

Jordi Vayreda Durán, investigador del CREAF de Cataluña

"La gestión es el principal mecanismo para mantener la capacidad de sumidero de los bosques"

Ismael Muñoz Linares

CREAF es el centro de referencia en Cataluña sobre investigación dedicado a la ecología terrestre y el análisis del territorio. Se fundó en 1987 como un consorcio de administraciones públicas y entidades de investigación.

Jordi Vayreda es uno de sus investigadores senior que desarrolla su trabajo en macroecología, especializado en el estudio de los impactos globales sobre los bosques, su declive, vulnerabilidad y resiliencia.

Defiende la gestión forestal como la principal herramienta para mantener el poder de sumidero de carbono de los bosques frente al cambio climático, mediante una estructura más compleja y una mayor diversidad de especies que favorezcan una mayor resiliencia de los bosques.

¿De qué manera el cambio climático hace más vulnerables a los bosques?

Como es obvio, a nivel global la afectación del cambio climático sobre los bosques es muy diferente. Aun así y simplificando, sabemos que el crecimiento de un bosque depende básicamente de la temperatura, del agua y de los nutrientes disponibles. Hace unos años, aparecieron muchos artículos que apuntaban que existía a corto plazo un efecto fertilizador del CO₂, pero, poco a poco, aparecieron evidencias de que otros factores, como la cantidad de nitrógeno, acababan siendo los limitantes para el crecimiento, eliminando el efecto fertilizador del CO₂. En bosques templados y boreales, el aumento de la temperatura sin estrés hídrico favorece el crecimiento

porque permiten alargar el período vegetativo. En cambio, en los bosques mediterráneos el estrés hídrico se alarga y produce el efecto contrario. Yendo más allá, muchos artículos están mostrando que los fenómenos climáticos extremos, como las olas de calor o el alargamiento de los periodos de sequía, por ejemplo, están llevando a una mayor afectación directa o indirecta (p.e. plagas) en los bosques y, además, que estos efectos se dan en cualquier parte del mundo.

Los bosques son simultáneamente uno de los ecosistemas que más puede sufrir los efectos del cambio climático y parte de la solución por su capacidad de fijación de carbono, son el principal sumidero terrestre de carbono. En el caso español

¿han llegado a su máxima capacidad de fijación?, ¿han hecho cálculos de cuánto más podrían fijar en un determinado periodo de tiempo?

Los bosques españoles siguen manteniendo la capacidad de sumidero de CO₂, sin embargo esta capacidad parece haber disminuido ligeramente. Por ejemplo, comparando los datos de los tres inventarios forestales nacionales (IFN) para Cataluña se ha constatado una disminución del 17 % de esta capacidad.

¿Qué necesitan para aumentar su capacidad de fijación?

Para los bosques de la Península el agua es sin lugar a dudas el principal factor determinante y su patrón de distribución estacional. La mayoría de modelos predicen aumentos de la temperatura en el futuro y, aunque con mayor incertidumbre, también predicen que la precipitación sobre todo en verano se va a reducir en cerca del 50 %. Con estas proyecciones, resulta poco probable que puedan aumentar su capacidad de fijación.

A menudo se reclama mayor gestión forestal con un doble objetivo: aumentar la capacidad de los bosques para fijar más carbono, por un lado, y, por otro, prepararlos para las condiciones más extremas de sequía y temperatura que pueden provocar en los próximos años el cambio

climático, hacerlos resilientes, pero ¿qué tipo de gestión forestal debe hacerse?, ¿cuáles serían los elementos característicos de esa gestión?

La gestión, sin lugar a dudas, es el principal mecanismo que tenemos para mantener esta capacidad de sumidero. Muchos de los trabajos de investigación que hemos llevado a cabo apuntan que la estructura del bosque es el principal factor determinante de su dinámica. Pero creo que para mantener esta capacidad no es suficiente con aplicar recetas simples como reducir la densidad de pies para reducir la competencia por el agua. La cuestión es que una estructura más compleja y una mayor diversidad de especies va a permitir a los bosques una mayor resiliencia. Las directrices de gestión para la adaptación de los bosques al cambio climático deberían ir encaminadas a favorecer a las especies mejor adaptadas y llevarlos a una mayor madurez. Se trataría de aumentar su diversidad estructural y funcional e incorporar procesos ecológicos propios de los bosques maduros, reteniendo sistemáticamente árboles de grandes dimensiones, madera muerta en pie y en el suelo de gran tamaño, aumentar la biodiversidad favoreciendo especies arbóreas poco comunes, etcétera.

¿De qué manera incide la biodiversidad en esa capacidad de fijar carbono?

En relación a la biodiversidad puede ser especialmente determinante que se trate de combinaciones de especies con rasgos funcionales distintos. Los rasgos funcionales para la adaptación al cambio climático y para hacer frente a las perturbaciones (sequía, incendios, viento, etc.) incluyen la altura, la densidad y estructura de la madera, el tamaño de la semilla, el área específica foliar, la habilidad para rebrotar, el grosor de la corteza y la profundidad de las raíces, por ejemplo. Las comunidades que mezclen mayor diversidad de rasgos funcionales tendrán mayor capacidad para adaptarse a factores de estrés conocidos, lo que se conoce como diversidad funcional (o de respuesta). Si la comunidad además tiene una mayor redundancia de rasgos tendrá mayor capacidad para



La gestión, sin lugar a dudas, es el principal mecanismo que tenemos para mantener esta capacidad de sumidero. Muchos de los trabajos de investigación que hemos llevado a cabo apuntan que la estructura del bosque es el principal factor determinante de su dinámica

adaptarse a factores de estrés aún desconocidos, lo que se conoce como redundancia funcional. En ese caso existe una mayor probabilidad de resistencia del bosque, en tanto que tiene mayor capacidad para de transitar hacia otra comunidad mejor adaptada. En resumen, un bosque resiliente debe estar compuesto de especies arbóreas con diversos rasgos funcionales que puedan resistir o adaptarse al espectro de situaciones de estrés más amplio

posible pero, además, para completar esta capacidad varias especies tienen que compartir los mismos rasgos funcionales para poder mantener la misma diversidad de rasgos en caso de que alguna de las especies se pierda. También hay que tener en cuenta la interacción entre especies, es decir, una especie puede responder mejor al estrés de una determinada perturbación si está mezclada con otras especies o bien responder mejor estando sola.

¿Corremos el riesgo de que los bosques se conviertan en emisores netos de carbono, en vez de sumideros?

Sí, si no hay una reducción drástica de las emisiones de gases de efecto invernadero, es difícil que se pueda mantener esta capacidad de secuestro de CO₂. Pero de momento, hasta cuándo podrían seguir fijando carbono tiene una respuesta difícil e incierta. Se puede responder haciendo simulaciones a largo término con modelos de dinámica forestal bajo distintos escenarios de cambio climático; algunos de los resultados que hemos obtenido apuntan a que los bosques irán reduciendo su capacidad en el futuro y que acabarán siendo emisores netos de CO₂ hacia finales de siglo.

Estudios suyos señalan que los bosques del norte, coincidiendo en muchos casos con bosques productivos, son los que más carbono fijan mientras que los del sur los que menos, ¿no es este un aval a la gestión forestal con fines productivos?

Tiene que ver en buena parte con cuestiones meramente climáticas, relacionadas sobre todo con un gradiente de mayor a menor precipitación de norte a sur. Estudios que hemos llevado a cabo con datos de los inventarios forestales para toda España apuntan que la gestión forestal es un aliado para mantener la capacidad productiva de los bosques y, en consecuencia, la capacidad de sumidero. Pero estos mismos estudios apuntan que mientras los bosques de la España verde responden peor al aumento de la temperatura, en términos de producción y de secuestro de carbono, en los bosques del sur apenas hay respuesta al calentamiento. Dicho de otra manera, los bosques mediterráneos del sur, centro y litoral mediterráneos resisten mejor el aumento de la temperatura. En cambio los bosques templados del norte y de montaña son más sensibles al aumento de la temperatura.

¿Podemos hacer una gestión forestal pensando solo en aumentar la capacidad de fijación de carbono de los bosques?, ¿qué prioridad debe tener la mitigación del cambio climático en la gestión forestal frente a

otras necesidades?

No, como regla general, creo que la mejor opción es la adaptación al cambio climático con directrices de gestión como las que apuntaba hace un momento. No se trata de aumentar la capacidad de fijación de carbono, que sería una clara medida de mitigación, dado el escaso margen que los regímenes climáticos actual y futuro nos deparan. La principal necesidad de los bosques es su mantenimiento en condiciones de salud para que puedan sobrellevar con más garantías los efectos de los fenómenos climáticos extremos que la mayoría de modelos climáticos apuntan.

¿Será una gestión forestal sostenible desde el punto de vista económico?

Claro, tampoco podemos llegar al extremo que todos los bosques dejen de tener un rendimiento económico, pero debemos tener claro que si la producción disminuye habrá menos superficie arbolada con un rendimiento económico sostenible. Lo que digo es que la adaptación va por delante de la mitigación dada la cada vez más probable posibilidad de tener menor capacidad productiva de al menos una parte substancial de nuestros montes.

¿Qué importancia tiene en sus estudios el componente social y económico de la gestión forestal?

La gestión tiene, desde mi punto de vista, y ahora todavía más debido al desafío del cambio climático, una función principal que es la de mantener el monte en un buen estado de salud para reducir la probabilidad de decaimiento. Si como consecuencia de la gestión se puede seguir obteniendo bienes como madera, leñas, etcétera, bienvenidos sean porque para poder gestionar con mayor eficacia es mucho más fácil si se obtiene un retorno económico.

Ha apuntado que los bosques en Cataluña tienen de media un 17 % menos de capacidad para fijar carbono, ¿se podrían extrapolar esos datos al resto de la cuenca mediterránea y a bosques similares?

Hemos hecho esta comparación por ecoregiones y hemos visto que se ha reducido esta capacidad de manera bastante generalizada, siendo los

bosques mediterráneos del litoral y prelitoral catalán en donde más se ha reducido (casi un 20 %), mientras que los bosques del Pirineo y Prepirineo han sufrido una reducción del 15 %. Los bosques de interior mediterráneos (más continentales) apenas han sufrido cambios. Extrapolando para toda la cuenca mediterránea parece ser que esta capacidad también se podría estar reduciendo en bosques mediterráneos de carácter más eurosiberiano.

¿Cuáles son las principales causas y qué debemos hacer para revertirlas?

Hemos analizado cuáles podrían ser los factores condicionantes (estructura, diversidad, clima, anomalías del clima y gestión) y claramente se ve que la estructura previa del bosque es la que más condiciona esta capacidad. Los bosques con mayor área basimétrica tiene mayor efecto negativo, pero en cambio los bosques con árboles de mayor tamaño reducen este efecto negativo. Estos resultados nos sugieren varias cosas, como que hacer gestión permite ajustar los niveles de competencia por los recursos, pero también que tener la misma área basimétrica repartida en pocos árboles de mayor tamaño parece mejor para secuestrar CO₂ que tener un mayor número de árboles más jóvenes.

¿Siempre es así, más vegetación en el bosque puede disminuir su capacidad de fijación de carbono?

Mantener niveles intermedios de área basimétrica podría permitir mejores niveles de secuestro de carbono, sin embargo, esto se puede matizar. Numerosos estudios ya han demostrado que una estructura heterogénea formada por un mayor número de especies tiene una mayor productividad que un bosque monoespecífico y de estructura homogénea. Tener el dosel forestal organizado en varias capas de hojas permite optimizar la interceptación de la luz; lo mismo ocurre bajo tierra, hasta con las raíces de las capas más profundas. Si, además, estas hojas son de especies con distintos atributos funcionales se incrementa la optimización del uso de estos recursos.

¿En qué momento o edad comienzan los árboles a fijar más carbono?

En este sentido, ¿qué es mejor para aumentar la fijación de carbono por los bosques: más repoblaciones o más gestión de lo existente?

Hay un trabajo muy interesante, publicado en la revista *Nature* (Stephenson NL, Das AJ, Condit R et al. 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* 507: 90–93), donde se analizó la relación entre el tamaño de un árbol individual y su tasa de fijación de carbono. Este análisis se hizo con 670.000 árboles de 403 especies de bosques tropicales y templados, y concluyó que la tasa de acumulación de carbono se incrementa continuamente con el tamaño del árbol. Por lo tanto, los árboles grandes y viejos no actúan simplemente como almacenes estables de carbono, sino que fijan activamente mayores cantidades de carbono en comparación con los árboles más pequeños. Si lo trasladamos a nivel de rodal, hay varios trabajos publicados que se preguntan si esa tasa de fijación de carbono se mantiene en los bosques maduros (más de 200 años). En particular hay uno muy interesante también publicado en *Nature* (Luyssaert S, Schulze ED, Börner A et al. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455(7210): 213–215), que concluye que la capacidad de sumidero producción neta del ecosistema (crecimiento de los árboles vivos, acumulación de carbono en madera muerta y suelo) se mantiene estable durante cientos de años. Este resultado contradice la teoría clásica de que los bosques maduros son neutrales en términos de secuestro de carbono.

Ustedes han puesto nombre a la necesidad de extraer biomasa de los bosques “operación biquini”. Pero sus datos no llegan a la misma conclusión que los planes energéticos que suelen calcular un mayor aprovechamiento. ¿Cuánta biomasa con fines energéticos se puede extraer de los bosques españoles sin poner en riesgo su crecimiento?

Hacer cálculos de cuál es el potencial máximo de recursos que se pueden extraer de los bosques es esencial para dimensionar la cantidad que se puede destinar a biomasa o a cualquier otra finalidad (madera para la cons-

trucción, muebles, papel, leñas...). Nosotros hicimos este cálculo hace tiempo como ejercicio para ver hasta qué punto las previsiones hechas por el gobierno de obtención de energía a partir de la biomasa se parecían a nuestros cálculos. La conclusión fue que las previsiones de obtención de energía a partir de la biomasa superaban con creces nuestros cálculos, con lo cual no eran sostenibles. Que los bosques sigan manteniendo su capacidad de sumidero significa que el crecimiento de las masas forestales supera a las “pérdidas” ocasionadas por los aprovechamientos y la mortalidad natural. Dicho de otra manera, que se extraen muchos menos recursos del monte de lo que generan y, en definitiva, que la biomasa con fines energéticos no supone, hoy por hoy, ningún riesgo para el bosque.

Pero, ¿qué porcentaje del crecimiento hay que dejar sin aprovechar para considerarla sostenible según su criterio?

Difícil respuesta pero, teniendo en cuenta que el cambio climático ya está reduciendo la capacidad de sumidero, creo que está claro que, en general, habría que aumentar la gestión y, en consecuencia, los aprovechamientos. El cambio climático llevará a una mayor mortalidad natural por decaimiento y a una menor productividad de manera que, para asegurar esta capacidad de sumidero, creo que no se debería superar el 50 % del crecimiento. De todas formas, para reducir el impacto de los aprovechamientos estos se deberían llevar a cabo en turnos más cortos y con menor intensidad.

¿Qué importancia puede tener el aprovechamiento de madera para fines estructurales o decorativos en el tipo de bosque y en la gestión forestal que hacemos en ellos?

Llevar la gestión de los montes a turnos más largos no solo puede suponer un mayor tiempo de residencia del carbono almacenado en los árboles, sino que además se podrían obtener recursos de mayor calidad que podrían ser destinados a productos con una vida media más larga (muebles, madera de construcción...) y alargar todavía más el tiempo en el que el car-

bono se mantiene secuestrado. Si bien es cierto que utilizar la biomasa como energía supone el ahorro de combustibles fósiles no deja de suponer que reducimos la vida media del producto que extraemos del bosque.

Ustedes han calculado que los suelos forestales españoles retienen cuatro veces más carbono que los bosques en su parte aérea: troncos, ramas y hojas. ¿Qué gestión debemos hacer para que los suelos sean un sumidero de carbono?, ¿se hace en España ese tipo de gestión?

La gestión del suelo forestal es quizás una de las asignaturas pendientes que tenemos. Está claro que la alteración del suelo, cada vez que se hace algún tipo de aprovechamiento, hace que durante un cierto tiempo se convierta en un emisor neto de CO₂. Remover el suelo supone aumentar la actividad de los organismos descomponedores (respiración heterotrófica de hongos y bacterias), ya que se pone a su disposición una mayor cantidad de materia orgánica que, si las condiciones ambientales lo permiten, van a consumir rápidamente. Pero es que además hace falta mucho más tiempo para recuperar los niveles de carbono en el suelo anteriores a la actuación. En este balance cualquier actuación que sistemáticamente altere el suelo está conllevando una reducción paulatina del carbono en el suelo.

¿Cómo es la transferencia de conocimiento a la gestión?

Sigue siendo deficiente pero creo que vamos mejorando poco a poco. Desde el CREAM tenemos mucho interés en que los resultados de nuestras investigaciones se puedan trasladar a la gestión. En este sentido tenemos algunos proyectos que intentan acercarnos al gestor y al propietario como los proyectos Life-Redbosques y Life-Biorgest o el “Laboratori Forestal”, que pone a disposición de gestores e investigadores todos los datos y cartografía sobre bosques generada en Cataluña. Otro ejemplo es la plataforma “Prismàtic” que ya lleva varios años en funcionamiento y que es un ejemplo de cómo intentar traducir a un lenguaje más comprensible los resultados de la investigación en ecología.