

# DISTRIBUCIÓN RADICULAR BAJO DIFERENTES TIPOS DE CUBIERTA VEGETAL EN UN MELOJAR DEL SISTEMA CENTRAL

Ana Cano-Crespo<sup>1</sup> y José Martínez-Fernández<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro Hispano Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE). Universidad de Salamanca. Río Duero 12. 37185-VILLAMAYOR (Salamanca, España). Correo electrónico: acano@usal.es

<sup>2</sup>Departamento de Geografía. Universidad de Salamanca. Cervantes 3. 37002-SALAMANCA (España)

## Resumen

La limitación hídrica propia de los ecosistemas de clima mediterráneo hace necesaria la existencia de diferentes estrategias que permitan a las plantas evitar el estrés hídrico. El desarrollo de un sistema radicular capaz de acceder a las reservas de agua del suelo, sobre todo durante los periodos secos del año, permite evitar el estrés hídrico en especies como el *Quercus pyrenaica* Willd., dominante en muchos lugares de la Península. El objetivo de este trabajo es estudiar la distribución de raíces finas (menores de 2 mm de diámetro) en un bosque de esta especie, en un pastizal y en la zona de transición entre ambos, bajo las mismas condiciones climáticas y edafológicas, con el objeto de analizar el diferente comportamiento de dichos ambientes y sus sistemas radiculares. Dicha información resulta de gran interés para poder conocer las relaciones ecohidrológicas que se dan en estos ecosistemas. Los resultados del estudio muestran los valores máximos de biomasa radicular en los primeros 10 cm del perfil en los tres ambientes estudiados y los valores mínimos en la base del mismo, como es esperable, pero con pautas específicas en función del tipo de cobertura. La distribución de las raíces finas sigue un patrón similar en los diferentes ambientes analizados, pero presenta diferencias notables según el tipo de cobertura vegetal existente.

Palabras clave: *Biomasa radicular*, *Auger method*, *Quercus pyrenaica* Willd., *Estrés hídrico*, *Usos del suelo*

## INTRODUCCIÓN

Tanto en climas áridos como en climas húmedos, la sequía es la mayor restricción que se impone al crecimiento vegetal (GOWER et al., 1992). En las zonas de clima mediterráneo se presenta una doble adversidad a los sistemas biológicos: la limitación hídrica y la irregularidad de las precipitaciones (VALLADARES et al., 2004). Actualmente existe un amplio consenso sobre el hecho de que los mecanismos que permiten a las plantas resistir y sobrevivir a la imprevisibilidad de las condiciones hídricas se fundamentan en los

medios morfológicos y fisiológicos que retrasan el déficit hídrico (JOFFRE & RAMBAL, 1999). La capacidad de absorber agua del suelo y transferirla a la atmósfera es un factor decisivo en la respuesta de las plantas frente al estrés hídrico (PALLARDY, 1989). Las raíces finas constituyen la interfaz química e hidráulica entre la planta y el suelo y son las responsables de la extracción de agua y nutrientes por la planta (CANADELL et al., 1996; LÓPEZ et al., 2001).

Los sistemas radiculares muestran una gran variabilidad intra e interespecífica como resultado de factores genéticos y del entorno en el que

se desarrollan (CANADELL & ZEDLER, 1995). La distribución de las raíces en el suelo tiene una influencia directa en la habilidad de las plantas para extraer el agua y los solutos del suelo (FITTER, 2002) y muchos procesos ecológicos, hidrológicos y biogeoquímicos dependen en gran medida de esta distribución. Pese a esto y que los datos de distribución de las raíces finas son requeridos a menudo como input en los modelos ecológicos y, a que la producción de raíces finas representa una alta proporción de la producción primaria neta, la disponibilidad de datos es muy limitada por las dificultades que entraña su estudio (BLEDSOE et al., 1999; BENGOUGH et al., 2000). Más concretamente, la escasez de este tipo de estudios en los ecosistemas mediterráneos se ve reflejada en la recopilación de datos de distribución de raíces realizada por JACKSON et al. (1996) a nivel mundial. Los ecosistemas mediterráneos están representados por sólo 11 (menos del 5%) de los 250 estudios citados y la región mediterránea europea, en concreto, está representada sólo por 4 estudios.

El *Quercus pyrenaica* Willd., o roble melojo, es una especie propia de los países del Mediterráneo occidental, especialmente abundante en la mitad oeste de la Península Ibérica. Sin embargo, *Q. pyrenaica* es una de las especies de quercíneas mediterráneas sobre las que se dispone de menos información eco-fisiológica básica, a pesar de su importancia como elemento dominante en muchos lugares de la Península. *Q. pyrenaica* es de las especies caducifolias que mejor toleran la sequía estival en la Península Ibérica (GALLEGO et al., 1994), y también los climas de matiz continental por su corto periodo de desarrollo vegetativo que le permite resistir las heladas (LÓPEZ-GONZÁLEZ, 1982). Siendo el complejo radicular profundo el rasgo morfológico considerado como adaptación primaria para evitar la desecación en este género (ABRAMS, 1990), es necesario desarrollar estudios que permitan ampliar el conocimiento acerca de este sistema.

Los objetivos de este trabajo son: (i) seleccionar e implementar un procedimiento adecuado y eficaz para el análisis de las raíces finas, y (ii) analizar las diferencias existentes en la distribución radicular bajo bosque, pastizal y la zona de transición entre ambos.

## METODOLOGÍA

### Zona de estudio

El estudio se ha desarrollado en la Cuenca Experimental de Rinconada, localizada en la vertiente norte de la Sierra de Tamames (Sistema Central) y situada en el suroeste de la provincia de Salamanca (40° 36' N, 6° 01' W). El muestreo de raíces se llevó a cabo en una zona a 1.220 m de altitud, de aproximadamente 2,5 ha. El clima es de tipo mediterráneo subhúmedo con una temperatura media anual de 12,3°C. La precipitación media anual es 912 mm, principalmente concentrada en otoño e invierno, y la evapotranspiración media anual es de 855 mm. Los suelos son, fundamentalmente cambisoles y regosoles eútricos. Su textura es fina, constituyendo la fracción limo el mayor porcentaje de la composición. Cerca del 70% de la cuenca está cubierta por un bosque de *Quercus pyrenaica* Willd. El bosque es homogéneo, con una alta densidad de pies por hectárea (2.300 aproximadamente), una altura media de los individuos de 7,65 m y un DBH (*diameter at breast height*) de 10,4 cm. El estrato arbóreo es prácticamente monoespecífico. En el estrato arbustivo destacan las especies del género *Genista* y *Pteridium aquilinum* L. En el estrato herbáceo destacan las plantas de tipo nemoral en el bosque y en el pastizal las especies más comunes son *Bromus tectorum* L., *Festuca rubra* L., *Aira praecox* L. y varias especies de los géneros *Trifolium* y *Poa*.

### Análisis radicular

Para realizar el muestreo de raíces finas se utilizó el auger method. Se llevó a cabo con un equipo de perforación mecánico (Cobra TT petrol percussion Amer., Eijkelpkamp Agrisearch Equipment, Giesbeek, The Netherlands). Se seleccionó este método porque a menudo proporciona la mejor información cuantitativa de la biomasa radicular por volumen de suelo (CALDWELL & VIRGINIA, 1996) y es considerado el más adecuado para medir la distribución radicular (VOGT & PERSSON, 1991). Para extraer las muestras de suelo se utilizaron cilindros de acero de 5 cm de diámetro y 100 cm de longitud. Se extrajeron 60 muestras de suelo durante el mes de febrero de 2008 coincidiendo con el

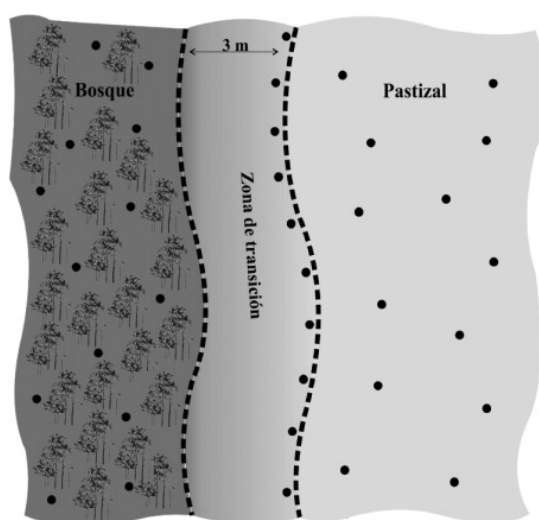
periodo de máxima longitud radicular de las raíces finas del *Q. pyrenaica* (SCHNEIDER et al., 2001), 20 de ellas en el bosque, 20 en el pastizal y 20 en la zona de transición entre ambos ambientes (Figura 1). Los cilindros de suelo obtenidos se dividieron en secciones de 5 cm en los primeros 10 cm y a partir de esta profundidad las divisiones se practicaron cada 10 cm. Se realizaron medidas de densidad aparente en condiciones naturales del perfil en cada uno de los ambientes y para cada una de las profundidades para aplicar las correcciones pertinentes en los resultados posteriores referidos a la densidad del suelo y eliminar así los errores introducidos por la compactación. Tras el pretratamiento se procedió a la separación de las raíces finas del suelo mediante el método de flotación, que normalmente es el más efectivo para la separación de estas raíces (CALDWELL & VIRGINIA, 1996) y es el que se recomienda para la separación de las raíces del suelo para muestras extraídas con el auger method (OLIVEIRA et al., 2000). Tamices de 2 hasta 0,125 mm de luz fueron utilizados para este procedimiento. El material final obtenido seco fue pesado para conocer la biomasa radicular de cada muestra.

## RESULTADOS

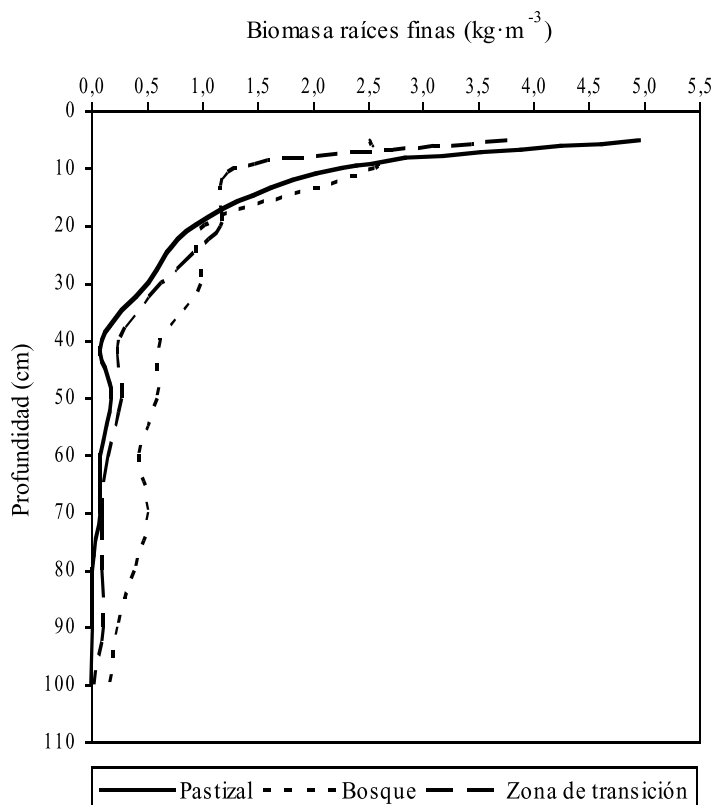
Los tres ambientes estudiados en el trabajo (pastizal, bosque, y la zona de transición) mues-

tran la misma pauta de disminución de la biomasa a medida que se profundiza en el perfil (Figura 2). La distribución de la biomasa de raíces finas se adapta bien a una función de tipo exponencial en los tres casos. Los valores máximos se encuentran en los primeros 10 cm del suelo en los tres ambientes estudiados, alcanzando los 3,40; 2,56 y 2,46  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , en el pastizal, bosque y zona intermedia respectivamente. El valor máximo es un 43% mayor en el pastizal que en el bosque, reflejando, como era de esperar, la alta proporción de raíces herbáceas localizadas en este intervalo. Los valores mínimos (0,004; 0,140 y 0,038  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , en el pastizal, bosque y zona de transición entre ambos respectivamente), se observan en los tres ambientes en la base del perfil, a 100 cm de profundidad. Este valor mínimo resulta ser un 3.180% mayor en el bosque que en el pastizal, mostrando, obviamente, la casi nula presencia de raíces de herbáceas a 100 cm de profundidad, mientras que las raíces arbóreas todavía mantienen una proporción considerable.

En el caso del pastizal, en los 10 primeros centímetros se encuentra más del 50% de las raíces finas del perfil y en el intervalo entre 0-50 cm de profundidad el 95% de ellas. La zona de transición concentra el 50% del total de las raíces del perfil en los primeros 10 cm y hasta los 60 cm se localizan el 95% de las mismas. Se observa que en el suelo bajo el bosque, en el intervalo de 0-10 cm de profundidad casi se sitúa el 50% de las



**Figura 1.** Esquema de muestreo seguido en cada uno de los ambientes. Los puntos indican lugares de extracción de muestra



**Figura 2.** Distribución de la biomasa de las raíces finas con la profundidad bajo dos tipos diferentes de cubierta vegetal (pastizal y bosque) y la zona de transición

raíces finas y hasta los 80 cm de la superficie se localiza el 95% de las mismas.

## DISCUSIÓN

En el suelo bajo el pastizal, la mayor parte de la biomasa de raíces finas se encuentra en los primeros centímetros del perfil, lo que es común en la mayoría de las herbáceas a nivel mundial (JACKSON et al., 1996), descendiendo después hasta la base del perfil y siendo prácticamente inapreciable a partir de los 80 cm de profundidad. Los resultados obtenidos coinciden con los que encontraron GÓMEZ et al. (1992) en otros pastizales salmantinos hasta los 30 cm de profundidad, la máxima que midieron en su trabajo. También SORIANO et al. (1987) encontraron que la mayor parte del sistema radicular de las herbáceas se hallaba en los primeros 30 cm del perfil en su estudio.

El descenso de la biomasa radicular con la profundidad en bosques ha sido constatado por

numerosos autores (UDAWATTA & HENDERSON, 2003; DAS & CHATURVEDI, 2008). En bosques de *Q. pyrenaica* de la Sierra de Gata se obtuvo un valor medio de biomasa de raíces finas en los 40 primeros centímetros en torno a los 10 kg·m<sup>-3</sup> (SCHNEIDER et al., 2001). Este valor es casi 8 veces mayor que el que se obtiene con los datos de la cuenca de Rinconada en el mismo intervalo (1,3 kg·m<sup>-3</sup>). La explicación a esta diferencia se debe a que el método utilizado no es el mismo (ingrowth core method en su caso) y a que el valor de biomasa de ese estudio es la media de todo el año. Además, tal y como expresan los autores del estudio, estos valores tan altos están relacionados con la escasa disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que genera un mayor desarrollo radical (HAYNES & GOWER, 1995). En el trabajo de MILLIKIN & BLEDSOE (1999) en un bosque californiano de *Q. douglasii*, un roble caducifolio de clima mediterráneo, la biomasa hasta los 50 cm de profundidad es de 0,45 kg·m<sup>-3</sup>, menor que el valor obtenido en el melojar de Rinconada hasta la misma profundidad (1,15

kg·m<sup>-3</sup>), para muestras obtenidas con el mismo método. Según JACKSON *et al.* (1996), los árboles, poseen el 26%, el 60% y el 78% de la biomasa radical total en los primeros 10; 30 y 50 cm respectivamente, lo que también coincide con el patrón registrado en la zona de estudio para las raíces finas. SCHENK & JACKSON (2002) llegaron a resultados parecidos (al menos la mitad de la biomasa radicular total situada en los primeros 30 cm del suelo para todos los ecosistemas considerados globalmente) y además, expusieron que, en general, el 95% de todas las raíces presentes en un perfil se encontraban dentro de los 2 primeros metros de profundidad.

Las diferencias que se aprecian en la distribución radicular hacen que árboles y herbáceas hagan uso de las reservas hídricas de forma distinta ya que la extracción de agua del suelo ejercida por la planta va a depender estrechamente de la disposición de las raíces. Las herbáceas localizan la extracción de recursos en los primeros 40 cm del perfil mientras que los árboles pueden hacer uso de reservas localizadas más en profundidad. Estas diferencias tienen, por tanto, una gran influencia en la hidrología, biogeoquímica y productividad de los ecosistemas (NEPSTAD *et al.*, 1994).

## CONCLUSIONES

La tendencia a la disminución de la biomasa de raíces finas con la profundidad se repite en los diferentes ambientes estudiados, siguiendo la pauta general, pero existen diferencias notables en función del tipo de cobertura presente (herbácea, arbolada y zona de transición entre las anteriores). La pauta de agotamiento del agua y nutrientes del suelo bajo cada tipo de cubierta vegetal reflejará la actividad radicular en cada caso. La morfología del sistema radical afectará, por tanto, al uso que la planta hace de los recursos edáficos y a la disponibilidad de los mismos.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Ministerio de Medio Ambiente (Proyecto

RESEL), por la financiación recibida que ha hecho posible la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMS, M.D.; 1990. Adaptations and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiol.* 7: 227-238.
- BENGOUGH, A.G.; CASTRIGNANO, A.; PAGÈS, L. & VAN NOORDWIJK, M.; 2000. Sampling strategies, scaling and statistics. In: A.L. Smit, A.G. Bengough, C. Engels, M. Van Noordwijk, S. Pellerin & S.C. Van de Geijn, (eds.). *Root methods, a handbook*: 147-173. Springer-Verlag. Berlin.
- BLEDSE, C.S.; FAHEY, T.J.; DAY, F.P. & RUESS R.W.; 1999. Measurement of static root parameters: biomass, length and distribution in the soil profile. In: G.P. Robertson, D.C. Coleman, C.S. Bledsoe & P. Sollins (eds.), *Standard soil methods for long-term ecological research*: 413-436. Oxford University Press. New York.
- CALDWELL, M.M. & VIRGINIA, R.A.; 1996. Root systems. In: R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Money & R.W. Rundel (eds.), *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation*: 367-398. Chapman & Hall. London.
- CANADELL, J. & ZEDLER, P.H.; 1995. Underground structures of woody plants in Mediterranean ecosystems of Australia, California and Chile. In: M. T. K. Arroyo, P. H. Zedler & H. D. Fox (eds.), *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia*: 177-210. Ecological Studies 108. Springer-Verlag. New York.
- CANADELL, J.; JACKSON, R.B.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E. & SCHULZE, E.-D.; 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108: 583-595.
- DAS, D.K. & CHATURVEDI, O.P.; 2008. Root biomass and distribution of five agroforestry tree species. *Agroforest. Syst.* 74: 223-230.
- FITTER, A.H.; 2002. Characteristics and functions of root systems. In: Y. Waisel, A. Eshel & U. Kafkafi (eds.), *Plant roots, the hidden half*: 15-32. Marcel Dekker, New York.

- GALLEGO, H.A.; RICO, M.; MORENO, G. & SANTA-REGINA, I.; 1994. Leaf water potential and stomatal conductance in *Quercus pyrenaica* Willd. forest: vertical gradients and response to environmental factors. *Tree Physiol.* 14: 1039-1047.
- GÓMEZ, J.M.; BARRERA, I. Y GALINDO, P.; 1992. Fitomasa subterránea. *En: El libro de las dehesas salmantinas*: 513-535. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Castilla y León. Salamanca.
- GOWER, S.T.; VOGT, K.A. & GRIER, C.C.; 1992. Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas-fir: influence of water and nutrient availability. *Ecol. Monogr.* 62: 43-65.
- HAYNES, B.E. & GOWER, S.T.; 1995. Belowground carbon allocation in unfertilized and fertilized red pine plantations in northern Wisconsin. *Tree Physiol.* 15: 317-325.
- JACKSON, R.B.; CANADELL, J.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; SALA, O.E. & SCHULZE, E.-D.; 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389-411.
- JOFFRE, R. & RAMBAL, S.; 1999. Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems. *In: P.I. Pugnaire & F. Valladares (eds.), Handbook of functional plant ecology*: 347-380. Marcel Dekker. New York.
- LÓPEZ, B.; SABATÉ, S. & GRACIA, C.; 2001. Vertical distribution of fine root density, length density, area index and mean diameter in a *Quercus ilex* forest. *Tree Physiol.* 21: 555-560.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; 1982. *La Guía de Incafo de los árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Editorial Incafo. Madrid.
- MILLIKIN, C.S. & BLEDSOE, C.; 1999. Biomass and distribution of fine and coarse roots from blue oak (*Quercus douglasii*) trees in the northern Sierra Nevada foothills of California. *Plant Soil* 214: 27-38.
- NEPSTAD, D.C.; DE CARVALHO, C.R.; DAVIDSON, E.A.; JIPP, P.H.; LEFEBVRE, P.A.; NEGREIROS, G.H.; DA SILVA, E.D.; STONE, T.A.; TRUMBORE, S.E. & VIEIRA, S.; 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature* 372: 666-669.
- OLIVEIRA, M.R.G.; VAN NOORDWIJK, M.; GAZE, S.R.; BROUWER, G.; BONA, S.; MOSCA, G. & HAIRIAH, K.; 2000. Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. *In: A.L. Smit, A.G. Bengough, C. Engels, M. Van Noordwijk, S. Pellerin & S.C. Van de Geijn (eds.), Root methods, a handbook*: 175-210. Springer-Verlag. Berlin.
- PALLARDY, S.G.; 1989. Hydraulic architecture and conductivity: an overview. *In: K.H. Kreeb, H. Richter & T.M. Hinckley (eds.), Structural and functional responses to environmental stresses: water shortage. XIV International Botanical Congress*: 3-19. SPB Academic Publishing. The Hague.
- SCHENK, H.J. & JACKSON, R.B.; 2002. The global biogeography of roots. *Ecol. Monogr.* 72(3): 311-328.
- SCHNEIDER, K.; TURRIÓN, M.B.; GRIERSON, P.F. & GALLARDO, J.F.; 2001. Phosphatase activity, microbial phosphorus and fine root growth in forest soils in the Sierra de Gata, western central Spain. *Biol. Fert. Soils* 34: 151-155.
- SORIANO, A.; GOLLUSCIO, R.A. & SATORRE, E. H.; 1987. Spatial heterogeneity of the roots systems of grasses in the Patagonian arid steppe. *B. Torrey Bot. Club* 114: 103-108.
- UDAWATTA, R. P. & HENDERSON, G. S.; 2003. Root distribution relationships to soil properties in Missouri oak stands: a productivity index approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1869-1878.
- VALLADARES, F.; VILAGROSA, A.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R.; CAMARERO, J.J.; CORCUERA, L.; SISÓ, S. Y GIL-PELEGRÍN, E.; 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. *En: F. Valladares (ed.), Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*: 163-190. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- VOGT, K.A. & PERSSON, H.; 1991. Measuring growth and development of roots. *In: J. P. Lassoie & T. M. Hinckley (eds.), Techniques and approaches in forest tree ecophysiology*: 477-501. CRC Press. Boca Ratón, Florida.