Las soluciones relacionadas con las masas forestales son las que tienen el mayor potencial de captura de carbono entre todas las SbN. Hayedo. Foto: Álvaro López.

Las Soluciones basadas en la Naturaleza como herramienta para mitigar el cambio climático

Cristina Arauz[1, 3] y Mariano Marzo[2, 3]

(1) Institut Cerdà
(2) Departamento de Dinámica de la Tierra y del Océano, Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Barcelona
(3) Observatorio de la Innovación y de los Avances en el Ámbito de la Recuperación y el Aprovechamiento del CO_2. Cátedra en Transición Energética UB-Fundación Repsol Universidad de Barcelona

Entre otras hipótesis, podemos situar el origen del problema del calentamiento global en el mismo momento de la aparición de la llamada civilización industrial, a principios del siglo XIX. Hasta entonces, el equilibrio dinámico de la propia naturaleza auto regulaba la concentración de CO_2 en la atmosfera y no era necesaria la intervención humana para gestionar lo que hoy, probablemente, constituye el mayor reto de la humanidad. Nuestro problema es que estamos inyectando CO_2 y otros gases de efecto invernadero a la atmosfera a niveles superiores a los admisibles y no parece que a corto-medio plazo vayamos a dejar de hacerlo. Por ello, deberíamos buscar soluciones y sistemas que nos permitan retirar de la atmosfera el CO_2 almacenado en ella, además, claro está, de poner todos los medios a nuestro alcance para dejar de emitir. La idea es lograr un balance de cero emisiones netas, es decir, que el balance entre lo emitido y lo retirado sea igual a cero o incluso negativo.

El CO_2 disuelto en mares y océanos se difunde en la atmósfera, y el de la atmósfera se disuelve en las primeras capas del agua de mares y océanos, todo ello a través de los diferentes procesos naturales de gasificación y condensación del agua de nuestro planeta. Foto Álvaro López.

La pregunta es: ¿puede la humanidad establecer un "equilibrio dinámico antropogénico", añadido al equilibrio dinámico natural? En el fondo, se trata de un problema de suma 0: el problema no reside solo en lo que se emite, sino también en lo que no se acaba reabsorbiendo y por ello hay que identificar y trabajar en cómo se puede reestablecer ese equilibrio

Según la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza (UICN), cuando protegemos, esto es, cuando desde la proactividad gestionamos de manera sostenible y restauramos los ecosistemas, abordamos también una amplia gama de desafíos sociales tales como el cambio climático, la seguridad alimentaria e hídrica, la salud humana, el riesgo de desastres y el desarrollo social y económico, asegurando a la vez beneficios para la biodiversidad. El debate radica en cómo debemos llevar a cabo esa gestión y protección para combatir tales desafíos.

El equilibrio natural

Antes de la revolución industrial, los grandes protagonistas de las emisiones de CO_2 a la atmosfera eran los organismos vivos (microorganismos, animales…), que obtienen su energía vital del proceso de romper las moléculas orgánicas que constituyen su alimento. Este proceso interno de combustión —sin llama— produce globalmente más CO_2 que la industria. No obstante, de manera natural, la fotosíntesis —proceso en que las plantas, algas y algunas bacterias usan la luz solar para transformar el carbono inorgánico en moléculas orgánicas— compensa las emisiones de estos organismos vivos. Por otro lado, el CO_2 disuelto en mares y océanos se difunde en la atmósfera, y el de la atmósfera se disuelve en las primeras capas del agua de mares y océanos, todo ello a través de los diferentes procesos naturales de gasificación y condensación del agua de nuestro planeta. Así, estos dos flujos también se equilibran. Se puede decir que ambos sistemas están en equilibrio dinámico: los volúmenes de reabsorción natural del CO_2 se autorregulan y balancean entre sí en función de las emisiones. Hasta el

Trabajos de reforestación de la empresa española Sylvestris en Ejulve (Teruel).

siglo XIX, este equilibrio dinámico había mantenido los niveles atmosféricos de CO_2 relativamente estables durante la mayor parte de los aproximadamente 12 000 años transcurridos desde el final del último periodo glacial.

El ciclo anterior, no obstante, no es perfecto, lo que ha permitido que, en el transcurso del tiempo geológico, parte del carbono de la materia orgánica no descompuesta por la actividad bacteriana y enterrada en los sedimentos, acabara combinándose con el hidrógeno y otros elementos químicos, generando hidrocarburos (carbón, petróleo y gas natural) comúnmente conocidos como combustibles fósiles, y generalmente almacenados de manera natural y en grandes volúmenes en el subsuelo de las cuencas sedimentarias. En los últimos dos siglos, la humanidad ha estado usando estos depósitos, devolviendo el carbono preservado en los sedimentos a la atmósfera y rompiendo, por lo tanto, el equilibrio dinámico natural referido con anterioridad. Las plantas y los océanos pueden equilibrar una parte de este nuevo carbono emitido en forma de CO_2 a la atmósfera, pero no la totalidad. Fruto de ese desequilibrio, el CO_2 se sigue acumulando en niveles excesivos en la atmósfera.

Desde la Revolución Industrial la humanidad ha sido —y, con alta probabilidad, seguirá siéndolo durante las próximas décadas— un emisor de carbono extra a los ciclos naturales. La pregunta es: ¿puede la humanidad establecer un "equilibrio dinámico antropogénico", añadido al equilibrio dinámico natural? En el fondo, se trata de un problema de suma 0: el problema no reside solo en lo que se emite sino también en lo que no se acaba reabsorbiendo y por ello hay que identificar y trabajar en cómo se puede reestablecer ese equilibrio.

En 2015 se celebró la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), donde 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima: para gestionar la emergencia climática, el acuerdo establecía el límite del calentamiento global muy por debajo de los 2ºC. La emergencia climática conlleva la necesidad de llevar a cabo una Transición Energética a nivel global y el Acuerdo de París marca los grandes objetivos que han de guiar las acciones en este ámbito.

En este sentido, cabe destacar los escenarios dibujados por la Agencia Internacional de la Energía, donde se identifican un conjunto de medidas para lograr estos objetivos, entre las que destacan sobre todo la eficiencia energética y las energías renovables, pero acompañadas por otras medidas que incluyen la captura, uso y almacenamiento del carbono. De hecho, hoy en día, los principales agentes responsables de gestionar la emergencia climática coinciden en que no existe una solución única, ni simple, para logar el objetivo de un sistema energético sostenible.

Mitigación, secuestro y almacenamiento de carbono

Dentro del ámbito de la captura, uso y almacenamiento del carbono, existen dos tipos de medidas. Por un lado, las soluciones de naturaleza tecnológica, que se centran en capturar el carbono emitido en entornos industriales a través

de muy diversas técnicas, o bien captándolo directamente del aire. Por otro, las Soluciones basadas en la Naturaleza o Soluciones Climáticas Naturales (SbN o SCN, respectivamente), que son aquellas medidas que contribuyen a la reducción de las emisiones de carbono a la atmósfera mediante la mitigación, el secuestro y el almacenamiento de carbono en entornos naturales tales como bosques, humedales, turberas, marismas y lechos marinos.

Las primeras, las soluciones de naturaleza tecnológica, necesitan por lo general de inversiones elevadas, eso añadido al hecho de que las que tienen mayor potencial de captura, como la Captura de Carbono Directa del Aire (o DACCS, por sus siglas en inglés), todavía se encuentran en fase de desarrollo. En cambio, las segundas, las SbN, son las que presentan, por disponibilidad y coste, una mayor oportunidad en el momento actual.

Las Soluciones basadas en la Naturaleza pueden aportar hasta 2030 el 37% de la mitigación de emisiones necesario a escala global, para situarnos en el camino de limitar el calentamiento global a 2ºC, según el artículo *Natural Climate Solutions* (2017), de Griscom, Adams, Ellis *et al. (DOI: 10.1073/pnas.1710465114).* Además, si bien tienen un coeficiente relativamente bajo en cuanto su potencial de captación de CO_2, las Soluciones basadas en la Naturaleza presentan un coste menor —a igualdad de toneladas de carbono secuestrado— que el resto de medidas de secuestro de carbono. Todo ello las convierte en un campo emergente (emergente en términos de aplicación, no de investigación) que representa una nueva oportunidad para fortalecer la lucha contra el calentamiento global desde el nivel más local.

Tipos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Las SbN se pueden clasificar en tres grandes grupos: las relacionadas con las masas forestales, las relacionadas con las tierras agrícolas y pastizales y las relacionadas con humedales y masas de agua. El objetivo de todas ellas es el secuestro y/o el almacenamiento de carbono a través de estos medios o ecosistemas naturales, si bien cabe destacar las primeras, las soluciones relacionadas con las masas forestales, como las que tienen el mayor potencial de captura de carbono entre todas las SbN.

Así, en términos de masas forestales, la reforestación y la aforestación, la restauración de zonas desertificadas, la renaturalización de zonas urbanas y el desarrollo de plantas y árboles transgénicos son soluciones aptas para capturar o almacenar una mayor cantidad de carbono.

En el caso de las SbN aplicadas en tierras agrícolas y pastizales, éstas se traducen en el desarrollo de cultivos bajos en carbono, en la reforestación de pastos o en la introducción de una alimentación animal libre de emisiones.

"Tree Nation" es una plataforma que reúne y coordina iniciativas de forestación a nivel mundial y las presenta a individuos, empresas y organizaciones para ser apoyadas económicamente. Foto cedida por Tree Nation.

Por último, si nos referimos a Soluciones basadas en la Naturaleza en humedales y masas de agua, se incluyen la conservación de humedales y turberas, la recuperación de ecosistemas costeros y la potenciación y conservación de la biodiversidad marina y costera.

Una realidad palpable

Esas soluciones ya se están aplicando en cada uno de los tres ámbitos mencionados. Así, en el caso de las soluciones relacionadas con las masas forestales, un buen ejemplo es el de "Tree Nation", una plataforma que reúne y coordina iniciativas de forestación a nivel mundial y las presenta a individuos, empresas y organizaciones para ser apoyadas económicamente. La plataforma se configura como un ecosistema donde empresas y asociaciones pueden registrar sus proyectos de forestación, de manera que son visibles para que los usuarios y entidades hagan aportaciones económicas para financiarlos. Los contribuyentes a este proyecto pueden escoger exactamente qué especie de árbol plantar, así como cuántos árboles, y conocer la compensación de CO_2 derivada de su aportación. Las plantaciones dinamizadas por la plataforma son transparentes, de manera que los usuarios pueden conocer su localización, el estado de la plantación, los principales impactos del proyecto e incluso se puede establecer contacto directo con los responsables del mismo. Actualmente más de 2900 empresas compensan sus emisiones a través de "Tree Nation", aportando financiación a 238 proyectos, y la iniciativa ya ha alcanzado la cifra de 6,4 millones de árboles plantados.

Otro ejemplo de SbN lo encontramos en el ámbito de las tierras agrícolas y pastizales, donde la *startup* española "Husk Ventures" ha desarrollado un sistema que, incorporado a los molinos de arroz, permite usar la cáscara del arroz como combustible para generar el calor que el

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza pueden aportar hasta 2030 el 37% de la mitigación de emisiones necesario a escala global para situarnos en el camino de limitar el calentamiento global a 2ºC, según el artículo Natural Climate Solutions de Griscom, Adams, Ellis et al.

Antes de la revolución industrial, los grandes protagonistas de las emisiones de CO2 a la atmosfera eran los organismos vivos, que obtienen su energía vital del proceso de romper las moléculas orgánicas que constituyen su alimento. Foto: Álvaro López.

molino utilizará para el proceso de secado del cereal. El residuo de ese proceso energético es el biocarbón, un producto que aplicado a suelos degradados permite aumentar el porcentaje de carbono almacenado en suelo, mejorar la estructura de la tierra y aumentar la productividad agrícola. Cabe destacar en este punto que la cáscara de arroz es un residuo que habitualmente se quema o se deja descomponer, liberando gases de efecto invernadero. "Husk Ventures" aprovecha este desecho, que puede suponer hasta un 20% de toda la producción, y se lo devuelve a los pequeños agricultores transformado en biocarbón. La startup dispone actualmente de su propia planta de producción de biocarbón en Camboya, que llega a los agricultores a través de redes de distribución rural y cooperativas de productores. Algunas cifras de lo logrado hasta la fecha incluyen 146 toneladas de carbón secuestrado y 110 000 m2 de suelos mejorados.

En el ámbito de las SbN en humedales y masas de agua, también encontramos ejemplos relevantes, como es el caso de "Larvabot". Se trata de un robot semi autónomo que tiene como objetivo ayudar a asegurar la supervivencia de la gran barrera de coral y la capacidad de los ecosistemas marinos para adaptarse y mitigar el calentamiento global. El proceso consiste en reestablecer los corales: primero, el equipo responsable de esta iniciativa recoge los gametos masculinos y femeninos liberados durante el desove del coral para criarlos en viveros flotantes en el mismo arrecife y desarrollar pólipos. Cuando están listos, los pólipos se introducen dentro de los "Larvabot" y se diseminan en las zonas correspondientes a la gran barrera de coral, cubriendo 1500 metros cuadrados por hora y robot. Este sistema es hasta cien veces más rápido que otros métodos de diseminación de coral empleados hasta la fecha, fomentando con ello la biodiversidad y el secuestro de carbono en los océanos de una manera eficiente y eficaz.

Estos ejemplos son solo tres entre los centenares de iniciativas identificadas y estudiadas en 2020 por el "Observatorio de la Innovación y de los Avances en el Ámbito de la Recuperación y el Aprovechamiento del CO_2" de la catedra en "Transición Energética UB-Fundación Repsol" en el campo de las Soluciones basadas en la Naturaleza a nivel mundial.

Coordinación sector público sector privado

No obstante, para que las Soluciones basadas en la Naturaleza que se desarrollan en tierra firme sean una realidad consolidada, es clave la gestión de los suelos —no solo la de los bosques—. Estos suelos implican a diferentes actores: a la administración pública, a los organismos de investigación y al sector privado. Además, hay que tener en cuenta que las diferentes realidades de cada territorio necesitan soluciones a la medida de cada una de ellas.

"Tree Nation" es una plataforma que reúne y coordina iniciativas de forestación a nivel mundial y las presenta a individuos, empresas y organizaciones para ser apoyadas económicamente. La plataforma se configura como un ecosistema donde empresas y asociaciones pueden registrar sus proyectos de forestación. Actualmente más de 2900 empresas compensan sus emisiones a través de "Tree Nation", aportando financiación a 238 proyectos, y la iniciativa ya ha alcanzado la cifra de 6,4 millones de árboles plantados

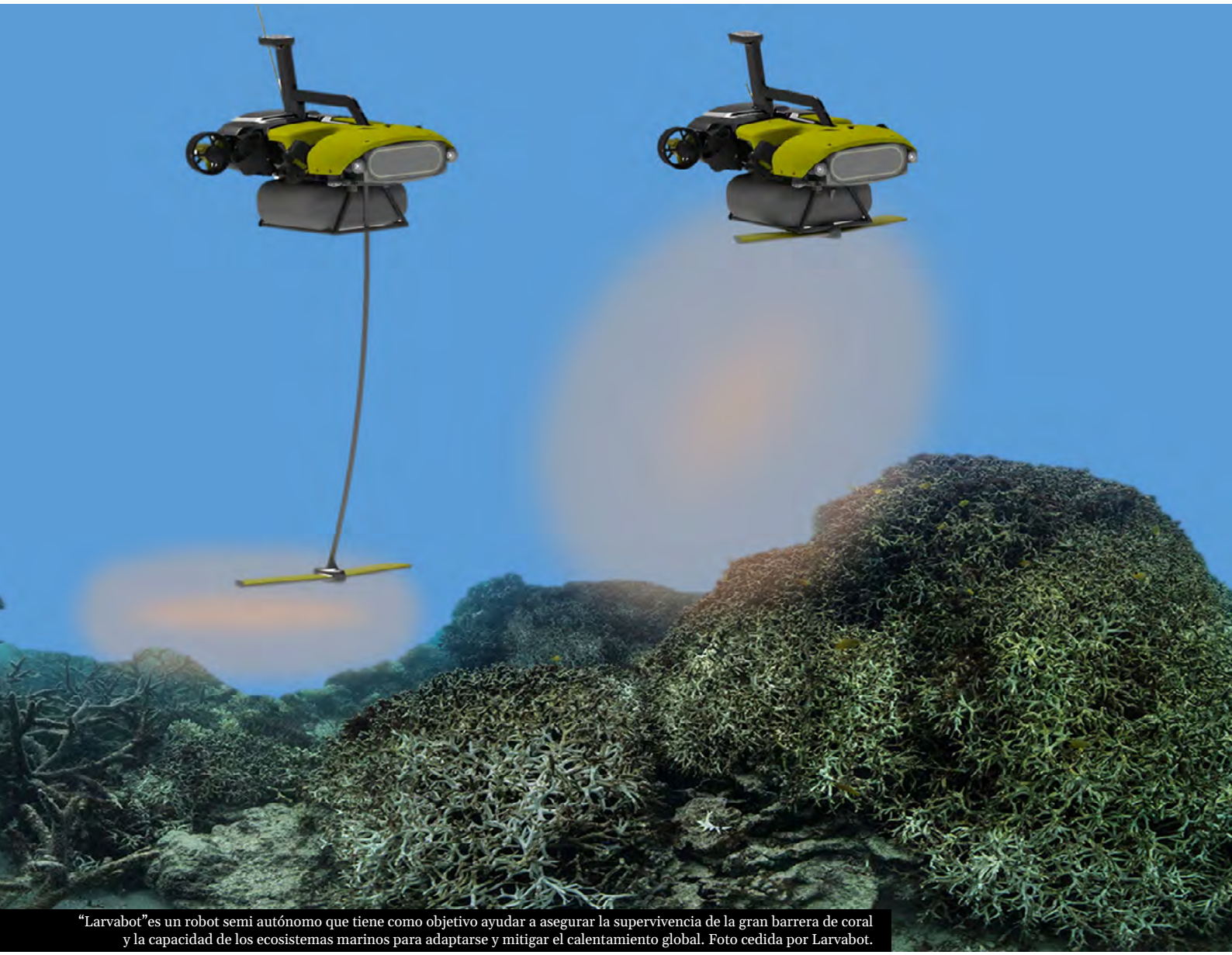
Por un lado, tenemos al sector privado, que a pesar de ser uno de los actores clave en la reducción de emisiones, no dispone de capacidad de decisión, gestión, planificación y coordinación sobre estos entornos naturales y urbanos tan necesarios como escenario de implementación de las SbN. Por otro lado, las administraciones necesitan del apoyo y la colaboración de un conjunto de actores privados muy fraccionado para poder implantar y gestionar las Soluciones basadas en la Naturaleza en sus entornos. También es necesario contar con la investigación en este ámbito, ya que se trata de un campo todavía emergente en su aplicación y sobre el que el día a día comporta la adquisición de más experiencia.

Así, la coordinación de los diferentes grupos de interés implicados en este ámbito, liderada por los diferentes gestores del territorio al nivel más local y bajo un marco de actuación común —con directrices y recomendaciones es-

pecíficas— a nivel regional, provincial y/o autonómico, representa una oportunidad para fortalecer la lucha contra el calentamiento global desde la realidad territorial más cercana al ciudadano.

Un ejemplo de esa coordinación necesaria se visualiza en el proyecto "Ecosistemas para Protección de Infraestructura y Comunidades" (EPIC) en Chile, un proyecto que investigó cómo las Soluciones basadas en la Naturaleza incrementan la resiliencia y el rol protector de los bosques nativos ante las avalanchas y deslizamientos, todo ello de la mano de las comunidades locales chilenas, sus respectivas administraciones públicas y otros actores del territorio que incluían centros de investigación y universidades, propietarios de negocios locales y ONG nacionales y locales. El Plan Nacional de Chile de Adaptación al Cambio Climático identifica este proyecto como una de las acciones contempladas para cumplir los objetivos de dicho plan.

La ubicación del estudio EPIC fue en el Valle de las Trancas, en la Municipalidad de Pinto, el área más urbanizada de la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja. En este emplazamiento, el incremento en las temperaturas y la variabilidad en los patrones de lluvia asociados al calentamiento global, están derritiendo los glaciares e incrementando los riesgos de avalanchas y deslizamientos, que afectan a las principales fuentes de sustento local. EPIC utilizó la dendrocronología (esto es, la datación a partir del estudio de los anillos de crecimiento de los árboles) para reconstruir los patrones de avalanchas durante las últimas décadas y con ello diseñó modelos de simulación para determinar el comportamiento de las mismas a fin de predecir avalanchas futuras



"Larvabot"es un robot semi autónomo que tiene como objetivo ayudar a asegurar la supervivencia de la gran barrera de coral y la capacidad de los ecosistemas marinos para adaptarse y mitigar el calentamiento global. Foto cedida por Larvabot.

en el Valle de las Trancas. Esto permitió cuantificar y optimizar el valor de los ecosistemas montañosos para la reducción del riesgo a nivel local. A modo de ejemplo, uno de los parámetros que se determinaron con el proyecto fueron las distancias máximas de recorrido de las avalanchas y las presiones de impacto para los bosques del área, así como en otros escenarios con bosque y sin bosque. El estudio demostró que los ecosistemas boscosos saludables tienen un rol crucial en la protección de la infraestructura y las comunidades contra este tipo de desastres, derrumbes y deslizamientos. En este contexto, cabe comentar que EPIC también llevó a cabo estudios de las percepciones locales sobre riesgo, el cambio climático y los servicios ecosistémicos, incluyendo aspectos como el abastecimiento de agua.

Ese compromiso de todos los agentes implicados, ubicados en el territorio y en el mismo espacio donde se desarrolla cada proyecto, puede ser la clave para llevar a buen puerto muchas de las soluciones previstas para combatir el cambio climático. Y, a tal fin, resulta irrelevante quién promueve cada proyecto, mientras se garantice la interrelación entre sector público y sector privado, aunque es cierto que a medida que el mundo se ha ido uniendo para frenar el ritmo del calentamiento global, las Soluciones basadas en la Naturaleza se están posicionando como parte de las estrategias corporativas. Mientras las empresas trabajan para alcanzar sus objetivos de sostenibilidad, muchas reconocen que ya no es suficiente con limitarse a reducir las emisiones derivadas de sus operaciones y cadena de suministro. Están comenzando a redirigir sus esfuerzos a donde estos puedan tener un mayor impacto: en el vínculo entre el clima y la naturaleza.

Para mantener y mejorar los compromisos relativos al cambio climático y proponer contribuciones determinadas a nivel nacional ambiciosas, los países deben tener en cuenta el calentamiento global a la hora de diseñar sus respuestas normativas a los planes y políticas de incentivo relacionados con la COVID-19, de forma que estas sean transformadoras y conduzcan a un cambio de paradigma respecto a tendencias de desarrollo no sostenibles

Riesgos persistentes

Para concluir, merece la pena destacar que, aunque las Soluciones basadas en la Naturaleza son una realidad, existen riesgos que limitan y merman sus posibilidades. Según el Comité Forestal de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la evaluación de los recursos forestales mundiales de 2020 muestra que, aunque la deforestación ha disminuido de 16 millones de hectáreas por año en la década de 1990 a 12 millones entre 2010 y 2015, y a 10 millones de hectáreas por año en el último lustro, la tasa de deforestación sigue siendo increíblemente elevada (la mayor parte de esas pérdidas ocurrieron en África y América Latina). La expansión agrícola continúa siendo el principal factor impulsor de la deforestación y la fragmentación forestal, así como de la consiguiente pérdida de la biodiversidad de los bosques. La agricultura comercial de gran escala representa el 40 % de la deforestación en la zona tropical y la agricultura de subsistencia representa un 33 % adicional. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC), esa pérdida de bosques y la degradación de las turberas contribuye en alrededor de un 13 % al total de emisiones de carbono causadas por los seres humanos.

De ello se desprende que, tanto evitar la deforestación, como realizar una buena gestión de los bosques existentes constituyen, por sí solas, dos importantes aportaciones a las Soluciones basadas en la Naturaleza en el ámbito correspondiente a las masas forestales, aquellas que al inicio del artículo identificábamos como las de mayor potencial de captura de carbono.

Finalmente, cabe tener en cuenta la realidad del momento actual. Es probable que los recursos y las capacidades de los países se hayan restringido a raíz de la pandemia de la COVID-19, por ejemplo, en ámbitos como la lucha contra la deforestación u otros objetivos relacionados con el clima. Esto significa que, para mantener y mejorar los compromisos relativos al cambio climático y proponer contribuciones determinadas a nivel nacional ambiciosas, los países deben tener en cuenta el calentamiento global a la hora de diseñar sus respuestas normativas a los planes y políticas de incentivo relacionados con la COVID-19, de forma que estas sean transformadoras y conduzcan a un cambio de paradigma respecto a tendencias de desarrollo no sostenibles.