

DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *EUCALYPTUS SALIGNA* SMITH OBTENIDAS EN SUSTRATOS DE COMPOST DE CORTEZA DE *EUCALYPTUS* SP.

DYNAMICS OF THE GROWING OF *EUCALYPTUS SALIGNA* SMITH PLANTS, OBTAINED FROM COMPOST EARTH COMPOST FROM THE *EUCALYPTUS* COVER

M.Sc. María Elena Fuego-Vergara, Dra. Noarys Pérez-Díaz, Dra. Iris de la Caridad Castillo-Martínez, Dr. José M. Pérez-Meléndez, Dr. José Ángel Véliz-Gutiérrez y M.Sc. Ilya García-Corona

Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, C. P. 20100, Cuba, elenita@af.upr.edu.cu

RESUMEN

Mejorar la calidad de la planta en condiciones de vivero que permita un adecuado comportamiento y desarrollo en la plantación es un aspecto de gran interés para el productor de plantas. En este trabajo se estudia la dinámica de crecimiento de la especie Eucalyptus saligna Smith en la etapa de vivero-plantación, con plantas obtenidas en cuatro sustratos. Los resultados muestran una respuesta positiva de las plantas de Eucalyptus saligna Smith obtenidas en vivero en la plantación, y que las plantas desarrolladas en el sustrato 6E mantienen una mejor dinámica de crecimiento. El estudio de diferentes modelos matemáticos permite establecer una ecuación cúbica que describe el comportamiento del crecimiento en esta planta.

Palabras claves: *Eucalyptus*, corteza, compost, viveros forestales, crecimiento

ABSTRACT

An aspect of great importance to take into account by the plant grower is to increase the plant quality in the nursery conditions that allows an adequate behaviour and a plantation development. In this paper it is studied the Eucalyptus saligna Smith specie growing in the stage nursery-plantation with plants obtained in four substratum. The sowing is carried out in container nursery in shading. The results show a positive answer from the Eucalyptus saligna Smith plant obtained in the nursery. The plants developed in the 6E substratum showed a better growing dynamic. The study of different mathematical models allows establishing a cubic equation which describes the growing behaviour of this plant.

Key words: *Eucalyptus*, bark, substratum, composts, forest nurseries, growth

INTRODUCCIÓN

El éxito de una plantación forestal, desde el punto de vista de su crecimiento, depende de muchos factores, como la calidad de las plantas, la preparación del sitio, la técnica de plantación, los cuidados culturales y el sitio. Todos ellos son importantes para el crecimiento de los árboles, y deben considerarse en su conjunto.

Existen datos estadísticos generales que proporcionan las tasas relativas de planta-

ción de árboles en distintas zonas del mundo. Las plantaciones más importantes con especies de rápido crecimiento son en Brasil con 700 000 ha, en Argentina, Chile y el Pacífico con 750 000 ha. Cuba sorprende, ya que con solo 10 982 000 ha de superficie total, tiene un área de 350 000 ha de plantaciones. El 25% de ellas son de especies de coníferas. De *Eucalyptus* se tiene aproxima-

damente 1,3 millones de ha, y de *Tectona grandis* un millón de ha [Semarnat/Conafor, 2001].

La madera de *Eucalyptus* en Cuba actualmente tiene diversos usos, como material de construcción, en la producción de cujes de tabaco y para postes de electricidad. Estas aplicaciones se incrementarán en los próximos años con la ejecución del programa de desarrollo económico forestal, donde se prevé la explotación de esta madera para la elaboración de tableros, madera aserrada y madera para astillas, entre otras [Díaz Duque, 2006]. Para tales fines la provincia posee actualmente un total de 19 586 19 ha de eucalipto y una planta procesadora Creosota, ubicada en el municipio de Guane, que actualmente procesa 15 000 m³. De acuerdo con el número de hectáreas plantadas, hay aproximadamente un volumen de 2 448 273 m³ de corteza [Herrero *et al.*, 2004].

Resulta esencial que cada país establezca un proceso de desarrollo y aplicación de modelos de gestión forestal sustentable, que combine objetivos de producción y socioeconómicos de las comunidades locales dependientes de los bosques, que tengan un enfoque a nivel de ecosistema y estén destinados a asegurar su calidad, por lo que el aprovechamiento del compost de residuos forestales como sustrato de cultivo supondría un claro ejemplo de sistema integral, rentable y ecológico, ya que la generación del residuo, la producción de compost y su consumo coexistirían en una misma zona [Pérez, 2007].

Teniendo en cuenta que la calidad de los sustratos es un factor importante para el cultivo con éxito de las plantas en contenedores, se comienza a trabajar en la búsqueda de sustratos económicos que reúnan las características fisicoquímicas y biológicas adecuadas, encaminados a mejorar la calidad de las plantas en condiciones de vivero, y pronosticar el comportamiento y desarrollo en el campo en años posteriores, ya que la calidad de una planta forestal se demuestra finalmente en el monte. Por lo tanto, este estudio evalúa la dinámica de crecimiento de plantas de *Eucalyptus saligna* Smith producidas en vivero de contenedores bajo condiciones controladas de umbráculo, logradas en sustratos obtenidos del compostaje de corteza de *Eucalyptus* sp. a lo largo de un período de crecimiento, desde que se sembró hasta los 180 días, ya en plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta siembra se realizó en el umbráculo del organopónico de la Universidad de Pinar del Río, el 25 de mayo del 2007, utilizando la tecnología de tubetes; se colocaron las semillas en los envases y se utilizó como material de cubierta aserrín de pino fresco. El riego empleado es manual, dos veces al día, y a los 50 días se pasa a un riego diario. Después de cumplido los 60 días se realiza una fase de adaptación en condiciones ambientales normales, antes del transplante.

El diseño experimental utilizado es completamente al azar con cuatro tratamientos y 50 réplicas, para un total de 200 tubetes.

TABLA 1
Composición de los sustratos utilizados en la producción de plantas de *Eucalyptus saligna* Smith en tubetes en el 2007

Sustratos	Abreviatura	Composición (%)
Turba más compost (corteza extraída)	6E	40 + 60
Turba más compost (corteza extraída)	3E	70 + 30
Turba más compost (corteza sin extraer)	6S	40 + 60
Turba más compost (corteza sin extraer)	3S	70 + 30

Caracterización física y fisico-química de los componentes orgánicos y sus mezclas

La altura se comienza a medir a partir de los 30 días. Este parámetro se mide desde el cuello de raíz hasta el extremo de la yema apical.

Se realizó la plantación el 28 de agosto del 2007 a los 90 días aproximadamente de sembrada, en la finca dedicada a las investigaciones científicas agroforestales de la Universidad de Pinar del Río, ubicada en el Km 8, Carretera de San Juan, Pinar del Río.

En la etapa de plantación se miden parámetros como altura total, altura de copa, ancho de copa y diámetro. Se utiliza para conocer la calidad de la planta los índices de esbeltez (F) e índices de copa (Ic), que se expresan por la siguiente relación:

$$Ic = Lc : h \quad F = \frac{h}{d}$$

Se utiliza la prueba de comparación de medias de Duncan para las variables que cumplen con una distribución normal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2* se aprecian las propiedades químicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes.

Los sustratos 6E y 6S presentan valores de pH, aunque cercano, un poco por encima del rango óptimo de pH, y entre ellos no existen diferencias significativas, pero sí entre los restantes sustratos. Los valores de pH disminuyen con el incremento del contenido de turba, la cual presenta un pH ácido (3,24). Los incrementos de compost en los sustratos aumentan los contenidos de nutriente.

TABLA 2
Características químico-físicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes

Sustrato	pH	Condiciones ($\mu S/cm$)	MO	Ca	Mg	K	N
			(%)				
6S	6,9a	520c	41,17a	2,24b	0,30a	0,30b	1,42b
3S	5,9b	515c	36,78b	1,63c	0,15b	0,13c	0,71c
6E	6,9a	936a	35,60b	3,24a	0,20b	0,72a	1,54a
3E	5,6b	891b	37,01b	2,67b	0,15b	0,35b	0,77c

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

En la *Tabla 3* se observan los valores obtenidos de densidad aparente, mayores que $0,4 \text{ g/cm}^3$. Abad *et al.* (2004) recomiendan niveles óptimos de densidad aparente menores que $0,4 \text{ g/cm}^3$, y sin embargo Castillo

(2006), con densidades aparentes similares a las aquí obtenidas, obtuvo plantas de *Eucalyptus grandis* de buena calidad. Los valores de densidad real están dentro de los rangos sugeridos por Abad (2004).

TABLA 3
Características físicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes

Sustratos	Densidad real	Densidad aparente	Porosidad total
6E	2,47	0,52	78,95
3E	2,39	0,43	80,66
6S	2,38	0,44	81,51
3S	2,30	0,40	82,60

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

Los valores obtenidos de porosidad en estos sustratos son menores que los recomendados por Abad *et al.* (2004), el cual sugiere niveles óptimos de porosidad mayores que un 85%, aunque Montoya y Cámara (1996), Cas-

tillo (2006) y Trigueiro y Guerreni (2003) estudian el crecimiento y desarrollo de plantas de eucalipto haciendo uso de sustratos con una porosidad total menor que la obtenida en los sustratos analizados.

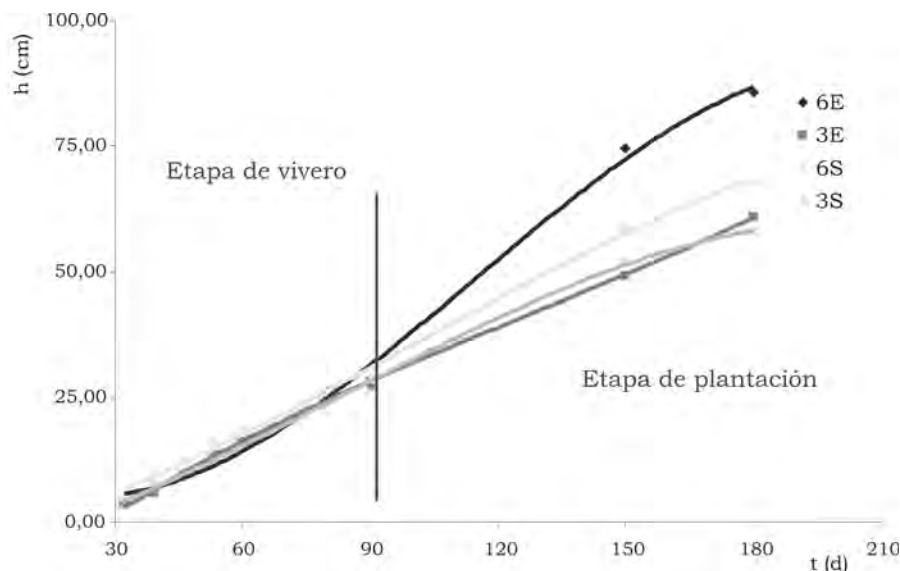


Figura 1. Dinámica de crecimiento en la etapa de vivero y plantación obtenida para plantas de *Eucalyptus saligna* Smith.

Como puede observarse en la Fig. 1, la etapa de vivero tuvo una duración de aproximadamente 90 días, y se observó que las plantas alcanzaron similares incrementos en altura en los cuatro sustratos, lo que está dado por las excelentes propiedades físicas y químicas que se lograron alcanzar en ellos, como son elevada porosidad, pH en un rango óptimo y elevadas concentraciones de macronutrientes primario y secundario. Gómez *et al.* (2002) estudian la calidad de los parámetros morfológicos para la evaluación de plantas de *Eucalyptus grandis* con tubetes de diferentes volúmenes, y demuestra que a los 90 días las plantas comienzan a disminuir su crecimiento, incrementan el crecimiento diamétrico y la producción de materia seca, promoviendo un mayor endurecimiento.

La altura es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuertes correlaciones con el número de

hojas y con la superficie foliar, que determinan en los procesos fotosintéticos y de transpiración. Pineda *et al.* (2004) plantean que plantas grandes mejoran la constitución morfológica y mayor supervivencia y crecimiento en campo. En la figura se muestra la favorable respuesta en la plantación en cuanto a la altura de las plantas obtenidas en vivero, en los diferentes sustratos estudiados, dado por altos niveles en el ritmo de crecimiento experimentados por ellas. En general los sustratos obtenidos a partir del 60% de compost y el 40% de turba (6E y 6S) presentaron mejores resultados, y se observó en la combinación 6E una mejor respuesta en plantación.

Modelos matemáticos

Se estudiaron diferentes modelos matemáticos con el objetivo de conocer el que mejor nos muestra el comportamiento del cre-

cimiento de la especie desde que se sembró hasta los 180 días, llegando finalmente a establecer una ecuación cúbica del tipo $Y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$, arrojando que las plantas del sustrato 6E mantienen una mejor dinámica de crecimiento y que di-

fiere significativamente del resto de los tratamientos. El grado de significación fue menor del 0,05% en todos los casos. El resultado de las constantes b_0 , b_1 , b_2 , b_3 en función del tiempo se refleja en la *Tabla 4*.

TABLA 4
Parámetros de las ecuaciones de regresión de dinámica de crecimiento en vivero-plantación en plantas de *Eucalyptus saligna* Smith en diferentes sustratos

Sustrato	R^2	b_0	b_1	b_2	b_3
6E	0,995	9,942	-0,423	0,010	-2,91E-005
3E	0,999	-16,198	0,669	-0,003	6,75E-006
6S	0,997	-3,297	0,246	0,002	-6,96E-006
3S	0,999	-5,052	0,218	0,003	-1,05E-005

En la *Tabla 5* se observan los valores de supervivencia y de los parámetros dasométricos de plantas de *Eucalyptus saligna* Smith a los 180 días de plantado. En ella se puede apreciar que el valor más alto de supervivencia lo tienen las plantas desarrolladas en el sustrato 6E. También a las plantas desarrolladas en este sustrato les corresponden los mayores valores en cuanto a los parámetros dasométricos medidos.

El índice de esbeltez (*Tabla 5*) oscila para todos los tratamientos entre valores de 63 y 75, que indica una estabilidad en el desarrollo de las plantas en cuanto al incremento en altura y diámetro, manteniendo un valor inferior a 80. Es importante para una plantación de eucalipto no tener valores muy altos de esbeltez, porque según Pardé y Bouchon (1994) esto significaría masas muy frágiles y se correría riesgos de derribos por fuertes vientos.

TABLA 5
Resultados estadísticos obtenidos del estudio de diferentes sustratos a partir de la medición de parámetros dasométricos, supervivencia e índices de calidad

Sustrato	Ancho de copa	Altura de copa	Altura total	Diámetro	Esbeltez	Índice de copa (%)	Supervivencia (%)
6E	47,4000a	56,6000a	80,2000a	1,1890a	69,2438a	70,57	90,95
3E	36,4000b	35,7000c	54,9000b	0,8070b	75,3401a	65,02	86,95
6S	38,9000b	46,7000b	63,4000b	1,0600ab	63,4326a	73,66	88,46
3S	35,2000b	32,3000c	53,8000b	0,9100ab	65,3045a	60,04	73,83

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

Los resultados en el estudio del desarrollo de la copa de las plantas estudiadas en cada uno de los tratamientos nos muestra (*Tabla 5*) que las mayores alturas de copa se corresponden con los sustratos en que las plantas alcanzaron una altura total mayor, con una proporción muy parecida en la relación entre la altura de copa y la altura total. Esto hace que

el índice de copa obtenido no muestre diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, observándose en la plantación un desarrollo de copa bueno.

En general el estudio realizado en la etapa de plantación arrojó que los sustratos obtenidos a partir del 60% de compost y el 40% de turba mostraron mayores resultados, con

diferencias significativas con respecto de los demás del sustrato 6E .

La reforestación de terrenos agrícolas abandonados y la mala preparación de la tierra son problemas a los que hoy debe enfrentar el sector forestal, ya que en estos terrenos las hierbas ejercen una fuerte competencia con la planta forestal. Esta situación, y en forma general las que ofrecen las condiciones climatológicas y socioculturales existentes en el lugar de la plantación, influyen en el crecimiento y supervivencia de las plantas, por lo que exige la necesidad de la investigación de sustratos para ser utilizados en la producción en vivero, de plantas de calidad, que se adapten rápidamente a las condiciones del terreno.

CONCLUSIONES

- Se obtiene en la plantación una respuesta positiva de las plantas de *Eucalyptus saligna* Smith obtenidas en vivero.
- En la dinámica de crecimiento vivero-plantación se establece una ecuación cúbica del tipo $Y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$
- En general los sustratos obtenidos a partir del 60% de compost y el 40% de turba (6E y 6S) presentaron mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, M., NOGUERA, P., CARRION, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In Tratado de Cultivo Sin Suelo. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, p. 113-158.
- ÁLVAREZ, P., VARONA, J. 1988. Silvicultura. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 354 p.

ANSORENA, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. España. Ediciones Mundi-Prensa. 172 p.

CASTILLO, I. 2006. Efecto de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores en Pinar del Río, Cuba. 175 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias). Universidad de Alicante.

DÍAZ DUQUE, J. 2006. IX Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los recursos forestales. Conferencia magistral. (Universidad «Hermanos Saíz Montes de Oca», 19-22 abril: Pinar del Río).

DOMÍNGUEZ, S.; MURRIAS, G.; HERRERO, S., PEÑUELAS, J. 2001. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. Revista Ecología (ES) 15: 213-223 p.

HERRERO, J.; LINARES, E.; PALENZUELA, L., DIAGO, I. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta el año 2020. Revista Forestal Baracoa (Número Especial) (CU) 24: 3-14.

PARDÉ, J., BOUCHON, J., 1994. Dasometría. Madrid. Paraninfo. 387 p.

PÉREZ, N. 2007. Compostaje de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, y *Eucalyptus pellita* F. Muell en la obtención de compost como fuente de sustrato para viveros forestales. Pinar del Río, Cuba. 198 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias). Universidad de Alicante.

PEÑUELAS, J. L., OCAÑA, L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Editorial Mundi Prensa. MAPA. España. 190 p.

PINEDA OJEDA, V., CETINA ALCALÁ, M., VERA CASTILLO, J., CUAUHTÉMOC, T., CERVANTES MARTÍNEZ, Y., KHALIL GARDEZI, A. 2004. The transplanting container-container (1+1) and containerbareroot (P+1) IN *Pinus greggii* Engelm. seedling production. AGROCIENCIA (MX) 38 (6): 679-686.

SANDOVAL A., STUARDO A. 2002. Compost: una buena alternativa de sustrato. Notas del Centro de Semillas de Árboles Forestales. CESAF-Chile No 13. Facultad de Ciencias Forestales.

SEMARNAT / CONAFOR. 2001. Programa Nacional Forestal 2001-2006. México. 118 pp. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n13/htm/ (Consulta: Jun., 2006).

TRIGUEIRO, R., GUERRINI, I. 2003. Uso de un biosólido como sustrato para producir plántulas de Eucaliptos. Scientia Forestalis (BR) (64): 150-162, diciembre.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: María Elena Fuego Vergara

Máster en Ciencias Forestales, mención de Manejo Forestales, es técnica en Programación Docente e Investigativa de la Facultad Forestal y Agronomía de la Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Ha participado en el proyecto de carácter nacional titulado «Parámetros que caracterizan al compostaje de la corteza de *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus pellita* en el tema de aprovechamiento de residuo forestal en viveros forestales y plantaciones jóvenes». Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes. La investigación de la que ha formado parte obtuvo premio provincial de la Academia de Ciencia de Cuba.