

Ricardo Ruiz-Peinado^{1,2}, Eduardo López Senespleda^{1,2}, Gregorio Montero³, José Antonio Lozano⁴

¹ Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Centro de Investigación Forestal (CIFOR)

² Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR), Universidad de Valladolid - INIA

³ Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF)

⁴ Director Parque Natural de El Alto Tajo. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

La fijación de carbono en los sistemas forestales del Parque Natural del Alto Tajo. Mejora y mantenimiento por parte de la gestión forestal

Los sistemas forestales son fundamentales en la lucha contra el cambio climático dada su capacidad para secuestrar carbono atmosférico y almacenarlo tanto en la vegetación como en los suelos. Aunque, evidentemente, los bosques son sólo una parte de la solución de este problema, ya que los cambios tienen que venir a una escala mayor, nadie duda del importantísimo papel que juegan en el ciclo del carbono. A escala mundial, los bosques acumulan 891 Pg C con un reparto medio del 42 % en la vegetación, 44 % en los suelos (hasta 1 metro de profundidad), 5 % en la hojarasca del suelo y 8 % como madera muerta (Pan et al., 2011). Los mismos autores cifran en un tercio de las emisiones de C las fijaciones brutas de los sistemas forestales, sin embargo la gestión del uso del suelo y la degradación de los sistemas forestales hacen que las fijaciones netas se reduzcan hasta un 12-15 %.

En los últimos años el conocimiento ha experimentado un gran avance, tanto a la hora de disponer de herramientas para contabilizar las cantidades de carbono en los distintos reservorios (por ejemplo, estrato arbóreo: Montero et al., 2005, Ruiz-Peinado et al., 2011, 2012; estrato arbustivo: Montero et al., 2013, Pasalodos-Tato et al., 2015) como para conocer el efecto que puede presentar en los mismos la gestión forestal (por ejemplo Ruiz-Peinado et al., 2013; Bravo-Oviedo et al., 2015; Bravo et al., 2017; Ruiz-Peinado et al., 2017). Por tanto, a la hora de planificar es imprescindible disponer de información precisa sobre cantidades de carbono en los bosques y los distintos efectos a la hora de aplicar una gestión u otra.

En esta línea, se ha realizado una colaboración entre el INIA y la

Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha para estimar el carbono existente en los sistemas forestales del Parque Natural del Alto Tajo, en los principales almacenes de carbono: vegetación (arbórea y arbustiva), suelos y hojarasca. La aplicación de modelos de estimación de biomasa arbórea a los datos de inventario procedentes del Tercer Inventario Forestal Nacional fue la base para la estimación, actualizada al año 2019 a partir de los crecimientos anuales. Para los restantes reservorios, el Centro de Investigación Forestal (CIFOR) del INIA cuenta con una gran base de datos que incluye información de biomasa arbustiva, de hojarasca y de carbono en suelos forestales, recogida en el marco de proyectos de investigación anteriores, que ha sido utilizada para la estimación de estos reservorios de carbono. Adicionalmente, se realizaron una serie de muestreos diseñados ad-hoc para la estimación de biomasa de matorral, hojarasca y suelos en aquellos ecosistemas forestales o zonas del Parque con baja representatividad en la base de datos del CIFOR-INIA.

25,19 MILLONES DE TONELADAS DE CARBONO EN EL PN ALTO TAJO

El Parque Natural del Alto Tajo cuenta con una superficie de 172.609 ha, incluyendo la zona periférica de protección, de la cual un 77,2 % es terreno forestal arbolado y un 14,4 % está poblado por matorral o arbustados (JCCM, 1999). Estos datos muestran el marcado carácter forestal que tiene este amplio terreno protegido. El Parque Natural cuenta con ecosistemas forestales muy productivos como pinares de pino laricio (*Pinus nigra* J.F. Arnold), albar (*Pinus sylvestris* L.) o negral (*Pinus pinaster* Aiton), que cuentan con gran



Muestreo de hojarasca de *Pinus pinaster*

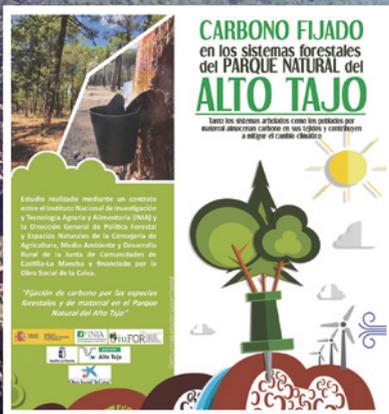


Zona del incendio de Checa: la zona no quemada y el rebrote de rebollo

representación en el territorio (40 %, 19 % y 9 % del terreno arbolado, respectivamente). Pero también hay formaciones que vegetan en lugares bajo condiciones difíciles, como son los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.) con una gran importancia superficial (17 % del terreno forestal arbolado). En los últimos años se ha constatado que los sabinares se están densificando y aumentando su superficie al colonizar terrenos agrícolas abandonados, aumentando su superficie arbolada y por tanto los *stocks* de carbono. En cuanto a vegetación arbustiva, los sabinares rastreros, espinares mixtos y la asociación aulagar-espliegar son las más extendidas en el Parque (38 %, 15 % y 15 % del área cubierta por matorrales, respectivamente).

El carbono acumulado por los sistemas forestales en el Parque Natural del Alto Tajo asciende a 25,19 millones de toneladas de carbono (año 2019). El reparto en los diferentes almacenes dentro del bosque es: vegetación 6,79 millones de toneladas de carbono (27 %), hojarasca 1,07 millones de toneladas de carbono (4 %) y suelo mineral 17,32 millones de toneladas de carbono (69 %).

El carbono acumulado por los sistemas forestales en el PN del Alto Tajo asciende a 25,19 millones de toneladas de carbono (año 2019). El reparto en los diferentes almacenes dentro del bosque es: vegetación 6,79 millones de toneladas de carbono (27 %), hojarasca 1,07 millones de toneladas de carbono (4 %) y suelo mineral 17,32 millones de toneladas de carbono (69 %).



17,32 millones de toneladas de carbono (69 %). La densidad media de carbono fijado por la superficie forestal arbolada alcanza los 174 t C/ha: 51 t C/ha en la vegetación, 7 t de C/ha en la hojarasca del suelo y 116 t de C/ha en el suelo. En los terrenos poblados por especies de matorral el valor medio es 103 t C/ha: 8 t de C/ha en la vegetación, 2 t de C/ha en la hojarasca, y 93 t de C/ha en el suelo.

Aunque la cuantificación ya es importante de por sí para conocer de manera adecuada los stocks de carbono, mucho más lo es realizar una estimación del potencial de secuestro. Así, el potencial de secuestro anual de carbono en la vegetación arbórea asciende a 142.935 t C/año. Esto supone un 2,1 % de lo existente en la vegetación. El valor puede parecer bajo, pero deben realizarse algunas consideraciones para ponerlo en contexto. En primer lugar existen masas que vegetan en condiciones bastante duras en el Parque, como los sabinos albares cuyo crecimiento es bastante lento además

***Aunque la cuantificación es importante,
mucho más lo es realizar una estimación del
potencial de secuestro. El potencial de secuestro
anual de carbono en la vegetación arbórea
asciende a 142.935 t C/año. Esto supone un 2,1 %
de lo existente en la vegetación***



Calicata



Derribos en Orea, junio 2018

de extenderse en una superficie importante en el territorio (17 % del área arbolada). En segundo lugar, en un porcentaje muy alto se trata de ecosistemas forestales en edades maduras en las cuales los crecimientos son menores en comparación con las masas jóvenes. También se debe considerar que en muchos casos la gestión forestal ha sido bastante restringida desde los años 90 del siglo pasado, aunque ahora se intenta impulsar esa gestión tan necesaria. Las consecuencias de la reducida gestión forestal son bastante claras, encontrándose masas con espesuras excesivas que tienen un alto riesgo de perturbaciones en forma de derribos por nevadas o vientos, y acumulaciones de biomasa importantes que aumentan el riesgo de incendios forestales, de los cuales ya se cuentan dos importantes que afectaron al Parque (Riba de Saelices en 2005, que afectó parcialmente al Parque, y Chequilla en 2012). La gestión forestal conlleva un gran número de acciones beneficiosas para la fijación de carbono, con diversas opciones para ello (Del Río et al., 2017; Ruiz-Peinado et al., 2017). Con la gestión forestal no sólo se lograría una reducción del riesgo e intensidad de las perturbaciones, sino también un potencial aumento de las tasas de crecimiento en aquellas masas donde se haya producido un estancamiento del mismo. Con ello se podrían conseguir mayores incrementos de carbono así como de madera o biomasa, que podría ser aprovechada. Además de mitigar el cambio climático, se adaptarían las masas, que estarían en mejores condiciones frente a eventos de sequías, plagas, enfermedades u otras perturbaciones.

En la lucha contra el cambio climático la mitigación debe ir de la mano de la adaptación, puesto que cuanto mejor estén preparadas las masas forestales contra el cambio climático, mayor será la importancia de las cantidades de carbono almacenadas. Y aunque una de las principales herramientas en ambos casos sea el control de la densidad (claras, clareos, resalveos) para mejorar las condiciones de las masas, obtener mayores crecimientos en los individuos que quedan en pie y mejorar las condiciones en las que vegetan, otras labores como las cortas de regeneración, plantaciones de enriquecimiento de especies, desbroces e incluso quemas prescritas no deben dejarse de lado. Todas ellas, aunque puedan suponer mantener menores *stocks* de carbono en la vegetación *in-situ*, ya que el suelo no se ve impactado de manera significativa (Mayer et al., 2020), van dirigidas a garantizar la permanencia de las masas forestales en el tiempo y a que cumplan los fines que a ellas se les requiere. En el caso del Parque Natural del Alto Tajo la persistencia y conservación de las mismas para el ocio y recreo, contemplación y paisaje, control de la erosión e importancia en el ciclo del agua y mantenimiento de la biodiversidad (entre otras) podrían identificarse como fundamentales, al estar situadas en un espacio protegido, pero no deben apartarse otras tan importantes históricamente en esta área protegida como el aprovechamiento tanto de productos de la madera (madera, leñas, biomasa) como no maderables (resinas, setas,...), lo que redonda directamente en la fijación de carbono, ya sea tanto creciendo dentro

de la masa como en productos de la madera o emisiones evitadas al servir como biocombustible. Como hemos identificado anteriormente, la persistencia de la masa para cumplir todos los objetivos previstos es fundamental; así la defensa contra perturbaciones en general, aunque más concretamente contra los incendios que hacen decrecer los stocks de carbono y crecer las emisiones por su liberación, debe ser una de las líneas importantes tanto de la planificación como de la gestión. En zonas donde el riesgo de incendios sea muy alto reducir los turnos es una opción interesante a considerar, aunque las cantidades de carbono fijadas a final del turno sean menores. La creación de discontinuidades en la vegetación, tanto por la reducción de la carga de biomasa como por la rotura de la continuidad vertical dentro de las masas forestales debe ser complementada por otras actuaciones como el fomento de mezclas de diferentes especies arbóreas. La mezcla de especies aumenta la producción en un gran

número de casos, hecho que se ha comprobado en bosques mixtos europeos, con trabajos en España o con muestras en bosques españoles (Del Río y Sterba, 2009; Pretzsch et al., 2015, 2020; Riofrío et al., 2017), lo cual es también beneficioso desde el punto de vista de la fijación de carbono. Sin embargo, el fomento de la mezcla de especies o el enriquecimiento específico de masas forestales se plantea como un objetivo en la planificación a medio-largo plazo y en una escala superficial reducida en comparación con el tamaño del Parque. La vegetación actual del Parque Natural, en general masas regulares, monoespecíficas o con un subpiso de frondosas en algunos casos, y además envejecidas, y los riesgos que hay que afrontar contra el cambio global, van a dejar unas cuantas opciones selvícolas a aplicar. Pero, afortunadamente, existen experiencias y conocimiento científico-técnico para proteger y disponer de bosques saludables y productivos en el futuro.



Sabina rastrera en Orea



Aprovechamiento de madera en Orea

REFERENCIAS

- Bravo F, Del Río M, Bravo-Oviedo A et al. 2017. Forest carbon sequestration: The effect of forest management. In: Bravo F, LeMay V, Jandl R (Eds.) *Managing forest ecosystems: the challenge of climate change*. Springer, pp. 251-275.
- Del Río M, Barbeito I, Bravo-Oviedo A et al. 2017. Mediterranean pine forests: management effects on carbon stocks. In: Bravo F, LeMay V, Jandl R (Eds.) *Managing forest ecosystems: the challenge of climate change*. Springer, pp. 301-327.
- Del Río M, Sterba H. 2009. Comparing volume growth in pure and mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Quercus pyrenaica*. *Ann. For. Sci.* 66: 502.
- JCCM. 1999. *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Alto Tajo*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Diario Oficial de Castilla-La Mancha 61, 24 de septiembre de 1999.
- Mayer M, Prescott CE, Abaker WEA et al. 2020. Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *For. Ecol. Manag.* 466: 118127.
- Montero G, Pasalodos-Tato M, Montoto R et al. 2013. Contenido de carbono en la biomasa de las principales especies de matorral y arbustados de España. *VI Congreso Forestal Español*, 10-14 junio de 2013, Vitoria.
- Montero G, Ruiz-Peinado R, Muñoz M. 2005. *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. INIA, Madrid.
- Pan Y, Birdsey RA, Fang J et al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988-993
- Pasalodos-Tato M, Ruiz-Peinado R, Del Río M et al. 2015. Shrub biomass accumulation and growth rate models to quantify carbon stocks and fluxes for the Mediterranean region. *Eur. J. For. Res.* 134: 537-553
- Pretzsch H, Del Río M, Ammer C et al. 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur. J. For. Res.* 134: 927-947.
- Pretzsch H, Steckel M, Heym M et al. 2020. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur. J. For. Res.* doi:10.1007/s10342-019-01233-y
- Riofrío J, Del Río M, Pretzsch H et al. 2017. Changes in structural heterogeneity and stand productivity by mixing Scots pine and Maritime pine. *For. Ecol. Manag.* 405: 219-228.
- Ruiz-Peinado R, Bravo-Oviedo A, López-Senespleda E et al. 2017. Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: a review. *For. Syst.* 26: eR045.
- Ruiz-Peinado R, Bravo-Oviedo A, López-Senespleda E et al. 2013. Do thinnings influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods? *Eur. J. For. Res.* 132: 253-262
- Ruiz-Peinado R, Del Río M, Montero G. 2011. New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species. *For. Syst.* 20: 176-188