

Hidrología de un ambiente Mediterráneo de montaña. Las cuencas de Vallcebre (pirineo oriental) III. Vegetación y flujos de agua

P. Llorens⁽¹⁾, R. Poyatos⁽²⁾, A. Muzylo⁽¹⁾, C.M. Rubio^(3,4),
J. Latron⁽¹⁾, J. Delgado⁽¹⁾, F. Gallart⁽¹⁾

(1) Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (ID/EA). CSIC. Barcelona. E-mail:

pllorens@ija.csic.es

(2) School of Biological and Biomedical Sciences, University of Durham, Durham, (UK).

(3) Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, UPC, Castelldefels (España).

(4) Lab-Ferrer, Soils and Environmental Biophysics Consulting Centre, Cervera (España).

ABSTRACT

The Vallcebre research catchments are located in a Mediterranean mountain area (Pyrenean range, NE Spain). These catchments were originally covered by *Quercus pubescens* Willd. and deforested for agricultural use in the past. Nowadays they are covered by mesophyll grasses with spontaneous afforestation by *Pinus sylvestris* L. In this context, different investigations studying water fluxes in the soil-vegetation-atmosphere continuum have been performed. The main objective of these studies is the analysis and modelling of the role of vegetation cover on the catchment water balance in a framework of climate and land use changes. The dynamics of rainfall interception and transpiration by Scots pines and pubescens oaks, are investigated in terms of their dependence on meteorological conditions, on soil moisture and water table depth. Furthermore, the role of vegetation on catchment water balance is analysed. The results underline: (i) the importance of rainfall interception losses by both tree species and the high temporal variability of this flux, (ii) the effect of forest covers on soil moisture and (iii) the differences in transpiration between species, showing Scots pines a strong reduction of transpiration during droughts. Modelling results indicate that TOPBAL model (a developed version of TOPMODEL for an improved simulation of the response of catchments with diverse vegetation covers and high climatic seasonality) improved the simulation of the catchment water balance.

Key-words: Mediterranean mountain; Rainfall interception; Forest transpiration; Soil water content; Vallcebre.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas de Vallcebre situadas el Prepirineo catalán, son representativas de áreas montaña Mediterránea, originariamente cubiertas por *Quercus pubescens* Willd. y deforestadas para usos agrícolas en el pasado. Actualmente están mayoritariamente cubiertas por pastos mesófilos y por *Pinus sylvestris* L. de reforestación espontánea, representando estos últimos un 64% de la cubierta de la cuenca (Poyatos et al., 2003). En este contexto, desde 1994 se han realizado diversos estudios sobre los flujos de agua en el continuo suelo-planta-atmósfera. El principal objetivo de dichos estudios es el análisis y la modelización del papel de la vegetación en el balance de agua en un marco de cambio global. La dinámica y la variabilidad temporal de la humedad del suelo, la transpiración y la interceptación de la lluvia por el pino silvestre y el roble pubescente han sido investigadas en función de su dependencia de las condiciones meteorológicas, y en el caso de la transpiración, de la humedad del suelo y de los niveles piezométricos. Además, se ha analizado el papel de la vegetación en el balance hidrológico a escala de cuenca.

MÉTODOS

Las principales características y diseño instrumental de las cuencas de Vallcebre se presentan en Latron et al. (2009). La partición de la lluvia se ha monitorizado en 2 parcelas, una cubierta por pino silvestre y otra por roble pubescente, se han utilizado canales de 1 m² de superficie para la medida de la trascolación y anillos para la medida de la escorrentía cortical, ambos dispositivos conectados a balancines y estos a sistemas de adquisición de datos (Llorens et al., 1997, Muzylo, 2008). El flujo de sabia a escala de árbol se ha registrado en continuo con sensores de disipación de calor. El escalado de estas medidas a nivel de cubierta nos ha permitido obtener una estimación de la transpiración (Oliveras y Llorens, 2001; Poyatos et al., 2005). La humedad del suelo se ha medido en varios perfiles bajo diferentes cubiertas vegetales con la técnica TDR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de la interceptación de la lluvia y de la transpiración

Los resultados obtenidos destacan la importancia de las pérdidas por interceptación, representando un 24% en los pinares (Llorens et al., 1997) y entre un 6 y un 24%, dependiendo del estado fenológico, en los robledales (Muzylo, 2008). Este flujo presenta una elevada variabilidad temporal, dependiendo de las condiciones atmosféricas y de las características de los eventos de lluvia (Fig.1). La interceptación de la lluvia por el pino silvestre puede clasificarse en dos grupos dependiendo de dichas condiciones. Eventos de tipo templado, con baja intensidad de lluvia y condiciones atmosféricas húmedas, y eventos de tipo mediterráneo con mayores intensidades de lluvia y condiciones atmosféricas más secas (Llorens et al., 1997).

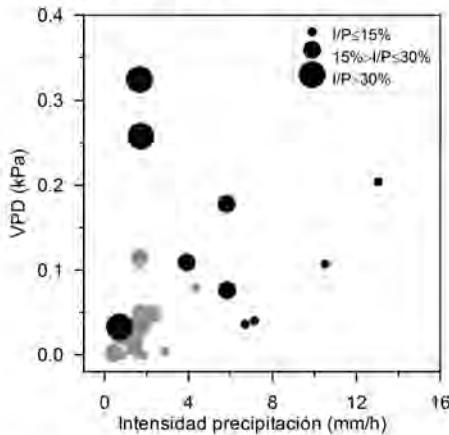


Figura 1. Interceptación relativa (Interceptación/Precipitación) a escala de evento en la parcela de pino silvestre, en función de la intensidad de la lluvia y el déficit de presión de vapor (VPD). Los círculos (proporcionales a la interceptación relativa) grises son eventos de tipo templado y los negros de tipo mediterráneo (según Llorens et al., 1997).

El efecto de la cubierta forestal en la dinámica de la humedad del suelo es claramente observable si se comparan perfiles bajo cubierta forestal o en pastos, siendo típicamente los primeros más secos debido a las pérdidas por interceptación (Latron et al., 2005; Llorens et al., 2003).

La transpiración medida en los pinos silvestres fue el doble de la medida en los robles pubescentes (Poyatos et al., 2005), debido principalmente a diferencias en el área foliar (LAI). Las tasas de transpiración máximas, es decir en óptimas condiciones hídricas del suelo (T_{max}), fueron mayores en el pinar que en el robledal, para todo el rango de demanda evaporativa (Fig. 2a). Sin embargo, cuando la humedad del suelo es un factor limitante, los pinares muestran una importante reducción de la transpiración, mientras que los robledales se ven menos afectados por el déficit hídrico del suelo (Fig. 2b).

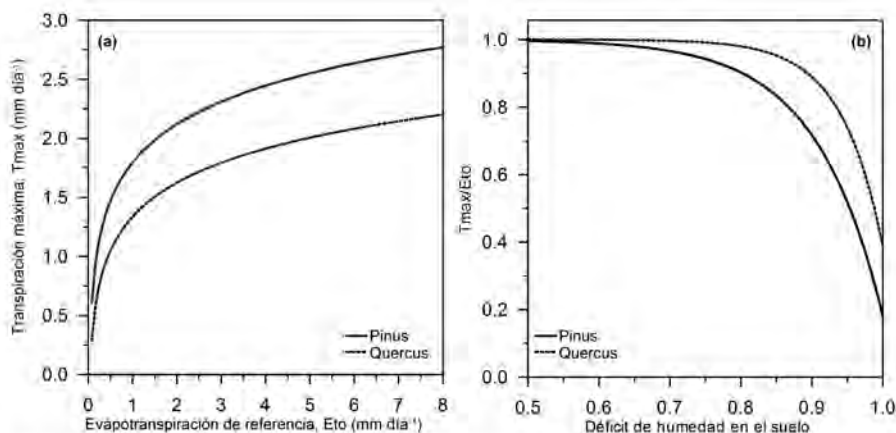


Figura 2. (a) Transpiración máxima en función de la evapotranspiración de referencia para el pino silvestre y el roble pubescente en Vallcebre. (b) Transpiración relativa máxima (máxima transpiración/evapotranspiración de referencia, T_{max}/E_{to}) en función del déficit de humedad del suelo para ambas especies.

La respuesta fisiológica al déficit hídrico de ambas especies indica que el pino silvestre es más vulnerable al embolismo del xilema, siendo el roble pubescente más resistente a eventos de sequía extrema (Poyatos et al., 2008). Los resultados muestran también una buena relación entre el nivel piezométrico y la transpiración del pinar estudiado, sugiriendo que estos árboles son capaces de extraer agua de niveles profundos.

Resultados de la modelización

La interceptación de la lluvia y la transpiración forestal han sido modelizadas, a escala de parcela en los pinares estudiados, con una doble finalidad: la comprensión de los procesos estudiados y el análisis de la incertidumbre asociada a la modelización. Los resultados de la modelización de la interceptación indican que el modelo de Gash (1979) predice la interceptación con errores similares a los predichos en condiciones templadas para cubiertas de pino silvestre. Sin embargo, los eventos de características típicamente mediterráneas están claramente subestimados (Llorens, 1997). Los resultados de la modelización de la transpiración del pino silvestre, utilizando la metodología GLUE, indican que la calibración con datos de 2 periodos, con condiciones meteorológicas y de humedad del suelo diferentes, reduce la incertidumbre en la predicción del modelo de tipo Jarvis utilizado, y muestran la elevada sensibilidad del modelo a los parámetros de humedad del suelo (Poyatos et al., 2007).

Por último, la mejor comprensión de los flujos y procesos descritos ha sido utilizada en el desarrollo del modelo TOPBAL. Este modelo es una versión del modelo hidrológico TOPMODEL (Beven y Kirkby, 1979) concebida para una mejor simulación de la respuesta hidrológica de una cuenca con diversos tipos de cubiertas y una elevada estacionalidad climática. Este modelo considera explícitamente la interceptación de la lluvia y el intercambio entre la zona radicular-insaturada y la zona saturada en dos direcciones (drenaje y ascenso capilar), permitiendo una modelización semi-distribuida de la humedad del suelo. Los resultados indican que para una eficiencia similar, TOPBAL mejora la simulación de las curvas de recesión y el balance de agua respecto a TOPMODEL.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se destaca (i) la importancia de la interceptación de la lluvia y la su elevada variabilidad temporal, (ii) el efecto de la cubierta forestal en la humedad del suelo, provocando suelos más secos bajo bosque, y (iii) las diferencias en transpiración

entre especies estudiadas, indicando una menor vulnerabilidad de los robles a eventos de sequía extrema. Un mayor conocimiento de los flujos de interceptación y transpiración en ambiente mediterráneo ha permitido desarrollar el modelo TOPBAL que permite una mejor simulación de la respuesta hidrológica de cuencas con diferentes usos del suelo y elevada estacionalidad.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones en las cuencas de Vallcebre se han realizado con el soporte de los proyectos PROBACE (CGL2006-11619/HID) y MONTES (CSD2008 – 00040) ambos financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN). Las cuencas experimentales de Vallcebre reciben también financiación del Convenio entre el CSIC y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (RESEL). J. Latron es beneficiario de un contrato dentro del programa Ramón y Cajal y A. Muzyló de una beca FPU, ambos del MICINN. Los autores agradecen la ayuda en el trabajo de campo de O. Avila, G. Nord, M. Soler y X. Huguet.

REFERENCIAS

- ❖ Beven, K.J. & Kirkby, M.J. A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1): 43-69.
- ❖ Gash, J.H.C., 1979. Analytical Model of Rainfall Interception by Forests. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105(443): 43-55.
- ❖ Latron, J., Llorens, P., Soler, M., Poyatos, R., Rubio, C., Muzyló, A., Martínez-Carreras, N., Delgado, J., Regúés, D., Catari, G., Nord, G. & Gallart, F. (2009). Hidrología de un ambiente mediterráneo de montaña. Las cuencas de Vallcebre (Pirineo oriental). I. 20 años de investigaciones hidrológicas. Este volumen.
- ❖ Latron, J., Rubio, C., Llorens, P. (2005): Relaciones entre la dinámica local de la humedad del suelo y la respuesta hidrológica a escala de cuenca. Resultados preliminares. In: J. Samper-Calvete y A. Paz González. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII.: 69-73.
- ❖ Llorens, P., 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area .2. Assessment of the applicability of Gash's analytical model. *Journal of Hydrology*, 199(3-4): 346-359.
- ❖ Llorens, P., Latron, J. and Gallart, F. (2003): Dinámica espacio-temporal de la humedad del suelo en un área de montaña Mediterránea. Cuencas experimentales de Vallcebre (Alto Llobregat). In: J. Álvarez-Benedí and P. Marinero (Eds). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI.*: 71-76.
- ❖ Llorens, P., Poch, R., Latron, J. and Gallart, F., 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area .1. Monitoring design and results down to the event scale. *Journal of Hydrology*, 199(3-4): 331-345.
- ❖ Muzyló, A., 2008. Interception as a component of water balance: comparison of experimental and modeling approaches. Memoria de DEA, Universitat Politècnica de Catalunya, 60 pp.
- ❖ Oliveras, I. and Llorens, P., 2001. Medium-term sap flux monitoring in a Scots pine stand: analysis of the operability of the heat dissipation method for hydrological purposes. *Tree Physiology*, 21(7): 473-480.
- ❖ Poyatos, R., Latron, J. and Llorens, P., 2003. Land use and land cover change after agricultural abandonment - The case of a Mediterranean Mountain Area (Catalan Pre-Pyrenees). *Mountain Research and Development*, 23(4): 362-368.
- ❖ Poyatos, R., Llorens, P. and Gallart, F., 2005. Transpiration of montane *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pubescens* Willd. forest stands measured with sap flow sensors in NE Spain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(5): 493-505.
- ❖ Poyatos, R., Llorens, P., Piñol, J. and Rubio, C., 2008. Response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) to soil and atmospheric water deficits under Mediterranean mountain climate. *Annals of Forest Science*, 65(3). DOI: 10.1051/forest:2008003
- ❖ Poyatos, R., Villagarcía, L., Domingo, F., Pinol, J. and Llorens, P., 2007. Modelling evapotranspiration in a Scots pine stand under Mediterranean mountain climate using the GLUE methodology. *Agricultural and Forest Meteorology*, 146(1-2): 13-28.