARTEAGA CRESPO, Y., GEADA LÓPEZ, G., GARCÍA QUINTANA, Y., CARBALLO ABREU, L. y CASTILLO MARTÍNEZ, I., 2015. Características de sustratos orgánicos acondicionados con biocarbón. Influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, vol. 3, no. 1, pp. 1-12. ISSN 2310-3469. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5223172>
- ANSORENA MINER, J., 1994. *Sustratos: propiedades y caracterización* [en línea]. S.l.: Mundi-Prensa. ISBN 978-84-7114-481-2. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Sustratos.html?id=RU3OQAACAAJ&redir_esc=y.
- ARÉVALO P, M.E., OBERPAUR W, C. y MÉNDEZ C, C., 2016. Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Idesia (Arica)*, vol. 34, no. 2, pp. 47-55. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292016005000007. Disponible en: [https://www.semanticscholar.org/paper/Inclusi%C3%B3n-de-musgo-\(Sphagnum-magellanicum-Brid.\)-y-Eugen%C3%ADa-Ar%C3%A9valo/c77d49c4dc3cc01f235fbfc9a5f522cafb506a1b](https://www.semanticscholar.org/paper/Inclusi%C3%B3n-de-musgo-(Sphagnum-magellanicum-Brid.)-y-Eugen%C3%ADa-Ar%C3%A9valo/c77d49c4dc3cc01f235fbfc9a5f522cafb506a1b)
- AVELLÁN ZUMBADO, M.J., ALVARADO-HERNÁNDEZ, A., MURILLO-CRUZ, R. y AVILA, C., 2015. Variación del contenido foliar de nutrimentos de *Gmelina arborea* en los cantones de Osa, Golfito y Corredores, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Tropical Journal Environmental Sciences)*, vol. 49, no. 1, pp. 15. DOI <http://dx.doi.org/10.15359/rca.49-1.1>. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5536194>
- BARROSO, A.B., 1999. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales* [en línea]. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. [Consulta: 21 febrero 2019]. ISBN 978-959-05-0220-0. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=111643>.

- CABREIRA, G.V., LELES, P.S. dos S., ARAÚJO, E.J.G. de, SILVA, E.V. da, LISBOA, A.C. y LOPES, L.N., 2017. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes. *Scientia Agraria*, vol. 18, no. 2, pp. 30-42. ISSN 1983-2443. DOI 10.5380/rsa.v18i2.50494.
- DA ROS, C.O., REX, F.E., RIBEIRO, I.R., KAFER, P.S., RODRIGUES, A.C., SILVA, R.F. da y SOMAVILLA, L., 2015. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudanças de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. *Floresta e Ambiente*, vol. 22, no. 4, pp. 549-558. ISSN 2179-8087. DOI 10.1590/2179-8087.115714. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872015005015714&script=sci_abstract&lng=pt
- DOS SANTOS, V.S., ALVES, R.M., MELO, G.F. y MARTINS FILHO, S., 2014. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de cupuaçuzeiro. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer Goiânia*, vol. 10, no. 8, pp. 2941-2953. Disponible en: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Usode%20diferentes.pdf>
- FALCÓN OCONOR, E., RODRÍGUEZ LEYVA, O. y RODRÍGUEZ MATOS, Y., 2015. Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua). *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 4, pp. 35-42. ISSN 0258-5936. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400005
- GUZMÁN, J.M., 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. *Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos*. San José, Costa Rica: UCR-CYTED.
- KLEIN, C., 2015. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, no. 4, pp. 43-63.
- MARTÍNEZ, I.C.C., SÁENZ, M.A.V., MELENDEZ, J.M.P. y APAULAZA, A.M., 2013. Influencia de tres sustratos orgánicos en algunos parámetros morfológicos de la planta Moringa oleífera (*Acacia branca*) obtenida en viveros de contenedores. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, vol. 1, no. 1, pp. 23-32. ISSN 2310-3469. Disponible en: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/34>
- PESSANHA SIQUEIRA, D., CAMPOS MAMEDE WEISS DE CARVALHO, G., GUERRA BARROSO, D. y MARCIANO, C.R., 2018. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. *Revista FLORESTA*, vol. 48, no. 2, pp. 277-284. Disponible en: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/55795>
- QUEIROZ, T.B., PEREIRA, N.N. de J., SILVA, J.C.R.L., FONSECA, F.S.A. da, MARTINS, E.R., 2017. Influence of water regime on initial growth and essential oil of *Eucalyptus globulus*. *Ciência Rural* [en línea], vol. 47, no. 3. [Consulta: 21 febrero 2019]. ISSN 0103-8478. DOI 10.1590/0103-8478cr20150530. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-84782017000300301&lng=en&nrm=iso&lng=en

- RIBEIRO LISBOA, L.V., APARECIDA DE SOUZA, P., SANTOS GONÇALVES, D., BEZERRA DA SILVA, P. y SOUSA CARVALHO, K., 2016. AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE *Toona ciliata* VAR. AUSTRALIS, EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, vol. 13, no. 23, pp. 163-173. DOI http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_015.
- RUEDA-SÁNCHEZ, A., BENAVIDES-SOLORIO, J. de D., SAENZ-REYEZ, J.T., MUÑOZ FLORES, H.J., PRIETO-RUIZ, J.Á. y OROZCO GUTIÉRREZ, G., 2014. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol. 5, no. 22, pp. 58-73. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000200005
- SALTO, C.S., HARRAND, L., JAVIER OBERSCHELP, G.P. y EWENS, M., 2016. Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, vol. 37, no. 3, pp. 527-537. ISSN 0717-9200. DOI 10.4067/S0717-92002016000300010. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002016000300010
- SEF (SERVICIO ESTATAL FORESTAL), 2018. Dinámica Forestal. Guantánamo, Cuba: Ministerio de la Agricultura.
- SANTIN-PADILHA, M., MALUCHE- BARETTA, C.R.D., SALENGUE-SOBRAL L., KRAFT E. y ANDRÉ J.O. 2018. Crescimento de mudas de canafístula com o uso de adubação biológica e bioestimulante em diferentes substratos. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, vol. 15, no. 27, pp. 95-106. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/CRESCIMENTO-DE-MUDAS-DE-CANAF%C3%8DSTULA-COM-O-USO-DE-E-Padilha-Baretta/7ec92a85e049dc1cc70e88191aafedbcf4e582bb>
- TORRES, A.P., CAMBERATO, D., LÓPEZ, R.G. y MICKELBART, M., 2010. Medición de pH y Conductividad Eléctrica en Sustratos. *Purdue Extension HO-237-SW*. West Lafayette, USA. *Purdue University*, pp. 6. Disponible en: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2019 Emir Falcón Oconor