

EFFECTO DEL LABOREO SOBRE LA BIOMASA DE *Eucalyptus globulus* EN EL SUROESTE DE ESPAÑA

S. DONOSO

Dpto Silvicultura. Universidad de Chile.
Casilla 9206 Santiago, CHILE

A. OBISPO

C. SANCHEZ

Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba

F. RUIZ

Centro Investigación y Tecnología de ENCE, Huelva

M.A. HERRERA

Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los efectos del laboreo sobre la biomasa aérea y radical de los árboles, además de evaluar el daño a nivel radical que produce esta práctica en plantaciones de *Eucalyptus globulus* ubicados en la Provincia de Huelva. El trabajo se realizó en dos rodales y se escogieron tres árboles por tratamiento y rodal. La biomasa aérea se determinó cosechando la totalidad del árbol. Las raíces gruesas y finas se evaluaron en un volumen de suelo de 3,6 y 0,688 m³ respectivamente. Además se analizó el daño que el laboreo produce a las raíces, para ello se analizaron 50 árboles. Luego, se determinó el potencial hídrico de los árboles, tanto en el sector no laboreado como en el laboreado.

La biomasa aérea total, no presenta diferencias entre los tratamientos. Las raíces gruesas representan un alto porcentaje de la biomasa subterránea y la biomasa de raíces finas es mayor en la proximidad del tocón. El efecto del laboreo se concentra en los primeros 20 cm del perfil de suelo y en los sectores no laboreados del tratamiento de laboreo hay una mayor cantidad de raíces finas que en los sectores laboreados. Las raíces finas más superficiales en su mayoría son cortadas y el potencial hídrico disminuye linealmente al aumentar el daño a las raíces.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus globulus* L.

Laboreo

Daño en raíces

Biomasa

INTRODUCCION

En el ámbito forestal son frecuentes los estudios de biomasa aérea en diferentes tipos de bosques. Las metodologías propuestas han sido validadas y la información es fácilmente comparable con diferentes trabajos (Madwick, 1983; Satoo, 1970). Esto, no ocurre al analizar la biomasa radical o subterránea, debido, a la dificultad de realizar estos trabajos

Recibido: 3-3-99

Aceptado para su publicación: 28-5-99

y a la gran variabilidad que presentan, inclusive, en una misma especie (Kozłowski *et al.*, 1991; Florence, 1996). Además, los resultados obtenidos son difícilmente comparables, producto de las diversas metodologías utilizadas, en las que varían principalmente el volumen de suelo analizado y los diámetros con los que se definen las categorías de raíces (gruesas, intermedias, finas).

En plantaciones forestales, los estudios del sistema radical están asociados principalmente a la respuesta que presentan las plantas a diferentes técnicas de preparación de suelo, previo a la plantación o estudios de distribución de biomasa y nutrientes (Dywer *et al.*, 1996, Bahtti *et al.*, 1998), pero son limitados los trabajos que evalúan el efecto del laboreo sobre el sistema radical.

El laboreo en plantaciones de *Eucalyptus globulus* no es una práctica usual, más bien, es una situación particular que está documentada en algunos países (Congo, España, Uruguay). En el suroeste de España, el objetivo de esta práctica es doble, por una parte, reducir la competencia de hierbas y arbustos, y en segundo término, enterrar los restos vegetales de las plantas, reduciendo así el combustible y minimizando los riesgos de incendio. Esta práctica se realiza mediante el uso de tractor con grada de disco.

En general, hay mayor información respecto a la modificación del sistema radical producto del laboreo en especies de uso agrícola, donde esta práctica fomenta la producción de raicillas. En el ámbito forestal los antecedentes son escasos. Montoya (1995), señala que el laboreo del eucaliptal puede producir daños en las raíces de los árboles, y Bouillet *et al.* (1997) determinaron que la arquitectura de raíces se ve modificada por el laboreo en *Eucalyptus*. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos del laboreo sobre la biomasa aérea y distribución de la biomasa radical, y evaluar el daño a nivel radical que produce esta práctica en plantaciones de *Eucalyptus globulus* ubicadas en la Provincia de Huelva.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en plantaciones clonales de *Eucalyptus globulus* Labill, ubicadas en la finca "Las Herrumbres", propiedad de la empresa IBERSILVA, que geográficamente se sitúa en la coordenada 37° 20' latitud norte y 7° longitud oeste, en una altitud media de 25 m.s.n.m.

El clima de la zona corresponde al termomediterráneo atenuado con 100 a 150 días secos desde el punto de vista fisiológico, según la clasificación de Gaussen. La precipitación media anual es de 562 mm, que se concentra principalmente en invierno, con un fuerte déficit hídrico estival. El promedio de las temperaturas máximas, en los meses de verano, supera los 30° C y la temperatura mínima, de los meses de invierno, no es inferior a 8,7° C.

La morfología del terreno de esta zona es casi plana, formando llanuras de considerable extensión, con pendientes poco frecuentes y muy suaves, que no llegan a superar el 10 %. Los suelos tienen textura muy arenosa en los primeros 30 cm (90 % arena y 1 % arcilla), y gradualmente se vuelven arcilloso – arenoso (53 % arena y 44 % arcilla) a una profundidad que varía entre 35 y 40 cm, donde, se presenta como un aglomerado sin estructura. La presencia de raíces en este último horizonte es prácticamente nula.

La empresa estableció en dos plantaciones llevadas a cabo en 1993 y 1994, un ensayo que consta de tres parcelas de laboreo y otras tres de no laboreo por rodal, y que fueron analizadas en este trabajo cuando tenían cuatro y cinco años de edad respectivamente. En cada

rodal, que se encuentran en sectores distantes 1 km uno de otro, los tratamientos ensayados fueron: a) Laboreo del suelo: labores de eliminación de competencia del suelo, común para todo el bosque. Se realizó sólo una pasada de grada de disco en primavera, en sentido perpendicular al último laboreo y b) No laboreo del suelo.

En estos rodales, y luego de un año de haberse iniciado el ensayo (Tabla 1), se evaluó la respuesta de los árboles a los tratamientos, para ello se seleccionaron un total de 12 árboles sobre la base de su diámetro a la altura del pecho (DAP).

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LOS RODALES DE 4 Y 5 AÑOS DE *E. globulus*
(MEDIA \pm DESVIACION ESTANDAR)

Characteristics of 4 and 5 years old E. globulus stands (mean \pm standard deviation)

	4 años	5 años
Densidad (N°/ha)	577 \pm 35	613 \pm 42
DAP (cm)	12,1 \pm 1,1	15,6 \pm 1,3
Area basimétrica (m ² /ha)	6,7 \pm 1,2	11,8 \pm 1,6
Altura (m)	11,0 \pm 1,7	14,3 \pm 1,0

A partir de la Tabla de distribución diamétrica, se escogieron tres árboles por edad y tratamiento. La selección se realizó escogiendo un árbol perteneciente a la clase diamétrica igual al diámetro cuadrático medio (DCM) de la parcela correspondiente.

Para cuantificar la biomasa aérea, se procedió a cortar los árboles y separar los diferentes componentes: hojas, ramas y fuste. El fuste fue seccionado a alturas prefijadas obteniendo secciones que fueron analizadas para determinar el crecimiento en diámetro y altura de los árboles. Posteriormente, las secciones, al igual que las hojas y ramas, se secaron en estufa a 70° C, hasta lograr peso constante.

La biomasa radical, de los árboles seleccionados, se determinó basándose en los métodos utilizados por Fabiao *et al.* (1995) y Donoso *et al.* (1998), los cuales, fueron adaptados a las condiciones particulares de la zona.

La plantación presentaba un distanciamiento de 4,0 x 3,5 m. Para evitar el análisis de raíces que no correspondiesen al árbol seleccionado, se exploró un área de 3 x 3 m alrededor del árbol, y con centro en él. Este cuadrado de 3 m fue dividido en 9 áreas de 1 m de lado, con el objeto de analizar la distribución espacial de las raíces finas alrededor del árbol. En el análisis del sistema radical, se consideraron como raíces gruesas aquellas cuyo diámetros resultaron mayores o iguales a 1 cm y como raíces finas el caso contrario. El área de extracción de las raíces gruesas fue el cuadrado de 3 x 3 m, dividido en 9 cuadrículas de 1 m de lado, en una sola profundidad de estudio (0 a 40 cm). El tocón de cada árbol fue cosechado como raíz gruesa del mismo.

En el caso de las raíces finas, se exploró una submuestra establecida por un cuadrado de 30 x 30 cm situado en el centro de cada uno de los cuadrado de 1 m de lado, excepto en el cuadrado central, que se analizó en su totalidad. La profundidad estudiada fue de 40 cm divididos en dos estratos distintos, de 0 a 20 cm y 20 a 40 cm. Posterior a la extracción del

suelo, las raíces fueron separadas, del mismo, mediante un doble tamizado. Se utilizaron dos tamices para tal fin, el primero de 1 cm de luz y el segundo de 1 mm. Los tratamientos fueron comparados en términos de biomasa usando análisis de varianza y el test de Duncan de comparación múltiple de medias. En todos los análisis los rodales se analizaron por separado, y se utilizó un nivel de probabilidad de 0,05.

El daño que produce la grada sobre las raíces, se analizó mediante 10 transectos, de cinco árboles. Al lado de cada uno de ellos, se abrieron dos zanjas de 25 cm de profundidad y 2 m de longitud, en dirección del último pase del laboreo, y a una distancia igual a la que separó al árbol de la grada. Posteriormente, se midió el diámetro y profundidad de las raíces afectadas por el laboreo, señalando el tipo de corte sufrido por la raíz: total o parcial. En este análisis sólo se contabilizaron las raíces que sufrieron algún tipo de corte y con un diámetro en la sección del daño superior a 5 mm. Posteriormente, en verano, después de cinco días de realizado el laboreo en la plantación de cuatro años, se determinó el potencial hídrico de base en 40 árboles mediante una bomba de Scholander, para ello se cosecharon ramillos con dos a tres hojas totalmente expandidas del tercio superior de copa y orientadas hacia el sur, tanto en el sector no laboreado (n=20) como en el laboreado (n=20); en estos últimos, luego de la medición, se evaluaron todas las raíces cortadas con un diámetro superior a 3 mm, utilizando zanjas similares a las descritas anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSION

La biomasa aérea, del rodal de cinco años, se encuentra en el intervalo de valores que entregan diferentes autores para plantaciones de *Eucalyptus* (Ladeira *et al.* 1997; Contreras *et al.* 1997). Pereira *et al.* (1989) obtuvieron 84,3 kg/árbol, en plantaciones de seis años de edad, cifra que resulta comparativamente inferior al obtenido en el presente trabajo. El rodal de cuatro años, presenta una biomasa similar a la que obtuvo Schumacher, (1997) con 39,8 kg/árbol en un sitio de baja productividad (Tabla 2). La diferencia en productividad de ambos rodales refleja la diferencia de sitio, donde el rodal de cinco años se encuentra en condiciones más favorables de crecimiento que el rodal de cuatro años.

La biomasa aérea total es levemente superior en los tratamientos de no laboreo siendo la situación más marcada en el rodal de cuatro años, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas.

TABLA 2
DISTRIBUCION DE BIOMASA AEREA EN LOS TRATAMIENTOS

Aboveground biomass distribution in the treatments

Tratamiento	Biomasa (kg/árbol)				
	Fuste	Corteza	Ramas	Hojas	Total
5 años no laboreado en 1997	53,4	8,0	10,6	15,5	87,5
5 años laboreado	51,5	7,8	11,1	14,2	84,6
4 años no laboreado en 1997	27,5	4,5	6,7	11,8	50,5
4 años laboreado	21,1	4,3	4,8	9,1	39,3

La biomasa aérea, presente en los rodales, tiene una distribución porcentual que oscila entre 54,9 a 61,1 % en fuste, 7,7 a 9,2 % en corteza, 11,8 a 12,8 % en ramas y 17,2 a 25,5 % en hojas. Estos valores son similares a los señalados por Cromer y Williams (1982); Schumacher (1997) en *E. globulus*. Este último, determinó que el porcentaje de fuste, corteza, ramas y hojas era de 62; 10; 13 y 15 %, respectivamente.

El sistema radical de los árboles, no presentó, en ningún caso, una fuerte raíz principal pivotante. Sólo algunas raíces pequeñas penetraban más allá de los 40 cm, por lo que los árboles exhibían un sistema radical extendido y superficial. Esto se debe a que las plantas provenientes de reproducción vegetativa tienden a tener una raíz casi fasciculada, donde generalmente no se observa una raíz principal, y estas no presentan un marcado carácter pivotante a diferencia de las provenientes de semilla (Sasse y Sands, 1997). Además se debe tener en consideración la alta resistencia a la penetración, presentada por el estrato arcilloso-arenoso, que es creciente en profundidad.

Las raíces gruesas representan un alto porcentaje de la biomasa subterránea (79,5 a 87,0 %), elemento común en los diferentes estudios realizados, a pesar de que la definición de raíz gruesa no es similar en los diferentes trabajos (Fabiao *et al.*, 1995; Ladeira *et al.* 1997). Las raíces finas se concentran en la cuadrícula central, esta situación es marcada en los sectores laboreados, donde la biomasa de raíces finas es 50 a 60 % superior al encontrado en un volumen de suelo equivalente en la periferia, mientras que en el sector no laboreado, este porcentaje es de 32 a 39 %. En ambos rodales la biomasa de raíces finas es levemente superior en los sectores laboreados que en los no laboreados, debido probablemente a que en primer caso, el corte de raíces estimula la producción de raicillas incrementando la densidad radical y adicionalmente en el sector no laboreado, las raíces pueden explorar un mayor volumen de suelo, más allá del área estudiada.

La respuesta que presentan las raíces finas al laboreo, se evaluó en las cuadrículas ubicadas en la periferia del árbol. En ellas, el laboreo afectó principalmente a los primeros 20 cm del suelo. La biomasa de raíces finas se ve incrementada con el laboreo y sólo es significativa estadísticamente en el rodal de cinco años (Fig. 1). Al respecto, Groleaurenaud *et al.* (1998) señalan que al existir una barrera mecánica al desarrollo normal de las raíces, la biomasa total de ellas no se ve afectada, pero al ser el volumen de suelo explorado menor, la densidad de raíces es superior. Esto podría explicar la mayor biomasa radical hallada en los sectores laboreados. En el estrato de 20 a 40 cm de profundidad no hay diferencias entre los sectores laboreados y no laboreados (Fig. 1).

La distribución de raíces en el perfil, no se ajusta a lo determinado por numerosos autores, aunque como se ha señalado anteriormente, las diferentes definiciones de raíces finas hacen difícil comparar la información. Florence (1996), señala que la mayoría de las raíces finas, las que desarrollan la función de absorber agua y nutrientes, se localizan en los horizontes más superficiales del suelo. Fabiao *et al.* (1994), al analizar los primeros 70 cm del perfil del suelo, en bosques de eucalipto de más de 10 años de edad, determinaron, en un tipo de suelo similar al estudiado, que el 57,9 % de las raíces finas se encontraban en los primeros 20 cm. En un estudio posterior, determinaron que un 47,4 % de las raíces finas se hallan en los primeros 20 centímetros del perfil, en una plantación de eucalipto de seis años de edad (Fabiao *et al.*, 1995).

En este estudio, la distribución de raíces está fuertemente influenciada por el efecto del laboreo, debido, a que el paso sistemático de la grada impide que las raíces exploren el estrato superficial, confinándolas a los sectores no intervenidos. Varsa *et al.*

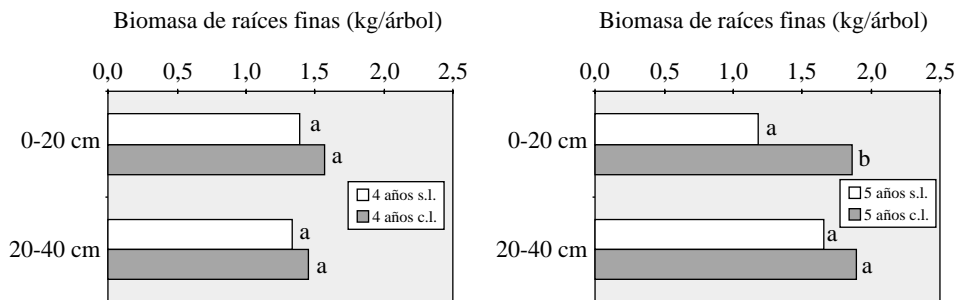


Fig. 1.—Distribución de la biomasa de raíces finas en dos estratos de profundidad de suelo en relación a los tratamientos. Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p = 0,05$). (sin laboreo = s.l.; con laboreo = c.l.)

Fine root biomass distribution in two soil profile layers, in relation to treatments. Different letters area significantly different ($p = 0.05$). (unploughed = s.l.; ploughed = c.l.)

(1997), señalan que el efecto del laboreo, sobre el sistema radical, se caracteriza por incrementar el desarrollo de raíces más profundas. En este caso, el efecto no se observa, en el estrato de 20 a 40 cm no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Esto se debería a que las raíces se desarrollan en profundidad siempre que sean capaces de penetrar en el perfil, como lo indican Varsa *et al.* (1997), situación que en este caso no es posible.

La grada no actuó de forma homogénea sobre todas las cuadrículas, puesto que hubo cuadrículas que debieron ser laboreadas, pero producto de las maniobras del tractor, fueron laboreadas parcialmente o simplemente no fueron laboreadas. Se analizó la distribución de la biomasa de raíces finas, excluyendo los cuadrados centrales, y discriminando entre las cuadrículas según el tratamiento recibido por la grada.

Los resultados confirman que el laboreo sólo muestra su influencia en los 20 primeros centímetros de suelo y de todas las cuadrículas las que presentan mayor biomasa de raíces finas son las no laboreadas incluidas en el tratamiento de laboreo, que son significativamente superiores a las totalmente laboreadas, y en el rodal de cinco años también es mayor a la cantidad de raíces finas excluidas del tratamiento (sin laboreo). En general las cuadrículas laboreadas (parcial o totalmente) presentan una cantidad similar de raíces finas que las del tratamiento de no laboreo (Fig. 2).

Por el contrario, de 20 a 40 cm no existe una relación entre la biomasa de raíces finas y el grado de laboreo de las cuadrículas.

El laboreo induciría un aumento de la cantidad de raíces finas en el árbol. Este aumento tiene lugar en las zonas menos afectadas por la grada, que tenderían a reponer las raicillas, dado que el árbol las genera por aquellas partes del suelo donde las raíces no sufren daño o lo sufren en menor medida.

Además, la relación biomasa aérea/ biomasa radical (BA/BR) (Tabla 3) se encuentra en los intervalos entregados por Fabiao *et al.* (1995) y Mello *et al.* (1997), y los tratamientos no presentan diferencias significativas. Esto se debe a que las plantas tienden a mantener estable la relación BA/BR, para, conservar el equilibrio interno. La diferencia existente entre los rodales de cuatro y cinco años, se debe a la diferencia de sitio, aspecto que hace variar esta relación (Klepper, 1991).

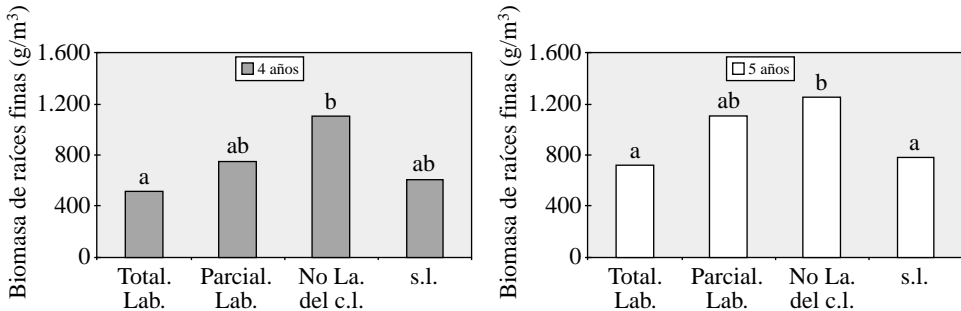


Fig. 2.—Distribución espacial de biomasa de raíces finas en las cuadrículas en el estrato de 0 a 20 cm. Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p = 0,05$)
Fine root biomass distribution within the 0-20 cm subsample soil profile.
Different letters area significantly different ($p = 0.05$).

TABLA 3

**RELACION BIOMASA AEREA/BIOMASA RADICAL
 EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**

Shoot/root relationship in the treatments

Plantación	Ratio biomasa aérea/biomasa radical	
	Media	Error estándar de la media
5 años sin laboreo en 1997	4,16	1,11
5 años laboreado	4,53	0,28
4 años sin laboreo en 1997	3,82	0,36
4 años laboreado	3,58	0,62

Daños en raíces

El 44 % de los árboles examinados no tienen daño en sus raíces, un 26 % presenta a lo menos alguna raíz cortada parcialmente, un 18 % tiene alguna raíz seccionada totalmente y el 12 % presentan raíces cortadas total y parcialmente como consecuencia del laboreo. Las raíces afectadas por el corte total de ella corresponden a las de menor diámetro disminuyendo gradualmente, hasta no observar raíz cortada en las clases diamétricas superiores, de forma que cuanto más finas son las raíces más susceptibles son de sufrir un corte total, mientras que las raíces más gruesas sólo sufren corte parcial (Fig. 3).

Los daños en las raíces se producen hasta los 20 cm de profundidad, pero el 88,6 % de las raíces que han sido cortadas total (56,8 %) o parcialmente (31,8 %) se encuentran en el estrato de 10 a 20 cm de profundidad. Esto se debe a que las raíces de diámetro mayor a 5 mm son más abundantes en este horizonte que en los 10 primeros cm. En el estrato superficial existen abundantes raíces, que por ser muy finas no se analizaron y las que superaban los 5 mm de diámetro habían sido cortadas totalmente.

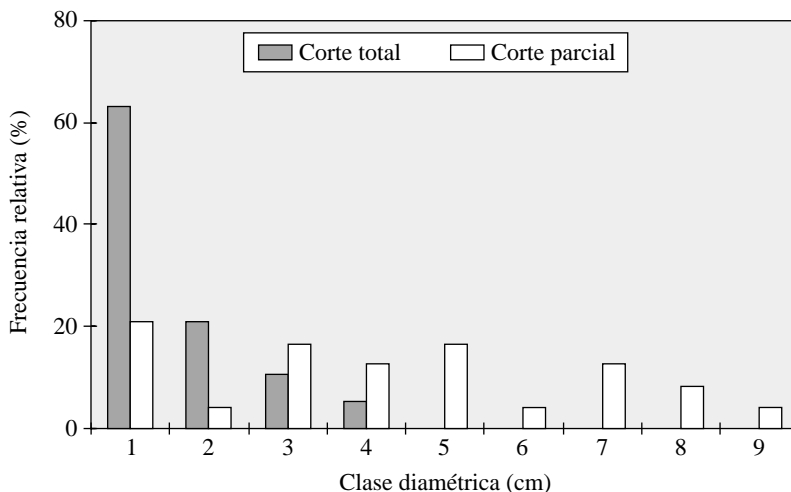


Fig. 3.—Distribución de frecuencia por diámetro de raíz dañada y tipo de corte
Frequency distribution of root damage diameter and cut kind

En el rodal de cuatro años, los árboles del sector que fueron laboreados a inicios de Julio presentan un potencial hídrico ($\psi_h = -1,12 \text{ Mpa} \pm 0,13$) significativamente menor ($p=0,05$) a los no laboreados ($\psi_h = -0,79 \text{ Mpa} \pm 0,05$). Debido a la heterogeneidad del daño que produce el laboreo en el sistema radical, al lado de un árbol que prácticamente no presenta raíces seccionadas se puede encontrar un árbol dañado, pero existe una relación lineal entre el nivel de daño, expresado en cm^2 de raíces seccionadas, y el potencial hídrico correspondiente (Fig. 4).

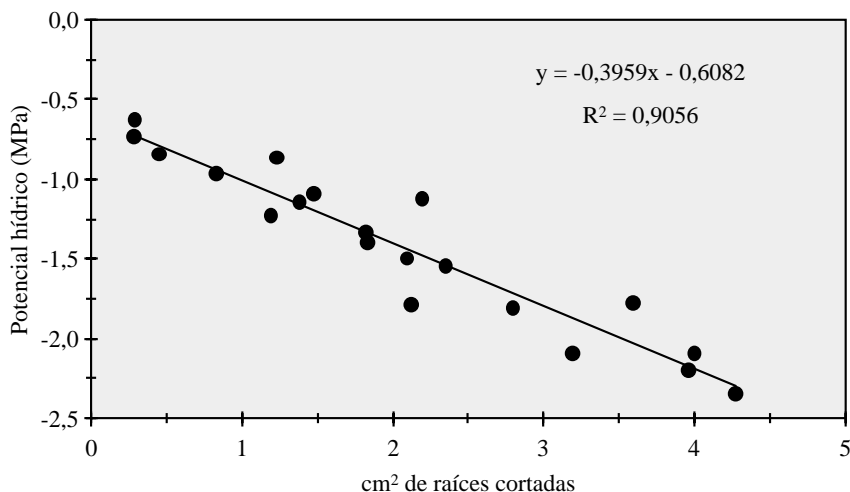


Fig. 4.—Correlación entre el potencial hídrico y la suma de las secciones de raíces cortadas por árbol (n=20)
Correlation between pre-dawn leaf potential and total cut roots section quantity per tree

Existe una alta correlación entre el daño en las raíces y el incremento del estrés hídrico del árbol, y el potencial hídrico en árboles con escaso daño es similar al determinado en el sector no laboreado. Al analizar los resultados obtenidos, hay que considerar la gran variabilidad en el efecto sobre los árboles. Dado que los árboles seleccionados (en la zona laboreada), no necesariamente son los individuos que mejor recogen ese efecto, las diferencias tan pequeñas, en productividad, no implican que el efecto del laboreo sea marginal como se podría concluir del análisis de la Tabla 2.

CONCLUSIONES

Después de un año de instalado el ensayo, la biomasa aérea y la relación biomasa aérea/ biomasa radical no presentan diferencia entre los tratamientos de laboreo.

Las raíces gruesas representan una alta proporción de la biomasa, mientras que las raíces finas en el estrato de 0-20 cm se concentran en los sectores no afectados por el laboreo. Las raíces del estrato 20-40 cm, no presentan ninguna tendencia respecto al laboreo.

El efecto del laboreo se concentra en los primeros 20 cm del perfil de suelo y en los sectores no laboreados del tratamiento de laboreo hay una mayor cantidad de raíces finas que en los sectores laboreados.

La mayoría de los árboles presentan daños en las raíces, y se concentran en los primeros 20 cm del perfil de suelo afectando principalmente a las raíces de menor tamaño. Esto se traduce en un incremento del estrés hídrico en relación directa al daño que sufre el sistema radical.

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 participación del personal de IBERSILVA en el trabajo de campo; A la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba en cuyas instalaciones se analizaron las muestras; A la AECI por la beca otorgada al autor.

SUMMARY

Plough effect in *Eucalyptus globulus* biomass growing in southwest Spain

The aim of the study was to asses the plough effects in the above and below ground biomass *Eucalyptus globulus* plantations. At the same time the root damage was evaluated. The project was carried out in two experimental stands, three trees were chosen by stand and plough treatment. The above ground biomass was determined harvesting the tree. The coarse and fine root were evaluated in 3.6 and 0.688 m³ of soil volume, respectively. Furthermore the root damage were analyzed in 50 trees. Afterward the predawn leaf water potential were determining in plough and unplough trees.

The total above ground biomass have not statistical differences between treatments. The coarse roots represent a high percentage of the below ground biomass and the fine root biomass is higher near the stump. The plough effect was concentrated within the 0-20 cm soil profile. In the plough assay the amount of fine root was higher in the undisturbed than in ploughed soil. Greater part of more superficial fine roots were cuted and linearly decrease the predawn leaf water potential when increase the root damage.

KEY WORDS: *Eucalyptus globulus* L.
Plough
Root damage
Biomass

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAHTTI J., FOSTER N., HAZLETT P., 1998. Fine-root biomass and nutrient content in black spruce neat soil with and without alder. *Can. J. Soil Sci.* 78: 163-169.
- BOUILLET J.P., OGNUOABI N., BAR-HEN A., 1997. Influence of soil preparation and weeding on the root development of an hybrid *Eucalyptus* in the Congo. *Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts.* vol. 3: 252-257.
- CONTRERAS C.E., REIS G.C., REIS M. das G.F., MORAIS E.J. de, 1997. Produção de biomassa em povoamento de alto fuste de eucalipto sob diferentes espaçamentos, na região de cerrado, em Minas Gerais, Brazil. *Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts.* vol. 3: 304-310.
- CROMER R.N., WILLIAMS E.R., 1982. Biomass and nutrient accumulation in a planted *E. globulus* (Labill.) Fertilizer trial. *Aust. J. Bot.* 30: 265-278.
- DONOSO S., SANCHEZ C., OBISPO A., RUIZ F., HERRERA M., 1998. Dos métodos para evaluar modificaciones del sistema radical en eucalipto. *Proceeding of IV International Congress of Project Engineering:* 1235-1242.
- DYWER L., MA B., STEWART D., HAYHOE H., BALCHIN D., CULLEY J., MCGOVERN M., 1996. Root mass distribution under conventional and conservation tillage. *Can. J. Soil Sci.* 76: 23-28.
- FABIAO A., MADEIRA M., STEEN E., KATTERER T., RIBEIRO C., 1994. Growth dynamic and spatial distribution of root mass in *Eucalyptus globulus* plantations in Portugal. In *Eucalyptus for Biomass Production. The State of the Art.* Eds. J. S. Pereira and H. Pereira. CEC. Brussels. pp 60-76.
- FABIAO A., MADEIRA M., ARAUJO C., 1995. Development of root biomass in a *Eucalyptus globulus* plantation under different water and nutrient regimes. *Plant Soil* 168-169: 215-223.
- FLORENCE R., 1996. Ecology and silviculture of eucalypt forest. CSIRO Publishing, Australia.
- GROLEAURENAUD V., PLANTUREUX S., GUKERT A., 1998. Effects of Mechanical Constraint on Nodal and Seminal Root-System of Maize Plants. *Comptes Rendus de l'academie des sciences serie III - sciences de la vie-life sciences.*
- KLEPPER B., 1991. Root-shoot relationships. In *Plant Roots: the Hidden Half.* Eds. Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi. Marcel Dekker. New York. pp. 265-286.
- KOZLOWSKI T., KRAMER P., PALLARDY S., 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, San Diego.
- LADEIRA B.C., REIS G.G. dos, REIS M. das G.F., SILVA J.F. da., 1997. Biomassa de eucalipto em sítios de baixa produtividade, em Minas Gerais, Brazil. *Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts.* vol. 3: 48-53.
- MADWICK H., 1983. Above-ground weight of forest plot comparison of seven methods of estimation. *New Zeal. J. For. Sci.* 13: 100-107.
- MELLO S., GONÇALVES J., OLIVEIRA L., COMERIO J., JORGE L., SERRANO M., GAVA J., 1997. Características do sistema radical em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. *Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts.* vol. 3: 54-62.
- MONTOYA O., 1995. *El Eucalipto.* Mundi-Prensa. 126 p.
- PEREIRA J. S., LINDER S., ARAUJO M. C., PEREIRA H., ERICSON T., BORRALHO N., LEAL L., 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations. A case study. In *Biomass Production by Fast-Growing Trees.* Eds. J. S. Pereira and J. J. Landberg. Kluwer Publ.. Dordrecht, The Netherland. pp 101- 21.
- SASSE J., SANDS R., 1997. Configuration and development of root system of cuttings and seedlings of . *New For.* 14: 85 - 105.
- SATOO T. A., 1970. Synthesis of studies by the harvest method: primary production relations in the temperate deciduous forest of Japan. In *Analysis of temperate forests ecosystems.* Springer Verlag, Berlin. pp 55-72.
- SCHUMACHER M.V., 1997. Estudo da biomassa e dos nutrientes de un povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie bicostata. *Proceeding of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts.* vol. 3: 199-203.
- VARSA E.C., CHONG S.K., ABOLAJI J.O., Farquhar D.A. y Olsen F.J., 1997. Effects of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root-growth and production. *Soil Till. Res.* 43: 219-228.