

Interacciones suelo-agua-plantas en un robledal del Sistema Central bajo un escenario de cambio global

V. Hernández Santana, J. Martínez Fernández

Centro Hispano Luso de Investigaciones Agrarias. Universidad de Salamanca. c/ Duero, 12. 37185 Villamayor (Salamanca). jmf@usal.es

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en un robledal de la vertiente N del Sistema Central. El principal objetivo del estudio fue evaluar las relaciones a largo plazo entre la dinámica del agua en el suelo y el comportamiento hídrico del bosque, en situaciones de déficit hídrico, con el fin de predecir su evolución bajo condiciones de mayor aridez. Se abordó la medición de variables indicadoras del estado hídrico del suelo y de la planta durante periodos de 2 a 4 años. Se observó que los árboles no sufrieron un estrés hídrico severo durante los años de estudio. El factor que permitiría a los árboles permanecer bien hidratados sería principalmente el desarrollo de un aparato radical profundo. A pesar de ello, la especie estudiada mostró fluctuaciones reseñables para todas las variables medidas, en relación a la cantidad de agua del suelo. Esta hipótesis fue corroborada mediante la utilización de un modelo SVAT (*Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer*), con el que se obtuvo una simulación razonablemente buena de los flujos hídricos del bosque, lo que permitió realizar predicciones de su evolución de acuerdo con los diferentes escenarios de cambio climático.

Palabras clave: cambio global; déficit y estrés hídrico; modelos SVAT; *Quercus pyrenaica*

INTRODUCCIÓN

En las próximas décadas los ecosistemas de ciertas regiones del mundo se verán seriamente afectados por los cambios que aumentarán la aridez del clima (IPCC, 2007). En los ecosistemas mediterráneos, además se tiene constancia de que la superficie arbolada está experimentando un notable aumento de forma espontánea, debido al abandono de las áreas rurales, lo que tendría consecuencias en el balance hidrológico (Piñol et al. 1999). Por tanto, los cambios en el clima y la recuperación de la superficie arbolada, hacen de la gestión de los recursos hídricos un tema crítico en los países Mediterráneos. En la zona de estudio se ha observado esta doble problemática. Por un lado, el bosque dejó de explotarse hace 40 años, y su crecimiento espontáneo ha conducido a una formación densa. Además, a partir del análisis de los datos climáticos de los últimos 55 años, se observó una reducción de la lluvia anual del 18% (Hernández-Santana et al. 2008a).

El principal objetivo fue evaluar las relaciones a largo plazo existentes entre la dinámica del agua en el suelo y el comportamiento hídrico del melojo, especialmente en situaciones de déficit hídrico, con el fin de predecir su evolución bajo condiciones de mayor aridez.

ZONA DE ESTUDIO Y METODOS

La zona de estudio se encuentra situada en la vertiente N del Sistema Central (Rinconada de la Sierra, Prov. Salamanca), tiene 62 ha y su altitud oscila entre los 1140 y 1450 m. En dicha zona, los veranos son cortos y no extremadamente cálidos, y los inviernos largos y bastante

fríos. La temperatura media anual es 12°C. La precipitación media anual es 939 mm. El clima es de tipo mediterráneo subhúmedo. El área estudiada está tapizada en un 70% por un denso bosque de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) (2300 pies ha⁻¹). La altura media de los individuos es 7.65 m y el DBH (*Diameter at Breast Height*) de 10.4 cm. Se establecieron 4 parcelas experimentales representativas en las que se llevó a cabo la medición de las diferentes variables. En cada una el estado, el tamaño y la edad de los ejemplares de *Quercus pyrenaica* eran diferentes. En los árboles se midió periódicamente y durante periodos de dos a cuatro años el contenido de agua del tronco, potencial hídrico foliar y del tronco, transpiración y LAI (*Leaf Area Index*).

Para estudiar las variaciones del contenido de agua en el tronco de los robles *in situ*, mediante *Time Domain Reflectometry*, TDR (Constantz & Murphy, 1990), se instalaron en 16 árboles de las parcelas experimentales 2 sondas (Hernández-Santana et al. 2008b). El muestreo se realizó cada catorce días desde mayo hasta septiembre (2003-2007). La determinación de la constante dieléctrica aparente (K_a) de los árboles se hizo con el ecómetro Tektronix 1502C y con la ecuación obtenida en Hernández-Santana y Martínez-Fernández (2008).

El potencial hídrico se midió con una cámara de presión tipo Scholander (SKYE SKPM 1400, Skye Instruments Limited, Powys, UK). Las mediciones se realizaron en distintos árboles situados en las 4 parcelas experimentales, entre 2004 y 2007. El muestreo se llevó a cabo cada 2-3 semanas desde junio hasta septiembre. Se midió el potencial hídrico foliar de madrugada y a mediodía, y el del tronco.

El dispositivo empleado para medir el flujo de savia y estimar la transpiración fue adaptado del original de Granier (1985) tal como se describe en Hernández-Santana et al. (2008c). Las mediciones se llevaron a cabo durante julio y agosto de 2006 y de junio a septiembre de 2007. Se utilizó para calcular la velocidad de savia de los árboles la ecuación original desarrollada por Granier (1985).

Para medir el Índice de Área Foliar o *Leaf Area Index* (LAI) se situaron aleatoriamente en cada una de las parcelas 2 colectores de hojas, para estimar la cantidad de hojas caídas dentro del bosque. Se estimó para 2005, 2006 y 2007 y se calculó a través de una relación establecida previamente que se denomina SLA (*Specific Leaf Area*).

Por último, para medir el contenido hídrico del suelo, en el volumen de suelo ocupado por el aparato radical de los árboles en los que se midió el contenido hídrico del tronco, se instalaron 2 sondas TDR verticales para medir el contenido de agua de los primeros 50 cm y en 2006 se insertaron 4 sondas hasta 2.5 m. Para el análisis de los datos también se tuvieron en cuenta 12 estaciones de medición de la humedad del suelo distribuidas en el bosque. Las mediciones se realizaron con el mismo modelo de ecómetro descrito anteriormente y utilizando la ecuación de Topp et al. (1980).

Para llevar a cabo la modelización se empleó un modelo denominado SPA (*Soil-Plant-Atmosphere*) que es un modelo tipo SVAT, *Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer* (Williams et al. 1996), que simula la fotosíntesis y el balance hídrico de ecosistemas. Los resultados obtenidos se compararon con mediciones de flujo de savia, de contenido hídrico del suelo y de potencial hídrico foliar obtenidos durante los meses de Junio a Septiembre de 2007. Estos datos son independientes, es decir, no fueron utilizados en la parametrización del modelo.

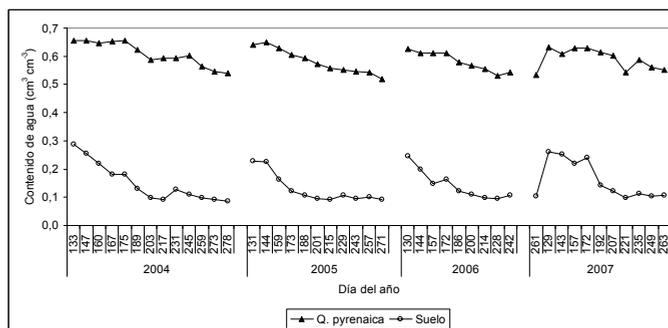


Figura 1. Evolución temporal del contenido de humedad de los robles melojos y del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, y a pesar de la disminución tan acusada del contenido de humedad del suelo (Figura 1), se ha concluido que los árboles no sufrieron un estrés hídrico severo durante los años de estudio, evidenciado por un potencial hídrico de madrugada no demasiado bajo (Figura 2), una disminución no significativa de las variables medidas (excepto para 2005) y una reducción pequeña de la transpiración (Hernández-Santana et al. 2008c). Los factores que permitirían a los árboles permanecer bien hidratados serían el desarrollo de un aparato radical profundo y la contribución de cierta cantidad de agua del tronco para mantener la transpiración (Hernández-Santana et al. 2008c). Las raíces podrían llegar como mínimo a 2.5 m, lo que permitiría a los árboles absorber progresivamente el agua de capas más profundas conforme aumentara el déficit hídrico del suelo. Esto se explica porque el agua del suelo disminuye hasta valores mínimos (incluso alcanzando el punto de marchitamiento) en el primer metro y existe una mayor correlación de las diferentes variables medidas en los árboles con el agua del suelo a mayor profundidad (Hernández-Santana et al. 2008a).

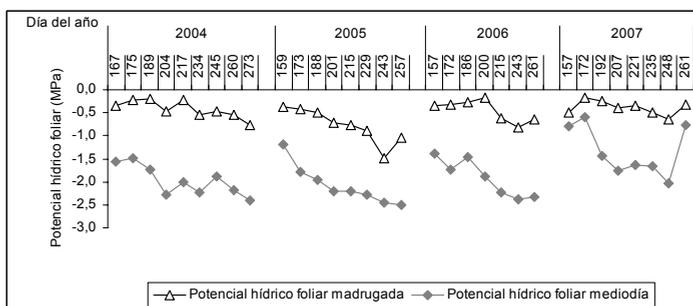


Figura 2. Evolución temporal del potencial hídrico foliar de madrugada y a mediodía

A pesar de que no se detectaron situaciones de estrés hídrico severo, la especie estudiada mostró variaciones reseñables para todas las variables medidas, en relación a la cantidad de agua del suelo, por lo que es esperable que, en el futuro, el estrés hídrico que sufran estos árboles sea más intenso cuando se den años más secos que los estudiados (IPCC, 2007). Esta hipótesis fue corroborada por las simulaciones llevadas a cabo con el modelo SPA (Williams et al. 1996). A través de su parametrización mediante parámetros medidos y estimados, se obtuvo una simulación razonablemente buena de los flujos hídricos del bosque aunque existan aspectos no suficientemente bien explicados (Hernández-Santana et al. 2009). Una vez concluido que este modelo era capaz de representar con aceptable fiabilidad lo que pasaba en el bosque estudiado con el contenido de agua del suelo y el agua perdida por transpiración, se utilizó para realizar predicciones de su evolución de acuerdo

con las proyecciones de diferentes escenarios de cambio climático. Se ha concluido que, aunque temperaturas más elevadas aumentan la transpiración, la absorción de mayor cantidad de agua por los árboles provoca el casi agotamiento del agua del suelo, por lo que al final del verano se produce una limitación notable de la cantidad de agua transpirada por los árboles. Así, y aunque en las mediciones solo se ha encontrado un estrés hídrico no demasiado severo, mayores condiciones de aridez, como las predichas en los modelos, podrían causar un estrés más severo en este tipo de formaciones vegetales.

CONCLUSIONES

La recurrencia de años secos y calurosos podría poner en riesgo la estabilidad ecológica de este tipo de bosques. Una mayor aridez del clima, unido a un abandono de las prácticas tradicionales en las áreas rurales y de montaña, que conducen a masas forestales de gran densidad, podrían debilitar este tipo de ecosistemas. A la vista de los resultados, parece necesario plantear una gestión de masas forestales de este tipo basada en estudios científicos, integrada y adaptada, para conservarla en un escenario de cambio global.

REFERENCIAS

- ❖ Constantz, J. & Murphy, F. 1990. Monitoring storage moisture in tree using time domain reflectometry. *Journal of Hydrology*. 119, 31–42.
- ❖ Granier, A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annals of Forest Science* 42(2), 193-200.
- ❖ Hernández-Santana, V. & Martínez-Fernández, J. 2008. TDR measurement of stem and soil water content in two Mediterranean oak species. *Hydrological Sciences—Journal—des Sciences Hydrologiques* 53(4), 921-931
- ❖ Hernández-Santana, V., Martínez-Fernández, J., Morán, C. & Cano, A. 2008a. Response of *Quercus pyrenaica* (melojo oak) to soil water deficit: a case study in Spain. *European Journal of Forest Research*. 127, 369–378
- ❖ Hernández-Santana, V. Martínez-Fernández, J. & Morán, C. 2008b. Estimation of tree water stress from stem and soil water monitoring with time-domain reflectometry in two small forested basins in Spain. *Hydrological Processes*. 22, 2493–2501.
- ❖ Hernández-Santana, V., David, T.S. & Martínez-Fernández, J. 2008c. Environmental and plant-based controls of water use in a Mediterranean oak stand. *Forest Ecology and Management*. 255, 3707–3715.
- ❖ Hernández-Santana, V., Martínez-Vilalta, J., Martínez-Fernández, J. & Williams, M. 2009. Evaluating the effect of drier and warmer conditions on water use by *Quercus pyrenaica*. *Forest Ecology and Management, under revision*.
- ❖ IPCC 2007: Summary for policymakers: climate change 2007, Fourth Assessment Report, The Physical Science Basis
- ❖ Piñol, J., Ávila, A. & Escarré, A. 1999: *Water balance in catchments* en Rodá, F., Retana, J., Gracia, C.A., Bellot, J. (eds.): Ecology of Mediterranean Evergreen oak forests. Springer-Verlag. Berlin. 373 p.
- ❖ Topp, G.C., Davis, J.L. & Anan, A.P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content, measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*. 16, 574–582.
- ❖ Williams, M., Rastetter, E.B., Fernandes, D.N., Goulden, M.L., Wofsy, S.C., Shaver, G.R., Melillo, J.M., Munger, J.W., Fan, S.M. & Nadelhoffer, K.J. 1996. Modelling the soil plant-atmosphere continuum in a *Quercus-Acer* stand at Harvard Forest: the regulation of stomatal conductance by light, nitrogen and soil/plant hydraulic properties. *Plant, Cell, Environment*. 19, 911-927.