

# CRECIMIENTO DEL SISTEMA RADICAL DE ESTAQUILLAS ENRAIZADAS DE CLONES SELECTOS DE *Eucalyptus globulus* Labill. CULTIVADAS EN SUPER-LEACH Y RIZOTRONES BAJO DISTINTOS REGÍMENES HÍDRICOS

P. PITA; A. GASCÓ; J.A. PARDOS

Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal. E.T.S.I. Montes. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

## RESUMEN

Se estudia el crecimiento radical en estaquillas enraizadas de clones selectos de *Eucalyptus globulus* Labill. Cultivándolas bajo condiciones hídricas óptimas y en envases super-leach se hallaron diferencias significativas entre clones para diversos parámetros de crecimiento. Los clones que presentaron una mayor biomasa final fueron los que experimentaron un mayor crecimiento foliar inicial. Posteriormente se cultivó una selección de los clones estudiados en rizotrones y bajo condiciones de déficit hídrico. Se obtuvieron diferencias significativas entre clones en el crecimiento de la parte aérea y en la densidad de raíces, que fue máxima en el clon con un mayor crecimiento y supervivencia en campo.

**P.C.:** *Eucalyptus globulus*, crecimiento radical, déficit hídrico.

## SUMMARY

Root system development is assessed in young *Eucalyptus globulus* Labill. rooted cuttings from selected clones. Significant differences among clones were found growing the plants in super-leach under optimum conditions. The highest biomass growth was measured in the clones with the highest initial leaf growth. Afterwards, some of these clones plants were grown in rhizotrons under water deficit conditions. Significant differences were found in leaf growth and root length density. The highest root length density was measured in the clone with the highest growth and survival under field conditions.

**K.W.:** *Eucalyptus globulus*, root system, drought.

## INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus globulus* es una especie originaria del sudeste del continente australiano, Tasmania y pequeñas islas del estrecho de Bass. En su región de origen recibe precipitaciones anuales superiores a los 550 mm (ELDRIDGE *et al.* 1993). En el sudoeste español la Empresa Nacional de Celulosas (ENCE) está consiguiendo aumentar la supervivencia y el crecimiento de la especie en zonas con una precipitación inferior mediante un programa de mejora genética y la posterior propagación vegetativa de individuos sobresalientes.

El estudio de la calidad del sistema radical en estaquillas enraizadas de *E. globulus* tiene un doble interés. Por una parte, es difícil conseguir altos porcentajes de enraizamiento y se recomienda rechazar los individuos con dificultades de propagación para su uso comercial, independientemente de una supuesta buena adaptación al medio (ELDRIDGE *et al.* 1993). Por otra parte, el desarrollo y conformación del sistema radical son factores muy importantes y poco conocidos en la selección de genotipos con vistas a aumentar el crecimiento en condiciones de déficit hídrico, más aún cuando se trabaja con una especie capaz de explorar un gran volumen de suelo (CALDER 1992, RHIZOPOLOU & DAVIES 1993).

El objeto del presente estudio es comparar el crecimiento radical de varios genotipos de *E. globulus* en dos momentos: (1): justo después de conseguir el enraizamiento de las estaquillas, cultivando las plantas en condiciones óptimas, a fin de imitar el proceso de preparación en vivero para la posterior plantación; (2): una vez finalizado el crecimiento de planta en vivero, cultivando las plantas en condiciones de déficit hídrico, a fin de imitar las condiciones de campo del sudoeste peninsular. Los resultados se relacionan con el crecimiento de la parte aérea y el comportamiento de los genotipos seleccionados en condiciones de campo. Se obtienen conclusiones sobre la utilidad del estudio del crecimiento radical en la evaluación de la adaptación a la sequía a edad temprana.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron estaquillas enraizadas de pequeño tamaño (aproximadamente el que tienen cuando se sacan del invernadero en el Centro de Investigación de ENCE) de seis clones comerciales: 115.2, 115.7, 115.18, 158.6, 131.3 y 334.1. Estos clones se utilizan de forma habitual en las plantaciones realizadas por ENCE en el sudoeste peninsular. En condiciones de campo, el crecimiento y la supervivencia son buenos en los clones 131.3 y 158.6, y reducidos en el clon 115.7. El resto de clones utilizados presenta un comportamiento intermedio (I. CAÑAS, ENCE, comunicación personal).

Las plantas se mantuvieron en invernadero durante nueve semanas incrementando el fotoperiodo a 13 horas/día mediante lámparas halógenas de 400W. Las plantas se cultivaron en envases super-leach de 150 ml y 15 cm de longitud con un sustrato mezcla de turba y corteza de pino y en condiciones óptimas de riego. Se fertilizaron periódicamente con un abono comercial (Peters® 20:7:19). La temperatura se mantuvo por encima de 10°C. Se realizaron cuatro cosechas de diez plantas por clon, con una periodicidad de 2-4 semanas, en las que se determinó el peso seco de tallo, hojas, callo, raíces finas (diámetro <1mm) y gruesas (diámetro >1mm), así como la superficie foliar.

Una vez realizada la última cosecha, se seleccionaron de 6 a 7 plantas entre las restantes de los clones 115.18, 158.6 y 115.7. Se trasplantaron a rizotrones de una longitud de 60 cm rellenos con una mezcla de turba fertilizada y arena en proporción volumétrica 3:1. Los rizotrones se colocaron en soportes de modo que la inclinación del plano del metacrilato sobre el que debe crecer la raíz respecto a la vertical fuese de 30°. Las plantas permanecieron en vivero bajo cubierta, a resguardo de la lluvia, y soportaron temperaturas máximas de 36°C. Se regó con periodicidad semanal (ciclos de estrés). Los riegos se realizaban tanto por superficie como por capilaridad. La humedad del sustrato se determinó de forma volumétrica justo antes de regar (método TDR, Time Domain Reflectometry) utilizando sondas de 15 cm de longitud que se clavaban en la parte superior e inferior del sustrato.

Se realizaron calcos de todas las hojas de cada una de las plantas con una periodicidad semanal. Las raíces se dibujaron sobre el metacrilato dos veces por semana, diferenciando las raíces gruesas (>1mm) de las finas (<1mm). Los dibujos radicales así obtenidos se digitalizaron al concluir el experimento identificando fecha de medición y tipo de raíz. Transcurridas cinco semanas se cosecharon las plantas y se determinaron los pesos secos de raíces, tallo y hojas, así como la superficie foliar correspondiente a ramificaciones, que no se había podido determinar mediante calcos al ser las hojas más pequeñas y delicadas. El crecimiento de esta superficie foliar de ramificaciones se consideró constante en el tiempo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento de las plantas en envases super-leach y condiciones hídricas óptimas

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre clones en todos los parámetros de crecimiento estudiados. Las mayores tasas de crecimiento relativo se midieron en los clones 158.6 y 115.18 (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de la tasa de crecimiento relativo media en los seis clones estudiados.

|  | 115.2  | 115.7  | 115.18 | 158.6  | 131.3  | 334.1  |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| raíces finas ( $\text{g g}^{-1}\text{día}^{-1}$ )                  | 0,0137 | 0,0212 | 0,0319 | 0,0257 | 0,0198 | 0,0232 |
| raíces gruesas ( $\text{g g}^{-1}\text{día}^{-1}$ )                | 0,0183 | 0,0240 | 0,0278 | 0,0302 | 0,0086 | 0,0153 |
| superficie foliar ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{día}^{-1}$ ) | 0,0328 | 0,0292 | 0,0454 | 0,0346 | 0,0323 | 0,0289 |
| peso total ( $\text{g g}^{-1}\text{día}^{-1}$ )                    | 0,0201 | 0,0227 | 0,0316 | 0,0316 | 0,0171 | 0,0184 |

A lo largo del periodo de estudio aumentó tanto el peso seco de callo como de raíces (Figura 1), si bien el peso proporcional del callo disminuyó del 32,3% al 26,2% de la biomasa radical entre la primera y la última cosecha. El crecimiento en los primeros quince días fue de  $0,02 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$  para la biomasa en raíces y de  $0,036 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$  para la biomasa foliar (valores medios para el conjunto de clones). Por lo tanto, la respuesta de las plantas a condiciones ambientales favorables consistió, en primer lugar, en un aumento de la biomasa foliar con una tasa de crecimiento casi doble de la correspondiente a biomasa radical. Las mayores tasas de crecimiento relativo en biomasa foliar en

estos primeros quince días se midieron en los clones que alcanzaron un mayor tasa de crecimiento relativo en biomasa total a lo largo del estudio (115.18 y 158.6).

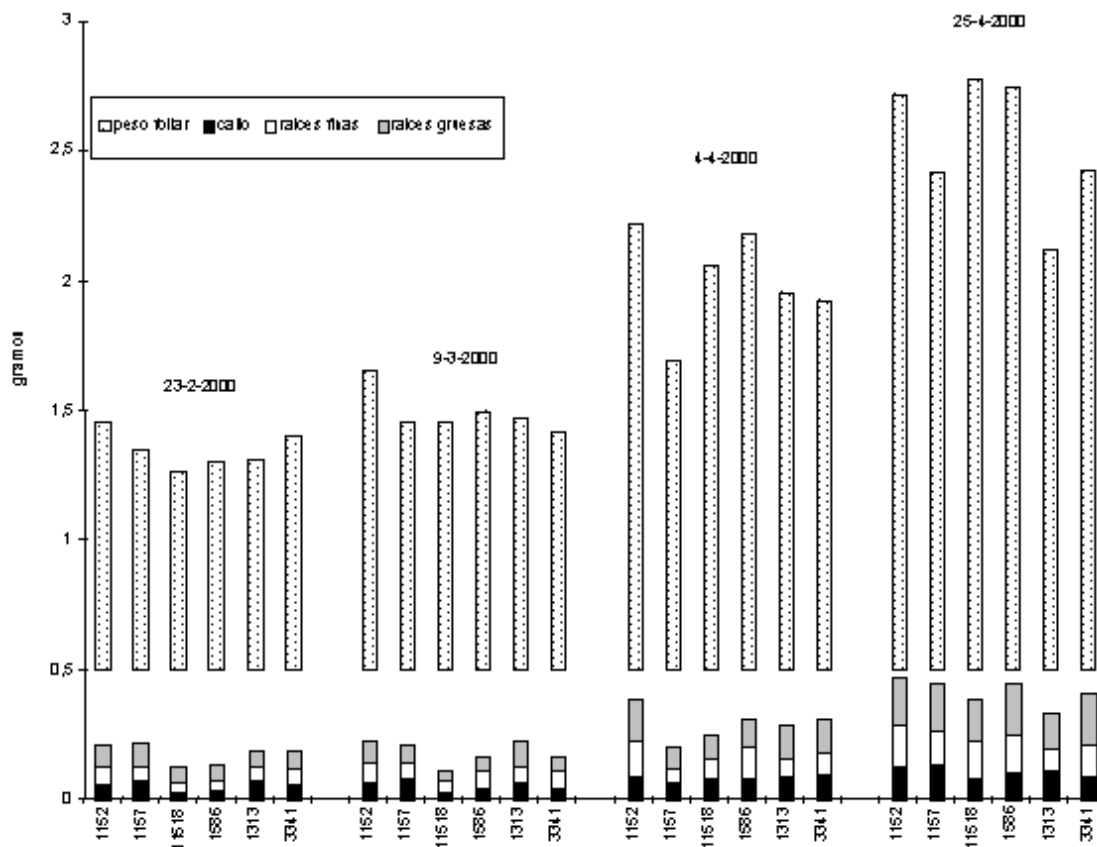


Figura 1. Valores del peso seco de hojas, callo, raíces gruesas (diámetro > 1 mm) y raíces finas (diámetro < 1 mm) en las cuatro cosechas realizadas.

En las dos primeras cosechas se midieron los menores valores de peso seco del callo y de las raíces en los clones 115.18 y 158.6 (Figura 1). Este resultado parece indicar una relación positiva entre el peso del callo y el peso de la raíz cuando la planta es pequeña (a menor peso de callo, menor peso de raíz). Sin embargo, este factor no afectó al desarrollo aéreo de la planta, pues los clones 115.18 y 158.6 mostraron un crecimiento superior a los demás (Tabla 1). Tampoco afectó al desarrollo posterior del sistema radical, ya que las mayores tasas de crecimiento relativo en peso seco tanto en raíces finas como gruesas se midieron precisamente en estos clones (Tabla 1), a pesar de partir de valores de biomasa radical inferiores a los demás.

### Crecimiento de las plantas en rizotrones y condiciones de déficit hídrico

Se encontraron diferencias significativas entre clones en los valores del peso seco foliar ( $p=0,04$ ) y superficie foliar ( $p=0,0006$ ) al finalizar el estudio. Las diferencias interclonales en biomasa total, peso seco de tallos y peso seco de raíces no fueron significativas. Por el contrario, se obtuvieron diferencias entre clones altamente significativas en la longitud total de raíces ( $p=0,0001$ ). El crecimiento en superficie foliar fue mayor en el clon 115.18 que en 115.7 y 158.6 (Figura 2). Esta diferencia se debió fundamentalmente a la superficie foliar de las ramificaciones, que fue casi el doble en éste que en los otros dos. Por el contrario, el crecimiento en longitud total de raíces fue superior para el clon 158.6 (Figura 2).

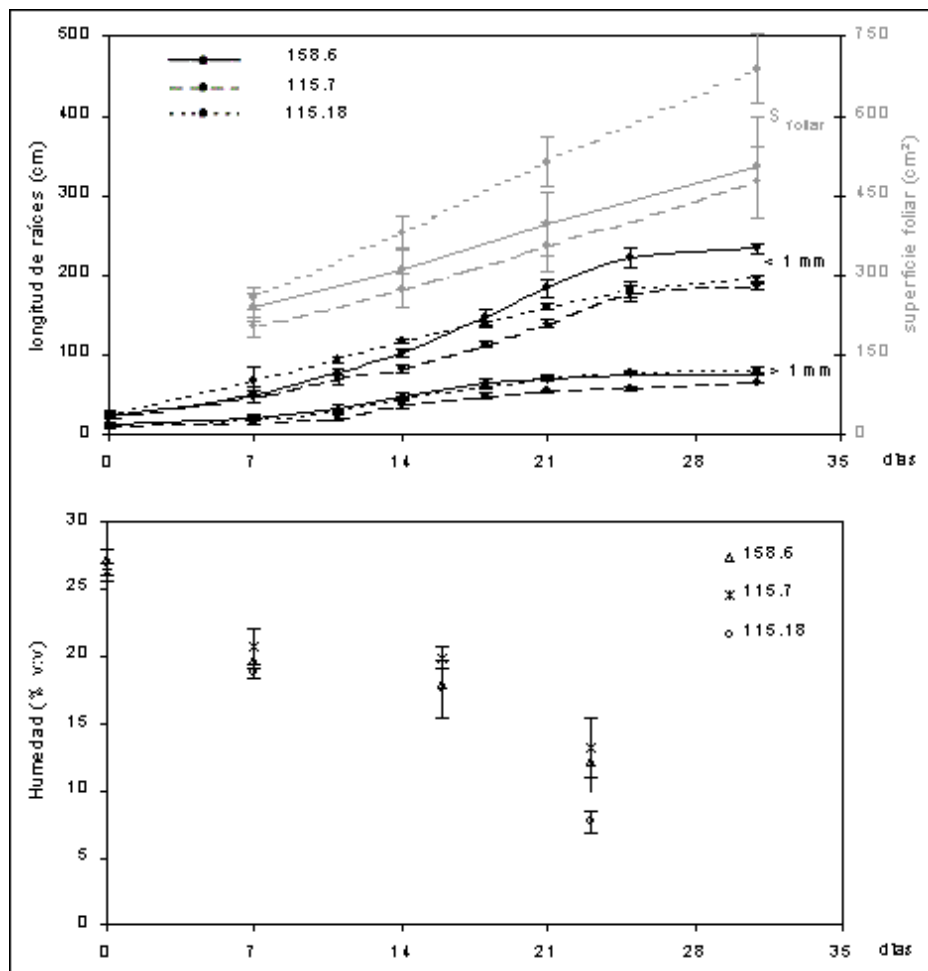


Figura 2. Valores de la longitud total de raíces y superficie foliar estimados mediante técnicas no destructivas a lo largo del estudio y humedad del sustrato, evaluada de forma volumétrica, en los quince centímetros más superficiales justo antes de regar.

La humedad volumétrica del sustrato osciló entre un 27% y un 7,7% en las medidas realizadas en los 15 cm más superficiales (Figura 2). En los 15 cm más profundos, estos valores fueron del 52% y 27% respectivamente. No se encontraron diferencias entre clones en los valores de humedad de la parte inferior y sí en los de la parte superior correspondientes a la última semana de estudio (Figura 2), momento en el que se alcanza el máximo déficit hídrico. Los menores valores de humedad del sustrato se midieron en el clon 115.18.

En las Figuras 3 y 4 se representan los valores de la densidad (longitud total de raíces por unidad de superficie del plano de metacrilato sobre el que crecieron las raíces) obtenidos a lo largo del estudio a distintas profundidades. La densidad de raíces finas fue muy superior a la de raíces gruesas sobre todo en los estratos superiores, como cabía esperar.

En estos gráficos es interesante destacar que las mayores diferencias entre clones en los valores de densidad final de raíces se producen a partir de los 15 cm de profundidad. En otras palabras, los tres clones alcanzan una densidad de raíces superficial semejante, y la diferencia fundamental es la capacidad de explorar estratos inferiores del suelo. En este sentido, la mayor densidad radical en el estrato más profundo se midió en el clon 158.6, y la menor en el clon 115.18. Este último clon mostró un mayor desarrollo inicial de raíces finas superficiales, posiblemente favorecido por la mayor disponibilidad de agua al inicio del estudio (Figura 2). Sin embargo, la densidad total de raíces finas en estratos inferiores llegó a ser mayor en el clon 158.6, que mostró una mejor estrategia que el 115.18 para resistir a condiciones de déficit hídrico, con una mayor inversión en crecimiento radical que en foliar y una capacidad superior para profundizar en busca de agua. El clon 115.18 probablemente será más productivo en condiciones de suministro hídrico no limitante, pero en condiciones de sequía se puede considerar como un clon “de riesgo”, porque su sistema radical profundiza menos y porque con una densidad radical inferior a la del clon 158.6 tiene que

soportar una superficie de transpiración muy superior.

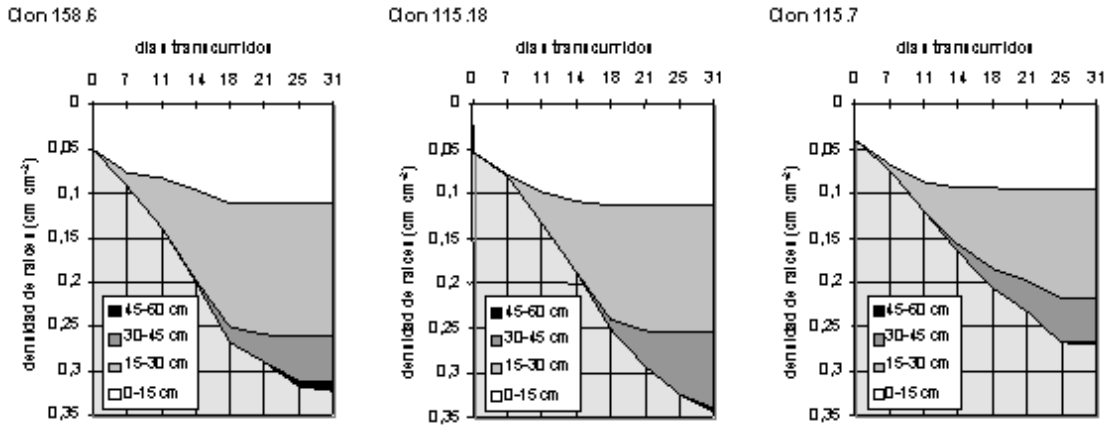


Figura 3. Densidad total de raíces gruesas (diámetro>1mm) medida a distintas profundidades a lo largo del estudio.

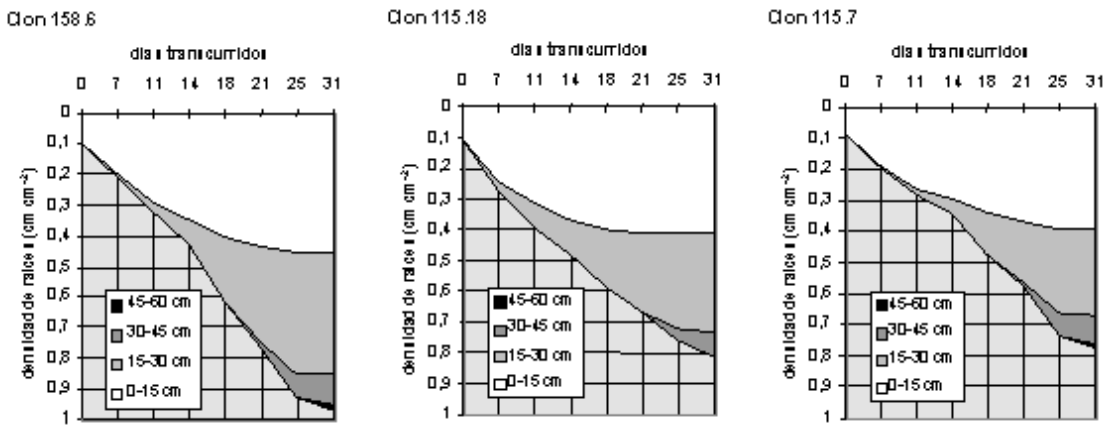


Figura 4. Densidad total de raíces finas (diámetro<1mm) medida a distintas profundidades a lo largo del estudio.

Por último, el clon 115.7 acusa en mayor medida que los otros clones el déficit hídrico y responde reduciendo el crecimiento de parte aérea y del sistema radical a partir de la primera semana. Este clon sería el menos indicado para conseguir buenos crecimientos en condiciones de déficit hídrico. En general, se admite que existe una relación negativa entre crecimiento y resistencia a condiciones de sequía (PEREIRA & PALLARDY 1989). Los genotipos adaptados a condiciones de déficit hídrico no suelen mostrar caracteres propios de genotipos productivos. Sin embargo, la afirmación inversa no es necesariamente cierta y un crecimiento reducido no indica una mejor adaptación a condiciones de déficit hídrico. En estudios previos realizados con la especie hemos encontrado un mayor crecimiento en genotipos con una supervivencia mayor. Además, los genotipos más productivos eran también menos eficientes en el uso del agua (PITA *et al.* *In Press*). Ambos resultados ponen de manifiesto la importancia del desarrollo radical, que permite al árbol explorar un mayor volumen de suelo, y de este modo, alargar todo lo posible el periodo óptimo para el crecimiento (primavera) y aumentar sus posibilidades de sobrevivir a los periodos de sequía estival.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio ponen de manifiesto la importancia del crecimiento radical como factor de diferenciación clonal en *E. globulus*. En condiciones de vivero no se encontró una buena relación entre la biomasa inicial de raíces y el posterior desarrollo de la planta. El crecimiento en este periodo resultó determinado por el crecimiento foliar inicial. Cultivando las plantas en rizotrones y someténdolas a ciclos de déficit hídrico se encontraron diferencias entre clones en el crecimiento tanto de la parte aérea como del sistema radical. En estas últimas sólo se pudieron apreciar mediante el estudio de la densidad de raíces, ya que no se apreciaron diferencias en los

valores de biomasa radical. El comportamiento de los tres clones utilizados en esta segunda parte del estudio se ajustó a los resultados preliminares obtenidos en condiciones de campo.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Industria y Energía y la CYCIT-CDI. Agradecemos a ENCE el habernos suministrado las estaquillas y a F. Masedo y A. Sánchez Borge su colaboración.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- CALDER, I.R.; (1992) *Water use of eucalypts. A review. In* Calder, I.R.; Hall, R.L. & Adlard, P.G. Growth and water use of forest plantations. John Wiley and Sons, Chichester. pp 167-179.
- ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G.; (1993) *Eucalypt domestication and breeding*. Clarendon Press, Oxford. 288 p.
- PITA, P.; SORIA, F.; CAÑAS, I.; TOVAL, G.; PARDOS, J.A.; (*In Press*) *Carbon isotope discrimination and its relationship to drought resistance under field conditions in genotypes of Eucalyptus globulus Labill*. Forest Ecology and Management.
- PEREIRA, J.S.; PALLARDY, S.; (1989) *Water stress limitations to tree productivity. In* Pereira, J.S. & Kandsberg, J.J. Biomass production by fast growing trees. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 37-56.
- RHIZOPOULOU, S.; DAVIES, W.J.; (1993) *Leaf and root growth dynamics in Eucalyptus globulus seedlings grown in drying soil*. Trees 8: 1-8.