

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DISCRIMINANTE EN LA DIFERENCIACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE *TALIPARITI ELATUM* ((SW) FRIXELL)

APPLICATION OF DISCRIMINANT ANALYSIS IN DIFFERENTIATION OF SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF PLANTLETS *TALIPARITI ELATUM* (SW) FRIXELL

M.Sc. MARILYN ALONSO-LÓPEZ, DRA. GRETTEL GEADA-LÓPEZ, DR. YASIEL ARTEAGA-CRESPO Y DR. YUDEL GARCÍA-QUINTANA

Universidad de Pinar del Río. Facultad de Forestal y Agronomía. Calle Martí 270, C.P. 20100, marilyn73@af.upr.edu.cu, teléf.: 53-048728619

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo mostrar la utilización de un método multivariado en la selección del sustrato adecuado para la producción de plántulas de *Talipariti elatum*, constituidos cachaza, turba y biocarbón, así como mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón a partir de la evaluación de las variables morfométricas: altura, diámetro del cuello de la raíz, peso seco aéreo, peso seco de la raíz principal y peso seco de las raíces finas. El análisis de discriminante resultó ser una herramienta estadística factible para diferenciar los diferentes sustratos. Con tres funciones discriminantes se logró explicar la variación. La primera función discriminante explicó el 96,6% de la variación presente entre los datos, y la variable altura es la más correlacionada con esta. La menor altura correspondió al sustrato biocarbón que pudiera estar relacionado con menores contenidos de nitrógeno en relación con los restantes tratamientos.

Palabras claves: *Talipariti elatum*, análisis discriminante, sustrato.

INTRODUCCIÓN

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.

ABSTRACT

The aim of the study was to show the utilization of multivariate analysis to select the suitable substrate for production of Talipariti elatum plantlets, consisting in sugarcane straw, peat, and biochar as well as combinations of sugarcane straw-biochar, peat-biochar from morphometric variable as height, diameter at root collar, stem dry weight, main and secondary roots dry weight. The discriminant analysis result to be an appropriate statistical tool to differentiate substrates, throughout three discriminant functions was possible to explain the whole variation. The first discriminant function explained 96,6% of the variation and the height was the most correlated variable in this function. The lower height was found in substrate biochar that could be related to lower nitrogen content relative to the other substrate.

Key words: *Talipariti elatum*, discriminant analysis, substrates.

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 en viveros bajo tecnología de tubetes no ha sido evaluado, así como los efectos del mismo en parámetros morfológicos

y fisiológicos en plántulas forestales. En este ámbito la política forestal de Cuba contempla en su programa de desarrollo hasta 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.

Los sustratos están compuestos, generalmente, en diferentes proporciones por una mezcla de dos o más materiales con el objetivo de complementar propiedades adecuadas para el crecimiento vegetal que no poseen en forma independiente [Gallardo, 2003]. La combinación y proporción de los materiales del sustrato debe ser cuidadosamente estudiada, según los requerimientos de cada especie, pues el volumen limitado de los contenedores exige óptimas propiedades físicas y químicas para el crecimiento [Landis *et al.*, 1990; Gerding *et al.*, 1996; Lavado, 2000].

El empleo de técnicas multivariantes ha sido aplicable a muy diversas áreas del conocimien-

to. En este sentido, el análisis discriminante permite encontrar la combinación lineal de las variables independientes que mejor permiten diferenciar (discriminar) a los grupos. Se trata de una técnica de análisis capaz de aprovechar las relaciones existentes entre una gran cantidad de variables independientes para maximizar la capacidad de discriminación [Hair *et al.*, 1999]. El objetivo del presente trabajo consistió en aplicar una técnica multivariante para la diferenciación de sustratos a partir de variables morfométricas de *Talipariti elatum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron diferentes sustratos: chachaza, turba y biocarbón, y además se emplearon mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón (4:1; 1:1; 1:4) en la producción de plántulas de *Talipariti elatum*, para un total de nueve tratamientos con 30 réplicas bajo un diseño completamente aleatorio, empleando tubetes plásticos de 90 cm³ de capacidad. 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

Los análisis químicos de los sustratos para la determinación del porcentaje de materia orgánica, potasio, calcio, sodio y nitrógeno total fueron realizados en el laboratorio provincial de suelos del Ministerio de la Agricultura en Pinar del Río, a partir de las normas cubanas (NC) para este tipo de análisis (NC-XX 2009).

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 posturas a los 84 días posteriores a la siembra.

La altura se midió desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la yema apical, utilizándose una regla graduada de 0,1 mm de precisión. Para la medición del diámetro del cuello de la raíz se utilizó un pie de rey, con una precisión de 0,002 mm. El peso seco aéreo y de las raíces se determinó una vez colocadas las muestras en la estufa a 60 °C hasta obtener masa constante, utilizando balanza analítica Sartorius AG GOTTINGEN SP61S con 0,0001 g de precisión.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows. Se realizó una prueba de comparación de medias (ANOVA) y a posteriori se realizó una prueba de Duncan para un 95 % de probabilidad, para la comparación de la composición química entre los sustratos.

Además, para la selección del mejor sustrato se empleó una técnica multivariante de análisis discriminante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2* se muestra las características químicas de los sustratos orgánicos empleados. En la mayoría de las determinaciones químicas las combinaciones con biocarbón-turba y biocarbón-cachaza semejan en contenidos a los sustratos de turba y cachaza. El sustrato de biocarbón presentó contenidos diferentes a los restantes, los cuales fueron en su mayoría los más bajos para los elementos y sus propiedades.

TABLA 2

Promedio y desviación típica de la composición química de los sustratos utilizados

Sustrato	PH	CE(S/cm)	MO (%)	K ⁺ (%)	Ca ²⁺ (%)	Na ⁺ (%)	N (%)
BC	6,81 ^a ± 0,11	0,34 ^e ± 0,01	95,47 ^a ± 1,18	0,07 ^b ± 0,00	0,64 ^f ± 0,14	0,32 ^a ± 0,41	1,64 ^f ± 0,03
T	5,61 ^c ± 0,32	2,15 ^{ab} ± 0,21	40,03 ^f ± 4,28	0,06 ^b ± 0,02	1,81 ^{de} ± 0,46	0,04 ^b ± 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 ^b ± 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 ^{ede} ± 0,74	0,08 ^b ± 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 ^b ± 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 ^b ± 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 ^b ± 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 ^b ± 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 ^b ± 0,00	2,40 ^c ± 0,04

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$. Prueba de comparación de medias de Duncan.

Como puede observarse en la *Tabla 3*, con tres funciones canónicas se explica la variación con autovalores muy diferentes. La primera función explica

el 96,6 % de la variabilidad presente entre los datos con una correlación canónica mayor, mientras que la segunda función solo explica el 3,3 %.

TABLA 3

Estadísticos descriptivos del análisis discriminante

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	184,222	96,6	96,6	0,997
2	6,310	3,3	99,9	0,929
3	0,137	0,1	100,0	0,347

La Lambda de Wilks (*Tabla 4*) contrasta de manera jerárquica la significación de las tres funciones obtenidas. En la primera línea (1 a la 3) se comprueba la hipótesis nula de que el modelo completo (las tres funciones discriminantes tomadas juntas) no permite distinguir los grupos, puesto que el valor del estadístico la Lambda de Wilks tiene asociado un nivel crítico

(sig. 0,000) menor que 0,05 y revela que existe una gran diferencia entre los grupos. En la segunda línea (2 a la 3) se contrasta si las medias de los grupos son iguales en la segunda función discriminante. En este caso el nivel crítico de Lambda de Wilks es menor que 0,05, por lo que se puede concluir que la segunda función permite discriminar al menos entre dos grupos.

TABLA 4
Significación de las tres funciones obtenidas

<i>Contraste de las funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>Chi-cuadrado</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
1 a la 3	0,001	410,970	24	0,000
2 a la 3	0,120	118,563	14	0,000
3	0,880	7,168	6	0,306

En la *Tabla 5* se muestra la ubicación de los centroides en cada una de las funciones discriminantes.

La primera función distingue fundamentalmente los grupos T80, C, C20, C50 y C80 (cuyos centroides están ubicados en la parte positiva) de los otros cuatro grupos (cuyos centroides están ubicados en la parte negativa): BC, T20, T50 y T.

En la segunda función los centroides de los grupos BC, T80, C, C80 y C50 se sitúan en la parte positiva, y el grupo T20, T50 y T en la negativa, y C20 queda en la parte central.

Dado que la primera función ha conseguido explicar el máximo de diferencias entre los grupos T80, C, C20, C50 y C80 y el resto, la segunda función discrimina entre los grupos que quedaron más próximos en la primera función.

TABLA 5
Valores de los centroides en las funciones discriminantes

<i>Sustrato</i>	<i>Función</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
BC	-26,447	3,827	-0,222
T20	-11,569	-2,894	0,602
T50	-5,296	-4,383	-0,637
T	-2,263	-1,133	0,089
T80	1,790	1,022	0,057
C	5,198	1,296	0,206
C20	8,542	0,081	0,293
C50	14,701	1,233	-0,297
C80	15,343	0,950	-0,090

La matriz de coeficientes estandarizados es mostrada en la *Tabla 6*, que contiene tres columnas, una para cada función discriminante. La variable de mayor poder de discriminación en la primera función es la altura, la cual tiene mayor correlación canónica. Al tener los sustratos T80, C, C20, C50 y C80 los centroides positivos para la primera función se puede plantear que las plántulas de mayor altura corresponden a estos sustratos.

La segunda función atribuye la mayor ponderación al peso seco de las raíces finas. Puesto que los centroides de BC, T80, C, C20, C50 y C80 son positivos, y los de T20, T50 y T son negativos, se puede interpretar que las plántulas con mayor peso seco de la raíces finas pertenecen a BC, T80, C, C20, C50 y C80, y los de menor a T20, T50 y T.

TABLA 6
Coefficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas

	<i>Función</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Altura	0,947	-0,255	-0,267
Peso seco raíz principal	0,245	-0,700	0,832
Peso seco raíces finas	0,321	1,036	0,175

La matriz de estructura (Tabla 7) ofrece los coeficientes de correlación entre las variables independientes y las puntuaciones discriminantes de cada función.

El coeficiente más alto de cada variable aparece marcado con un asterisco que indica cuál es la función con la que más correlaciona esa variable.

TABLA 7
Matriz de estructura

	Función		
	1	2	3
Altura	0,881*	-0,200	-0,429
Peso seco raíces finas	0,357	0,764*	0,538
Peso seco aéreo ^a	0,133	0,133*	-0,048
Peso seco raíz principal	0,208	-0,225	0,952*
Diámetro ^a	0,141	0,094	-0,220*

Correlaciones intragrupos combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas.

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

* Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

^a Esta variable no se emplea en el análisis.

Cada sustrato resulta ser discriminado (Fig. 1), con excepción del sustrato C80 y C50, que tienen similar comportamiento en las varia-

bles evaluadas, por lo que de nueve sustratos iniciales el análisis logra discriminar solo ocho.

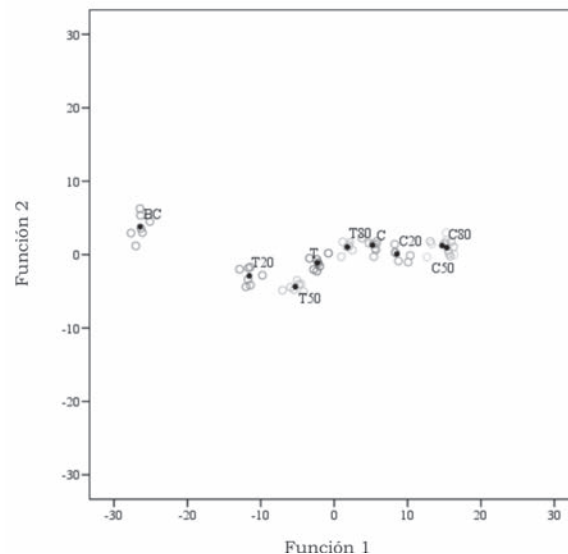


Figura 1. Diagrama de dispersión de los nueve grupos (sustratos) en las dos funciones discriminantes.

Frecuentemente los análisis estadísticos empleados para la evaluación y selección de sustratos se realizan a partir de variables morfomé-

tricas en plantas producidas en contenedores o bolsas; consisten en análisis de la varianza simple para cada una de las variables que se

evalúan, lo que en muchos casos no indica de manera clara la diferenciación de los mismos y la selección debido a las limitaciones del método de análisis. En un estudio realizado por Zumkeller *et al.* (2009) para la producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero se encontró que no todas las mejores características de las variables métricas analizadas correspondían al mismo sustrato, lo cual pudiera dificultar la selección del más adecuado. De igual forma Chirino *et al.* (2008) realizaron un análisis de varianza para las características morfológicas de *Quercus suber* L. en dos tipos de contenedores, encontrándose que algunas de las variables resultaron mejores para un tipo y otras en el otro, por lo que tampoco se puede concluir si se puede o no diferenciar los envases a partir de las variables medidas.

El estudio muestra que el empleo del análisis discriminante permite a partir de la combinación lineal de las variables morfométricas independientes encontrar una función discriminante para la diferenciación de los sustratos (grupos), y además facilita el reconocimiento de la o las variable (s) que mayor aporte a la discriminación tiene a partir de los coeficientes de correlación, y sobre la cual podría de manera simplificada dirigirse la atención en la selección del sustrato en los viveros. Asimismo, la variable altura puede ser propuesta como variable predictor para la selección del sustrato más adecuado.

La *Fig. 1* muestra que los mejores sustratos correspondieron ser el C50 y C80, que no tuvieron diferencias entre ellos, y el menos adecuado el BC, lo cual parece indicar la influencia del biocarbón como acondicionador de sustrato.

Los resultados expuestos en la *Tabla 1* muestran que con relación a los valores de pH se forman tres grupos con diferencias estadísticamente significativas, pero de acuerdo con el MINAG (1984), solo hay dos tipos: uno que agrupa los sustratos BC, C, C20, C50 y C80 evaluados como próximo a neutro, y otro constituido por T, T20, T50 y T80 como ligeramente ácido, y a la vez ambos se consideran no limitantes para el desarrollo vegetal. Taíz y Zeiger (2006) refieren que valores entre 5,5-6,5 incrementan la disponibilidad de elementos nutricionales. A su vez las especies forestales toleran un intervalo

relativamente amplio de valores de pH [Landis *et al.*, 2000]. Además, Guzmán (2003) expone que en los contenedores las plántulas son muy sensibles a las alteraciones de pH debido al lento desarrollo inicial, e indicaron un intervalo de pH óptimo entre 5,3 y 6,5. De hecho, en cualquiera de los sustratos el pH se encuentra entre los intervalos reportados y comúnmente evaluados como óptimos para la producción de posturas en contenedores en viveros forestales, lo cual sugiere que en estos se favorecen la disponibilidad de nutrientes.

La conductividad eléctrica es un parámetro muy relacionado con el contenido de sales disueltas. Los valores se encuentra dentro del intervalo óptimo recomendado por Noguera *et al.* (2003) para el desarrollo vegetal, conforme a MINAG (1984). La mayoría de los sustratos son evaluados no salinos, exceptuando C y T que son ligeramente salinos, pero no alcanzan los límites considerados por Warncke y Krauskopf (1983) como nocivos para plantas, cuyo valor es de 3,5 S/cm. Al respecto, cuando hay un exceso de minerales produciendo de 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, lo cual no resulta apreciable en nuestro caso, aunque su efecto puede ser corregido por lixiviación de las sales con exceso de agua [Ansorena, 1994].

La materia orgánica es un componente activo del sustrato, contribuyendo la mejora de la estructura del espacio poroso, disminuye la densidad e incrementa la humedad, lo que trae consigo una mejor permeabilidad del sustrato [Fuentes y Oropeza, 1996]. En nuestro estudio los contenidos de materia orgánica son variables, encontrándose que el BC presenta un elevado porcentaje debido a la naturaleza química propia del sustrato. Conforme a nuestra evaluación existen diferencias estadísticamente entre los cuatro grupos donde el menor porcentaje correspondió a la T.

Con relación al contenido de elementos minerales esenciales para la planta, los bajos contenidos de nitrógeno pueden explicar el menor crecimiento de plántulas de *T. elatum* en el sustrato BC, principalmente en altura, que resultó además ser la variable de mayor peso en la primera función discriminante para

la diferenciación de los sustratos. Margolis y Brand (1990) reportan 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.

CONCLUSIONES

- El análisis de discriminante resulta ser una herramienta que permite la selección de los sustratos mejores, así como la determinación de la variable altura como predictor en esta selección la producción de plántulas de *T. elatum* en contenedores.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSORENA, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. España. Ediciones Mundi-Prensa. 172 p.
- CABALLERO, J. A. ET AL. 1997. Characterization of sewage sludges by primary and secondary pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* (NL). Elsevier B.V. p.40-41, 433-450.
- CHIRINO E. ET AL. 2008. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management* (NL). Elsevier B.V. p. 256, 779-785.
- CONTARDI, L. 1999. Medición de plantines. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). V 5(4) p. 11-12. Argentina
- DÉBORA ZUMKELLER, S. D. ET AL. 2006. Producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. *Bosque* (CL) 27(3): 267-271.
- FUENTES, M. Y., OROPEZA, J. 1996. Evaluación preliminar del comportamiento de algunos materiales orgánicos como sustratos para la siembra de *Eucalyptus urophylla*. Segundo Taller Internacional Biomasa Vegetal. Bioforest, Pinar del Río. Cuba. 23 p.
- GALLARDO, C. 2003. Materiales comúnmente utilizados en la formulación de sustratos. *In* Actas Jornada Técnica: Introducción al uso de sustratos en la producción comercial de plantines de viveros. EEA INTA, Concordia, Entre Ríos: 5-12.
- GERDING V., HERMOSILLA, M. E., GREZ, R. 1996. Sustratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubligena* Lindl. Y *Eucryphia cordifolia* Cav. *Bosque* (CL) 17(2): 57-64.
- GREEN, T. H., MITCHELL, R. J. 1992. Effects of nitrogen on the response of loblolly pine to waterstress. I. Photosynthesis and stomatal conductance. *New Phytl* (GB) (122): 627-633.
- GUZMÁN, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. *In*: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCR-CYTED. San José, Costa Rica.
- HAIR J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM R. L., BLACK, W. C. 1999. *Análisis multivariante*. Madrid. Prentice Hall Iberia. 832 p.
- KOCH J. AND W. KAMINSKY 1993. Pyrolysis of a Refinery Sewage Sludge, Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochem. 46, 323.
- LANDIS, T. ET AL., 1990. The container tree nursery manual. Handbook 674. Washington, DC. USDA, Forest Service. 85 p.
- LANDIS, T. ET AL. 2000. Manual de vivero para la producción de especies forestales en contenedores. Vol. 2. Contenedores y medios de crecimiento. Handbook 674. 126 p.
- LAVADO, R. 2000. Aguas y sustratos para la producción ornamental. Origen, propiedades, manejo, influencia sobre los cultivos y determinaciones. Argentina. *New Plant*. 109 p.
- MARGOLIS, M. A., BRAND, D. G. 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Journal of Forest Research* (CA) 20(4): 375-390.
- MEXAL, J. G., LANDIS, T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. *In* Target seedling symposium: proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. Roseburg, Oregón. USDA, Forest Service. 286 p.
- MINAG. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y orológicos de los suelos cubanos. 73 p.
- NC-XX 2009. Norma Cubana. Humus de lombriz. Determinación de pH, Conductividad eléctrica, cloruro y sodio solubles.
- NOGUERA, P. ET AL. 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* (US) 34:593-605.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. 2006. *Fisiología vegetal*. Volumen II. U.S.A. Universidad de California en Los Ángeles. p. 1130.
- WARNCKE, D. D., KRAUSKOPF, D. M. 1983. Greenhouse growth media: testing and nutrition guidelines. Cooperative Extension Service. *Extension Bulletin E-1736*. Michigan State University. 6 p.
- YAMATO, M. ET AL. 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* (GB) 52 (4): 489-495.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Marilyn Rogelia Alonso López

Profesora de la Universidad de Pinar del Río, este estudio forma parte de su formación de Maestría. Se ha dedicado a estudiar las características de los distintos sustratos y calidad de posturas en viveros forestales. Esto le valió para ser seleccionada como la mejor tesis de maestría. Alcanzó Premio en el XVII Forum de Ciencia y Técnica 2013 con el trabajo titulado «Efecto del biocarbón en las propiedades físicas de diferentes sustratos orgánicos». Obtuvo además el premio de la academia provincial en 2014 sobre la caracterización de sustratos acondicionados con biocarbón.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

Silvicultura

- Evaluación de proyectos o de áreas establecidas para la protección de cuencas hidrográficas.
- Evaluación de proyecto o áreas establecidas para sistemas agroforestales.

Protección y genética forestal

- Fenología forestal.
- Estudio sobre las causas, métodos y protección contra incendios forestales.
- Metodología para la creación de fincas especializadas en la producción de semillas mejoradas.

Tecnología y aprovechamiento de la madera

- Propiedades físico-mecánicas de la madera y definición de usos.
- Identificación de especies maderables.
- Conservación de la madera por métodos físico-químicos.
- Caracterización química elemental de la madera.
- Caracterización y recomendaciones de usos de especies maderables.