

ECOLOGÍA

¿CUÁNTO CO₂ PUEDEN RETIRAR LOS BOSQUES DE LA ATMÓSFERA?

César Terrer y Félix Picazo | Los niveles elevados del gas estimulan el secuestro de carbono por las plantas, pero el mayor crecimiento vegetal menoscaba el carbono almacenado en los suelos



Durante la fotosíntesis, las plantas absorben CO_2 de la atmósfera y, mediante la energía de la luz solar, disocian el carbono y lo combinan con otros elementos para producir las moléculas orgánicas que conformarán las hojas, las ramas, los troncos y las raíces. Este maravilloso proceso, ejecutado a diario por todos y cada uno de los vegetales que pueblan nuestro planeta, ha alentado la esperanza de que las plantas puedan actuar como un freno natural al cambio climático al retirar el gas de efecto invernadero y fijar el carbono en sus tejidos. Así, a menudo se ha defendido que la plantación masiva de bosques y la conservación de los existentes constituye una estrategia fundamental para extraer el exceso de CO_2 atmosférico derivado de la quema de combustibles fósiles.

Sin embargo, esa idea suele plantearse teniendo en cuenta solo las plantas en sí mismas. Cuando consideramos también los suelos, que almacenan carbono orgánico procedente de los detritos vegetales y animales y de los microorganismos, y evaluamos el proceso en el ecosistema en su conjunto, el balance ya no resulta tan obvio.

Por tanto, comprender y predecir cómo van a responder los ecosistemas terrestres ante el continuo incremento de CO_2 atmosférico asociado a las actividades antropogénicas se ha convertido en una tarea esencial, a la par que urgente.

Con el fin de esclarecer el efecto de los mayores niveles de CO_2 en el carbono almacenado por los ecosistemas en su conjunto, uno de nosotros (Terrer) y sus colaboradores han examinado los datos de numerosos experimentos en los que se simulaba un aumento del CO_2 at-

mosférico para observar las repercusiones no solo en las plantas, sino también en los suelos. Los resultados de dicho [análisis](#), publicados en *Nature*, han revelado una tendencia opuesta a la esperada.

Fijarse en los suelos

Cada año, las tierras emergidas retiran de la atmósfera alrededor de un 30 por ciento del CO_2 emitido por las actividades humanas, de manera que ese carbono queda «secuestrado» en el suelo o la vegetación. No obstante, ambos compartimentos muestran importantes diferencias a la hora de actuar como sumideros de carbono. Por ejemplo, los suelos representan un almacén con el triple de capacidad respecto al que suponen las plantas, y retienen el doble de carbono del que existe en la atmósfera. De este modo, incluso si todas las tierras emergidas del planeta llegaran a albergar el máximo de vegetación posible, su biomasa solo conseguiría retirar el carbono correspondiente a diez años de nuestras emisiones de gases de efecto invernadero (si se mantuvieran las tasas actuales de emisión).

Además, el carbono de los suelos se almacena de forma mucho más estable y duradera que en la vegetación. En ellos suele permanecer durante siglos o incluso milenios. En comparación, el secuestrado por las plantas es mucho más lábil, ya que cuando estas mueren, parte de su carbono regresa a la atmósfera en un intervalo de tiempo relativamente corto. Todos estos datos parecen invitarnos, pues, a dirigir el foco de atención hacia los suelos.

Se sabe que el aumento de los niveles de CO_2 potencia la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Sin embargo, no está claro que ello dé lugar a más carbono almacenado en el suelo.

EN SÍNTESIS

Con frecuencia se supone que los ecosistemas forestales tienen un enorme potencial de mitigar el cambio climático, ya que las plantas retiran CO_2 de la atmósfera durante la fotosíntesis.

Pero para cuantificar su capacidad de influir en el clima hay que tener en cuenta no solo el carbono almacenado en la vegetación, sino también en los suelos.

Un análisis global ha demostrado que el mayor secuestro de carbono por las plantas da lugar a una disminución de las reservas de carbono edáfico, sobre todo en los bosques.



EXPERIMENTOS CONTROLADOS: Una de las formas de estudiar la respuesta de los ecosistemas al enriquecimiento del CO_2 atmosférico consiste en inyectar el gas en cámaras abiertas que rodean un fragmento de vegetación.

Las pruebas disponibles indican que las reservas de carbono pueden aumentar, disminuir o permanecer sin apenas cambios.

A pesar de esta laguna en nuestra comprensión, los modelos ecosistémicos presuponen que el crecimiento de las plantas y los niveles de carbono del suelo aumentan de forma coordinada. Dado que el suelo es la mayor reserva de carbono terrestre, es importante saber si la cantidad almacenada en él aumentará o disminuirá, para ayudar a reducir la incertidumbre de las predicciones climáticas.

En el [estudio](#) liderado por Terrer se ha realizado un análisis global de los datos de 108 experimentos publicados por otros grupos, en los que se aumentaba de manera artificial y controlada el CO_2 del aire que rodeaba las plantas. En ellos se medían los cambios tanto de la biomasa vegetal (una medida indirecta del carbono presente en la vegetación) como del carbono orgánico del suelo.

Los resultados del análisis muestran que los cambios en uno y otro compartimento guardan una relación estrecha. Sin embargo, al contrario de lo esperado, las tendencias de ambos siguen trayectorias opuestas y dependen del tipo de vegetación: en los árboles, el

aumento de CO_2 estimula el crecimiento vegetal y el secuestro de carbono en sus tejidos, pero ello suele traducirse en un descenso de las reservas de carbono en el suelo. Por el contrario, los pastizales y los herbazales muestran pequeños incrementos en la biomasa, pero, en general, estos van acompañados de grandes incrementos en las reservas de carbono del suelo. Nos hallamos ante una situación que podríamos denominar «la paradoja de la manta corta», en la que un evento repercute en otro de tal modo que ambos no pueden producirse de manera simultánea: la manta corta permite taparse la cabeza o los pies, pero no ambos extremos a la vez.

¿Qué mecanismo podría subyacer a este fenómeno aparentemente contradictorio? Para responder a esa pregunta, debemos dirigir nuestra atención a la forma en que las plantas acceden a los nutrientes del suelo y cómo se aprovechan de las [micorrizas](#) para conseguirlo. Estas estructuras a menudo invisibles se desarrollan en las raíces y corresponden a la simbiosis entre una gran diversidad de hongos y las plantas. En esta asociación, la planta proporciona al hongo hidratos de carbono y vitaminas que este es incapaz de sintetizar por sí mismo; a su vez, el

hongo pone a disposición de la planta una extensísima red de hifas que le permite aumentar su capacidad de captación de nutrientes y agua.

Ante un escenario de crecimiento vegetal propiciado por el aumento del CO_2 , las plantas se ven forzadas a captar más recursos del suelo (agua y nutrientes). Ello estimula la actividad de la red de microorganismos que viven asociados a sus raíces, entre ellos las micorrizas. Pero, debido al funcionamiento de su metabolismo, la mayoría de estos microorganismos consumen hidratos de carbono del suelo, que utilizan como «alimento», y emiten CO_2 a la atmósfera como subproducto, lo que hace disminuir el carbono secuestrado en el suelo. Este fenómeno sería especialmente acentuado en los ecosistemas en los que predominan los

árboles, puesto que, al crecer más, necesitan más nutrientes y estimulan más la actividad de las micorrizas y otros microorganismos, en comparación con los ecosistemas dominados por matorrales y plantas herbáceas.

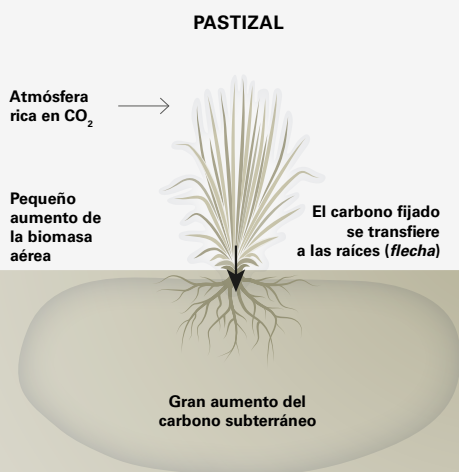
Reajustar los modelos

Estos hallazgos tienen implicaciones de gran relevancia, puesto que los modelos ecosistémicos actuales presuponen que la acumulación de biomasa vegetal asociada al aumento del CO_2 conlleva un aumento en el carbono del suelo. Es decir, justo la relación opuesta a la observada por Terra y sus colaboradores.

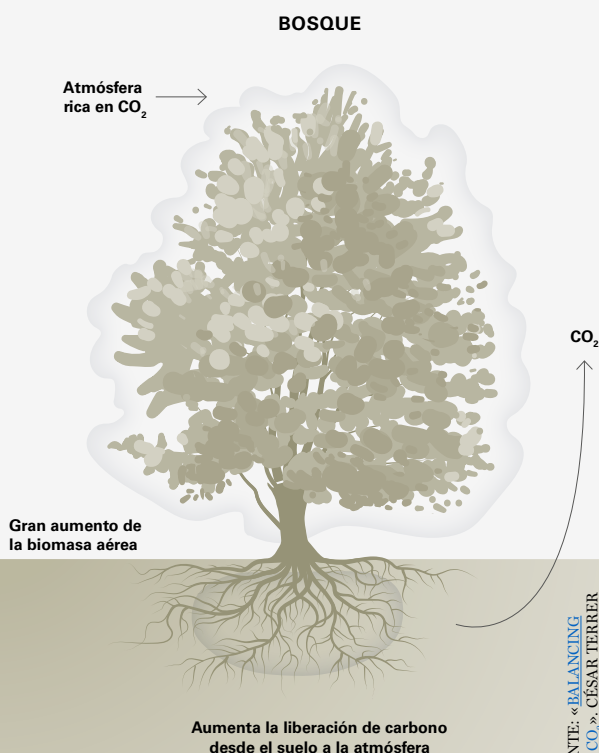
Otros trabajos recientes apuntan en la misma dirección que estos resultados. Así, un [estudio](#) publicado por Nina L. Friggens, de la Universi-

¿ADÓNDE VA A PARAR EL CARBONO?

El aumento de CO_2 atmosférico estimula el crecimiento de las plantas, que secuestran más carbono en sus tejidos. Sin embargo, los efectos que ello tiene en el carbono del suelo dependen del tipo de ecosistema considerado. Aquí se ilustran los cambios en dos ecosistemas: los pastizales y los bosques.



En los pastizales, los niveles elevados de CO_2 provocan cambios relativamente pequeños en la biomasa, lo que limita las pérdidas de carbono del suelo y favorece su almacenamiento.



En los bosques, el aumento de CO_2 acelera el crecimiento de los árboles y promueve la incorporación de carbono en el suelo (a través de los detritos orgánicos). Sin embargo, la necesidad de los árboles de obtener más nutrientes estimula la actividad de los microorganismos edáficos, que liberan más CO_2 . El equilibrio final entre las ganancias y las pérdidas puede dar lugar a cambios pequeños, neutros o incluso negativos en las reservas de carbono del suelo y en el ecosistema en su conjunto.

dad de Stirling, y sus colaboradores muestra que la plantación de árboles en zonas donde antes había matorrales y herbazales incrementa la respiración del suelo, con la consiguiente emisión de CO₂; de manera que, a largo plazo, la sustitución de un tipo de ecosistema por otro no conlleva una ganancia neta de carbono total. Asimismo, la [investigación](#) realizada por Karina Klemmensen, de la Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia, y sus colaboradores demuestra que el proceso de matorralización que se está dando en la [tundra ártica](#) como consecuencia del calentamiento global está movilizándolo el carbono orgánico del suelo hacia la atmósfera.

La plantación de árboles en zonas de matorrales y herbazales incrementa la respiración del suelo, con la consiguiente emisión de CO₂

Todo ello hace pensar que las actuales predicciones sobre la capacidad de los ecosistemas terrestres para almacenar carbono a lo largo de este siglo y mitigar así el cambio climático son demasiado optimistas y deberán revisarse.

Llegados a este punto, es importante destacar que los experimentos controlados donde se estudia el efecto del aumento del CO₂ no suelen abarcar más de diez años. Sin embargo, la dinámica intrínseca del carbono edáfico determina que se necesiten décadas o siglos para observar su desarrollo definitivo. Por consiguiente, estos experimentos tienen limitaciones a la hora de ofrecer datos que permitan predecir la evolución a largo plazo del carbono en los ecosistemas terrestres en su conjunto.

Aun así, el análisis liderado por Terror demuestra la necesidad de reajustar los modelos de cambio climático para que recojan la distinta contribución de los ecosistemas terrestres y de sus compartimentos a la hora de secuestrar y retener carbono de la atmósfera.

Además, pone de manifiesto lo contraproducente que puede llegar a ser reforestar de manera masiva ecosistemas naturales dominados por herbáceas (tipo estepa, sabana o tundra), más allá de erosionar la rica y altamente especializada biodiversidad que presentan este tipo de paisajes.

Finalmente, y partiendo de la base de que la mitigación del cambio climático requiere atajar de manera ineludible las emisiones antropogénicas de CO₂, este estudio pone el foco sobre el gran potencial que tendrían los suelos agrícolas para secuestrar carbono si se adoptaran prácticas de laboreo mínimo que permitieran una cobertura permanente de herbáceas.

Al mismo tiempo, se necesitará abordar de manera urgente una serie de retos. Es indispensable evaluar si los efectos del incremento de CO₂ sobre el carbono del suelo (tanto positivos como negativos) observados a corto plazo en los experimentos controlados se acentúan a largo plazo. También se debe investigar qué procesos explican el gran aumento de carbono en los suelos de los pastizales sin que se den grandes incrementos de biomasa aérea. Asimismo, resulta clave determinar si, en términos absolutos y a largo plazo, los bosques almacenan más carbono que los pastizales cuando en el balance se incluye la evolución del carbono del suelo.

César Terror dirige el Laboratorio de Clima y Ecología en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, en Cambridge. En sus investigaciones aborda preguntas clave sobre el cambio climático y los ecosistemas terrestres a escala global, con atención a las interacciones entre las plantas y el suelo.



Félix Picazo es investigador del Departamento de Ecología y de la Unidad de Excelencia M^{Nat}, en la Universidad de Granada. Se interesa por los procesos de los ecosistemas acuáticos de interior y los agroecosistemas, y su respuesta al cambio global.



EN NUESTRO ARCHIVO

[Cambio climático, un experimento controlado](#), Stan D. Wullschlegel y Maya Strahl en *JyC*, mayo de 2010.

[El bosque mediterráneo ante el cambio global](#), Enrique Doblas Miranda en *JyC*, abril de 2013.