

INFLUENCIA DEL MANEJO DEL AGUA Y DEL SUSTRATO EN LA CALIDAD DE LA PLANTA DE *EUCALYPTUS GRANDIS* HILL EX MAIDEN EN CONTENEDORES

DRA. IRIS CASTILLO MARTÍNEZ,¹ M.Sc. RENÉ MEDINA MUÑOZ,² DR. EDUARDO GONZÁLEZ IZQUIERDO³ Y DR. JOSÉ MANUEL PÉREZ MELÉNDEZ⁴

Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, eduardo@af.upr.edu.cu

RESUMEN

Los programas de reforestación que se llevan a cabo en el país requieren de la obtención de plantas de calidad en vivero. En el presente trabajo se estudia la influencia de sustratos y el manejo del agua en la calidad de la planta de *Eucalyptus grandis* en el vivero docente de la Universidad de Pinar del Río. A los diferentes sustratos utilizados se les determinaron la composición química y propiedades físicas. Se evaluaron parámetros e índices morfológicos de las plantas, así como su estado nutritivo. Se analizan parámetros fisiológicos como transpiración cuticular y potenciales hídricos de madrugada y al mediodía. Se utiliza la cámara de Scholander para la determinación del potencial hídrico. Se realizó una valoración económica en función de los sustratos estudiados y el agua. Los resultados demostraron que los menores valores de transpiración cuticular, así como las menores diferencias de potencial hídrico de madrugada y al mediodía, fundamentan el riego en días alternos en la fase de endurecimiento, lo que demuestra que la planta ha creado un mecanismo capaz de soportar el déficit hídrico. Se corrobora que los nuevos sustratos propuestos presentan un mejor com-

ABSTRACT

The reforestation programs that are carried out in the country require a good quality of plants in nursery. In this work is studied the influence of growing media and irrigation in the quality of the *Eucalyptus grandis* plant in the nursery of Pinar del Río University. To the different used growing media were obtaining the chemical composition and physical properties. Parameters and morphological index of the plants were evaluated, as well as their nutritious state. Physiologic parameters are analyzed as: cuticular transpiration and hidric potential at dawn and at noon. The Scholander pressure chamber is used for the determination of the hidric potential. It was carried out an economic valuation in function of the growing media studied and irrigation. The results demonstrated that the smallest values of cuticular transpiration, as well as the smallest differences of hidric potential at dawn and at noon they base the irrigation in alternating days in the hardening phase, what demonstrates that the plant has created a mechanism able to support the hidric deficit. It is corroborated that the new proposed growing media presents a better behaviour as for the morphological

portamiento en cuanto a los atributos morfológicos de las plantas producidas con igual resultado en la supervivencia, altura y diámetro del cuello de la raíz en la plantación, e inclusive su disminución en los costos de producción. Los sustratos compuestos por cachaza entre un 50 y 90%, turba al 40% y guano de murciélago o gallinaza al 10%, son los de mejores resultados.

Palabras claves: *Eucalyptus grandis*, potencial hídrico, transpiración cuticular, parámetros morfológicos, endurecimiento por agua

attributes of the plants taken place with equal result in the survival, height and diameter at neck of the root in the plantation and inclusive their decrease in the production costs. The growing media compound for filter cake (cachaza) between 50 and 90% more peat 40% and hen-dung and bat manure 10%, they are those of better results.

Key words: *Eucalyptus grandis*, hidric potential, cuticular transpiration, morphological parameters, hardening phase

INTRODUCCIÓN

Partiendo de la necesidad que tiene el país de reforestar regiones con planes que respondan al desarrollo económico que demanda Cuba, es conveniente trabajar en el perfeccionamiento de tecnologías que permitan producir plantas de mayor calidad, que abaraten sus costos de producción y les den mayor seguridad a las plantaciones al establecerse, haciendo más rentable la economía forestal.

Con la ejecución del programa de desarrollo forestal a nivel de país y en especial en la provincia de Pinar del Río, como uno de los objetivos de plantación se encuentra la producción de madera para astillas, la cual tendrá como finalidad la producción de pulpa para papel. Teniendo en cuenta la necesidad de mejorar las tecnologías existentes para la producción de plantas forestales de calidad, y en aras de satisfacer las plantaciones que en un futuro cubrirán parte de la demanda de este programa, se adquirió un vivero de nueva tecnología para nuestro país por el método de tubetes plásticos con estrías interiores de origen cana-

diense para la empresa forestal integral (EFI) Guanahacabibes.

Teniendo en cuenta que la calidad de los sustratos es un factor importante para el cultivo con éxitos de las plantas en contenedores, se comenzó a trabajar en la búsqueda de sustratos económicos que reúnan las características físico-químicas y biológicas adecuadas encaminadas a mejorar la calidad de la planta de eucalipto, en condiciones de vivero, y pronosticar el comportamiento y desarrollo en el campo en años posteriores. Para ello se utilizaron una serie de componentes orgánicos tales como guano de murciélago, gallinaza, corteza de eucaliptos, estiércol de caballo, corteza de pinos, suelo mejorado, compost, además de la turba y la cáscara de arroz.

El presente trabajo utilizó cuatro nuevos sustratos teniendo como elemento principal a la cachaza entre un 50 y un 90%, la turba al 40% y el guano de murciélago o la gallinaza al 10%, más tres manejos diferentes de agua (dos veces al día, diario y días alternos).

Durante los tres primeros años de producción del vivero se utilizó un sustrato compuesto por turba al 70% y

cáscara de arroz al 30%, y riego dos veces al día donde el comportamiento de los parámetros morfológicos (altura y diámetro) no superan las expectativas de esa tecnología; además, el comportamiento postransplante (supervivencia) es muy bajo (entre un 60 y un 70%).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el área del vivero ubicada en el edificio de labo-

ratorios de la Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Se utilizaron cinco sustratos y se combinaron con tres manejos del agua (*Tabla 1*): dos veces al día (control R1), diario una vez al día (moderado R2) y en días alternos (fuerte R3), en los que se obtuvieron 15 tratamientos. El diseño experimental se realizó tomando bloques completamente al azar, y se montaron 15 tratamientos, con tres réplicas cada uno.

TABLA 1
Composición de los tratamientos (sustratos y manejo del agua)

<i>Tratamientos</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Composición</i>
1	S1R1	C90% + Gm10% – R1
2	S1R2	C90% + Gm10% – R2
3	S1R3	C90% + Gm10% – R3
4	S2R1	C90% + G10% – R1
5	S2R2	C90% + G10% – R2
6	S2R3	C90% + G10% – R3
7	S3R1	T70% + Ca30% – R1
8	S3R2	T70% + Ca30% – R2
9	S3R3	T70% + Ca30% – R3
10	S4R1	C50% + T40%+G10% – R1
11	S4R2	C50% + T40%+G10% – R2
12	S4R3	C50% + T40%+G10% – R3
13	S5R1	C50% + T40% + Gm10% – R1
14	S5R2	C50% + T40% + Gm10% – R2
15	S5R3	C50% + T40% + Gm10% – R3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 2* se muestran los resultados en el tratamiento estadístico realizado a la interacción sustrato y manejo del agua. En cuanto a la al-

tura y al DCR, los tratamientos con riegos mañana y tarde (S1R1), (S2R1), (S4R1) y (S5R1) se obtienen mayores valores en cuanto a altura y diáme-

tro. De forma general el tratamiento que mayor altura (27,85 cm) y diámetro (2,31 mm) alcanzó fue S4R1, el de peor comportamiento se corresponde con S3R3 en 9,36 cm y 0,79 mm, teniendo diferencias significativas con todos los demás tratamientos. La altura es un parámetro que está influido tanto por las características del sustrato como por el manejo del agua aplicado, coincidiendo que las mayores alturas corresponden a los tratamientos con mejores propiedades físicas y químicas, y el riego1 ma-

ñana y tarde. El mayor porcentaje de raíces finas lo presenta el S4R2 con 60,68% y el menor porcentaje S4R1 con 33,44%. Mientras mayor es el contenido de agua presente en los sustratos menor será el estímulo a la formación de raíces finas. Villar *et al.* (1997), en *Pinus halapensis*, constató que niveles bajos o moderados de endurecimiento no ejercen ninguna influencia sobre la capacidad de formación de nuevas raíces, pero niveles fuertes sí la inhiben.

TABLA 2
Comportamiento de algunos parámetros morfológicos con relación a la variable interacción manejo del agua-sustrato

Tratamientos	Altura (cm)	DCR (mm)	Rg (%)	Rf (%)	Long. raíz (cm)
S1R1)	21,28c	2,07c	46,83cde	53,17abc	9,65bcd
S1R2	16,18f	1,72d	42,40de	57,59ab	10,02bcd
S1R3	11,94hi	1,05i	50,53bcde	49,46abcd	9,86bcd
S2R1	25,31b	2,30a	41,50de	58,49ab	10,45abc
S2R2	17,48e	1,68e	42,42de	57,57ab	9,92bcd
S2R3	12,72hg	1,30g	43,81de	56,18ab	9,88bcd
S3R1	12,77hg	1,19h	44,37de	55,62ab	9,45cd
S3R2	11,33i	0,99j	46,78cde	53,21abc	9,71bcd
S3R3	9,36j	0,79k	64,03a	35,96e	10,53abc
S4R1	27,85a	2,31a	58,68abce	41,32cde	10,65ab
S4R2	19,22d	2,07c	39,31e	60,68a	11,10 a
S4R3	13,65g	1,17h	60,17ab	39,82de	10,35abc
S5R1	24,72b	2,12b	52,56abcde	47,43bcde	9,78bcd
S5R2	17,25fe	1,63f	39,02e	60,97a	9,02d
S5R3	12,26hi	1,06j	58,68abc	41,31cde	10,28abc

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

El tratamiento que mayor porcentaje de raíces gruesas presentó fue S3R3 con 63,67%, y el de menor porcentaje S4R2 con 39,31%. En cuanto al tratamiento S3R3 está compuesto por turba 70% + cáscara de arroz 30%, el cual tiene la más baja capacidad de campo, mayor contenido de partículas gruesas, y unido a esto un riego con días alternos, lo cual hace que el contenido de humedad sea el más bajo de todos los tratamientos investigados y justifique los mayores valores de porcentaje de raíces gruesas (63,67%).

El mayor valor de longitud de la raíz se obtiene en el tratamiento S4R3 con 11,10 cm, el menor valor se presenta S5R2 con 9,02 cm. Como se puede observar no existe una marcada diferencia entre los dos valores. Esto viene dado porque la longitud de la raíz está estrechamente relacionada con el tamaño del contenedor y no con el régimen de riego empleado. Thompson (1985) plantea que la longitud o superficie de la raíz es un indicador de su capacidad absorbente.

En la *Tabla 3* se muestra el resultado de la interacción sustrato-manejo del agua que para la variable parte aérea/parte radical, el mejor comportamiento lo tuvo el tratamiento S2R1 con 1,6. Este tratamiento además presenta un riego diario dos veces al día, lo cual favorece el peso aéreo y radical de la planta. Grene (1978), Mullin *et al.* (1982) y Hobbs (1984), citados por Oliet (2000), recomiendan valores entre 1,5 y 2 para esta relación, indicando una mayor capacidad para

soportar el momento crítico del arraigo. Cobas (2001), utilizando riego diario y cada tres días, obtiene valores entre 1,13 y 1,71 en *Hibiscus elatus*. El tratamiento S5R1 es el que peores resultados mostró, con los mayores valores.

En relación con el índice de Dickson, los tratamientos que mejor comportamiento presentan son el S2R1 y el S2R2 con una relación de 0,07 (*Tabla 3*), mientras que los menores se encuentran en los tratamientos S3R2 y el S3R3, con un valor de 0,02, lo cual refleja un desbalance entre la parte aérea y la radical y/o la altura y el diámetro. Este índice expresa la potencialidad de la planta, tanto de sobrevivir como de crecer. Cobas (2001), en *Hibiscus elatus*, logró índices de hasta 0,14 con riego diario en este mismo lugar, pero utilizando diferentes sustratos.

Con relación a la esbeltez (*Tabla 3*), el mejor comportamiento lo presenta el tratamiento S1R2 con un valor de 9,55, y el tratamiento S4R1 tiene el peor comportamiento, con 12,07, siendo el que mayor altura y diámetro alcanzó.

Birchler *et al.* (1998) plantean que la esbeltez es un indicador de la densidad de cultivo. Según Thompson (1985) este parámetro permite una estimación de la resistencia mecánica de las plantas durante las operaciones de plantación o frente a vientos fuertes, especialmente en planta producidas en contenedores.

TABLA 3
Relación índice de calidad de Dickson, esbeltez y balance hídrico de la planta con la interacción sustratos-riego

<i>Tratamientos</i>	<i>PA/PR</i>	<i>QI</i>	<i>Esbeltez</i>
S1R1	2,35abc	0,05cd	10,27efg
S1R2	1,94bc	0,066ab	9,58g
S1R3	2,56ab	0,036fg	11,34abcd
S2R1	1,60c	0,074a	11.03bcde
S2R2	2,26bc	0,071 a	10,41efg
S2R3	2,44abc	0,047def	9,78fg
S3R1	1,74bc	0,036fg	10,74cde
S3R2	2,34abc	0,028gh	11,45abc
S3R3	2,00bc	0,02h	11.86ab
S4R1	2,28bc	0,058bc	12,07a
S4R2	2,10bc	0,049cde	11,14bcde
S4R3	2,41abc	0,04efg	11,68ab
S5R1	3,15 a	0,039efg	11,68ab
S5R2	2,48abc	0,043def	10,55def
S5R3	2.23bc	0,044def	11,56abc

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

En la *Fig. 1* se observa que los mayores valores se alcanzaron en los tratamientos T4, T10, T13, con riego dos veces al día. Esto hace que las plantas, al estar abastecidas constantemente de agua, desarrollan una cutícula fina y por ende se pierde a través de ella más agua por transpiración; también las características del sustrato de retener abundante agua hacen que esté garantizada la fuente de abasto para la planta. Esto lejos de beneficiar perjudica a las plantas, pues resistirán menos las condicio-

nes adversas de postrasplante, y la supervivencia será baja, ya que las plantas no desarrollan mecanismos de adaptación a condiciones de estrés hídrico [Barceló *et al.*, 1983].

Los tratamientos que presentaron menores valores de transpiración cuticular fueron el T3, T6, T9, T12, T15, los cuales se sometieron a un riego en días alternos. Esta reducción conllevó a desarrollar una cutícula más gruesa como respuesta a la menor disponibilidad de agua, lo cual hace

que las plantas desarrollen características morfológicas (reducción de

sus dimensiones), como un mecanismo de tolerancia a esas condiciones.

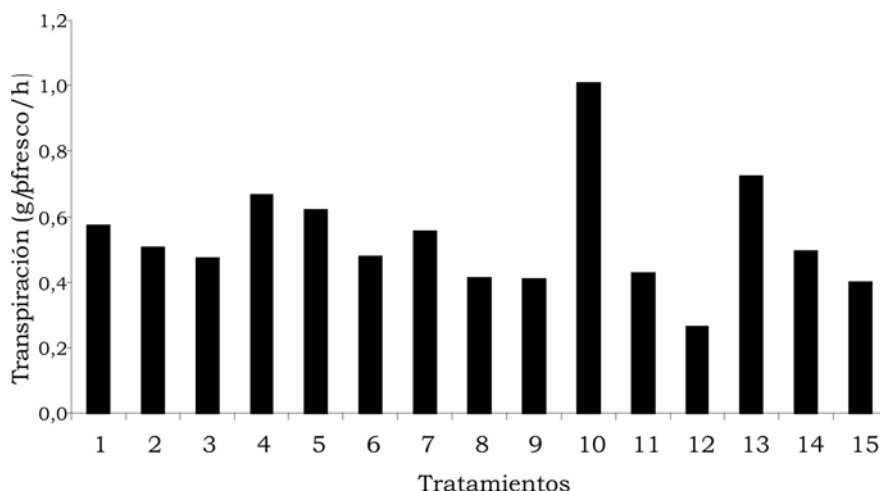


Fig. 1. Transpiración cuticular por tratamientos.

No existe una marcada diferencia en cuanto a la retención de agua por parte de los sustratos y ponerla a disposición de la planta según las necesidades, o sea, no hay diferencias marcadas en cuanto a sus propiedades de retención de agua, por lo que la variable riego decide el comportamiento de la transpiración.

Según Oliet (2001), en *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* el sometimiento a un preacondicionamiento por estrés hídrico moderado y fuerte reduce la tasa de transpiración cuticular en un 25%. Esto significa que ante una situación de estrés hídrico la velocidad con que las plantas endurecidas pierden agua, una vez que los estomas se han cerrado, es menor que las plantas no endure-

cidas. La ventaja de esa respuesta está en que las plantas endurecidas mantienen un mejor estado hídrico que las no endurecidas en condiciones de sequía.

Los tratamientos T (T2, T5, T8, T11 y T14) con riego una vez al día tuvieron de forma general un comportamiento intermedio con respecto a los tratamientos que se le aplicaron las otras dos variantes de riegos, por lo que la decisión de escoger una combinación de riego para lograr un endurecimiento está en correspondencia con el desarrollo alcanzado por la planta.

En la Fig. 2 se observa que la fuerza con que las células de los tejidos de las plantas fueron capaces de retener agua T (potencial hídrico) estuvo

en correspondencia con la variable de manejo de agua aplicado.

De forma general, cuando se aplicó riego dos veces al día, se desarrollaron potenciales hídricos al mediodía en valores absolutos muy altos debido a la rápida pérdida de agua por transpiración a través de la cutícula, provocando además una mayor

transpiración estomática, lo que hacen que las células queden carentes de agua T (plasmolizadas) y el potencial hídrico se incrementa.

Los tratamientos con riego dos veces al día desarrollan potenciales hídricos de madrugada muy bajos, lo que significa ganancia de turgencia debido a la disponibilidad de agua en los sustratos.

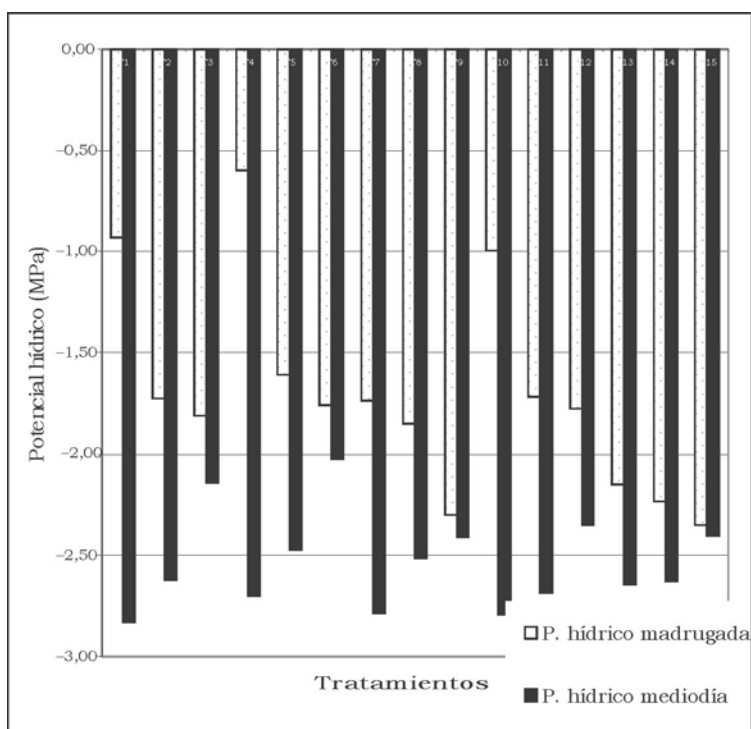


Fig. 2. Comportamiento del potencial hídrico de madrugada y al mediodía por tratamientos.

Los tratamientos T13, T14, T15, T8 y T9 fueron los de potenciales de madrugadas más altos, lo que nos dice que la turgencia de la célula es poca; pero teniendo en cuenta las adaptaciones morfológicas que la planta realiza bajo estas condiciones

de menor disponibilidad de agua, esto no repercutiría negativamente, pues la planta realiza su propia economía teniendo en cuenta que estos resultados de potenciales de madrugada altos corresponden generalmente cuando se aplica un riego diario y rie-

go días alternos. La comparación de estos dos valores dará una idea del estrés que sufren las plantas, ya que especies más adaptadas a restricciones de agua son capaces de mantener potenciales muy negativos, mientras que al contrario las especies con menos facilidad de adaptación a la sequía no tienen el mismo control que las anteriores, y no consiguen evitar las pérdidas de agua disminuyendo los valores de potencial hídrico al mediodía [Escarré, 2003].

Valoración económica

Durante la valoración económica de los resultados en la investigación se tuvieron en cuenta una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales.

Beneficios económicos

1. Con el empleo de los nuevos sustratos (S1: cachaza 90% + guano de murciélago 10%; S2: cachaza 90% + gallinaza 10%; S4: cachaza 50% + turba 40% + gallinaza 10%; y S5: cachaza 50% + turba 40% + guano de murciélago 10%) se reduce en 27 días la producción de postura con respecto al sustrato testigo (turba 70% + cáscara de arroz 30%), lo que equivale a un ahorro en gasto de salario de \$1973,04 y combustible de \$48,00.
2. Los valores de los costos de producción en los nuevos sustratos (en 950 000 plantas) son: S1 (\$1193), S2 (\$909), S4 (\$1195) y S5 (\$1479). El valor del sustrato utilizado por la empresa S3 (testigo) es de \$2067, lo que permite un ahorro de \$873 en S1, \$1157 en S2, \$871 en S4 y \$887 en S5.

3. Por concepto de ahorro de agua, el riego mañana y tarde durante la campaña (90 días) tiene un gasto total de 7425 m³ (en 950 000 plantas), con la propuesta de un riego combinado (riego dos veces al día durante la fase de establecimiento; riego diario en la fase de crecimiento rápido y un riego alterno en la fase de endurecimiento) se tiene un gasto de 4064 m³, con un ahorro de 3361 m³.

Beneficios sociales

1. Se humaniza aún más el trabajo de los obreros en vivero, pues se elimina o reduce hasta un 60% la actividad de tamizado.
2. Mejoramiento de las condiciones higiénicas en el momento de trabajar con el sustrato.
3. Su manipulación se hace mucho más fácil por su bajo peso.
4. Se atenúan un tanto las molestias (dolores en la vista y dolor de cabeza), pues se reduce la actividad de escarde.

Beneficios ambientales

1. Se elimina o reduce hasta un 40% el uso de la turba como elemento principal del sustrato utilizado en vivero por el método de tubotes, y con ello el impacto ambiental que provoca su extracción.
2. Se les da un nuevo uso a los desechos sólidos de la industria azucarera (cachaza), el cual no tiene un marcado efecto contaminante.

CONCLUSIONES

- Los sustratos compuestos por cachaza entre un 50 y un 90%, turba

un 40% y guano de murciélago o gallinaza un 10%, presentaron un mejor comportamiento que el sustrato testigo (turba 70% + cáscara de arroz 30%) en los atributos morfológicos. El uso por parte de la entidad empleadora va a estar en correspondencia con su disponibilidad.

- Los menores valores de transpiración cuticular, así como las menores diferencias de potencial hídrico de madrugada y al mediodía, fundamentan el riego en días alternos en la fase de endurecimiento, lo que demuestra que la planta ha creado un mecanismo capaz de soportar el déficit hídrico.
- El mejor manejo del agua es regar diariamente una vez al día para *Eucalyptus grandis* con los sustratos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- BARCELÓ, J.; G. NICOLÁS; G. SABATER; R. SÁNCHEZ: *Fisiología vegetal*, Ediciones Pirámide, Madrid, 1983.
- BIRCHLER, T.; R. ROSE; A. ROYO; M. PARDO: «La planta ideal: revisión del concepto. Parámetros definitorios e implementación práctica», *Revista de Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales* 7 (2):109-119, Madrid, 1998.
- COBAS, L. M.: «Caracterización de los atributos de calidad de la planta de *Hibiscus elatus*. S W cultivada en tubetes. Pinar del Río». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2001.
- ESCARRÉ, A.: «Medida del potencial hídrico. Método de la bomba de Scholander (metodología)». Curso de postgrado impartido en la Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2003.
- OLIET, J. A.: *La calidad de la planta forestal en vivero*, ETSIAM, Córdoba, España, 2000.
- : *Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el vivero*, Universidad de Córdoba, España, 2001.
- THOMPSON, B.: «Seedling Morphological Evaluation. What Can You Tell by Looking?», *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test*. Oregon State University, EE.UU., 1985, pp. 59-69.
- VILLAR, S. P.; B. L. OCAÑA; R. J. PEÑUELAS; M. I. CARRASCO; L. S. DOMÍNGUEZ: «Efectos de diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico en el contenido de nutrientes y la resistencia a la desecación de plántulas de *Pinus halepensis* Mill.», *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso*, vol. 3, 1997, pp. 673-678.