

Antonio D. del Campo

Dr. Ingeniero de Montes. Profesor Titular de la UPV

Restauración hidrológico-forestal y cambio climático (o la necesidad de revisar dogmas)

La gestión forestal y la hidrología

El papel del bosque en el ciclo del agua es fundamental, lo que ha dado lugar a diferentes técnicas de gestión forestal con un objetivo hidrológico preferente sobre el maderero. Existen enfoques centrados en la protección del suelo (por ejemplo, la restauración hidrológico forestal -RHF-, que ha predominado en España durante la mayor parte del siglo XX) y enfoques que persiguen el aumento del agua escurrida en la cuenca para mejorar los caudales líquidos (producción de agua). Si bien el propósito de estas técnicas es divergente, hay una clara convergencia en sus herramientas o métodos, que no son otros que la implantación o manipulación de la vegetación forestal para el control de los distintos elementos del ciclo hidrológico. En España, la RHF, con un objetivo muy orientado al control de los fenómenos torrenciales en cabecera y a la protección del suelo frente a la erosión, ha dominado mayoritariamente frente a otros objetivos hidrológicos. Sin embargo, son destacables las experiencias desarrolladas desde hace décadas en otros países orientadas a la producción de agua (Troendle et al., 2001). Simplificando esta dicotomía en términos de estructura forestal, podría decirse que los objetivos de protección del suelo pasan por el logro de espesuras completas de la masa, mientras que los objetivos de producción de agua plantean aperturas de la masa en un porcentaje mínimo del 20 % del área de la cuenca para lograr un aumento significativo de los caudales (Stednick, 1996).

Los extremos hidrológicos y el bosque: el caso de Orihuela (DANA y sequía históricas en menos de cinco años)

Centrándonos en la RHF, los objetivos de protección del suelo y regulación de caudales se han asociado tradicionalmente a espesuras completas, algo que parece suficientemente robusto como para pensar en su vigencia e inclusión en planes y proyectos técnicos.

Pero ¿podemos mantener masas densas arboladas en amplias zonas del SE español con sequías que dejan la precipitación anual por debajo de tres dígitos?; en estas circunstancias, ¿cómo deberíamos plantear la RHF para las nuevas condiciones climáticas?

Nada mejor que la evidencia de la realidad para contestar estas preguntas: el monte “La Sierra” (AL-1052, término municipal de Orihuela, Alicante) fue repoblado en la década de 1940 siguiendo la tónica habitual de la época, con una repoblación monoespecífica de pino carrasco. En el archivo de la *Generalitat Valenciana* figura un proyecto fin de carrera del año 1949 del ingeniero de montes Eulogio Gómez Trenor (Gómez, 1949) que hace referencia a la repoblación de la Sierra de Orihuela, que se inició en 1943, y describe los trabajos realizados y los resultados obtenidos (Fotos 1 y 2). Si bien la dureza del clima había marcado un estado poco evolucionado en la masa, esta se había mantenido durante 70 años, hasta que la sequía de 2013-14 generó un déficit de precipitaciones muy acusado que produjo la mortalidad del 99 % del pinar (Muñoz, 2019; Fotos 3 y 4). Los 70 mm de lluvia en ese año frente a los casi 300 mm de media entre 1983 y 2012 contrastan con los 425 mm recogidos en 48 horas en el pasado mes de septiembre: “El doble desafío del agua”, en palabras del profesor Ruiz de la Torre. Ambos eventos, separados por tan solo cinco años, han sido catalogados como la mayor sequía y el mayor episodio de lluvia torrencial desde que se tienen registros en la zona.

La respuesta a las preguntas previas debe pasar por un replanteamiento del dogma de espesura completa, buscando estructuras forestales que usen menos agua y que sean más resilientes a los extremos de sequía, previsiblemente cada vez más frecuentes. El papel de la RHF en este caso (si es que hay papel para el bosque ante tales extremos pluviométricos) debe ser el de lograr y mantener coberturas medias del dosel que en todo caso mejoren o mantengan las propiedades hidrofísicas del suelo y su capacidad de infiltración, lo cual no

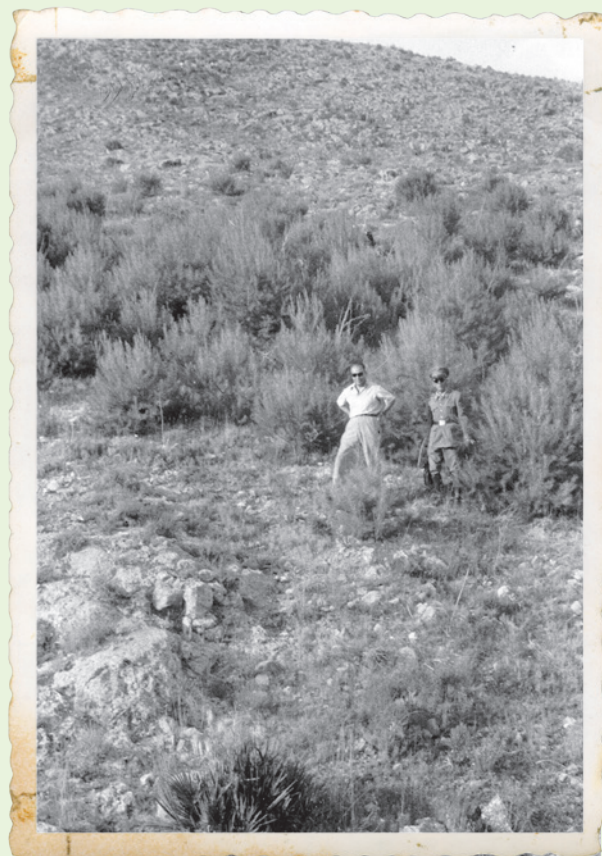
En el contexto del cambio climático actual ha surgido un nuevo enfoque hidrológico en la gestión forestal, que podría ubicarse a medio camino entre los dos previamente descritos. En el marco de la selvicultura adaptativa al cambio climático, la selvicultura de base ecohidrológica (Campo et al., 2017) trata de aumentar la disponibilidad de agua para el arbolado planteando espesuras intermedias que mejoren el balance hídrico de la masa; es lo que algunos autores han llamado “el riego al bosque”

es necesariamente incompatible con la apertura moderada del dosel (Prima et al., 2017). Aunque puede argumentarse sobre la reducida capacidad de regulación hidrológica del bosque frente a una precipitación torrencial como la registrada entre los días 12 y 13 del pasado mes de septiembre (los citados 425 mm), es obvio que una ladera arbolada siempre dará mejor respuesta hidrológica que desnuda.

La gestión forestal ecohidrológica ante el “doble desafío del agua”

En el contexto del cambio climático actual ha surgido un nuevo enfoque hidrológico en la gestión forestal, que podría ubicarse a medio camino entre los dos previamente descritos. En el marco de la selvicultura adaptativa al cambio climático, la selvicultura de base ecohidrológica (Campo et al., 2017) trata de aumentar la disponibilidad de agua para el arbolado planteando espesuras intermedias que mejoren el balance hídrico de la masa; es lo que algunos autores han llamado “el riego al bosque”. El objetivo es mejorar las condiciones de la masa (Creedy y Wurzbacher, 2001; Ungar et al., 2013; Campo et al., 2014), y surge especialmente en áreas semiáridas donde la provisión de bienes y servicios por los bosques está amenazada por el cambio global y, más específicamente, por las sequías más intensas (Allen et al., 2010). Los bosques mediterráneos padecen una combinación de factores climáticos estresantes que en numerosas ocasiones han desencadenado una mortandad generalizada del arbolado (Allen et al., 2010; Muñoz, 2019). Esto puede ser más grave en masas artificiales y poblaciones marginales, donde el impacto del cambio climático requiere de una selvicultura adaptativa proactiva y urgente (Lindner et al., 2014).

Esta selvicultura debe mirar directamente al agua como elemento clave que vertebra y modula todos los factores de estrés que afectan a estos bosques, tales como el mayor riesgo de incendio, desequilibrios hídricos, estancamiento del crecimiento, decaimiento y mortalidad, mayor sensibilidad a sequías, etc. (Campo et al., 2017). La gestión debe estar necesariamente orientada al agua, cuantifi-



Fotos 1 y 2. Progreso de los pimpollos de pino carrasco plantados en el monte “La Sierra” (AL-1052, Orihuela, Alicante) en la década de 1940. Fuente: Gómez (1949); Archivo Generalitat Valenciana (Eduardo Pérez-Laorga)



Fotos 3 y 4. Estado de las solanas del Monte "La Sierra" en 2015 tras la devastadora sequía de 2013-2014 que afectó al 99 % del pinar de repoblación de la Sierra de Orihuela. Fuente: Ángela Botella

Esta selvicultura debe mirar directamente al agua como elemento clave que vertebra y modula todos los factores de estrés que afectan a estos bosques, tales como el mayor riesgo de incendio, desequilibrios hídricos, estancamiento del crecimiento, decaimiento y mortalidad, mayor sensibilidad a sequías, etc. (Campo et al., 2017).

cando sus flujos y prestando especial atención tanto a su almacenamiento en el suelo como en el subsuelo (Fig. 1; Campo et al., 2019), dado el papel clave de estos flujos en el mantenimiento de la resiliencia en la cuenca y los ecosistemas forestales.

La reducción de la densidad aumenta temporalmente la disponibilidad de recursos (luz, agua, nutrientes), induciendo así cambios funcionales en los ciclos de carbono y agua de los árboles. Estas respuestas funcionales deben ser la base para guiar los tratamientos forestales (Seidl et al., 2016), más allá de buscar estructuras tipificadas y composición de especies determinadas. Este enfoque que parte de la función para llegar a la estructura (y no al contrario) puede ayudar a identificar aquellas masas con mayor o menor propensión a alteraciones por sequía y que más podrían beneficiarse de las prácti-



cas de gestión, optimizando así los limitados presupuestos y la toma de decisiones prácticas. Los rasgos funcionales para objetivar deben estar relacionados con la estrategia de uso de recursos y tolerancia a la sequía de una especie concreta y, además, deben responder positivamente a la reducción de la densidad del rodal. Son ejemplos de rasgos funcionales el crecimiento, la conductancia del dosel (Gs), el régimen de humedad del suelo o los distintos componentes de la evapotranspiración (transpiración y evaporación del suelo). Estas variables se pueden determinar combinando modelación con información de campo o satelital (González-Sanchis et al., 2019), y deben ser la base para desarrollar la selvicultura ecohidrológica, una nueva selvicultura de cuantificación de los servicios ambientales que dé respuestas y cifras a los planteamientos globales que piden un mayor protagonismo del bosque y de su gestión sostenible frente a los desafíos ambientales del planeta.

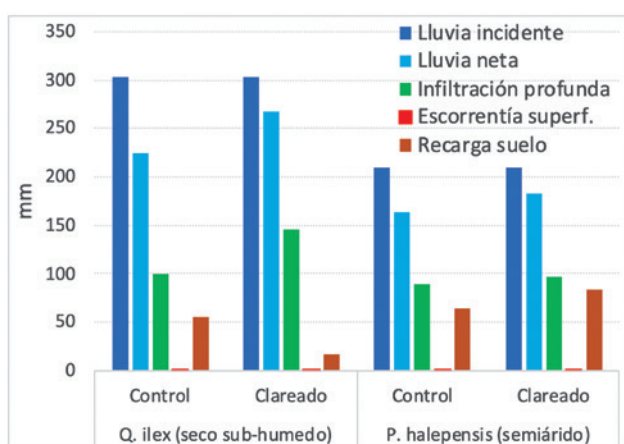


Fig. 1. Valores anuales promedio de los procesos hidrológicos en parcelas de encinar (monte bajo) y pinar de pino carrasco (regenerado posincendio) con y sin la aplicación de un resalveo/clareo. Datos obtenidos experimentalmente entre los años 2012-2016. Fuente: Modificado de Campo et al. (2019)



REFERENCIAS

- Allen CD, Macalady AK, Chenchouni H et al. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For. Ecol. Manage.* 259: 660–684.
- Campo AD del, Fernandes TJG, Molina AJ. 2014. Hydrology-oriented (adaptive) silviculture in a semiarid pine plantation: How much can be modified the water cycle through forest management? *Eur. J. For. Res.* 133(5): 879–894.
- Campo AD del, González-Sanchis M, Lidón A et al. 2017. Ecohydrological-Based Forest Management in Semi-arid Climate. En: Křeček J, Haigh M, Hofer T et al. (Eds.) *Ecosystem services of headwater catchments*. Springer-Capital Publishing, Suiza-India.
- Campo AD del, González-Sanchis M, Molina AJ et al. 2019. Effectiveness of water-oriented thinning in two semiarid forests: The redistribution of increased net rainfall into soil water, drainage and runoff. *For. Ecol. Manage.* 438: 163–175.
- Creedy J, Wurzbacher AD. 2001. The economic value of a forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits. *Ecol. Econ.* 38(1): 71–83.
- Gómez E. 1949. *Estudio comparativo de las repoblaciones por siembra o plantación con Pinus halepensis en el Reino de Valencia*. Trabajo fin de carrera. Archivo Generalitat Valenciana.
- González-Sanchis M, Ruiz-Pérez G, Campo AD del et al. 2019. Managing low productive forests at catchment scale: considering water, biomass and fire risk to achieve economic feasibility. *J. Environ. Manage.* 231: 653–665.
- Lindner M, Fitzgerald JB, Zimmermann NE et al. 2014. Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *J. Environ. Manage.* 146: 69–83.
- Muñoz JC. 2019. *Vulnerabilidad de especies mediterráneas frente a perturbaciones como sequías intensas e incendios*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante.
- Prima S di, Bagarello V, Angulo-Jaramillo R et al. 2017. Impacts of thinning of a Mediterranean oak forest on soil properties influencing water infiltration. *J. Hydrol. Hydromech.* 65: 276–286.
- Seidl R, Spies TA, Peterson DL et al. 2016. Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *J. Appl. Ecol.* 53: 120–129.
- Stednick JD. 1996. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *J. Hydrol.* 176: 79–95.
- Troendle CA, Wilcox MS, Bevenger GS et al. 2001. The Coon Creek water yield augmentation project: Implementation of timber harvesting technology to increase streamflow. *For. Ecol. Manage.* 143: 179–187.
- Ungar ED, Rotenberg E, Raz-Yaseef N et al. 2013. Transpiration and annual water balance of Aleppo pine in a semiarid region: implications for forest management. *For. Ecol. Manage.* 298: 39–51.