

Potencial hídrico y crecimiento de *Eucalyptus globulus* plantado a diferentes espaciamientos en la Provincia de Huelva, España

Leaf water potential and growth of *Eucalyptus globulus* planted with different density

S. DONOSO¹, F. RUIZ²

¹Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile, Casilla 9206, Santiago, Chile,
e-mail: sedonoso@abello.dic.uchile.cl

²Centro de Investigación y Tecnología de ENCE, Huelva, España.

SUMMARY

In a trial established in 1996, representing five different *Eucalyptus globulus* spacings (4.0 m x 1.5 m, 4.0 m x 2.25 m, 4.0 m x 3.0 m, 4.0 m x 4.0 m and 4.0 m x 5.0 m), the DBH and height of the trees was evaluated monthly during the third year of growth. At the same time, pre-dawn leaf water potential and the amount of available soil water was measured.

The growth in height, diameter and basal area in the smaller spacing at the beginning of May was low in relation to the other treatments, decreasing until stopping at the end of summer, then restarting with the first rains. In all treatments a marked summer stress was observed and, in the smaller spacing, trees generally died at the end of summer. The pre-dawn water potential presented a better relation with the available water at the 20-40 cm layer than with the 0-20 cm layer.

Key words: *Eucalyptus globulus*, leaf water potential, growth, spacing, Spain.

RESUMEN

En una plantación de *Eucalyptus globulus* de tres años de edad, se estableció un ensayo que consta de cinco espaciamientos de plantación de (4.0 m x 1.5 m; 4.0 m x 2.25 m; 4.0 m x 3.0 m; 4.0 m x 4.0 m y 4.0 m x 5.0 m), se evaluó el DAP, altura de los árboles y simultáneamente se determinó el potencial hídrico de base y contenido hídrico del suelo.

En el menor espaciamiento tanto el crecimiento en altura como en diámetro y área basal presentaron una marcada inhibición a inicios de mayo. El resto de los tratamientos disminuyen su crecimiento hasta detenerlo al término del verano y lo reinician con las primeras lluvias. En todos los espaciamientos se observó un marcado estrés estival, que fue máximo en el menor espaciamiento y se tradujo en la muerte generalizada de los árboles al término del verano. El potencial hídrico de base en hoja presentó una mejor relación con el agua disponible del estrato 20-40 cm que con el estrato más superficial.

Palabras claves: *Eucalyptus globulus*, potencial hídrico, crecimiento, espaciamiento, España.

INTRODUCCION

Una de las ventajas de las plantaciones es que se puede controlar el número inicial de plantas por superficie y el espaciamiento entre ellas (Smith *et al.*, 1997). Sin embargo, el espaciamiento inicial no puede ser una simple regla o prescripción silvícola. El espaciamiento inicial óptimo puede

ser influido por muchos factores, tales como las características de la especie, la calidad del sitio, la edad a la cual se pueden aplicar raleos comerciales, los métodos de cosecha y los objetivos del manejo (pulpa, madera aserrada, etc.) (Lavery, 1986; Florence, 1996).

El rodal debe ser plantado con el menor espaciamiento posible cuando la especie es más tole-

rante a la competencia, o la calidad del sitio es alta, o los raleos comerciales se pueden ejecutar antes de que se produzcan pérdidas de madera por mortalidad. Espaciamientos reducidos pueden ser apropiados cuando la calidad de la madera probablemente sea deficiente o heterogénea y se dispone de muchos árboles que pueden ser seleccionados para la cosecha final. Por otra parte, los espaciamientos iniciales pueden ser más amplios cuando la especie es intolerante a la competencia, o la mortalidad se inicia a temprana edad, o las claras comerciales deben ser pospuestas por motivos económicos (Shepherd, 1986; Matthews, 1989; Oliver y Larson, 1990; Florence, 1996; Smith *et al.*, 1997). El mercado objetivo al cual está orientada la plantación juega una importante función; es así como rodales destinados a la producción de pulpa tendrán el menor espaciamiento posible, de modo tal, que su diámetro supere las exigencias de diámetro impuestas y se obtenga el mayor volumen posible en el menor tiempo posible (Chaves, 1997).

El espaciamiento inicial en eucalipto presenta intervalos similares en muchos países. En Portugal 1.300 árboles/ha (4,0 m x 1,9 m) de *E. globulus* se plantan en las zonas más secas en los sitios ubicados al sur del país y 1.600 árboles/ha (3,0 m x 2,0 m) en los sitios más húmedos en el norte. En Sudáfrica, el número de árboles que se establecen inicialmente varía entre 1.372 y 1.736 árboles/ha que refleja la variabilidad de sitios presentes (Florence, 1996). A nivel local esto se puede apreciar, por ejemplo, en los diferentes espaciamientos utilizados en el sudoeste español que oscilan de 830 a 625 árboles/ha.

El crecimiento individual de los árboles en una plantación está fuertemente vinculado al nivel de competencia que se establece entre los individuos por los diferentes recursos: luz, agua y nutrientes minerales (Kozlowski *et al.*, 1991), y frente a la competencia los árboles se diferencian tendiendo a eliminar los ejemplares que no han sido exitosos en la captura de recursos (Oliver y Larson, 1990; Tome *et al.*, 1994). Este proceso es permanente, dado que, en la medida que los árboles se desarrollan, sus necesidades se incrementan, por lo que gradualmente disminuye el número de ejemplares.

En los climas mediterráneos, el agua es el factor más importante que controla la productividad de los eucaliptos (Pacheco *et al.*, 1997), por lo que las sequías han sido un importante factor que ha limitado el crecimiento de estas especies (Pereira, 1994). Una forma de resolver este problema es

establecer un marco de plantación adecuado, puesto que el monto de agua disponible por planta depende del espaciamiento de los árboles (Donner y Running, 1986; Aussenac y Granier, 1988; Pothier y Margolis, 1990). Por esto es necesario determinar un adecuado equilibrio entre disponibilidad hídrica y competencia, mediante un espaciamiento que permita utilizar adecuadamente los recursos del sitio y que no provoque la muerte de los ejemplares plantados.

El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento, potencial hídrico de base y contenido hídrico del suelo a lo largo de un año, en rodales de tres años que fueron plantados a diferentes espaciamientos.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se estableció en el sudoeste de España, provincia de Huelva, en la finca "Huerta del Conde" (37°25' N y 6°51' O) y se encuentra a una altitud de 90 m s n m. El clima de la zona es típico mediterráneo, según el mapa fitoclimático de Allué (Allué, 1990) y la finca se incluye en el subtipo climático IV₁ (mediterráneo genuino cálido seco). La temperatura media anual es de 17,8°C y la precipitación media anual es de 626 mm. En el año 1998, la precipitación anual fue de 460 mm, concentrándose en los meses de otoño e invierno, con un período seco desde mayo hasta octubre (figura 1) y la temperatura media anual fue de 18,8°C. Durante el período de estudio no llovió en los meses de junio, julio y agosto, que también corresponden a los de mayor temperatura máxima media mensual. Toda la información meteorológica se obtuvo de una estación distante 15 km del ensayo (ENCE, 1999).

El estrato geológico de la zona está constituido por margas arenosas, en mayor o menor grado, del Plioceno. Encima de las margas, sin un paso claramente visible por la existencia de alteraciones y derrubios de ladera, se encuentran arenas arcillosas, que en la zona culminan la serie pliocena (Instituto Geológico y Minero de España, 1966). La morfología del terreno es casi plana, formando llanuras de considerable extensión, con pendientes poco frecuentes y muy suaves, que no superan el 10%. En el caso particular del sector analizado, la pendiente es de 7% y los rodales presentan exposición sur.

La plantación se encuentra sobre un suelo que pertenece a arenales del Cuaternario y según FAO

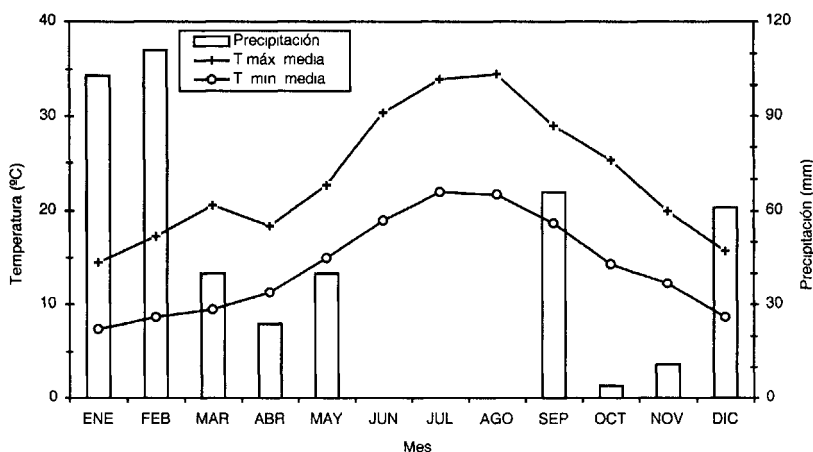


Figura 1. Evolución de la precipitación (barras), temperatura máxima media mensual (+) y temperatura mínima media mensual (o) en el año 1998. Monthly rainfall (bars) and maximum (+) and minimum (o) mean air temperature in 1998.

(1977) se clasifica como haplic luvisol. Presenta dos estratos, el primero de textura franco-arenosa (73,8% arena, 3% arcilla) y bajo él, a una profundidad que oscila entre 40 y 50 cm, un estrato de textura franco-arcilla-arenosa (51% arena, 29% arcilla), aglomerado, sin estructura de agregado y de una gran dureza, por lo que este horizonte actúa como una barrera para el desarrollo de las raíces. La mayoría de las raíces se ubica en los primeros 40 cm del perfil (Sánchez, 1999). Ambos estratos presentan una gran proporción de material grueso (15 al 25% del volumen).

El ensayo fue establecido por la empresa ENCE, en febrero de 1996, con plantas clonales de *Eucalyptus globulus* Labill. (clon 115-2 PM), consistente en cuatro bloques y cinco tratamientos que corresponden a diferentes espaciamientos de plantación: 4,0 m x 1,5 m (T1); 4,0 m x 2,25 m (T2); 4,0 m x 3,0 m (T3); 4,0 m x 4,0 m (T4) y 4,0 m x 5,0 m (T5), y en parcelas elementales de 500 m². De este ensayo se seleccionó un bloque y se escogieron 15 árboles de cada tratamiento, a los que regularmente, a lo largo del año 1998, se les controló la altura con cinta de distancia y el DAP con cinta diamétrica. El perímetro sobre el cual se determinó el diámetro del fuste fue señalado de forma que cada una de las mediciones se realizó siempre en el mismo lugar. Las primeras mediciones se realizaron a fines del segundo año de plantación, en enero de 1998, por lo que la información recogida corresponde al tercer año de crecimiento.

Además, con la misma periodicidad, se determinó el potencial hídrico de base (Y_h) mediante

una bomba de Scholander en 9 árboles por tratamiento. Para ello se cosecharon, en la madrugada, ramas ubicadas en el tercio superior del árbol, con 2 a 3 hojas totalmente expandidas y orientadas hacia el sur. Las ramas seleccionadas se guardaron en una nevera y posteriormente en un frigorífico a 4°C hasta el momento de la medición (Karlic y Richter, 1979; Turner, 1988; Richter, 1997).

Adicionalmente, en cada espaciamiento se obtuvieron periódicamente 30 muestras de suelo, que corresponden a 5 árboles, tres distancias respecto a la línea de plantación (0, 0,5 y 1,5 m) y dos profundidades de suelo, 0 a 20 cm y 20 a 40 cm. Las muestras se obtuvieron con una barrena y fueron guardadas herméticamente en bolsas plásticas, para posteriormente en laboratorio determinar el peso de la muestra antes y después de secar a 105°C durante 24 horas, con lo que se obtuvo el contenido de humedad en el suelo.

Los tratamientos se compararon mediante análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan (Steel y Torrie, 1981). Se utilizó un nivel de probabilidad de 0,05 en todas las pruebas estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En todos los tratamientos se observó un marcado estrés hídrico estival (figura 2), que es alto en comparación con estudios similares (Kallarackal y Somen, 1997; Pacheco *et al.*, 1997), puesto que se trata de árboles que recién se encuentran en su

tercer año de crecimiento y el turno estimado de la plantación supera los 10 años.

El tratamiento T1, con un distanciamiento de 4,0 x 1,5 m, presenta a inicio del mes de junio un potencial hídrico de -1,3 MPa que resulta inferior ($p = 0,05$) a todo el resto de los tratamientos en esa fecha, y valores inferiores a este sólo se obtuvieron en los tratamientos T2 y T3 en las mediciones realizadas en agosto (figura 2). Comparativamente, los valores determinados son inferiores a los señalados por Pacheco *et al.* (1997) en un rodal de 2 años, quienes obtuvieron valores de potencial hídrico de base de -0,6 y -0,8 MPa en los mayores espaciamientos (4 x 4 m y 3 x 3 m), e inferiores a -2,8 MPa en el menor espaciamiento (2 x 1 m). Se debe considerar que el estudio se desarrolló sobre suelos más profundos que el analizado.

En las determinaciones realizadas al término del mes de agosto, que corresponden al máximo estrés hídrico medido en los diferentes espaciamientos, los valores de potencial hídrico presentan una relación inversa respecto al espaciamiento. De forma que los dos menores espaciamientos presentan diferencias significativas ($p = 0,05$) entre ellos y con el resto de los tratamientos. En general, este resultado es similar a lo obtenido por Pacheco *et al.* (1997).

El fuerte estrés hídrico al cual se vieron sometidas las plantas del tratamiento T1 (-4,0 MPa) se tradujo en una muerte generalizada de los árboles al término del verano. Davidson y Reid (1989) determinaron, en condiciones de campo, que los árboles de *Eucalyptus delegatensis* con valores de potencial hídrico menores a -5,0 MPa morían, y que con un valor aproximado de -4,4 MPa, los

niveles de daño en la copa eran de 14%, 25% y 54% en *Eucalyptus pulchella*, *E. coccifera* y *E. delegatensis* respectivamente. En el ensayo, la muerte de los árboles se produjo por el evidente debilitamiento de los individuos adicionado a un fuerte ataque de *Phoracantha semipunctata*. Los escasos ejemplares que sobrevivieron lograron recuperarse y presentaban, en el mes de octubre, valores de potencial hídrico similares al resto de los tratamientos. Estas determinaciones no se presentan en este documento debido a que sólo se pudieron medir 3 árboles de los 15 que inicialmente se evaluaron.

Estos resultados coinciden con las observaciones de Kallarackal y Somen (1997), en el sentido de que una baja densidad de árboles redundaba en una menor área foliar y es la principal responsable de una tasa de transpiración más reducida comparada con un rodal más denso. A esto se adiciona que la tasa de respiración se incrementa exponencialmente con la temperatura y es muy superior en los climas calurosos, como el sector estudiado, que en los templados (Cannell, 1989). Esto permite asociar la gran pérdida de agua que sufre el suelo en el tratamiento T1, debido a la transpiración y a un mayor consumo hídrico, con objeto de sostener la respiración.

El potencial hídrico de base presenta una mejor relación con el agua disponible del estrato de 20-40 cm de profundidad (figura 3) que con el estrato más superficial (figura 4), puesto que este último presenta en verano una alta pérdida de humedad por evaporación (Pacheco *et al.*, 1997). En general, dada la fuerte relación existente entre el potencial hídrico de la planta y el agua disponible en el suelo, el potencial hídrico de base es un buen

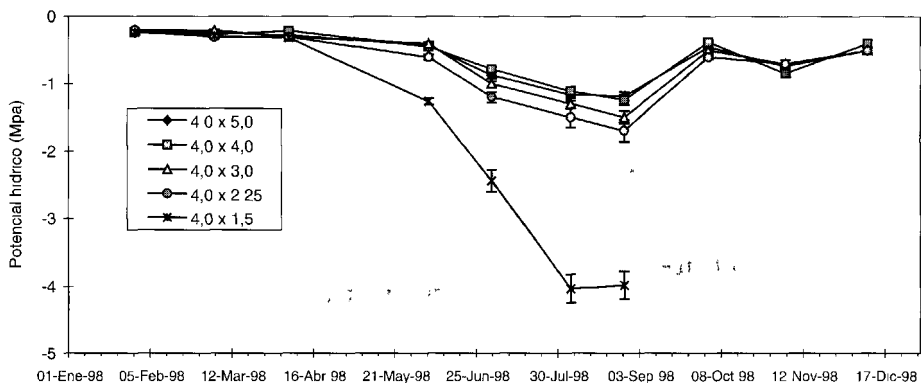


Figura 2. Variación anual del potencial hídrico de base en hojas por espaciamiento (media \pm error estándar de la media; $n=9$).

Leaf water potential variation during the year for the different spacings (mean \pm standard error, $n=9$).

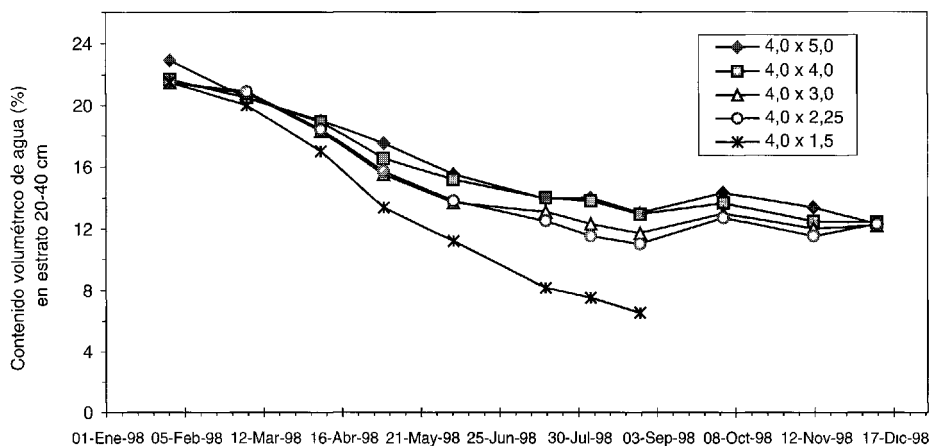


Figura 3. Variación anual del contenido volumétrico de agua en el estrato de 20-40 cm de profundidad (media; n=15).

Seasonal variation of volumetric soil moisture at the depth 20-40 cm (mean; n=15).

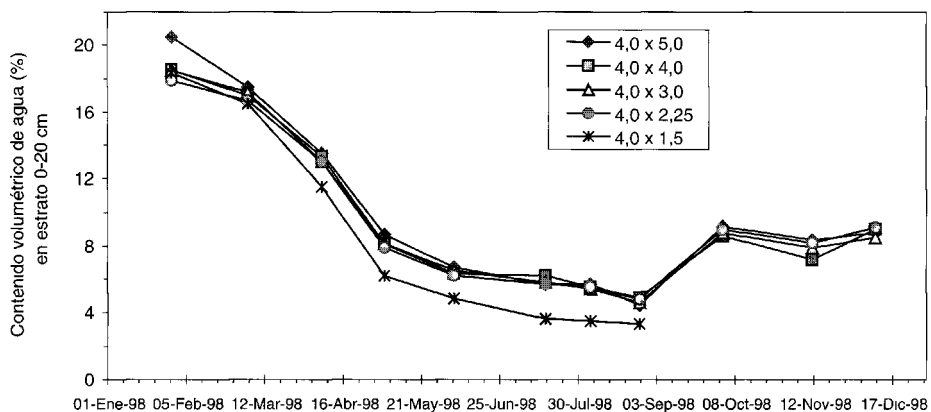


Figura 4. Variación mensual del contenido volumétrico de agua en el estrato de 0-20 cm de profundidad (media; n=15).

Figure 4. Seasonal variation of volumetric soil moisture at the depth 0-20 cm (mean; n=15).

indicador del potencial hídrico del suelo explorado por las raíces (Crombie *et al.*, 1988).

El crecimiento en altura, diámetro y, por consiguiente, en área basal es función del agua disponible en el suelo. Durante el verano, los árboles disminuyen su crecimiento y lo reinician con las primeras lluvias (septiembre). El crecimiento en altura es alto en el período de mayor consumo de agua (marzo a junio), pero en el espaciamiento 4,0 x 1,5 m el crecimiento se reduce en mayo, cuando el potencial hídrico es menor a -1,0 MPa, y en julio la altura de estos árboles es significativamente menor ($p = 0,05$) al resto de los tratamientos. Estos no presentan diferencias a lo largo del año y du-

rante los meses de julio y agosto (figura 5); cuando el potencial hídrico resulta menor a -0,8 MPa, se inhibe marcadamente el crecimiento en todos los tratamientos, resultando más acusado en el espaciamiento 4,0 x 2,25 m. Esto se puede deber a que la fotosíntesis no se reduce mucho hasta que la caída del potencial hídrico es menor a -0,5 MPa (Cannell, 1989). En plantaciones clonales de *Eucalyptus globulus* spp *bicostata* de 3 años de edad ubicadas en una zona próxima al ensayo, Serrano (1992) determinó que las mayores tasas fotosintéticas registradas al mediodía ocurren en los períodos de invierno y primavera. Durante el verano, debido al incremento de las temperaturas

y de la sequedad atmosférica, unido a un severo déficit hídrico, se produce una reducción de la tasa fotosintética, llegando a alcanzar valores muy próximos a cero como consecuencia del cierre estomático (Serrano, 1992).

Por otra parte, Oliver y Larson (1990) señalan que en rodales con un reducido espaciamiento, donde se ha establecido rápidamente la competencia, eventualmente se reduce el crecimiento en altura hasta que por la muerte de árboles o disponibilidad de nuevos recursos se mitiga la competencia. En este sentido, Sall (1988) determinó que en *Eucalyptus camaldulensis*, sometidos a un fuerte estrés hídrico estival (y_h de base = -3,0 MPa), se produce una fuerte limitación al intercambio gaseoso, con un bloqueo de la transpiración y un crecimiento nulo, mientras que a valores de -1,9 MPa el crecimiento en altura continúa, aunque lentamente. Por el contrario, ante la presencia de agua sufi-

ciente en el suelo, el crecimiento se reinicia, alcanzando un máximo a un potencial hídrico de base elevado, -0,3 MPa.

En el caso del diámetro (figura 6) y del área basal (figura 7) los resultados son similares a los observados en altura, donde el tratamiento T1 exhibe una fuerte inhibición del crecimiento en diámetro a principios de mayo, para comenzar a tener sucesivas reducciones desde el mes de junio hasta agosto. El resto de los tratamientos inhibe su crecimiento en diámetro en los meses de julio y agosto. En particular el tratamiento de espaciamiento 4,0 x 2,25 en el mes de agosto presenta una reducción generalizada de diámetro, pero se recupera al igual que el resto de los tratamientos en el mes de septiembre. Un comportamiento similar observaron Kallarackal y Somen (1997), quienes determinaron en dos rodales de *Eucalyptus tereticornis* en India que el estrés hídrico inhibía el crecimiento

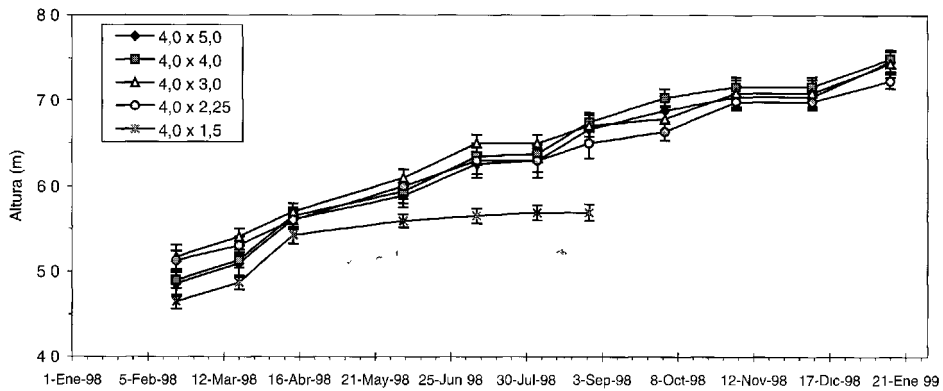


Figura 5. Evolución de la altura en los diferentes espaciamientos (media; n=15).
Seasonal variation of height at the different spacings (mean; n=15).

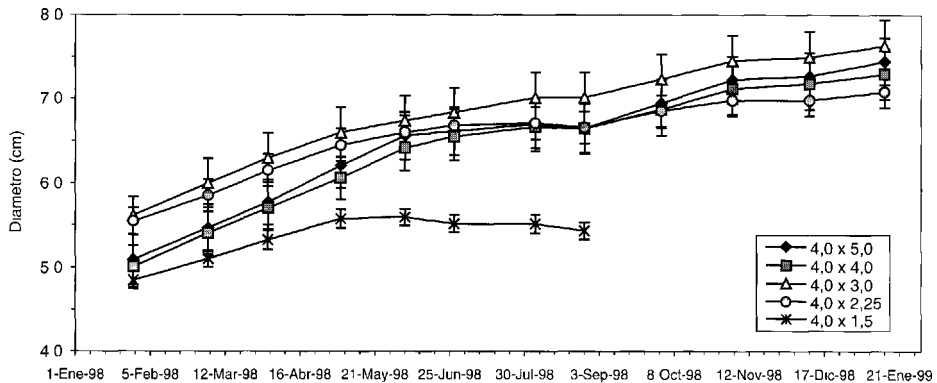


Figura 6. Evolución del DAP en los diferentes espaciamientos (media; n=15).
Seasonal variation of DBH at the different spacings (mean, n=15)

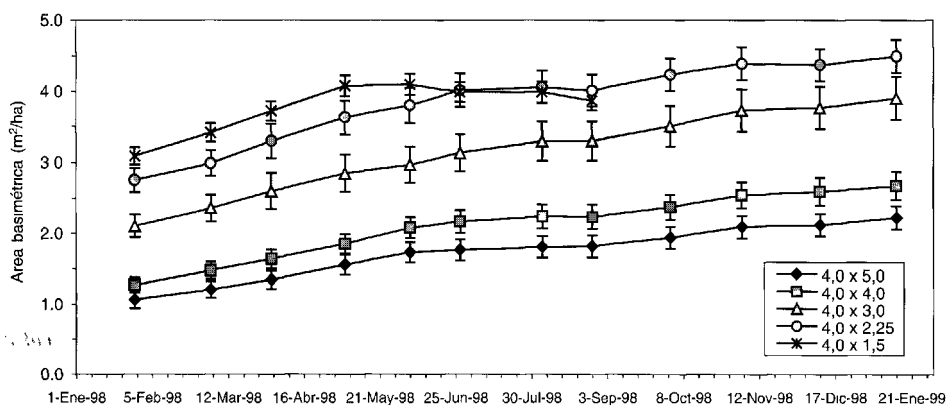


Figura 7. Evolución del área basal en los diferentes espaciamientos (media; n=15).
 Seasonal variation of basal area at the different spacings (mean; n=15).

en diámetro, pero en el rodal con un menor número de árboles esta reducción era menos pronunciada y se debería probablemente a un potencial hídrico de base relativamente más alto (-0,34 MPa), puesto que en el rodal con un mayor número de árboles observaron una reducción del diámetro de estos con un valor de -0,71 MPa. En el mismo sentido, Kozłowski *et al.* (1991) señalan que plantas sometidas a un fuerte estrés hídrico reducen levemente su diámetro. Sall (1988) añade que en parcelas de *Eucalyptus camaldulensis* de 5 años de edad en Senegal, el crecimiento en diámetro se detiene con un potencial hídrico de base de -2,0 MPa y que con valores inferiores a -2,4 MPa el perímetro del fuste se reduce durante los meses de mayor estrés hídrico (mayo y junio).

Chaves (1997), al estudiar diferentes espaciamientos (3,0 x 0,88 a 3,0 x 4,17 m) en plantaciones clonales de *Eucalyptus grandis* de 6 años de edad, concluye que la disminución del espaciamiento produce un aumento de porcentaje de la mortandad, reducción de los valores de las variables individuales como altura (figuras 5), DAP (figura 6), volumen/árbol y también un aumento de los valores de las variables poblacionales como área basal/ha (figura 7) y volumen/ha.

El establecer plantaciones con espaciamientos reducidos se traduce en la obtención de mayores volúmenes en un menor tiempo, por lo que el crecimiento medio y anual corriente en volumen presentan los máximos valores a una menor edad (Delgado *et al.*, 1997; Ribeiro *et al.*, 1997). Sin embargo, esto redonda en que en los espaciamientos menores se producen fustes de menor tamaño. Al respecto, Valeri *et al.* (1997) observaron que en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de 4 años los

menores distanciamientos (2 x 1 y 2 x 2 m) presentaban las mayores cantidades de madera para energía (diámetro entre 3 y 8 cm) y las menores para celulosa (diámetro mayor a 8 cm), en tanto que las densidades medias (3 x 2 y 4 x 2 m) exhibían las mayores cantidades para celulosa. Sin embargo, a diferencia de los trabajos anteriores, Chaves (1997) no observa una marcada diferencia entre los espaciamientos y la edad de corta, aunque el autor señala como justificación que el sitio es bueno (la altura dominante a los 5 años es de 26 m).

CONCLUSIONES

El espaciamiento inicial en plantaciones de *Eucalyptus globulus* afecta el potencial hídrico en las hojas, el contenido hídrico del suelo y el crecimiento individual de los árboles. En todos los tratamientos se observó un marcado estrés hídrico durante el mes de agosto, momento en el que fue máximo y este se relacionó en forma inversa con el espaciamiento. Asimismo, el contenido volumétrico de agua en el suelo, en el estrato más profundo, presenta una relación directa con el potencial hídrico, producto de la estrecha relación entre ambos parámetros. La demanda hídrica de una planta se incrementa con la biomasa aérea, que en el caso del espaciamiento 4,0 x 1,5 se tradujo en un intenso consumo y posterior muerte generalizada de los árboles.

El crecimiento en altura y diámetro es mayor en los períodos de primavera y otoño, cuando las condiciones de temperatura y disponibilidad hídrica son adecuadas. En este sentido, los diferentes tratamientos reflejan la relación inversa entre el crecimiento individual y el estrés hídrico.

En las zonas de clima mediterráneo, la recurrencia de períodos de sequía es común y son estos episodios los que limitarán el desarrollo de las plantas. En este sentido, los menores espaciamientos ensayados resultan excesivos para la zona, dado que presentan valores de estrés hídrico elevado si se considera que la plantación recién tiene 3 años y la edad estimada de cosecha es de 12 años.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo ENCE, por el financiamiento del proyecto "Silvicultura en Eucalyptus" por medio del cual se realizó el presente trabajo y por la invaluable colaboración del personal de IBERSILVA en los trabajos de campo. A la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba en cuyas instalaciones se analizaron las muestras.

BIBLIOGRAFIA

- ALLUE J.L. (1990). *Atlas fitoclimático de España: taxonomías*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, 221 p.
- AUSSENAC G., A. GRANIER. (1988). "Effects of thinning on water stress and growth in Douglas-fir", *Canadian Journal of Forestry Research* 18: 100-105.
- CANELL M.G.R. (1989). "Physiological basis of wood production: a review", *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 459-490.
- CHAVES R. (1997). Espaço em Eucalyptus. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazil. Vol 3: 180-185.
- CROMBIE D.S., J.T. TIPETT, T.C. HILL. (1988). "Dawn water potential and root depth of trees and understorey species in south western Australia", *Australian Journal of Botany* 36: 621-631.
- DAVIDSON N.J., J.B. REID. (1989). "Response of eucalypt species to drought", *Australian Journal of Ecology* 14: 139-156.
- DELGADO J., M. TOME. (1997). Aboveground biomass allocation in young *Eucalyptus globulus* planted at different spacings. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazil. Vol 3: 23-27.
- DONNER B., S. RUNNING. (1986). "Water stress response after thinning *Pinus contorta* stands in Montana", *Forest Science* 32 (3): 614-625.
- ENCE (1999). Informe año 1999 de la red de estaciones meteorológica de ENCE. Informe Ibersilva-ENCE, 43 p.
- FAO (1977). *Guía para la descripción de perfiles de suelo*. Organización para la Agricultura y la Alimentación. 2ª edición, Madrid, 231 p.
- FLORENCE R.G. (1996). *Ecology and silviculture of eucalypt forests*. CSIRO Publishing, Australia, 414 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1966). *Mapa geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. 6ª edición. Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria, Madrid.
- KARLIC H., RICHTER H. (1979). "Storage and detached leaves and twigs without changes in water potential", *New Phytologist* 83: 379-384.
- KALLARACKAL, J., C.K. SOMEN. (1997). "Water use by *Eucalyptus tereticornis* stands of differing density in southern India", *Tree Physiology* 17: 195-203.
- KOZLOWSKI, T., P. KRAMER, S. PALLARDY. (1991). *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press, San Diego. 670 p.
- LAVERY P.B. (1986). Plantation forestry with *Pinus radiata*: review papers. Paper N° 12. School of Forestry, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 255 p.
- MATTHEWS J.D. (1989). *Silvicultural systems*. Oxford University Press, New York, 286 p.
- OLIVER C., B. LARSON (1990). *Forest stand dynamics*. McGraw-Hill, Inc. New York. 470 p.
- PACHECO C. A., M. TOME, J. DELGADO, P.O. SILVA, J. TOME. (1997). Pattern of water extraction, water availability and growth in young *E. globulus* planted with different spacing. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazil. Vol 4: 188-195.
- PEREIRA J.S. (1994). *Eucalyptus* for biomass production in Europe. In: J. S. Pereira and H. Pereira (editors). *Eucalyptus for Biomass Production*. Commission of the European Communities, pp. 5-10.
- POTHIER D., H. MARGOLIS. (1990). "Changes in the water relations of balsam-fir and white birch saplings after thinning", *Tree Physiology* 6: 371-380.
- RIBEIRO F., P. SOARES, M. TOME, D. CADETE, P. PINA. (1997). Determination of initial stand density that optimises the system production of *Eucalyptus globulus* Labill. in Portugal. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazil. Vol 3: 125-129.
- RICHTER H. (1997). "Water relations of plants in the field: some comments on the measurement of selected parameters", *Journal of Experimental Botany* 48: 1-7.
- SALL P. (1988). Etude ecophysiologique de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. en zone Sahelò-Soudanienne: L'exemple du PARFOB. Thèse Docteur. Université de Nancy I, 254 p.
- SANCHEZ C. (1999). Silvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill. en la provincia de Huelva: evaluación y caracterización de la biomasa acumulada del clon 334-1 AR bajo cuatro condiciones. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Córdoba, 90 p.
- SERRANO L. (1992). Respuestas ecofisiológicas a la sequía en *Eucalyptus globulus* Labill.: relaciones hídricas y parámetros de intercambio gaseoso. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, 150 p.
- SHEPHERD K.R. (1986). Plantation Silviculture. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 324 p.
- SMITH D., B. LARSON, M. KELTY, M. ASHTON (1997). *The practice of silviculture: applied forest ecology*. Ninth Edition. John Wiley y Sons. New York, 538 p.
- STEEL R., J. TORRIE. (1981). *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition*, Mc Graw-Hill, Singapore, 663 p.
- TOME M., J.A. TOME, M.C. ARAUJO, J.S. PEREIRA (1994). "Intraespecific competition in irrigated and fertilized eucalypt plantations", *Forest Ecology and Management* 69: 211-218.
- TURNER N. (1988). "Measurement of plant water status by the pressure chamber technique", *Irrigation Science* 9: 289-308.
- VALERI S. V., J.J. ISMAEL, C.F. VALLE, S.F. ALVARENGA. (1997). Efeitos da densidade de plantio na produção de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden para celulose e energia. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazil. Vol 3: 154-157.

Recibido: 27.04.2000.