

INFLUENCIA DE LAS CLARAS SOBRE LA TRASCOLACIÓN Y LA HUMEDAD DEL SUELO EN MASAS REPOBLADAS DE PINO CARRASCO: RESULTADOS PRELIMINARES

Antonio D. del Campo García*, Antonio Molina Herrera, Alberto García Prats, José A. Torrent Bravo y Leticia López Sardá

Grupo de investigación en Ciencia y Tecnología Forestal (Re-ForeST) - Depto. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n. 46022-VALENCIA (España). *Autor para la correspondencia: ancamga@dihma.upv.es

Resumen

Uno de los principales desafíos de la selvicultura frente al cambio climático es la gestión hidrológica del bosque. Así, disponer de criterios para cuantificar las relaciones bosque-agua y su afectación mediante la gestión forestal en escenarios de escasez del recurso hídrico, puede ayudar a incentivar las prácticas de conservación y producción de agua en nuestros bosques. El objetivo de este trabajo es cuantificar los efectos de las claras sobre los componentes del ciclo hidrológico en masas con exceso de espesura procedentes de antiguas reforestaciones. Para ello, se han realizado claras sobre una masa de pino carrasco en Valencia de 60 años de edad, dejando coberturas medias del 16%, 46%, 64% y un testigo del 84%. Se realizaron tres réplicas de cada tratamiento y se dispusieron canalones de 0,48 m² de superficie para recoger la trascolación. Igualmente, se instrumentaron las parcelas con sensores de humedad del suelo, temperatura y humedad relativa. En este trabajo se presentan los resultados preliminares. Los resultados muestran una variación importante entre tratamientos según los episodios de precipitaciones registrados, existiendo linealidad entre la trascolación y la intensidad de clareo. Así, los valores medios de esta variable han oscilado entre el 74 y el 52% de la precipitación incidente para la cobertura del 16 y 83% respectivamente. Los resultados de humedad del suelo muestran igualmente una mayor ganancia de agua al final del periodo estudiado para los distintos tratamientos con respecto al control, indicando una mayor infiltración.

Palabras clave: *Ciclo hidrológico, Abandono de actividades rurales, Selvicultura, Cambio climático*

INTRODUCCIÓN

El abandono de las actividades rurales en las últimas décadas (ganadería, agricultura, aprovechamientos del monte, etc.), experimentado en mayor o menor grado en buena parte de Europa, ha dado lugar a la expansión del bosque y el

matorral (PUIGDEFÁBREGAS Y MENDIZÁBAL, 1998). Esto, pese a sus beneficios en la conservación del suelo, puede suponer dos efectos colaterales: el incremento en la ocurrencia de grandes incendios forestales y la disminución de la aportación específica de las cuencas hidrológicas. El efecto del incremento de las pérdidas por evapo-

transpiración (incluyendo interceptación) a costa de la escorrentía y percolación profunda (que en grandes cuencas constituyen la aportación específica), es difícil de cuantificar por la variedad de factores de que depende y la falta generalizada de datos foronómicos en pequeñas cuencas. No obstante, ha sido comprobado experimentalmente en numerosas ocasiones. Por ejemplo, en Francia, los cambios de vegetación asociados al abandono de tierras agrícolas supusieron un descenso de 80 mm en la aportación específica (un 15% de la P anual) (RAMBAL, 1987). Algo similar se ha observado en afluentes de la cabecera del Ebro entre los años 1970 y 1990 (GALLART & LLORENS, 2002, 2003). Estos mismos autores han constatado un descenso del caudal medio anual en algunos de los principales ríos peninsulares de entre el 37 y el 59% en los últimos 50-60 años, hechos que entre otras causas (aumento riego, descenso precipitaciones, etc.) se deben a la paralela densificación de los bosques y al aumento de su área sobre todo en zonas relativamente secas (entre un 17 y un 46% del descenso total de caudal se debe a esta causa).

En efecto los valores de interceptación pueden llegar a ser muy elevados en condiciones de elevada sequedad ambiental tal y como ocurre en zonas mediterráneas. En un estudio con *Pinus sylvestris* de regeneración natural en el Pirineo oriental (2.400 pies·ha⁻¹, área basimétrica de 39.5 m²·ha⁻¹, P anual de 850 mm), LLORENS et al. (1997) estudiaron la interceptación durante 30 meses obteniendo entre un 13 y un 49% de interceptación según el tipo de aguacero, valores que se encuentran en el rango general que aparece en la bibliografía.

La gestión silvícola enfocada al aumento de la aportación específica en cuencas, ha sido un aspecto estudiado e implementado en otras zonas del mundo desde hace décadas. Los trabajos de HIBBERT et al. (1982) en ecosistemas mediterráneos del oeste norteamericano demostraron que a partir de 450 mm de P anual, la manipulación de la cubierta forestal puede suponer incrementos válidos en el régimen hídrico de la cuenca (entre 25 y 165 mm·año dependiendo de la P anual y el porcentaje de cubierta tratado). En una revisión del tema, BOSCH Y HEWLETT (1982) recopilaron datos de más de 90 cuencas y establecieron que por cada 10% de área cubierta de vegetación forestal que se transformaba a pastizal se conse-

guía un incremento de 40 mm en la aportación específica en bosques de eucaliptos y coníferas o 10 mm en zonas de matorral tipo maquia, dado que las regiones más secas son menos sensibles a estos cambios. Además, para que estas relaciones se produzcan, es preciso superar un umbral del 20% del área convertida (STEDNICK, 1996). En trabajos más recientes (LEWIS et al., 2000; TROENDLE et al., 2001) se ha comprobado, además, que los resultados obtenidos en pequeñas cuencas experimentales son extrapolables a cuencas mayores.

En España, BELMONTE SERRATO et al. (1999) han estudiado el óptimo de cobertura vegetal (cubierta que minimiza erosión e interceptación) para unas condiciones de matorral y suelo estableciéndolo entre el 58 y el 64% según la pendiente. Otros trabajos afines en clima mediterráneo vienen a apoyar estos planteamientos: JOFFRE & RAMBAL (1993) en el suroeste español, BELMONTE SERRATO et al. (1999) en el sureste y sobre todo los trabajos llevados a cabo por el CREAM y el CSIC en el noreste (PIÑOL et al., 1991, 1992; LLORENS et al., 1997; GALLART Y LLORENS, 2001, 2002, 2003, 2004).

En este sentido, se puede plantear la complementación de los actuales criterios de gestión silvícola con otros objetivos hidrológicos, lo que supone mantener una estructura espacial de la vegetación que permita un equilibrio entre los aspectos asociados a mayores densidades como la conservación del suelo y la regulación de caudales y los aspectos relacionados con la presencia de claros como la disminución de la ET (y el correspondiente aumento de la aportación específica. Para ello, se pueden elaborar curvas que definan un óptimo de cobertura vegetal (BELMONTE SERRATO et al., 1999).

El objetivo de este trabajo es cuantificar los efectos de las claras sobre los componentes del ciclo hidrológico en masas con exceso de espesura procedentes de antiguas reforestaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en una masa de pino carrasco, en Valencia, de 60 años de edad. Se definieron tres intensidades de claro que dieron lugar a coberturas medias del 16%, 46%, 64% y un control del 83%. Se tomó como diseño esta-

dístico el de bloques completos al azar, resultando un total de 3 bloques o repeticiones. Cada bloque constaba pues de 4 unidades experimentales (cuadrados de 30 m de lado). Dichas coberturas se han obtenido empleando la escuadra óptica, de forma que se realizaba la corta y se medía la FCC, hasta alcanzar las coberturas buscadas.

Una vez definidas las FCC en las unidades experimentales, se procedió a la instrumentación de éstas instalando un pluviógrafo exterior en las inmediaciones del ensayo y medidores de trascolación, así como sensores de humedad y temperatura ambiente y del suelo.

Para medir la trascolación se han instalado 4 captadores de agua en cada unidad experimental. Estos captadores han consistido en canalones fabricados en PVC de 4 m de longitud y un área de recogida de 0,48 m². Se colocaron siguiendo un patrón regular en las distintas unidades experimentales y quedaban a unos 20 cm sobre el suelo (5% de pendiente). El agua recogida vertía a un colector o garrafa de 25 l de capacidad (3 de los cuatro canalones) o directamente a un pluviógrafo de pequeñas dimensiones (canalón restante). Así, la recogida de información se ha realizado de forma manual (garrafas) y automática (pluviógrafos). Los pluviógrafos (resolución de 1 mm, casa Decagon) estaban conectados a dataloggers de

tal forma que la frecuencia de medida se fijó en 1 minuto.

Igualmente, se han instalado sensores de humedad-temperatura del suelo y sensores de humedad-temperatura ambiente. Así, en cada unidad experimental hay cuatro sensores de humedad del suelo en grupos de dos y un sensor de humedad relativa-temperatura ambiente (a 1 m sobre el nivel del suelo). Un par de sensores de humedad del suelo se ha dispuesto en una zona donde exista una notable influencia de copa de árbol (para recoger lecturas de humedad del suelo influenciadas por la escorrentía fustal o cortical), mientras que el otro par se dispone en un área donde predomine la escasez de sombra. Además, cada par de sensores están ubicados a distinta profundidad (5 y 15 cm). El seguimiento para ambos tipos de sensores, suelo y aire, se ha llevado a cabo mediante dataloggers de iguales características que los empleados para los pluviógrafos, con una frecuencia de medida de 10 min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados preliminares del estudio obtenidos en distintos eventos entre las fechas 16-4-08 y 16-6-08. Los datos arrojados por el pluviógrafo exterior (Figura 1) indican la ocurrencia de una primavera especialmente

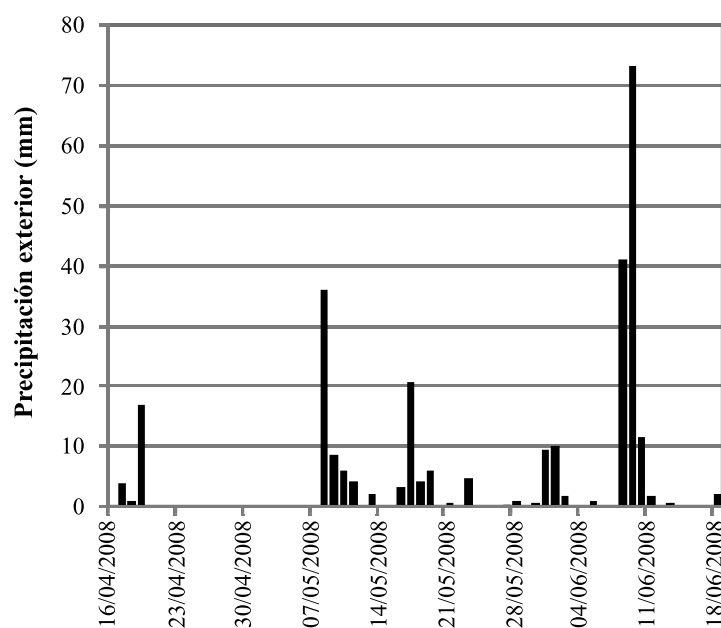


Figura 1. Valores diarios de precipitación registrada a cielo abierto durante el periodo de estudio

húmeda, lo cual ha sido una tónica general en toda la Comunidad Valenciana. Destacan eventos torrenciales como el del 9 de Junio, con más de 70 mm de lluvia.

Los distintos eventos registrados y los periodos acumulados de lluvia han mostrado diferencias en la trascolación y humedad del suelo según los tratamientos considerados (Figuras 2 y 3; Tabla 1). Por un lado, los pluviógrafos acoplados a los canalones han permitido estudiar los aguaceros de un modo independiente según sus características con dos eventos seleccionados según ciertas cantidades de precipitación registrada (Tabla 1). Se observa como los porcentajes de trascolación aumentan a medida que lo hace la magnitud del aguacero, disminuyendo por tanto la interceptación, tal y como se describe en la bibliografía (LLORENS et al., 1997). A su vez,

los porcentajes de trascolación han sido diferentes según se considere un tratamiento u otro (Tabla 1), con valores medios \pm desviación estándar para 46, 64 y 83% de FCC de $60,2 \pm 31,8$; $62,9 \pm 31,7$ y $50,8 \pm 25,6$. Por otro lado, paralelamente a los datos correspondientes a los pluviógrafos acoplados a los canalones, se tienen los correspondientes al aforo de las garrafas, que contenían la precipitación acumulada de un determinado número de días (Figura 2). Si bien estos datos no permiten el estudio individualizado de cada aguacero, sí dan un valor promedio para el intervalo de tiempo considerado, observándose igualmente cómo aumenta la trascolación a medida que disminuye la FCC, con regresiones lineales significativas para todos los periodos analizados (datos no mostrados). El análisis estadístico de comparación de medias

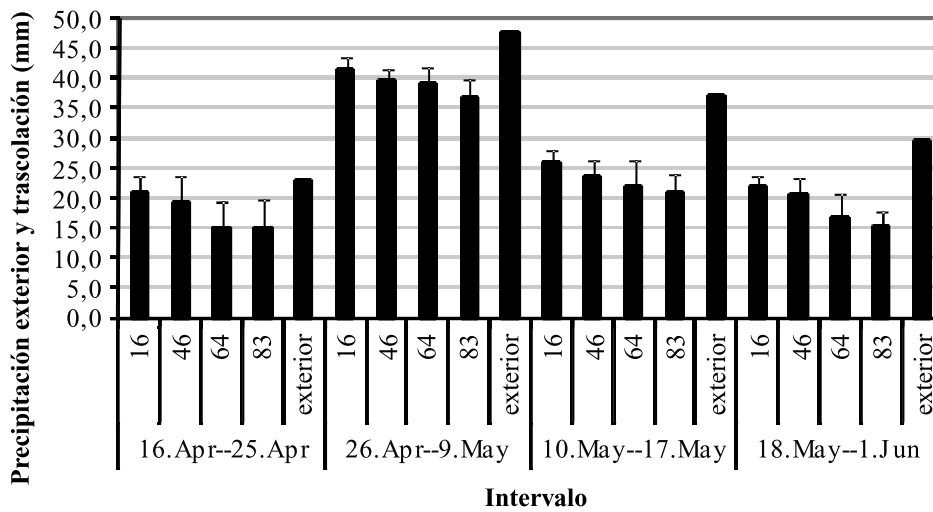


Figura 2. Trascolación media (datos provenientes del aforo de las garrafas) para los distintos tratamientos y los cuatro intervalos de tiempo estudiados

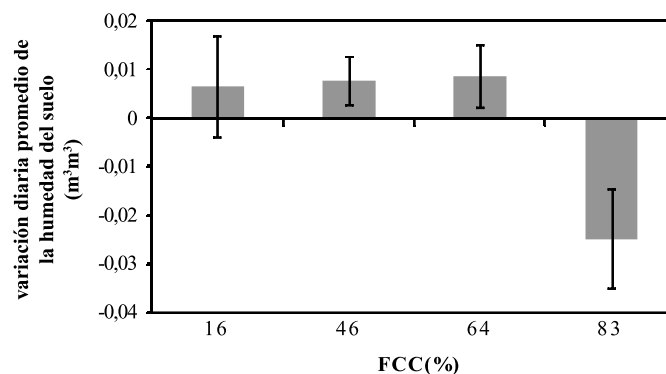


Figura 3. Variación media de la humedad del suelo en los distintos tratamientos

Tratamiento (% FCC)	P _{baja}	P _{media}	P _{alta}
46	22,9; 28,6	44,8; 84,3	90; 91
64	15,8; 55,5	38,2; 84,3	89,8; 93,8
83	15,0; 37,5	33,2; 69,9	72; 77,2

Tabla 1. Datos de trascolación relativa (como % de precipitación) según tratamiento (% FCC) para 2 eventos considerados por 3 tipos de precipitación según magnitud: $P_{baja} = P < 5mm$, $P_{media} = 10mm < P < 30mm$ y $P_{alta} = P > 30mm$. Los datos del tratamiento 16 % de FCC no se presentan por un error en el almacenamiento de los datos

(ANOVA) de los datos para los cuatro periodos resultó muy significativo para 3 de los 4 periodos ($p < 0,001$), indicando que existían diferencias en la trascolación entre los diferentes tratamientos. El periodo donde no se encontraron diferencias se corresponde con el lapso de tiempo que transcurre desde el 26 abril al 9 de mayo. Durante este periodo, la precipitación acaecida ascendió a un valor de 47,5 mm, con un 73,3% de ésta producida en un evento concreto de alta intensidad ($13 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$). Este resultado pone de manifiesto que para episodios de alta intensidad, la selvicultura de producción de agua podría perder efectividad ya que los diferentes tratamientos producen similares valores de trascolación. Con respecto al análisis global de los datos, un test ANOVA confirmó de nuevo las diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados coinciden con el planteamiento básico de la selvicultura de producción/ahorro de agua ampliamente estudiada en otras partes del globo (HIBBERT *et al.*, 1982; TROENDLE *et al.*, 2001). La modificación del vuelo forestal trae consigo importantes cambios en los procesos que conforman la evapotranspiración, siendo uno de los más afectados la partición de la lluvia BROOKS *et al.* (2003).

En cuanto a la humedad del suelo, las diferencias entre los tratamientos indican poca variabilidad según la intensidad de clara; sin embargo sí se produce un considerable incremento de humedad de los tratamientos con respecto al testigo (Figura 3), del orden del 10% para el periodo estudiado.

CONCLUSIONES

Estos resultados preliminares ponen de manifiesto la posibilidad de realizar una gestión hidrológica del bosque mediterráneo, cuantificando los

incrementos (o decrementos) que se logran en los distintos componentes del ciclo del agua al hacer determinadas intervenciones. Existe por tanto, la posibilidad de crear herramientas de gestión hidrológica de una masa de igual modo que las tablas de producción cuantifican su rendimiento. La muy probable disminución de precipitaciones y aumento de la evapotranspiración que predicen los modelos de cambio climático para el área mediterránea, hará que este tipo de gestión sea requerida en numerosas situaciones donde el agua se convierta más bien en un recurso limitante para los núcleos poblados aguas abajo. Así, disminuir el componente de evaporación (interceptación) a costa del de infiltración puede lograrse mediante la aplicación de estas técnicas de selvicultura orientadas a la producción de agua. Las variaciones con la densidad, la especie, la estructura, las podas, etc. deben tener una cuantificación de sus efectos hidrológicos y necesitan ser investigadas con detalle.

BIBLIOGRAFÍA

- BELMONTE SERRATO, F.; ROMERO DIAZ, A.; LÓPEZ BÉRMUDEZ, F. Y HERNÁNDEZ LAGUNA, E.; 1999. Óptimo de cobertura vegetal en relación a las pérdidas de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de lluvia por interceptación. *Papeles de Geografía* 30: 5-15.
- BOSCH, J.M. & HEWLETT, J.D.; 1982. A review of watershed experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hidrol.* 55: 3-23.
- BROOKS, K.N.; FOLLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. & DEBANO, L.F.; 2003. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State Press. Iowa.
- GALLART, F Y LLORENS, P.; 2001. Capítulo III: Efectos de los cambios de uso y cubierta del

- suelo en los aportes del río Ebro y su evolución futura. En: N. Prats y C. Ibáñez (eds.), *El curso inferior del Ebro y su delta*: 51-57. U. Cantabria-U. Barcelona.
- GALLART, F. Y LLORENS, P.; 2002. *La cubierta forestal de la cuenca del Ebro: Caracterización espacio-temporal y la afectación en la disminución de recursos hídricos*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- GALLART, F. & LLORENS, P.; 2003. Observations on land cover changes and water resources in the headwaters of the Ebro catchment, Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth* 29: 769-773.
- GALLART, F. & LLORENS, P.; 2004. Catchment Management Under Environmental Change: Impact of Land Cover Change on Water Resources. *Water International* 28(3): 334-340.
- HIBBERT, A.R.; DAVIS, E.A. & KNIPE, O.D.; 1982. Water yield changes resulting from treatment of Arizona chaparral. In: C.E. Conrad & W.C. Oechel (eds.), *Dynamics and management of Mediterranean-type ecosystems*, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-58.
- JOFFRE, R. & RAMBAL, S.; 1993. How Tree Cover Influences the Water Balance of Mediterranean Rangelands. *Ecology* 74(2): 570-582.
- LEWIS, D. & SINGER, M.J.; 2000. Hydrology in a California oak woodland watershed: a 17-year study. *J. Hydrol.* 2000: 106-117.
- LLORENS, P.; POCH, R.; LATRON, J. & GALLART, F.; 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overground in a Mediterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale. *J. Hydrol.* 199: 331-345.
- PINOL, J.; LLEDO, M.J. & ESCARRE, A.; 1991. Hydrological balance of 2 mediterranean forested catchments (Prades, Northeast Spain). *Hydrological Sci. J.* 36(2): 95-107.
- PINOL, J.; AVILA, A.; ESCARRE, A.; LLEDO, M.J. & RODA, F.; 1992. Comparison of the hydrological characteristics of 3 small experimental holm oak forested catchments in NE Spain in relation to larger areas. *Vegetatio* 100: 169-176.
- PUIGDEFABREGAS, J. & MENDIZABAL, T.; 1998. Perspectives on desertification: Western Mediterranean. *J. Arid Environ.* 39, 209-224.
- RAMBAL, S.; 1987. Evolution de l'occupation des terres et ressources en eau en région méditerranéenne karstique. *J. Hydrol.* 93: 339-357.
- STEDNICK, J.D.; 1996. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *J. Hydrol.* 176: 79-95.
- TROENDLE, C.A.; WILCOX, M.S.; BEVENGER, G.S. & PORTH, L.S.; 2001. The Coon creek water yield augmentation project: implementation of timber harvest technology to increase streamflow. *Forest Ecol. Manage.* 143: 179-187.