

---

## Evaluación del aporte nutricional de diferentes sustratos a plantas de *Talipariti elatum* cultivada en tubetes.

Y. Arteaga Crespo\*, G. Geada López, M. Alonso López, Y. García Quintana, I. C. Castillo Martínez, L. y R. Carballo Abreu

Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento Biología, Calle Martí N° 270, Cuba, CP 20100, tel.: 53-048-779363.

---

*Nutritional evaluation of different growing media for Talipariti elatum plants grown in containers.*

### Abstract

In forestry, the techniques of plant analysis interpretation by vector analysis are widely accepted in the last twenty years. The aim of this study was to evaluate the nutritional contribution of different growing substrate in *Talipariti elatum* plantlets developed in containers using vectorial nomograms. The substrates were sugarcane straw, peat, and biochar and volumetric mixture of them, peat-biochar, (4:1, 1:1, 1:4). The vectorial nomograms were constructed with leaf dry weight, concentration and content of elements (N, P, and K). The results showed that the mixture sugarcane straw-biochar in proportion of 1:1 and 4:1 provided sufficient amounts of nutrients for growing during all the evaluation period.

*Key words:* Vector nomograms, nutritional diagnosis, vector analysis.

### Resumen

En la actividad forestal, las técnicas de interpretación de análisis vegetal por el análisis de vectores son ampliamente aceptadas en los últimos años. El objetivo de la presente estudio fue evaluar el aporte nutricional de diferentes sustratos a plantas de *Talipariti elatum* cultivadas en tubetes, mediante el empleo de nomogramas vectoriales. Los sustratos fueron cachaza, turba y biocarbón y las mezclas volumétricas cada uno de ellos, cachaza-biocarbón y turba-biocarbón (4:1; 1:1; 1:4). El nomograma vectorial se construyó a partir de las variables peso seco, concentración y contenido de elementos (N, P, y K). Los resultados demostraron que la mezcla cachaza – biocarbón en proporción de 1:1 y 4:1, aportaron cantidades suficientes de nutrientes para el crecimiento durante la mayor parte del período evaluado.

*Palabras clave:* Nomogramas vectoriales, diagnóstico nutricional, análisis de vectores.

---

---

\*Autores de correspondencia  
Email: yasiel@af.upr.edu.cu

## Introducción

La política forestal de Cuba contempla en su programa de desarrollo hasta el año 2020 la sustitución en más de un 90 % de la tecnología de vivero forestal tradicional por la de tubetes para producción de plantas (SEF, 2012). Esto hace necesario el empleo de sustratos orgánicos que reúnan propiedades químicas y físicas que garanticen aportes de nutrientes necesarios en un volumen limitado de 90-120 cm<sup>3</sup>, así como una fácil operabilidad.

El material para plantarse debe tener un contenido equilibrado y en cantidad suficiente de nutrientes para garantizar su traslado del vivero al monte, así como el desarrollo de sus funciones de arraigo y crecimiento postrasplante (Landis, 1997).

La interpretación de los resultados del análisis de tejido vegetal en especies forestales, ya sea con fines de diagnóstico nutrimental o de investigación científica, suele ser una tarea complicada (Timmer, 1991; López *et al.*, 2009). Actualmente, se han desarrollado varias técnicas para tal fin. En el ámbito forestal, una de las técnicas de interpretación de análisis vegetal que ha tenido un creciente auge y aceptación durante los últimos años, en especial en el medio científico, es la denominada “análisis de vectores”, desarrollada por Timmer y Stone (1978).

La base para interpretar los vectores parte de la teoría relacionada con los efectos de dilución y concentración nutrimental que ocurren en cualquier sistema vegetal, como consecuencia de producir materia seca (Timmer, 1991; Mengel y Kirkby, 2000). De acuerdo con esta, la concentración de nutrimentos en los tejidos vegetales depende tanto de su disponibilidad en el suelo, como de las tasas de crecimiento del vegetal. Cuando las tasas de crecimiento son bajas, los nutrimentos se encuentran en los tejidos en concentraciones que pueden ser superiores al nivel crítico, aun cuando el nutrimento se encuentre disponible en bajas concentraciones en el suelo. Por el contrario, cuando las tasas de crecimiento son altas, los nutrimentos, especialmente aquellos cuya disponibilidad en el suelo es baja, se diluyen dentro de los tejidos (López y Estañol, 2007).

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el aporte nutricional de diferentes sustratos a plantas de *Talipariti elatum* cultivadas en tubetes.

## Materiales y método

### *Ubicación del experimento.*

La investigación se realizó mediante un ensayo experimental en un invernadero, ubicado en las áreas del laboratorio de suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, municipio Pinar del Río, Cuba, (22°25'21,9" N; 83°40'33,6" E).

### *Procedencia, almacenamiento y características del material de reproducción.*

Las semillas utilizadas procedieron de la Estación Experimental Forestal de Viñales, las cuales se recolectaron en enero de 2011 y se almacenaron hasta el momento de la siembra, en el frigorífico de Consolación del Sur, perteneciente a la Empresa Nacional de Frigorífico, suscripta al Ministerio de Comercio Interior, Pinar del Río.

### *Tratamiento pregerminativo y siembra.*

Se realizó tratamiento pregerminativo a las semillas recomendado por Cobas (2001), que consistió en la escarificación mecánica con papel de lija de grano medio durante 10 minutos. La siembra se realizó el 28 de septiembre del 2012, se colocaron tres semillas por envase, para luego dejar la planta más vigorosa. El riego fue manual, inicialmente dos veces al día hasta los 50 días, posteriormente se disminuyó la frecuencia de riego a uno diario y finalmente cada dos días. Las plantas permanecieron en los tubetes durante un período de 84 días.

### *Sustratos empleados.*

Se utilizaron diferentes sustratos: chachaza (bagazo de caña de azúcar compostado), turba (descomposición parcial de la vegetación de zonas pantanosas) y biocarbón (descomposición térmica por pirólisis de aserrín); además, se evaluaron mezclas volumétricas de cachaza-biocarbón y turba-biocarbón (4:1; 1:1; 1:4) en la producción de plántulas de *Talipariti elatum*, empleando tubetes plásticos de 90 cm<sup>3</sup> de capacidad, con un total de nueve variantes y 50 réplicas, bajo un diseño completamente aleatorio. La composición de los sustratos se muestra en la Tabla 1.

### *Determinación de las propiedades químicas de los sustratos.*

Los análisis químicos de los sustratos se realizaron en el laboratorio provincial de suelos del Ministerio

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

Sustrato	Abreviatura	Variante	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

de la Agricultura en Pinar del Río, a partir de las normas cubanas para este tipo de análisis (NC-XX 2009), donde se determinó el porcentaje de materia orgánica, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, pH y conductividad eléctrica.

#### *Diagnóstico nutricional.*

Para el diagnóstico nutricional se colectaron 100 hojas cada 15 días, seleccionando aquellas que estuvieran sanas y completas sin mordeduras de insectos ni daño mecánico alguno. Se secaron a 70°C por 48 h en estufa, hasta obtener el peso seco, y se pesaron con una balanza analítica Sartorius AG GOTTINGEN SP61S, con 0.0001 g de precisión. Luego se llevaron al laboratorio provincial de suelos, del Ministerio de la Agricultura, en Pinar del Río, para determinar los elementos de interés (nitrógeno, fósforo y potasio), a partir de métodos clásicos de análisis según norma ramal (NRAG 144-2010).

Los resultados del análisis químico foliar permitieron determinar la concentración de los nutrientes de interés, mediante la cual se derivó el contenido nutricional, a partir del peso seco (concentración x peso seco).

La interpretación de los vectores se basó en la teoría relacionada con los efectos de dilución y concentración nutrimental que ocurren en cualquier sistema vegetal, como consecuencia de la producción de materia seca (Timmer, 1991; Mengel y Kirkby, 2000).

Con las variables peso seco, concentración y contenido se construyó la gráfica de Timmer (nomograma vectorial), la cual se interpretó a partir de lo descrito por López y Alvarado (2010).

#### *Evaluación de la dinámica de crecimiento.*

Se evaluó la dinámica de crecimiento para las variables altura y diámetro cada siete días, a partir

de los 42 días posteriores a la siembra hasta los 84 días, para lo cual se emplearon 30 plantas por variante.

### **Resultados y discusión**

#### *Caracterización química de los sustratos.*

Los sustratos presentaron diferencias significativas en la mayoría de sus características químicas (Tabla 2). Las combinaciones cachaza-biocarbón y turba-biocarbón se encontraron entre los valores medios de los constituyentes individuales, lo cual está determinado por la proporción de biocarbón en las mezclas.

Las determinaciones del pH fueron similares para los componentes individuales de biocarbón y cachaza, y no así con turba que presentó pH más bajo. Para las mezclas cachaza-biocarbón el biocarbón no ejerció efecto sobre esta propiedad, sin embargo en mezcla con turba la presencia de biocarbón superior al 20 % influyó en el aumento de pH, de acuerdo a los valores de pH los sustratos BC, C, C20, C50 y C80 son calificados como próximo a neutros mientras que T, T20, T50 y T80 son ligeramente ácidos (MINAGRI, 1984). No obstante, en cualquiera de los sustratos estudiados el pH se encuentra entre los intervalos reportados y comúnmente evaluados para la producción de plantas forestales en tubetes. Asimismo, valores de pH entre 5,5-6,5 incrementan la disponibilidad de elementos nutricionales (Taiz y Zeiger, 2006), sumado al hecho de que las especies forestales aunque toleran un intervalo relativamente amplio de valores de pH pueden ser sensibles si esta variable se encuentra fuera intervalo 5,3 - 6,5 (Landis *et al.*, 2000; Guzmán, 2003) por lo que todas las mezclas con biocarbón resultan apropiadas para la producción.

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

S	PH	CE (S/cm)	MO (%)	N (%)	P (%)	K <sup>+</sup> (%)
BC	6,81 <sup>a</sup> ±0,11	0,34 <sup>e</sup> ±0,01	95,47 <sup>f</sup> ±1,18	1,64 <sup>f</sup> ±0,03	0,14 <sup>f</sup> ±0,03	0,06 <sup>b</sup> ±0,00
T	5,61 <sup>c</sup> ±0,32	2,15 <sup>ab</sup> ±0,21	40,03 <sup>f</sup> ±4,28	1,99 <sup>d</sup> ±0,05	0,51 <sup>d</sup> ±0,05	0,07 <sup>b</sup> ±0,02
C	6,64 <sup>a</sup> ±0,17	2,75 <sup>a</sup> ±0,82	46,95 <sup>e</sup> ±1,36	3,05 <sup>a</sup> ±0,05	0,65 <sup>a</sup> ±0,02	0,14 <sup>a</sup> ±0,02
T20	6,01 <sup>b</sup> ±0,04	0,91 <sup>de</sup> ±0,17	68,21 <sup>c</sup> ±4,30	1,84 <sup>e</sup> ±0,14	0,20 <sup>e</sup> ±0,13	0,07 <sup>b</sup> ±0,03
T50	6,01 <sup>b</sup> ±0,02	1,54 <sup>bcd</sup> ±0,07	57,23 <sup>d</sup> ±1,63	1,83 <sup>e</sup> ±0,15	0,40 <sup>e</sup> ±0,12	0,06 <sup>b</sup> ±0,01
T80	5,60 <sup>c</sup> ±0,01	1,94 <sup>bc</sup> ±0,11	49,97 <sup>e</sup> ±2,74	1,90 <sup>de</sup> ±0,06	0,50 <sup>de</sup> ±0,04	0,05 <sup>b</sup> ±0,01
C20	6,83 <sup>a</sup> ±0,03	1,20 <sup>cd</sup> ±0,58	75,62 <sup>b</sup> ±3,23	1,94 <sup>de</sup> ±0,11	0,44 <sup>de</sup> ±0,10	0,12 <sup>a</sup> ±0,03
C50	6,82 <sup>a</sup> ±0,03	1,56 <sup>bcd</sup> ±0,53	64,06 <sup>c</sup> ±0,49	2,85 <sup>b</sup> ±0,08	0,58 <sup>b</sup> ±0,07	0,12 <sup>a</sup> ±0,00
C80	6,78 <sup>a</sup> ±0,09	2,17 <sup>ab</sup> ±0,50	54,85 <sup>d</sup> ±0,23	2,80 <sup>b</sup> ±0,04	0,60 <sup>b</sup> ±0,05	0,12 <sup>a</sup> ±0,02

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de comparación de medias de Duncan con una  $p \leq 0,05$ .

La conductividad eléctrica es un parámetro muy relacionado con el contenido de sales disueltas y de la disponibilidad de nutrientes potencial en un sustrato. Como se puede apreciar las formulaciones con biocarbón disminuyen esta propiedad, indicando una modificación ligera de esta propiedad química, lo cual puede ser favorable para la reducción de la salinidad; a pesar que en ninguno de los sustratos los valores de conductividad fueron superiores a los límites ( $>3,5 \text{ S cm}^{-1}$ , Warncke y Krauskopf, 1983) considerados como salinos. A su vez, MINAGRI (1984) califica a todos los sustratos como no salinos y los valores se encuentran dentro del intervalo adecuado recomendado por Noguera *et al.*, (2003) para el desarrollo vegetal.

Al ser el biocarbón un material de naturaleza orgánica fundamenta su uso como un componente del sustrato, el cual además contribuye a la mejora de la estructura del espacio poroso, disminuye la densidad e incrementa la humedad, lo que trae consigo una mejor permeabilidad (Fuentes y Oropeza, 1996) en particular cuando se formulan mezclas con este.

El contenido de elementos nitrógeno, fósforo y potasio resultó menor en biocarbón y mayor en cachaza, las mezclas presentaron valores semejantes a sus componentes mayoritarios.

La caracterización de los sustratos permite evaluar su potencial nutricional, es decir, su capacidad para suministrar nutrientes a la planta. La determinación de la composición y propiedades del suelo, como pH, textura, conductividad eléctrica y materia orgánica, proporciona una información básica para conocer el potencial del suelo ya que tales

propiedades marcan las condiciones en las que tendrán lugar los procesos fisicoquímicos relacionados con la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, el empleo del análisis químico del material vegetal con el fin de realizar un diagnóstico de nutrición, se basa en el principio que existe una relación directa entre el crecimiento de las plantas y el contenido de nutrientes en la materia vegetal seca o fresca, por lo que brinda una mayor información.

#### *Análisis nutricional.*

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan los nomogramas vectoriales para el diagnóstico de nitrógeno, fósforo y potasio foliar en cada sustrato empleado, durante el período de permanencia de las plantas en los tubetes. Los resultados mostraron que durante el primer período, que comprendió desde los 45 días posteriores a la siembra, hasta los 56 días (Vector 1-2), en la mayoría de los sustratos, con excepción de BC, hubo un aumento de la concentración del nitrógeno foliar, lo cual indica que durante ese período el abastecimiento del elemento fue suficiente, permitiéndole al vegetal un consumo de lujo (López y Alvarado, 2010).

Durante los 15 días posteriores, es decir, a partir de los 54 y hasta los 77 días (Vector 2-3), el crecimiento continuo, pero el nitrógeno se diluyó en el vegetal para la mayoría de los sustratos; por lo que el aporte del nutriente fue insuficiente. Solo C, C80 y, en menor medida, C20 y C50 proporcionaron cantidades adecuadas.

En la etapa final de la evaluación (Vector 3-4) ninguno de los sustratos aportó cantidades suficientes de nitrógeno al vegetal aunque se

presentó un incremento en el crecimiento, con una consecuente baja en la concentración del elemento en el tejido vegetal, provocando dilución del mismo. López y Alvarado (2010) plantean que bajo estas condiciones el elemento en estudio puede limitar el crecimiento.

Margolis y Brand (1990), reportan que el nitrógeno es el macroelemento más abundante y mejor relacionado con el crecimiento en viveros, a la vez que es parte constituyente de muchos compuestos vitales en el desarrollo, como las clorofilas, los aminoácidos, los ácidos nucleicos, y 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.

El aporte de fósforo (Figura 2) fue suficiente solo en los sustratos C y C80 para todo el período evaluado, no así en el resto de los sustratos, que en los últimos 15 días, es decir, a partir de 54 días, presentaron una dilución en el tejido foliar, por lo que no aportaron

las cantidades suficientes.

El fósforo interviene decisivamente con el nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de la planta, ya que forma parte de moléculas esenciales como el ATP y el ADP o los fosfolípidos (constituyentes de las membranas celulares), los cuales tienen un papel regulador en la síntesis de almidón y otros carbohidratos (Azcón y Talón, 2001). En cuanto a la morfología de la planta, el fósforo estimula el desarrollo del sistema radical frente al aéreo, y contribuye a producir plantas más equilibradas en macetas (Oliet, 1995). Asimismo, otros trabajos señalan una relación positiva entre la concentración de este elemento y la producción de nuevas raíces en condiciones controladas, lo que sin duda tiene una importancia fundamental en la supervivencia (Driessche, 1992).

En la Figura 3 se puede comprobar que el suministro de potasio fue suficiente en todos los sustratos e incluso en la mayoría, con un consumo de lujo por las plantas, por lo que este elemento no limita el incremento del peso seco.

El potasio, después del nitrógeno, es el elemento

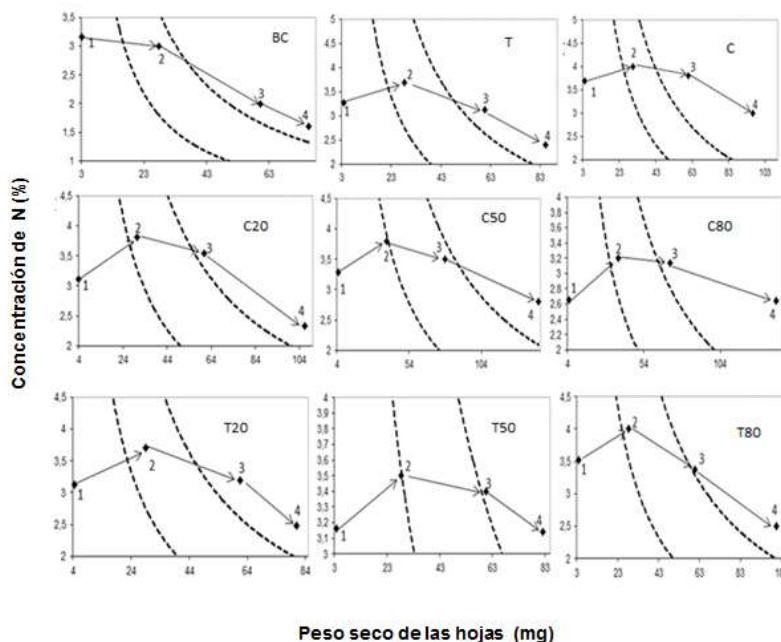


Figura 1. Nomogramas vectoriales para el análisis de nitrógeno foliar

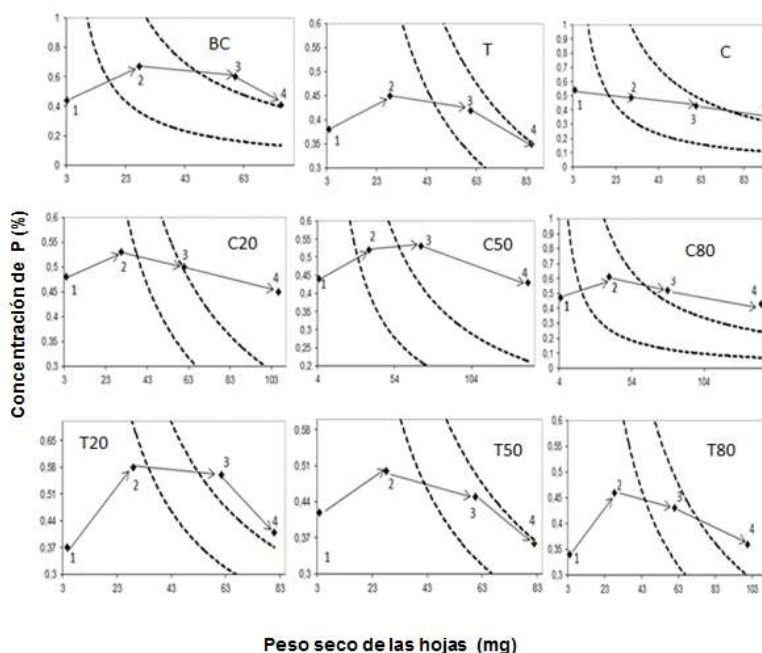
Leyenda: biocarbón (BC), turba (T), cachaza (C), mezcla cachaza-biocarbón con 20 % de cachaza y 80 % de biocarbón (C20), mezcla cachaza-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (C50), mezcla cachaza-biocarbón con 80 % de cachaza y 20 % de biocarbón (C80), mezcla turba-biocarbón con 20 % de turba y 80 % de biocarbón (T20), mezcla turba-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (T50), mezcla turba-biocarbón con 80 % de turba y 20 % de biocarbón (T80).

esencial requerido en mayores cantidades por la planta. Aunque no forma parte de ninguna molécula orgánica, el papel más conocido en la fisiología de la planta es el ajuste osmótico y la regulación de la apertura estomática, lo cual contribuye a una menor pérdida por transpiración (Taiz y Zeiger, 2006). La concentración de potasio en tejidos se relaciona con el vigor de la planta en vivero, mejorando la resistencia a enfermedades criptogámicas. Estas propiedades, junto con una mayor resistencia al frío, convierten al potasio en un elemento esencial en el proceso del arraigo (Landis, 1997).

estabilizarse los incrementos, lo que pudiera estar indicando menor disponibilidad de nutrientes (ver Figuras 1 y 2) y espacio para continuar el crecimiento. En ambas curvas el sustrato con peor comportamiento resultó ser el biocarbón, seguido de los que contenían T y sus combinaciones, cachaza y los mejores resultados siempre estuvieron asociados a las combinaciones de biocarbón y cachaza (C50 y C80).

*Dinámica de crecimiento en altura y diámetro.*

Como se aprecia en la Figura 4 tanto para la altura como el diámetro a partir de los 50 días aparecen los mayores incrementos (el período más activo de crecimiento), y para los 77 días comienzan a



**Figura 2. Nomogramas vectoriales para el análisis de fósforo foliar.**

*Leyenda: biocarbón (BC), turba (T), cachaza (C), mezcla cachaza-biocarbón con 20 % de cachaza y 80 % de biocarbón (C20), mezcla cachaza-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (C50), mezcla cachaza-biocarbón con 80 % de cachaza y 20 % de biocarbón (C80), mezcla turba-biocarbón con 20 % de turba y 80 % de biocarbón (T20), mezcla turba-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (T50), mezcla turba-biocarbón con 80 % de turba y 20 % de biocarbón (T80).*

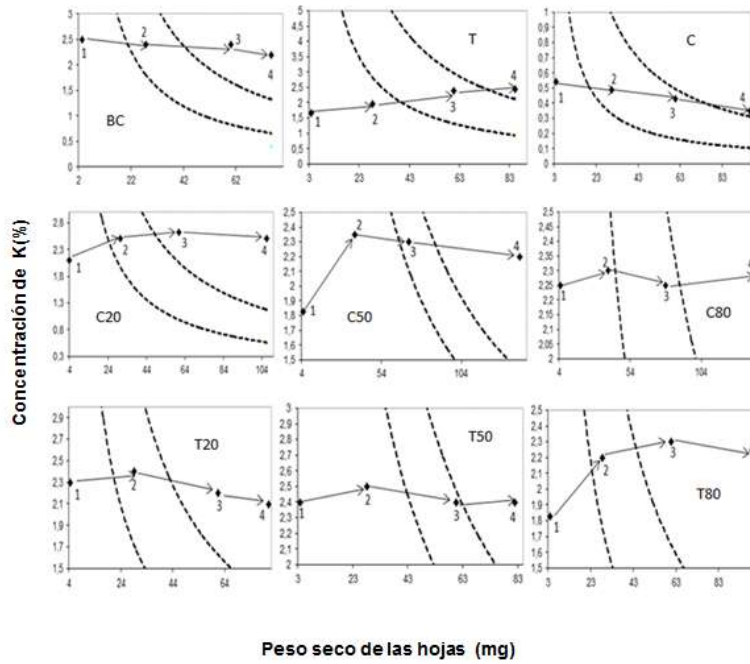


Figura 3. Nomogramas vectoriales para el análisis de potasio foliar.

Leyenda: biocarbón (BC), turba (T), cachaza (C), mezcla cachaza-biocarbón con 20 % de cachaza y 80 % de biocarbón (C20), mezcla cachaza-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (C50), mezcla cachaza-biocarbón con 80 % de cachaza y 20 % de biocarbón (C80), mezcla turba-biocarbón con 20 % de turba y 80 % de biocarbón (T20), mezcla turba-biocarbón con 50 % de cachaza y 50 % de biocarbón (T50), mezcla turba-biocarbón con 80 % de turba y 20 % de biocarbón (T80).

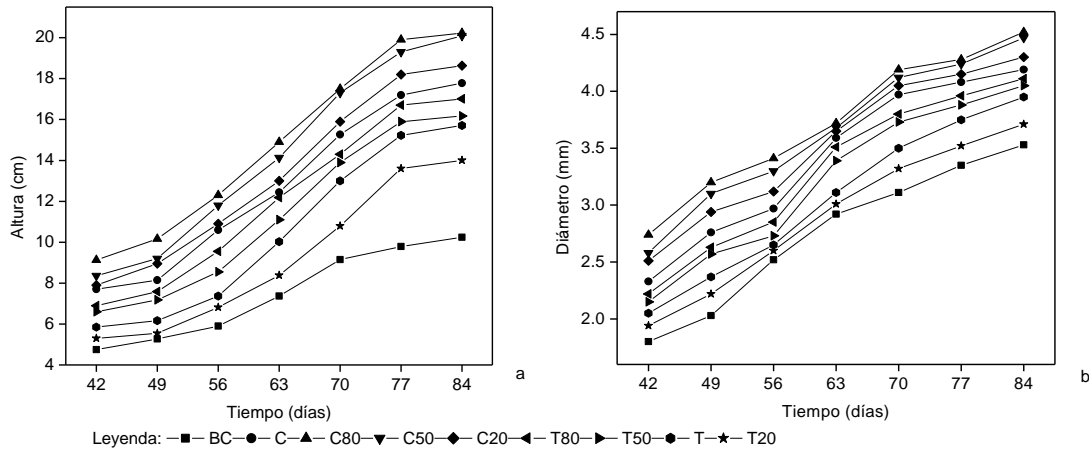


Figura 4. Dinámica de crecimiento de *T. elatum* en diferentes sustratos. (a) Altura, (b) Diámetro

## Conclusiones

El empleo de los nomogramas vectoriales permite evaluar el aporte nutricional mediante el análisis del tejido vegetal y la masa seca; los sustratos cachaza-biocarbón con 50 y 20 por ciento de biocarbón (C50 y C80) aportan cantidades de nutrientes suficientes para el crecimiento de la especie, en la mayor parte del período evaluado.

## Bibliografía

- Cobas, L.M. 2001. Caracterización de los atributos de calidad de la planta de *Hibiscus elatus*. Sw. cultivada en tubetes. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado de Doctora en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba. 100 p.
- Driessche, R. 1992. Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedling in response to nursery drought, nitrogen and potassium treatments. *Can Journal of Forestry Research*. 22(5):740-749.
- 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.
- Guzmán, J.M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. p 25. En: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCR-CYTED. San José, Costa Rica.
- Landis, T. 1997. Monitoring seedling nutrition in bare root and container nurseries. En: Haase, D.L., Rose, R. (eds). *Forest seedling nutrition from the nursery to the field*. Symposium Proceedings. NTC. Oregon State University. USA. 69-83 p.
- Landis, T., Tinus, S., Barnett, J., Nesley, R., Rodríguez, T., Sánchez, V. y Aldana, B. 2000. Manual de vivero para la producción de especies forestales en contenedores. Vol. 2. Contenedores y medios de crecimiento. Handbook. 126 p.
- López L., M.A. y E. Estañol B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamericana* 25(1):9-15.
- López, L., M., A y Alvarado, L.J. 2010. Interpretación de nomogramas de análisis de vectores para diagnóstico nutrimental de especies forestales. *Madera y Bosques* 16(1):99-108.
- López, L., M.A., Reich, R.M., Aguirre, B., C. y Velázquez, M., A. 2009. Pine growth and nutrient status as related to pine/alder ratio in mixed stands. *J. Biol. Sci.* 9(7):637-647.
- Margolis, M. A. y Brand, D. G. 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Can. J. For. Res.* 20:375-390.
- Mengel, K. y A.E. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4a. ed. por R. J. Melgar y M. Ruiz. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza.
- MINAGRI. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. 73 p.
- NC-XX 2009. Norma Cubana. Humus de lombriz. Determinación de pH, conductividad eléctrica, cloruro y sodio soluble.
- Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Maquieira, A. y Noguera, V. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34:593-605.
- NRAG 144-2010 (norma ramal). 2010. Tejido vegetal. Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio.
- Oliet, J. A. 1995. Influencia de la fertilización en vivero sobre la calidad de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- Santiago, T.O. 2002. Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 241 p.
- SEF (Servicio Estatal Forestal). 2012. Dinámica Forestal. Ministerio de la Agricultura. Pinar del Río, Cuba.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal, Volumen II, Universidad de California en Los Angeles. U.S.A. 1130 p.
- Timmer, V. R. 1991. Effects of contrasting fertilization and moisture regimens on biomass nutrients and Water relations of container grown red pine seedlings *New Forest* 5 (4): 335-348.
- Timmer, V.R. y E.L. Stone. 1978. Comparative foliar analysis of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphorus, potassium, and lime. *Soil Sc. Soc. Am. Proc.* 42:125-130.
- Warncke, D.D. y Krauskopf, D.M. 1983. Greenhouse growth media: testing and nutrition guidelines. Cooperative Extension Service. Extension Bulletin E-1736. Michigan State University. 6 p.