
EFFECTOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE *SWIETENIA MAHAGONI* JACQ. CULTIVADA EN TUBETES**EFFECT OF ORGANIC SUBSTRATE ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF CONTAINER-GROWN *SWIETENIA MAHAGONI* L. JACQ. SPECIES**

Orfelina Rodríguez Leyva¹; Gabriel Céspedes Correa¹ y Milagros Cobas López³

⁽¹⁾Facultad Agroforestal. Universidad de Guantánamo. Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-1575-1515> e-mail: orfelina@cug.co.cu,

⁽²⁾Facultad Agroforestal. Universidad de Guantánamo (UG), Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-6948-2402> e-mail: grabiel@cug.co.cu

⁽³⁾Universidad de Pinar del Río (UPR) "Hermanos Saiz Montes de Oca", Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-3785-5235>. e-mail: mcobas@upr.edu.cu

Recibido: 22 de febrero de 2022
Aceptado: 16 de marzo de 2022

RESUMEN

El trabajo se realizó en el vivero tecnificado Camarones, perteneciente a la Empresa Agroforestal Baracoa, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en los parámetros morfológicos de la plántula *Swietenia mahagoni* L. Jacq., cultivada en tubetes de 200 cm³. Se probaron cuatro combinaciones de sustratos elaborados a partir de mezclas de cascarilla de cacao, fibra de coco, estiércol ovino y aserrín de pino compostado en un experimento completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco réplicas. Se caracterizaron los sustratos y se determinaron los parámetros morfológicos de las plántulas tales como: altura, diámetro en el cuello de la raíz, número de hojas, biomasa seca, así como la calidad de la planta. A partir de estos valores se calcularon los índices morfológicos: Esbeltez e Índice vigor. Los resultados obtenidos demostraron que existió un efecto diferenciado en la morfología de las plantas en dependencia del sustrato en que fueron cultivadas y que fue S2 conformado por 40% de cascarilla de cacao + 25% de fibra de coco + 25% de estiércol ovino + 10% de aserrín de pino (Cc-50%+Fc-25%+Eo-25%+As-10%) el que propició los mejores valores en los parámetros estudiados.

Palabras clave: Contenedor, morfología, vivero.

ABSTRACT

The work was carried out in the technified nursery Camarones, belonging to the Baracoa Agroforestry Company, with the objective was to evaluate the effect of different organic substrates on the quality of the container-grown *S. mahagoni* seedling cultivated in 200 cm³ contained. Four combinations of substrates made from mixtures of cocoa husk, coconut fiber, sheep manure 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 were: height, root collar diameter, dry biomass, as well as quality grown. From these values, the morphological indices were calculated: Slimness and vigor Index. The results obtained showed that there was a differentiated effect on the plants' morphology, depending on the substrate in which they were cultivated, and that it was S2 formed by 40% cocoa husk + 25% coconut fiber + 25% sheep manure + 10% pine sawdust (Cc-50%+Fc-25%+Eo-25%+As-10%) which provided the best values in the parameters studied.

Keywords: Container, morphological attributes, nursery.

INTRODUCCIÓN

El propósito de cualquier lote de planta cultivada en vivero y destinada a repoblación es superar satisfactoriamente la fase de establecimiento y de ahí la importancia de lograr plantas capaces de recuperarse del posible estrés sufrido durante su manejo postrasplante y establecer el contacto entre sus raíces y el suelo, a fin de retomar las funciones vitales de absorción de agua y nutrientes en el nuevo ambiente. En la medida en que se obtengan plantas con índices de calidad y mecanismos fisiológicos que le permitan un buen desarrollo se garantizará un mayor éxito en la plantación (Alonso *et al.*, 2012).

La producción de plantas en contenedores constituye la principal vía para garantizar mayor calidad en las plantas y lograr mayores porcentajes de supervivencia en plantación, por lo que la política forestal de Cuba contempla en su programa de desarrollo hasta el año 2030 la producción de plantas en viveros forestales tecnificados (SEF, 2018).

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 los mismos deben reunir características físico-químicas y biológicas adecuadas encaminadas a mejorar la calidad de las plantas en condiciones de vivero y pronosticar el comportamiento y desarrollo en el campo en años posteriores (Ribeiro *et al.*, 2016).

Esto implica el conocimiento del uso de sustratos orgánicos para optimizar la producción de especies forestales en vivero con el fin de obtener plántulas de alta calidad y lograr 100 % de supervivencia en las plantaciones, y así evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo (Falcón *et al.*, 20164).

La especie *Swietenia mahagoni* L. Jacq. se encuentra entre los planes de reforestación del país y su cultivo en vivero utilizando la tecnología de tubetes, con sustratos elaborados a partir de compuestos orgánicos locales presenta pocos antecedentes investigativos. Por tal razón el objetivo de la investigación es evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en los parámetros morfológicos de la especie *S. mahagoni*, cultivada en tubetes, para su empleo en la reforestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del experimento

La investigación se realizó en el vivero tecnificado "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.

Para los ensayos se utilizaron semillas obtenidas de frutos maduros recolectadas de una masa ubicada en la ciudad de Guantánamo. Los frutos fueron procesados teniendo en cuenta los aspectos que establece para el beneficio de los mismos la Norma Cubana 318/1978. Las semillas obtenidas no fueron almacenadas, sino que se utilizaron inmediatamente después de su procesamiento.

Se siguió el curso de la germinación durante 30 días, mediante conteos diarios según está indicado en la Norma Cubana 71-04: 87. Aunque estos análisis corresponden a la calidad de la semilla, al final repercuten en la calidad de las plantas en el vivero.

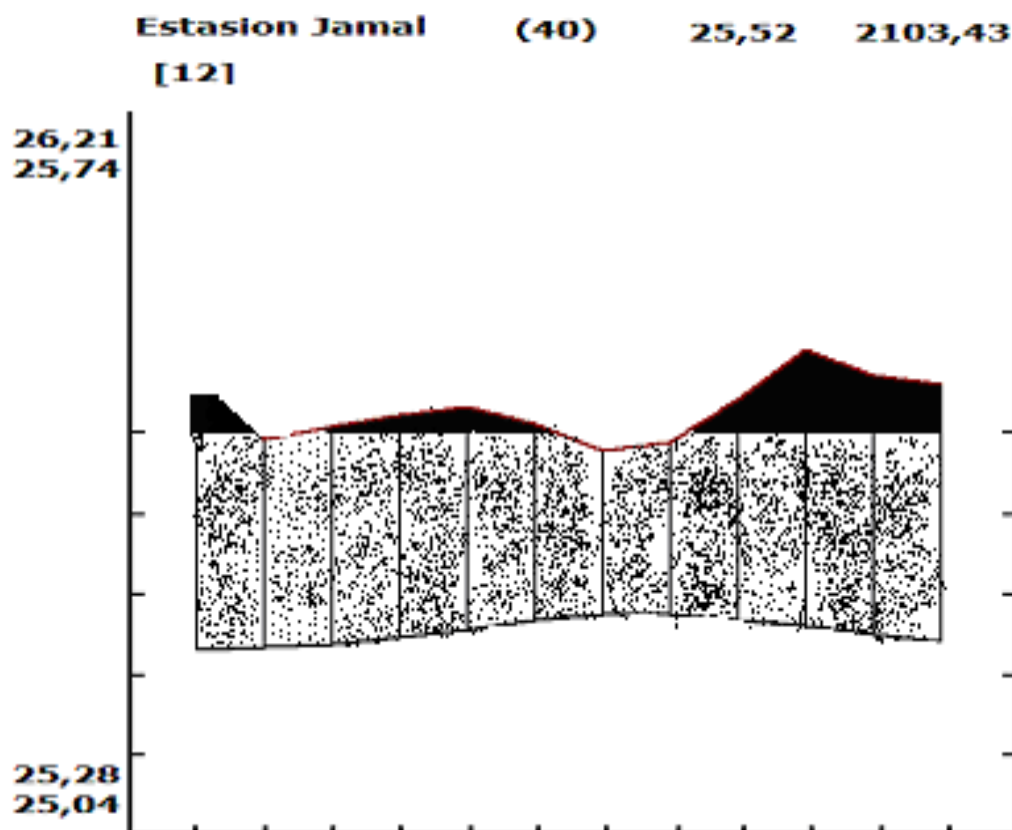


Figura 1. Características climáticas del área de estudio.

El cultivo se realizó en contenedores plásticos tipo tubetes con una capacidad de 200 cm³. Después de la siembra y hasta el primer mes el riego se efectuó de forma manual, dos veces al día. A partir del segundo mes solo se efectuó un riego diario y un mes antes de finalizar el cultivo se comenzó el proceso de endurecimiento de las plantas consistente en riego en días alternos.

Como sustratos se emplearon mezclas de cascarilla de cacao, fibra de coco, estiércol ovino y aserrín de pino compostado, en diferentes proporciones. Se empleó un diseño completamente al azar y como factor de estudio se consideraron los sustratos empleados, con cuatro niveles:

- S1: 50% de Cascarilla de cacao + 20% de Fibra de coco + 20% de estiércol ovino + 10% de aserrín de pino (Cc-50%+Fc-25%+Eo-25%+ As-10%).
- S2: 40% de Cascarilla de cacao + 25% de Fibra de coco + 25% de estiércol ovino + 10% de aserrín de pino (Cc-40%+Fc-20%+Eo-20%+ As-10%).

- S3: 30% de Cascarilla de cacao + 30% de Fibra de coco + 30% de estiércol ovino + 10% de aserrín de pino (Cc-30%+Fc-30%+Eo-30%+ As-10%).
- S4: 20% de Cascarilla de cacao + 35% de Fibra de coco + 35% de estiércol ovino + 10% de aserrín de pino (Cc-20%+Fc-35%+Eo-35%+ As-10%).

Diseño experimental

El experimento consistió en cuatro tratamientos conformados por diferentes concentraciones de cascarilla de cacao, fibra de coco, estiércol ovino y aserrín de pino, 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 200 plántulas.

Caracterización química de los sustratos

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) (NC-XX 2009), donde se determinaron: porcentaje de materia orgánica (MO) a partir del porcentaje de ceniza (Cza), carbono (C) a partir del porcentaje de carbono, nitrógeno (N) a partir del porcentaje de materia orgánica, pH por el método del potenciométrico y conductividad eléctrica (CE) por el método del conductímetro.

Caracterización de la planta en vivero

Al cabo de los 25 días de germinación se midieron los siguientes parámetros e índices morfológicos:

- La altura se comenzó a medir a partir de los 30 días. Este parámetro se midió desde el cuello de raíz hasta el extremo de la yema apical, utilizándose una regla graduada de 30 cm.
- Para la medición del diámetro del cuello de la raíz se utilizó el pie de rey, con un error de 0,05 mm.
- El número de hojas se evaluó a partir del conteo visual de unidades enteras.
- Índice de EsCPbeltez (H/DCR): Se calcula mediante la división del cociente de la altura (cm) entre el diámetro (mm).
- Índice de vigor: se determinó mediante la fórmula: $IV = \text{Log } \sum$ (de todas las variables morfológicas).

Calidad de la planta: la calidad de la planta se calculó mediante la fórmula siguiente (Panduro, 2017):

$$CP = \frac{B + 2R + 3M}{B + R + M}$$

Dónde: B: Individuos en condiciones buenas para plantas de tallo limpio sin defectos o enfermedades; R: Individuos en condiciones regulares para plantas atacadas por enfermedades o con defectos y M: Individuos en condiciones malas para plantas muertas.

La calidad de la planta se evalúa mediante el coeficiente de calidad según la escala de valores siguiente (Panduro, 2017) representa en la tabla 1:

Tabla 1. Coeficiente de calidad.

Calidad de planta	Valor (coeficiente)
Excelente (E)	1,0 a < 1,1
Buena (B)	1,1 a < 1,5
Regular (R)	1,5 a < 2,2
Mala (M)	2,2 a 3,0

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos, se utilizó el programa estadístico *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versión 23 para Windows. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza ($p < 0,05$). Cuando fueron detectadas diferencias significativas, se aplicó el test de Tukey, a un nivel de 5% de significación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando la caracterización química de los sustratos (Tabla 2) se observa que en los sustratos S1 y S2 el pH es ligeramente ácido, mientras que el S3 y el S4 es próximo a neutro.

En un estudio realizado sobre la influencia de tres sustratos orgánicos a diferentes combinaciones, en algunos parámetros morfológicos de las plantas de *Moringa oleífera* (*Acacia branca*) en viveros de contenedores, se obtuvieron resultados similares a este experimento; ya que se determinó un mayor crecimiento de esta especie en pH de 5,6 (Castillo *et al.*, 2013).

Tabla 2. Valores medios y desviación típica de la composición química de los sustratos.

Elementos	Sustratos			
	S1	S2	S3	S4
pH (H ₂ O)	6,20±0,03 ^c	6,31±0,02 ^c	6,57±0,05 ^b	6,66±0,04 ^a
MO (%)	77,2±2,75 ^a	73,78±2,15 ^b	68,96±1,48 ^c	66,66±0,49 ^c
C (%)	44,77±1,32 ^a	42,79±0,78 ^b	44,0±1,18 ^{ab}	38,66±0,88 ^c
NT (%)	3,86±0,2 ^a	3,68±0,1 ^b	3,44±0,18 ^c	3,33±0,15 ^d
CE (dS.m ⁻¹)	3,13±0,18 ^a	2,61±0,15 ^d	2,68±0,45 ^c	3,08±0,35 ^b
R C:N	11,59±0,82 ^c	11,62±0,58 ^a	11,62±0,74 ^a	11,60±0,70 ^b

pH (H₂O)- pH en agua; *MO*- materia orgánica; *C*- carbono; *NT*- nitrógeno total; *CE*- conductividad eléctrica; *RC/N*- relación carbono-nitrógeno. Valores seguidos de letras iguales no difieren para $p \leq 0,05$. Prueba de Tukey.

El contenido de materia orgánica es adecuado para cada sustrato con los mayores valores en el sustrato S1 y S2, aunque ligeramente superior en el sustrato S4, compuesto por la concentración de cascarilla de cacao al 50%. Esto estos resultados favorece al crecimiento y desarrollo de las plántulas cuando son empleadas las mejores proporciones de cascarilla de cacao, lo que demuestra la importancia de este componente orgánico 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 (Salto *et al.*, 2016).

Con relación a la conductividad eléctrica el sustrato S2 y S3 mostraron los valores más bajos y los mayores resultaron para S1 y S4. De forma general, los valores de la conductividad eléctrica se encuentran dentro del intervalo óptimo (2,0-3,5 dS.cm⁻¹) para el desarrollo vegetal (Torres *et al.*, 2010). Los cuatro sustratos son evaluados de ligeramente salinos (Salto *et al.*, 2016), pero no alcanzan los límites considerados como nocivos para plantas cuyo valor es de 3,5 dS.cm⁻¹ (Torres *et al.*, 2010).

Varios estudios han demostrado que cuando existe un exceso de minerales produciendo un efecto salino el crecimiento vegetal puede verse reducido si estos iones alcanzan niveles que limitan la disponibilidad de agua o exceden la zona óptima para un nutriente determinado, aunque su efecto puede ser corregido por lixiviación de las sales con exceso de agua (Torres *et al.*, 2010).

El contenido de nitrógeno total fue similar para ambos sustratos, aunque ligeramente superior en los sustratos S1 y S2 (Tabla 2). El contenido de nitrógeno total para ambos sustratos resultó ser adecuado por encontrarse por encima del rango mínimo de 1,0%. Se ha afirmado que el nitrógeno es el macroelemento más abundante y mejor relacionado con el crecimiento en viveros, siendo parte constituyente de muchos compuestos vitales en el desarrollo, como las clorofilas, los aminoácidos, los ácidos nucleicos, las proteínas, entre otros. En particular, este elemento constituye parte fundamental de los enzimas que reducen el carbono en el proceso de fotosíntesis a compuestos vitales de la planta como son los carbohidratos, por ello su disponibilidad podría implicar mayor producción de biomasa (Ribeiro, 2016).

Con respecto al porcentaje de germinación de la especie *S. mahagoni*, los mayores porcentajes se obtienen cuando se utilizaron los sustratos S1 y S2 (Figura 2). Esto pudiera estar dado por las características químicas como pH, materia orgánica y conductividad eléctrica. Esto concuerda con estudios realizados (Panduro, 2017) quienes encontraron que la germinación de las semillas está influenciada por las características químicas del sustrato.

Con respecto al porcentaje de germinación no hubo diferencias estadísticas significativas entre los sustratos (Tabla 3). Si se tiene en cuenta el valor medio de los porcentajes de germinación en cada uno de los sustratos, evidentemente éste ejerció una influencia positiva sobre los resultados de la germinación. Este efecto positivo se ha explicado con el aumento en la capacidad germinativa ejercida por el sustrato (Falcón, 2018).

Los valores más altos obtenidos en el sustrato S1 y S2 pudieran estar asociados a la presencia de la cascarilla de cacao que favorecen las condiciones de humedad del sustrato e incide en la germinación. Esto concuerda con estudios realizados (Sotolongo, 2017), quienes plantean que la humedad ejerce un efecto ambiental sobre el proceso de germinación de las semillas, de la misma (Sánchez y Furrázola 2018) argumentan que

factores como la humedad pueden influir marcadamente en la respuesta germinativa de la especie.

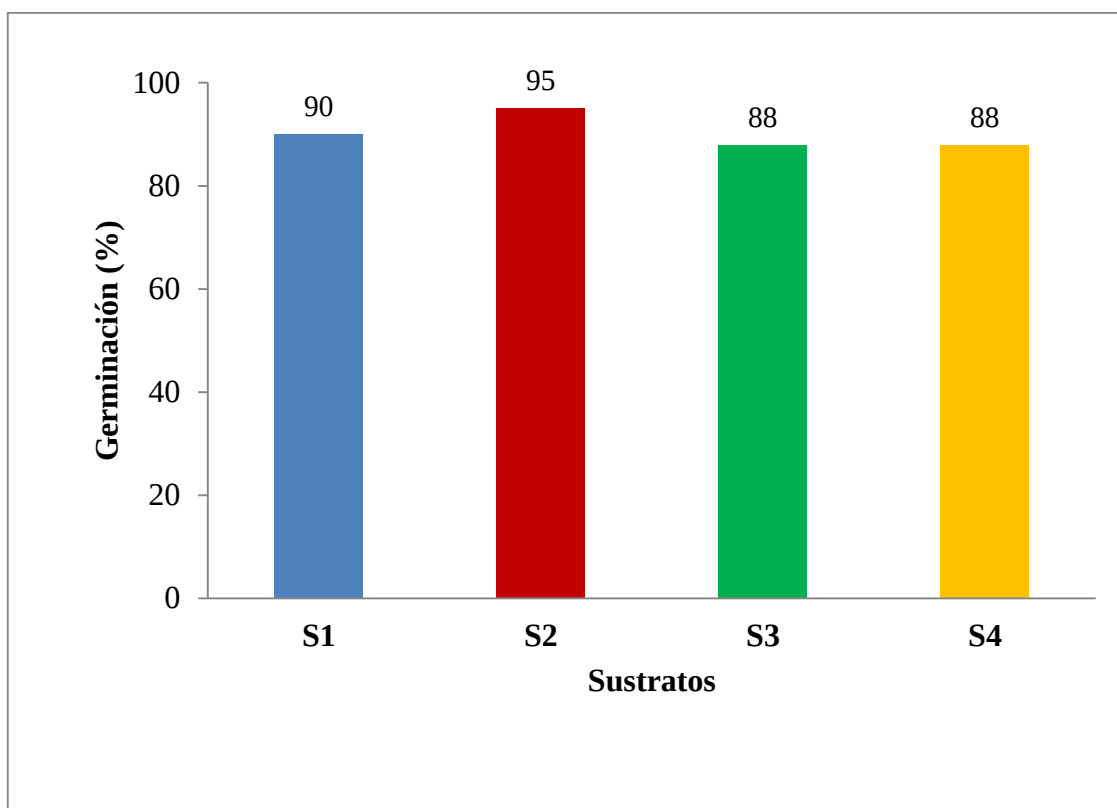


Figura 2. Porcentaje de germinación de la especie *S. mahagoni*

Al respecto en estudios recientes se reporta que las semillas recién cosechadas tienen un alto porcentaje de germinación, con más de 90% de germinación obtenidos en la especie *Swietenia mahagoni* (Falcón, 2018).

Tabla 3. Resultado de la Prueba *t* de comparación de porcentajes para la germinación.

Parámetros	Diferencias pareadas					t	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza			
				Inferior	Superior		
Germinación - Sustrato	0,425	5,672	0,4312	-0,5536	1,4136	0,922	0,242*

*Diferencias significativa para $p < 0,05$

Caracterización de la planta en vivero

En relación a los parámetros e índices morfológicos evaluados en las plantas a los tres meses de cultivadas, se observó mayor desarrollo en el sustrato S2, no obstante, desde el punto de vista estadístico (Tabla 4) no existen diferencias significativas con el sustrato S1 para las variables evaluadas altura y diámetro. Estos valores pudieran estar condicionados por un correcto y abundante suministro de nutrientes por parte de los sustratos.

Tabla 4. Valores medios y desviación típica de los parámetros e índices morfológicos.

Sustratos	H (cm)	DCR (mm)	Nº de hojas (und)	Esbeltez (H/DCR)	Índice de vigor
S1	21,20±0,38 ^a	4,97±0,08 ^a	14,25±0,18 ^a	4,27±0,18 ^b	1,70±0,05 ^b
S2	25,10±0,31 ^a	5,91±0,07 ^a	15,54±0,12 ^a	4,25±0,15 ^a	1,72±0,08 ^a
S3	20,38±0,18 ^b	4,10±0,05 ^c	13,67±0,13 ^b	4,97±0,09 ^d	1,65±0,07 ^c
S4	18,28±0,34 ^b	3,98±0,03 ^d	12,25±0,11 ^c	4,59±0,12 ^c	1,61±0,04 ^c

H- altura; *DCR-* diámetro del cuello de la raíz. Valores seguidos de letras iguales no difieren para $p \leq 0,05$. Prueba de Tukey.

Los atributos morfológicos de naturaleza cuantitativa que habitualmente son empleados en estudios científicos o en control de calidad de plantas en contenedor son la altura y el diámetro a la altura del cuello (Rueda *et al.*, 2014). Algunos autores coinciden con estos criterios y mencionan que en el momento del plantío la altura de las posturas ejerce un importante papel en la supervivencia y desarrollo en los primeros años después de plantada (Arévalo *et al.*, 2016). Sin embargo Avellán *et al.* (2015) expresan que las plantas utilizadas en la repoblación suelen ser pequeñas, aunque no debe aceptarse para cada especie plantas demasiado pequeñas ni demasiado grandes.

Al igual que la altura el diámetro mostró los mejores valores en el sustrato S2 seguido del sustrato S1 sin diferencia estadística entre ellos, pero si con los demás sustratos. Estos incrementos pudieron deberse a las mayores concentraciones de nitrógeno y materia orgánica presentes en ambos sustratos. Esto concuerda con estudios realizados por Valkinir *et al.* (2017), quienes 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.

El diámetro del cuello de la raíz es el mejor indicador del desempeño después de la plantación y, que estos resultados pueden ser utilizados para definir los grados de calidad de las posturas (Salto *et al.*, 2016). Analizando los valores de diámetro, se podría esperar que las plántulas producidas en los sustratos S1 y S2 tendrían mayor porcentaje de sobrevivencia en plantación.

El comportamiento de esta especie en cuanto al aumento del número de hojas respecto a los sustratos evaluados, fue siempre superior en el sustrato S2 seguido del sustrato S1, debido probablemente a la participación de la cascarilla de cacao, ya que estos sustratos presentan las mayores concentraciones de este abono orgánico. Además, estos dos sustratos según análisis químico, presentaron límites adecuados para la producción de plántulas en tubetes como: pH entre 6,20-6,31, materia orgánica mayor de 50% y conductividad eléctrica menor de 3,5 dS.cm⁻¹ (Tabla 2).

Con relación a la Esbeltez (H/DCR) la menor media fue obtenida en el sustrato S2, se infiere que son plantas con gran resistencia mecánica durante las operaciones de plantación o los fuertes vientos, y que por una parte el desarrollo total es grande y al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas (Santin *et al.*, 2018). También se encontró mayor índice de vigor en las plantas obtenidas en el sustrato S2.

Estos resultados se relacionan con los obtenidos en *Schinus terebinthifolius*, al obtener mayor desarrollo morfológicos y fisiológicos que determinan la calidad de la especie cultivada en diferentes sustratos orgánicos utilizando la tecnología de producción de plantas en tubetes (Cabreira *et al.*, 2017).

La evaluación de la calidad de las plántulas de *S. mahagoni* al final del experimento en cada uno de los sustratos, permitió obtener los resultados que se presentan en Tabla V. En los sustratos S1 y S2 se observaron la mayor cantidad de individuos (40) con calidad buena, que representan el 62,50%, el 29,17% de regular y solo el 8,33% de mala. El experimento presentó calidad de planta buena al final del ensayo, independientemente de la composición de los sustratos. No obstante, los sustratos: S1, S2 y S3 son clasificados según coeficiente de interpretación de buena, y regular para las plantas del sustrato S4.

La utilización de sustratos orgánicos permite que las plantas aceleren los procesos fisiológicos, con el aumento de los nutrientes disponibles, los cuáles pueden ser asimilados por las plantas, coincidiendo con varios autores (Salto *et al.*, 2017, Valkinir *et al.*, 2017,

Abanto *et al.*, 2016) al plantear que el sustrato repercute en la morfología y fisiología del sistema radicular y parte aérea, y por tanto en la calidad de la planta.

Comportamientos similares, se obtuvieron en plántulas de *Hibiscus elatus* (Sw.) aplicando sustratos orgánicos acondicionado con biocarbon en diferentes parámetros morfológicos que influyen en la calidad de la planta (Alonso *et al.*, 2015).

Tabla 5. Calidad de las plántulas de *S. mahagoni* por sustrato.

Sustratos	Calidad de las plantas			Coeficiente (CP)	Interpretación
	Buena	Regular	Mala		
S1	19	9	2	1,43	Buena
S2	21	7	2	1,37	Buena
S3	18	9	3	1,50	Buena
S4	17	10	3	1,52	Regular

La comparación de los parámetros e índices morfológicos fue hecha mediante la correlación de Pearson para obtener los parámetros que más se relacionan e influyen en la calidad de las plántulas (Tabla 6). La correlación más fuerte ($>0,90$) se presenta entre la altura (H) y la Esbeltez (H/DCR). Otras correlaciones fuertes presentan el índice de vigor (IV) con la altura de la planta (H) y la calidad de la planta (CP).

Tabla 6. Correlación de parámetros morfológicos en la especie *S. mahagoni*.

	Altura	Diámetro del cuello de la raíz	Número de hojas	Esbeltez	Calidad de la planta
Altura	1				
Diámetro del cuello de la raíz	0,712(**)	1			
Número de hojas	0,742(**)	0,705(**)	1		
Esbeltez	0,999(**)	-0,141	0,505(**)	1	
Calidad de la planta	-0,314(**)	-0,262(**)	-0,423(**)	-0,123	1
Índice de vigor	0,944(**)	0,731(**)	0,769(**)	0,477(**)	0,993(**)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Del análisis anterior se infiere que los parámetros con correlaciones positivas y cercanas a uno son predictores de la calidad en vivero, lo que quiere decir que cuando aumenta una

variable la otra también aumentará, por tanto, no deben dejar de ser estudiadas, ya que son las que más influyen en la morfología de la planta.

Estos resultados se relacionan con los obtenidos en la especie *Moringa oleífera* producida en vivero, al obtener una fuerte correlación entre el índice de Dickson (ICD) y el diámetro del cuello de la raíz (DCR) con 0,958** (Cabreira et al., 2017).

CONCLUSIONES

Las mejores propiedades químicas en el sustrato S1 (Cc-50%+Fc-25%+Eo-25%+ As-10%) y S2 (Cc-40%+Fc-20%+Eo-20%+ As-10%) indican que son los sustratos potenciales para su uso en tubetes.

Las plantas alcanzaron valores representativos de buena calidad, índice de esbeltez y de vigor en el sustrato S2. En cuanto a la altura, diámetro y número de hojas, no existen diferencias significativas entre los sustratos S1 y S2.

RECOMENDACIONES

Utilizar el el sustrato S1 (Cc-50%+Fc-25%+Eo-25%+ As-10%) y S2 (Cc-40%+Fc-20%+Eo-20%+ As-10%) en el cultivo en tubetes de la especie *Swietenia mahagoni*, siempre que las condiciones lo permitan.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABANTO C.; D GARCÍA.; W. GUERRA; H.MURGA; G. SALDAÑA; D. VÁZQUEZ Y TADASHI R. Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) [en línea]. Scientia Agropecuaria vol. 7 no.3 (septiembre 2016). Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>. [Consulta 27 de noviembre 2019]
2. ALONSO M.R.; ARTEAGA Y.; GEADA G.; GARCÍA Y.; CARBALLO L.; CASTILLO, I. Características de sustratos orgánicos acondicionados con biocarbón. Influencia en la calidad de plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell cultivada en tubetes [en línea]. Revista Cubana de Ciencias Forestales vol.3 no.1 (junio 2015). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5223172>. [Consulta 27 de noviembre 2019]
3. AREVALO M. ; OBERPAUR C.; MENDEZ C. Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para

- almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*) [en línea]. Idesia (Chile) vol. 34 no.2 (abril 2016). Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000007>. [Consulta 27 de noviembre 2020]
4. AVELLAN M.J. ; MURILLO R. ; ALVARADO A.; ÁVILA C. Variación del contenido foliar de nutrimentos de *Gmelina arborea* en los cantones de Osa, Golfito y Corredores, Costa Rica [en línea]. Revista de Ciencias Ambientales vol. 49 no.1(junio 2015). Disponible en: <https://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>. [Consulta 27 de marzo 2020]
 5. CABREIRA G.V. ; LELES P.S. DOS S.; ARAUJO E.J.G.; SILVA E.V. DA ; LISBOA A.C.; LOPES L.N. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes [en línea]. Scientia Agraria vol.18 no. 2 (junio 2017) Disponible en: <https://Doi:10.5380/rsa.v18i2.50494>. [Consulta 2 de marzo 2021]
 6. CASTILLO I.C.; VALDES M.A.; MELENDEZ M.; APAULAZA A. Influencia de tres sustratos orgánicos en algunos parámetros morfológicos de la planta *Moringa oleífera* (Acacia blanca) obtenida en viveros de contenedores [en línea]. Revista Cubana de Ciencias Forestales vol. 1 no. 1 (junio 2013). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5223146>. [Consulta 2 de noviembre 2020]
 7. FALCON E.; RODRIGUEZ O.; RODRIGUEZ Y. Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua) [en línea]. Cultivos Tropicales vol. 36 no. 4 (diciembre 2015). Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu>. [Consulta 2 de marzo 2020]
 8. FALCÓN OCONOR, E. Influencia del sustrato en los atributos morfofisiológicos de la especie *Swietenia mahagoni* L. Jacq. cultivada en tubetes. Guantánamo. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Forestales)- Universidad de Guantánamo. 2018. 71 p.
 9. GUZMAN J.M. Sustratos y tecnología de almácigo. In: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2003. p. 25.
 10. PANDURO M.E. Manejo de regeneración natural, en vivero, de *Virola elongata* (Benth) Warb. “cumala blanca”, utilizando sustratos orgánicos. 2017. 58 p.

11. RIBEIRO L.V.; APARECIDA DE SOUZA P.; SANTOS D.; BEZERRA DA SILVA P.; SOUSA K. Avaliação do crescimento e desenvolvimento de *Toona ciliata* Var. Australia, em diferentes substratos e recipientes [en línea]. Enciclopédia Biosfera vol. 13 no. 23 (junio 2016). Disponible en: http://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_015. [Consulta 12 de noviembre 2020]
12. RUEDA A.; OROZCO G.; BENAVIDES J.; SAENZ J.; MUÑOZ H.; PRIETO J.Á. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit [en línea]. Revista Mexicana de Ciencias Forestales vol. 5 no. 22 (junio 2014). Disponible en: <http://doi:10.29298/rmcf.v9i47.1632014>. [Consulta 12 de noviembre 2020]
13. SALTO C.S.; HARRAND L.; OBERSCHELP G.P.; EWENS M. Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero [en línea]. Bosque vol. 37 no. 3 (junio 2016). Disponible en: <http://doi:10.4067/S0717-92002016000300010> (Consulta 12 de noviembre 2020)
14. SÁNCHEZ J.A.; FURRAZOLA E.F. Ecotecnología para la restauración ecológica: los tratamientos de semillas y las micorrizas. 1st ed. La Habana, Cuba: Sello Editorial Academia. 2018. 150 p.
15. SANTIN M.; MALUCHE C.R.; SALENGUE L.; KRAFT E.; OGLIARI A.J. Crescimento de mudas de canafístula com o uso de adubação biológica e bioestimulante em diferentes substratos [en línea]. Enciclopedia Biosfera vol. 15 no. 27 (junio 2018). Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/>. (Consulta 12 de noviembre 2020)
16. SEF (Servicio Estatal Forestal). Dinámica Forestal. Guantánamo, Cuba. Ministerio de la Agricultura. 2018.150 p.
17. SOTOLONGO A.R. ; GEADA G.; COBAS M. Fomento forestal. 2st ed. La Habana. Cuba: Editorial Félix Varela. 2017. 233 p.
18. TAIZ L.; ZEIGER E. Fisiología vegetal. 1st ed. Los Ángeles. Estados Unidos de América: Universidad de California. 2006. 88 p.
19. TORRES A.P.; CAMBERATO D.; LÓPEZ R.G.; MICKELBART M. Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos [en línea]. Purdue Extension HO-237-SW. West Lafayette, USA. Purdue University 2010. 6p. Disponible en: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>. (Consulta 12 de noviembre 2020)

20. VALKINIR G.; DOS SANTOS P.S.; GOMES E.J.; VINICIUS D.A.; SILVA E.; CANABRAVA A.; NUNES L. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes [en línea]. Scientia Agraria vol. 18 no. 2 (junio 2017). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99551919004>. (Consulta 12 de noviembre 2020)