

SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA CHILE



Preparado para:



Preparado por:



Centro de Cambio Global UC

Pontificia Universidad Católica de Chile
Av. Vicuña Mackenna 4860 - Campus San Joaquín - Santiago - Chile
Fono: 56-22- 354 79 11
E-mail cambioglobal@uc.cl
<https://cambioglobal.uc.cl/>

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización previa de The Nature Conservancy.

Citar como:
Marquet, P.A., E. Arellano, R. Arriagada, M. Fernández, A. Gaxiola, C. León, F. Meza, R. Larraín, P. Pliscoff, S. Reyes, J. Vargas (2021) Soluciones Basadas en la Naturaleza para Chile. Resúmen para Tomadores de Decisiones. TNC, CCG, Santiago, Chile.

Fotografías: Pablo Marquet y archivo The Nature Conservancy.

nature.org/chile

Instagram: [nature_org](https://www.instagram.com/nature_org)

Twitter: [nature_org](https://twitter.com/nature_org)

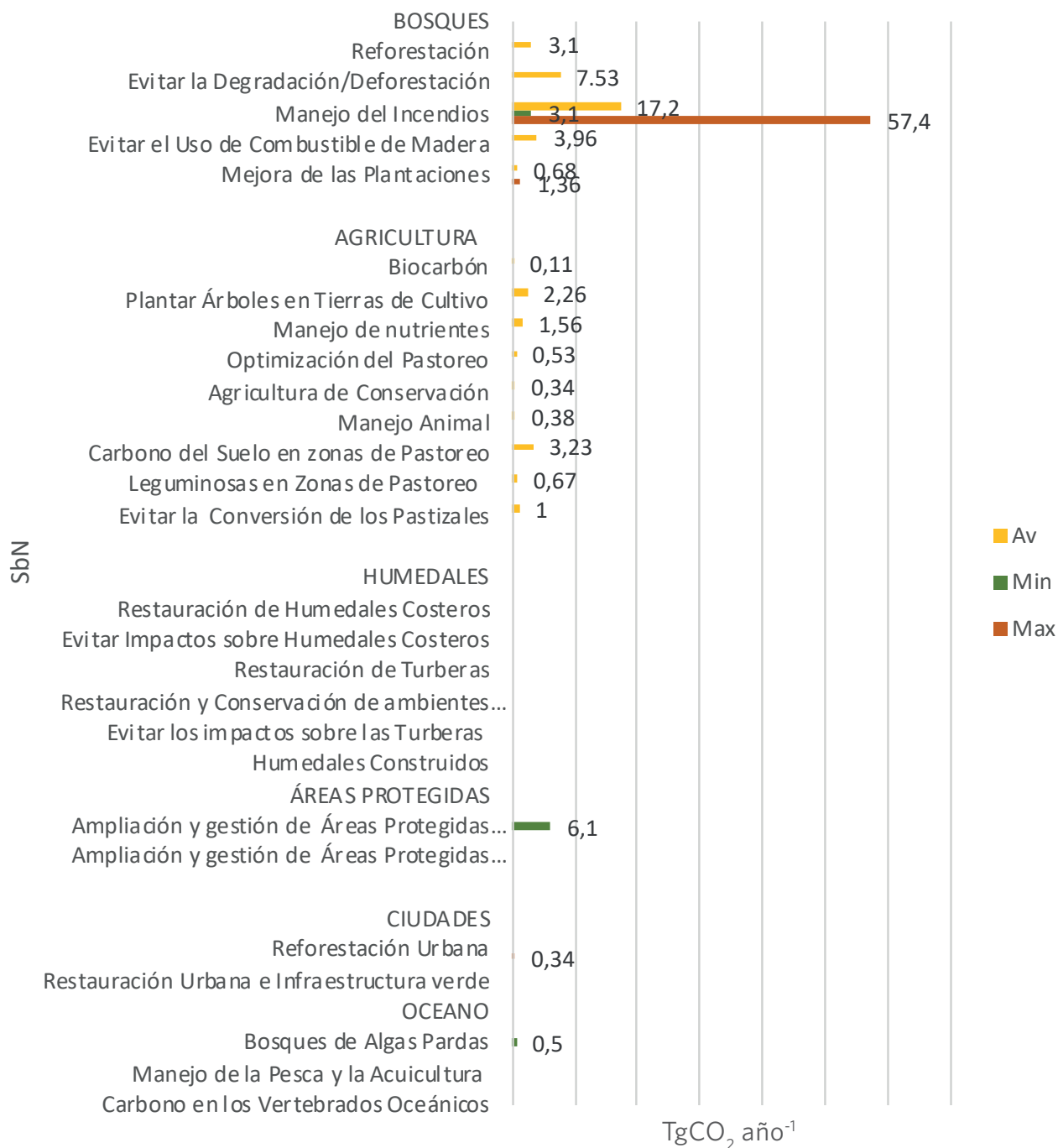
Facebook: [thenatureconservancy](https://www.facebook.com/thenatureconservancy)

Presentación

El siguiente documento es una síntesis del informe final asociado al proyecto “Diseño Estratégico de Soluciones Basadas en la Naturaleza para Chile” solicitado por The Nature Conservancy (TNC) Chile al Centro UC de Cambio Global. El objetivo principal fue proveer un diseño estratégico para evaluar el potencial de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como una forma efectiva y eficiente de disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para Chile. El objetivo del estudio era definir un portafolio de SbN, identificar las que podrían tener un alto potencial para Chile, basado en un análisis de su impacto potencial directo en la reducción de las emisiones de GEI y el secuestro de carbono, y en los co-beneficios asociados para la biodiversidad, el agua, el aire, el suelo y los componentes sociales. Además, las SbN también se evaluaron con respecto a su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, detectando sinergias y compensaciones, así como la escala espacial adecuada de implementación. Las SbN fueron definidas como “acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar los ecosistemas naturales o modificados, que abordan los retos de la sociedad (por ejemplo, el cambio climático, la seguridad alimentaria y del agua o los desastres naturales) de forma eficaz y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad”. Es necesario ser enfáticos en señalar que las SbN requieren compatibilizar metas de reducción de emisiones y aumento en captura con co-beneficios para la biodiversidad (e.g., Smith et al 2022) y son sólo un apoyo a lograr una reducción en emisiones compatible con el acuerdo de París, pero lo sustancial es moverse hacia una matriz productiva que sea carbono neutral y que abandone los combustibles fósiles (Seddon et al. 2020, Drever et al. 2021).

En total, fueron identificadas 27 SbN (véase la Figura 1) pudiendo ofrecer una cifra sobre su potencial de mitigación para 17 de ellas, con un total de 48,96 TgCO₂ año⁻¹ suponiendo un horizonte de 20-30 años para su aplicación. Este informe ofrece

Figura 1. Listado de las 27 SbN identificadas para Chile y su potencial para la captura de Carbono en TgCO₂e año⁻¹.



Las SbN identificadas se dividen en seis vías principales: bosques, agricultura, humedales, áreas protegidas, ciudades y océanos.

un análisis resumido de cada una de ellas y, cuando es posible, proporcionamos una evaluación preliminar de su capacidad de mitigación. Las SbN identificadas se dividen en seis vías principales: bosques, agricultura, humedales, áreas protegidas, ciudades y océanos. Dentro de la vía forestal evaluamos las contribuciones de la *Reforestación*, *Evitar la Degradación/Deforestación*, *Manejo de Incendios*, *Evitar el*

Uso de Combustible de Madera y *Mejora de las Plantaciones*. Dentro de la vía de la agricultura consideramos *Biocarbón*, *Plantar Árboles en Tierras de Cultivo*, *Manejo de nutrientes*, *Optimización del Pastoreo*, *Agricultura de Conservación*, *Manejo Animal*, *Carbono del Suelo en zonas de Pastoreo*, *Inclusión de Leguminosas en Zonas de Pastoreo* y *Evitar la Conversión de los Pastizales*. Dentro de la vía de los humedales, evaluamos la *Restauración de Humedales Costeros*, *Evitar Impactos sobre Humedales Costeros*, *Restauración de Turberas*, *Evitar los impactos sobre las Turberas*, *Restauración y Conservación de Ambientes Ribereños* y los *Humedales Construidos*. Dentro de la vía de las áreas protegidas, evaluamos la *Ampliación y Mejora de la Gestión de las Áreas Protegidas Terrestres*, y la *Ampliación y Mejora de la Gestión de las Áreas Protegidas Marinas*. Dentro de la vía de las ciudades, evaluamos la *Reforestación Urbana*, la *Infraestructura Verde* y la *Restauración Urbana*. Por último, dentro de la vía de los océanos evaluamos la *Protección, Restauración y Prevención de la Degradación de los Ecosistemas de los Bosques de Algas Pardas*, el *Manejo de la Pesca y la Acuicultura* y el *Carbono en los Vertebrados Oceánicos*. En general, las vías forestales contribuyen con un potencial de mitigación de 32,47 TgCO₂e al año⁻¹ mientras que la agricultura es del orden de 9,55 TgCO₂e año⁻¹. La vía de los humedales no puede evaluarse todavía debido a la insuficiencia de datos, y lo mismo ocurre con la mayoría de las vías oceánicas. Destacamos la importancia de las vías de los humedales y del océano para Chile y la necesidad de hacer un esfuerzo para su cuantificación.

Sin duda la implementación de las SbN representa un gran desafío para cualquier país y en especial para uno como Chile, donde la actividad económica se ha basado primariamente en la exportación de materias primas y alimentos con poco valor agregado, lo cual ha redundado en la trasgresión de la mayoría de los límites planetarios (Marquet et al. 2021).





SbN en Bosques



Las vías forestales son, sin duda, las SbN más importantes en cuanto a potencial de captura y secuestro de carbono. Las diferentes vías suman un potencial de mitigación de 32,47 TgCO₂e año⁻¹. De ellas, la *Gestión del Fuego* podría contribuir con una cantidad media de 17,2 TgCO₂e anuales⁻¹, si nos mantenemos por debajo de una media de 95.000 ha quemadas al año. Por debajo de esta SbN está evitar el uso de combustible de madera, con una estimación de 3,96 TgCO₂e al año⁻¹, esta vía cuantifica la biomasa vegetal utilizada para calefacción y cocina y excluye los usos industriales. La *Reforestación* y Evitar la *Degradación/Deforestación* tienen un potencial de mitigación medio similar (3,1 y 7,53 TgCO₂e al año⁻¹ respectivamente) evaluado en profundidad por ODEPA y CONAF.

Por último, el menor potencial de mitigación de las NbS en la vía forestal corresponde a la mitigación derivada de la *Mejora en las Plantaciones*. Hay varias formas de mejorar las plantaciones que no sólo fomentan la captura y el almacenamiento de carbono en los suelos y en la biomasa aérea, sino que también podrían tener importantes co-beneficios. Entre ellas se encuentran la plantación de rodales mixtos en lugar de monocultivos de edad uniforme, la tala selectiva en lugar de la tala rasa, la generación de paisajes heterogéneos con agrupaciones de diferentes especies, incluyendo estrategias de uso mixto del suelo o agroforestales donde coexistan plantaciones con tierras agrícolas y vegetación nativa. Otras estrategias para mejorar las plantaciones son las plantaciones de especies nativas, el aumento de la duración de la rotación en los bosques de producción de gestión intensiva sometidos a un manejo de rodales de edad uniforme. La cifra que reportamos es sólo para rotaciones extendidas para las que hay datos sobre la captura de carbono, pero el potencial de mitigación podría ser mayor. Como señalan Griscom et al. (2017), las longitudes de rotación de referencia están en el óptimo económico, que suele ser más corto que la rotación óptima para el rendimiento de la madera (óptimo biológico) usando el óptimo biológico podríamos aspirar a aumentar el secuestro en 1,36 TgCO₂e ha⁻¹ año⁻¹ con valor medio que estimamos en 0,68 TgCO₂e ha⁻¹ año⁻¹.

SbN en Agricultura



El sector agrícola es uno de los que más necesita medidas de adaptación para reducir el impacto del aumento de las temperaturas y la disminución de la disponibilidad de agua. En este contexto, las prácticas de *Agricultura de Conservación* como los cultivos de cobertura, así como el *Plantar Árboles en las Tierras de Cultivo*, pueden tener importantes impactos en la retención de agua, disminuir la erosión, mejorar la polinización y el secuestro de carbono en el suelo y se puede hacer con árboles que produzcan frutos económicamente valiosos, diversificando así la producción agrícola. El *Plantar Árboles en Tierras de Cultivo* fomenta una serie de prácticas en el contexto agroforestal como son las cortinas rompevientos, el cultivo en callejones y la regeneración natural gestionada por el agricultor o RNGA. Siguiendo a Griscom et al. (2017), estimamos que estas prácticas contribuyen a 2,26 TgCO₂ año⁻¹.

Nuestra evaluación preliminar sugiere que la vía agrícola tiene un potencial de mitigación de 7,99 Tg de CO₂e al año⁻¹. El *Biocarbón*, que es el carbono obtenido de la pirólisis de la materia orgánica (residuos orgánicos), puede aumentar significativamente el carbono del suelo, y tiene potenciales beneficios agronómicos para los suelos y el potencial de reducir las emisiones de la quema de biomasa agrícola. Estimamos una contribución del orden de 0,11 TgCO₂e al año⁻¹ para esta vía. Otra SbN importante en este sector es el *Manejo de Nutrientes*, que se centra en las emisiones de los suelos agrícolas como consecuencia de la fertilización con nitrógeno. El óxido nitroso (N₂O), el óxido nítrico (NO) y el amoníaco (NH₃) se emiten como resultado del uso de fertilizantes nitrogenados. Además, la lixiviación del N del suelo a los lagos, ríos y al océano afecta la calidad del agua con impactos negativos sobre la biodiversidad. En Chile, el uso de fertilizantes ha aumentado sustancialmente en las últimas décadas y genera emisiones directas e indirectas de alrededor de 1,56 Tg de CO₂e al año⁻¹, incluyendo la contribución directa e indirecta del nitrógeno inorgánico y las emisiones de la aplicación de urea. La gestión de las tierras de pastoreo es un componente importante dado su efecto sobre el ciclo del carbono y el nitrógeno y su modificación puede afectar las reservas de carbono. En el marco de la SbN denominada *Mejora de la Captación de Carbono del Suelo en las Tierras de Pastoreo* se combinan varias prácticas que potencialmente aumentan el carbono orgánico del suelo (COS) para mejorar el almacenamiento. una de ellas busca mejorar la captación de carbono disminuyendo





las tasas de carga ganadera en las zonas que son objeto de un pastoreo excesivo y aumentando las tasas de carga ganadera en las zonas que son objeto de un pastoreo insuficiente y, lo que es más importante, cambiando el tiempo entre los eventos de pastoreo. Una estimación preliminar del potencial de mitigación de esta SbN sugiere 3,23 Tg de CO₂e al año⁻¹. Esta SbN está estrechamente relacionada con la que fomenta *Evitar la Conversión Natural de los Pastizales*.

Al convertir las praderas en tierras de cultivo, los agregados del suelo se rompen con la labranza y el oxígeno llega a mayor profundidad, lo que aumenta drásticamente la respiración microbiana en forma de CO₂, agotando así las reservas de carbono del suelo (por ejemplo, IPCC 2019). En Chile, las praderas se convierten en su mayoría en tierras de cultivo que acumulan aproximadamente 1Tg de C al año. Los sistemas ganaderos ocupan casi el 30% de la superficie terrestre libre de hielo en la tierra y son responsables de una fracción similar de la emisión antropogénica total de metano a nivel mundial, que proviene principalmente de los rumiantes a través de la fermentación entérica y la gestión del estiércol. La reducción de las emisiones de metano mediante la gestión de los animales es una importante SbN. Considerando que esta SbN podría ser aplicada a todos los rumiantes en Chile, llegamos a una cifra preliminar de 0,38 CO₂e año⁻¹ para esta SbN. Por último, la *Inclusión de Leguminosas en Zonas de Pastoreo* podría ser una herramienta útil para reducir las emisiones de C por tres vías. En primer lugar, las leguminosas pueden mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica del N. El aumento de la fijación de N y de la fertilidad del suelo es posiblemente la forma más eficaz de aumentar la capacidad de sumidero de C del suelo. En segundo lugar, la fijación biológica del N atmosférico por parte de las leguminosas reduciría la necesidad de utilizar fertilizantes químicos de N, lo que a su vez reduce las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los suelos fertilizados (especialmente el óxido nitroso) y del proceso de producción de fertilizantes. Por último, algunas leguminosas (por ejemplo, *Lotus corniculatus*, *Lotus uliginosus*) contienen metabolitos secundarios conocidos como taninos condensados, que pueden reducir las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica. El uso generalizado de *Leguminosas en Zonas de Pastoreo*, en lo que respecta únicamente a la acumulación de carbono en los suelos, podría suponer una cifra preliminar de un máximo de 0,67 Tg CO₂e al año⁻¹.

La reducción de las emisiones de metano mediante la gestión de los animales es una importante SbN.

SbN en Humedales



A diferencia de la vía forestal y agrícola, existe un profundo desconocimiento sobre la dinámica del carbono en los humedales costeros y sobre la cantidad de GEI que secuestran o emiten, lo que impide calcular el potencial de mitigación de esta SbN por el momento. Afortunadamente, evaluar este potencial está contemplado en la actual Contribución Nacionalmente Determinada (CND) de Chile. Las turberas son humedales de gran importancia ecológica, y aunque sólo representan el 3% de los ecosistemas terrestres, contienen el 30% de todo el carbono mundial secuestrado en el suelo y el 10% del agua dulce disponible. El *Evitar el Impacto sobre las Turberas* se centra en detener su degradación. Las turberas patagónicas almacenan una media de $1.540 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1}$, con tasas de acumulación de carbono recientes del orden de $0,49$ a $0,87 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Considerando una superficie estimada de humedales patagónicos de $4.500.000 \text{ ha}$ (Yu et al. 2010), esto permite estimar tasas totales de secuestro de carbono del orden de $2,2$ a $3,9 \text{ Mt CO}_2\text{e año}^{-1}$ ($1\text{Mt} = 1\text{Tg}$), por lo que es de gran importancia reducir la degradación, asociada a la cosecha de *Sphagnum* y al forrajeo del ganado, ya que estos impactos reducen la capacidad de sumidero de carbono de éstos ecosistemas, lo que de agravarse con el aumento del calentamiento puede llevar a la transformación de este ecosistema, ya sea disminuyendo su capacidad de actuar como sumidero o convirtiéndose en un potente emisor de GEI.

La restauración de turberas degradadas por acciones antropogénicas es el objetivo de la SbN Restauración de Turberas. En Chile, las turberas han cobrado gran importancia en las últimas décadas debido a la extracción y exportación de turba y musgo *Sphagnum* que dominan estos ecosistemas. Las fibras de musgo son actualmente el segundo producto forestal no maderero de mayor importancia económica en el país. Entre 2002 y 2018, las exportaciones de musgo *Sphagnum* han aumentado un 200%, con más de 3.600 toneladas de musgo seco exportadas en 2018.

En general, para realizar la extracción de turba se drena la zona para facilitar el funcionamiento de la maquinaria pesada y extraer el material en bloques. Esta profunda alteración del ecosistema conlleva la liberación de gases de efecto invernadero. Desgraciadamente, no existen inventarios específicos sobre las turberas degradadas para evaluar adecuadamente la magnitud del problema, que podría ser importante. Por otra parte, los humedales costeros

prestan importantes servicios ecosistémicos, como: secuestro de “carbono azul”, provisión y remediación de la calidad del agua, y retención y eliminación de nutrientes, control de inundaciones entre muchos otros y además proporcionan un importante hábitat para la biodiversidad, incluyendo especies migratorias. A pesar de su valor, estos sistemas se están perdiendo a un ritmo crítico, y se calcula que si se detuviera la mitad de la pérdida anual de humedales costeros, las emisiones se reducirían en 0,23 Gt de CO₂ al año. Esto equivale a compensar las emisiones de 2013 de España. En Chile se ven afectados por las actividades recreativas no reguladas, los desarrollos industriales, la agricultura y cada vez más por la urbanización. Estas son algunas de las razones por las que es importante restaurar y evitar la degradación de los humedales costeros. Dentro de los ecosistemas terrestres, la importancia de restaurar las zonas ribereñas asociadas a los ríos es especialmente importante, ya que proporcionan funciones ecosistémicas fundamentales, además de la captura y el almacenamiento de carbono, como la regulación del flujo del agua,

Proporcionan una alternativa de bajo consumo energético y bajas emisiones a las plantas tradicionales de tratamiento de agua y con un coste económico reducido.

la retención de sedimentos, la mejora de la calidad del agua, la eliminación de contaminantes procedentes de la agricultura y la ganadería, y tienen grandes beneficios colaterales para la biodiversidad. Por último, los *Humedales Construidos* representan sistemas de tratamiento de aguas que imitan los ecosistemas de humedales naturales y sirven para varios propósitos, como la contención de las inundaciones y crecidas asociadas a fenómenos extremos en zonas cercanas a los ríos o a lo largo de las zonas costeras, el suministro de agua para la agricultura y el mantenimiento de zonas verdes y vegetación y como medida de adaptación contra la escasez de agua debida al cambio climático. Proporcionan una alternativa de bajo consumo energético y bajas emisiones a las plantas tradicionales de tratamiento de agua y con un coste económico reducido. Además, su contribución al almacenamiento de carbono a largo plazo puede ser importante, comportándose como sumideros netos de carbono (una vez descontadas las emisiones de NO₂ y CH₄) y secuestrando entre 0,27-2,4 kg m⁻² año⁻¹ pero su comportamiento debe ser monitorizado. No hay desacuerdo en que proporcionan importantes co-beneficios, además de ser un eje de adaptación al cambio climático y poseer sinergias positivas para la implantación de otras SbN. Considerando que sólo el 20% de la población rural en Chile tiene acceso a un tratamiento de aguas residuales la utilización los humedales artificiales como solución en las zonas rurales puede generar importantes impactos sobre la calidad de vida de las personas.







SbN en Áreas Protegidas



La creación y adecuada gestión de Áreas Protegidas (AP en adelante) es reconocida como un elemento muy importante de mitigación del cambio climático y de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Un sistema de áreas protegidas bien gestionado puede asegurar la biodiversidad y, por tanto, promover la sostenibilidad de servicios ecosistémicos vitales, como la depuración y retención del agua, el control de la erosión y la reducción de las inundaciones y grandes incendios, y el suministro de alimentos (por ejemplo, la biomasa de peces). En particular, las áreas protegidas que contienen bosques proporcionan un importante aporte de agua potable para más de un tercio de las 100 ciudades más importantes del planeta, con un número estimado de más de mil millones de personas cuya subsistencia depende de las áreas protegidas con ecosistemas forestales. Además, estas áreas protegidas representan aproximadamente el 20% del CO₂ secuestrado por todos los ecosistemas terrestres y, si se financian adecuadamente, pueden ser eficaces para reducir la deforestación, por lo que también representan una importante fuente de mitigación de emisiones. En Chile el sistema nacional de áreas protegidas (incluyendo las reconocidas por el Estado a través del SNASPE, así como los Santuarios de la Naturaleza, las AP privadas y los Sitios Ramsar) cubre el 21,3% de la superficie terrestre continental del país. El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) es amplio pero ineficiente en términos de representación (muchos objetos de conservación no están presentes en la red de AP) y cobertura (muchos de los objetos de conservación que están presentes no están adecuadamente protegidos). Existe consenso sobre la necesidad de ampliar la red de AP en los diferentes ecosistemas de Chile, de ahí que la SbN que presentamos aquí se denomine *Ampliar y Mejorar la Gestión de las Áreas Protegidas Terrestres*.

Los ecosistemas mediterráneos del centro-sur de Chile que son especialmente vulnerables ya que las AP cubren menos del 3% de su superficie, que es donde se concentra la mayor parte de la población del país y donde hay perturbaciones antropogénicas recurrentes a gran escala asociadas a los incendios. Además, es en la

zona central de Chile donde se espera que se intensifiquen en el futuro los impactos del cambio climático y de otros componentes del cambio global (por ejemplo, cambio de uso del suelo, destrucción de hábitats naturales) (Urrutia-Jalabert et al., 2018). Lo mismo ocurre con la biodiversidad asociada a los cursos fluviales presentes en la zona mediterránea de Chile y con una de las zonas más amenazadas de Chile, que son los bosques costeros remanentes desde el Maule hasta Chiloé. Actualmente la protección de los ecosistemas forestales costeros alcanza sólo el 1,5% y existe una propuesta para ampliarla añadiendo 878.000 ha, lo que representaría un promedio de 6,1 TgC ha⁻¹ año⁻¹.

Además de ampliar el sistema de AP se requiere mejorar su gestión. La falta de planes de gestión y su implementación es uno de los principales problemas de la red de AP terrestres y marinas del país, así como la existencia de un déficit de financiación. La ampliación del SNASPE es una solución basada en la naturaleza con un efecto directo de asegurar un mayor almacenamiento de carbono al incluir nuevas áreas dentro de la red y minimizar el potencial de incendio y degradación, siempre que se cuente con la financiación y los planes de gestión adecuados.

La segunda SbN en la vía Áreas Protegidas es *Ampliar y Mejorar la Gestión de las Áreas Marinas Protegidas*. Chile ha creado un número considerable de áreas marinas protegidas en los últimos años. Actualmente, casi el 40% de la Zona Económica Exclusiva está bajo AMP, aunque aproximadamente el 50% de la superficie protegida del océano permite usos múltiples. Chile es un claro líder en conservación marina

Es urgente avanzar en los programas de conservación en las ecorregiones costeras de alta amenaza, con una protección media del 0,5%, y hacer efectiva su protección.

a nivel regional y mundial pero, lamentablemente, nuestro país presenta fuertes desequilibrios en la distribución de las AMPs (a) entre las aguas costeras y oceánicas, y (b) entre las ecorregiones. Algunos de los ecosistemas menos protegidos en Chile son los arrecifes mesofóticos, que cubren el fondo marino entre 60 y 200 m de profundidad. Además, los esfuerzos de conservación se han concentrado sobre todo en ecorregiones remotas y de baja amenaza. Es urgente avanzar en los programas de conservación en las

ecorregiones costeras de alta amenaza, con una protección media del 0,5%, y hacer efectiva su protección. En la actualidad, sólo el 20% de las AMP declaradas tienen planes de gestión, y todas las AMP carecen de un plan de gestión eficaz según los protocolos de la UICN. Por otra parte, el presupuesto actual sólo cubre el 1,7% de la cantidad estimada como necesaria para el buen funcionamiento de las áreas. La mayor laguna en la implementación de esta solución está asociada al desconocimiento del ciclo del carbono en los diferentes tipos de ecosistemas marinos en Chile, y cómo se incrementaría (perdería) el secuestro asociado a las bomba biológica del carbono si un área se convierte (o no) en un área protegida, lo mismo ocurre con los flujos de CO₂ aire-océano. Donde sí existe acuerdo, es respecto de la importancia de los ecosistemas de los fiordos en cuanto a la captación y el enterramiento de carbono, por lo que la ampliación de las zonas terrestres de la Patagonia hacia el océano costero y Fiordos asociados es un paso importante a dar para preservar la biodiversidad y mitigar el cambio climático. Uno de los mayores problemas observados en la protección de los ecosistemas marinos, desde el punto de vista de la gobernanza, es la multiplicidad de instituciones vinculadas a su gobernanza y la falta de coordinación entre ellas para hacerse cargo de la protección de la diversidad marina. La futura creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) sería la solución a la gran dispersión institucional existente que dificulta, entre otras cosas, la aplicación de la gestión basada en los ecosistemas.

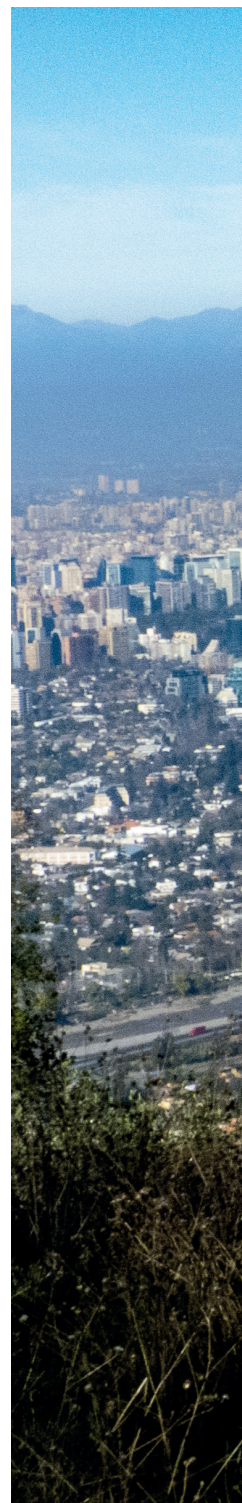


SbN en Ciudades



La intervención en las zonas urbanas es importante para llevar el poder de las SbN a la gente y reforzar la noción de que la biodiversidad y los ecosistemas son esenciales para asegurar una buena vida, además de ayudar a mitigar las emisiones de GEI. Este es el objetivo de la SbN denominada *Reforestación Urbana e Infraestructura Verde*. Si bien el porcentaje de superficie ocupada por la urbanización es bajo, en comparación con actividades como la agricultura y los bosques, su importancia radica en llevar la lucha contra el cambio climático a la mayoría de la población humana, visualizando el problema y sus soluciones en las ciudades resaltando el hecho de que los ciudadanos son agentes de cambio. En Chile, el 87,8% de la población vive en zonas urbanas por lo que las acciones que se lleven a cabo en estas zonas facilitarán el compromiso y apoyo de la gran mayoría del país. Estudios realizados en varios países muestran el gran potencial de la forestación urbana para contribuir a los objetivos de captura y almacenamiento de carbono. En este informe, se ha evaluado el potencial de almacenamiento de C mediante la reforestación urbana para seis ciudades chilenas. Esta estimación conservadora y preliminar sugiere que la forestación urbana podría contribuir con un equivalente a $0,34 \text{ TgCO}_2 \text{ año}^{-1}$.

Los árboles urbanos nativos proporcionan una multiplicidad de servicios ecosistémicos simultáneamente con la captura y el almacenamiento de carbono. Uno de los servicios ecosistémicos más importantes en los entornos urbanos es la captura de contaminantes atmosféricos como el O_3 , el SO_2 , el NO_2 y las partículas, la regulación del microclima urbano y la mitigación de las altas temperaturas, el control de las inundaciones mediante la reducción de la escorrentía, la contribución a la infiltración del agua de lluvia, la recarga de los acuíferos y la retención de la humedad del suelo. El arbolado urbano favorece la presencia de la fauna silvestre al aumentar la disponibilidad de hábitats y es importante para reducir la homogeneización biocultural de las ciudades. Por otro lado, en las últimas décadas se ha producido una importante expansión de la tecnología de los techos verdes (green roofs) en climas húmedos y templados, proporcionando una amplia gama de beneficios ecológicos, económicos y sociales en Europa Occidental y Central, Norteamérica, Japón, China y Chile. Los techos verdes prolongan la vida útil del tejado y mejoran el aislamiento térmico y acústico del edificio.





También tienen efectos en la gestión de las aguas pluviales al reducir y retrasar la escorrentía de las precipitaciones, incrementan la biodiversidad urbana, y son importantes en la mitigación del efecto isla de calor urbana, en la mejora de la calidad del aire y del agua y en la captación de carbono, así como en el beneficio psicológico para los seres humanos por un entorno más saludable y estéticamente agradable.

Una SbN complementaria, que se centra en la restauración de zonas naturales, como colinas aisladas o cerros isla, es la SbN denominada Restauración del *Hábitat Natural Urbano*. Aunque la restauración ecológica se ha llevado a cabo principalmente en zonas rurales, en las dos últimas décadas se han puesto en marcha diversas iniciativas en zonas urbanas, que abarcan humedales, ríos, praderas y bosques. En las ciudades encontramos a menudo espacios que no han sido tomados por la urbanización, ya sea por sus características topográficas o por la calidad del suelo que hace difícil o imposible construir en ellos. Es el caso de los humedales, los barrancos, las colinas y las costas rocosas, entre otros, que a veces conservan cierta naturalidad, pero suelen estar deteriorados y desprovistos de vegetación.

Las montañas y cerros son un componente fundamental de la geografía chilena y una formación bastante llamativa son los llamados cerros isla. Un cerro isla es una elevación local del terreno dentro de una zona relativamente plana, delimitada por un notorio cambio de pendiente, y es un remanente de antiguas y erosionadas montañas. Las cerros islas urbanos son aquellos que han quedado total o parcialmente inmersos en una zona urbana. Generalmente tienen un bajo grado de urbanización y pueden representar remanentes de ecosistemas naturales dentro de una matriz urbanizada. Esta SbN propone la restauración ecológica de cerros urbanos insulares como una SbN aplicable a las ciudades chilenas. Esta SbN podría aumentar la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y adicionalmente generar múltiples co-beneficios sociales y ambientales.

Una SbN complementaria, que se centra en la restauración de zonas naturales, como colinas aisladas o cerros isla, es la SbN denominada Restauración del Hábitat Natural Urbano.

SbN en el Océano



Una de las SbN más importantes para Chile se encuentra en las vías asociadas al Océano, no sólo por su potencial de mitigación sino porque está vinculada a muchos otros co-beneficios ambientales y sociales. La primera es *Proteger, Restaurar y Evitar la Degradación de los Ecosistemas de Bosques de Algas Pardas* (BAP). Los bosques de macroalgas cubren el 25% de las costas del mundo y proporcionan valiosos recursos para otras especies y comunidades locales humanas. Los BAP pueden reducir significativamente la altura de las olas y, por tanto, las inundaciones costeras en el contexto del cambio climático y la subida del nivel del mar. Los BAP se encuentran entre los ecosistemas con mayores tasas de producción primaria, especialmente en aguas frías y ricas en nutrientes, donde los individuos pueden alcanzar hasta 30 m de longitud y pesar 42 kg. Los bosques de algas pardas dan cobijo a un gran número de especies de invertebrados y vertebrados, y sustentan importantes pesquerías artesanales. Chile es un lugar único para avanzar en nuestra comprensión de los BPA, ya que alberga algunos de los bosques de *Macrocystis pyrifera* más prístinos en la Patagonia, pero también otros muy afectados en el centro y el norte de Chile. De hecho, Chile es una de las zonas costeras más afectadas por la recolección de macroalgas en el mundo. Además, las pesquerías dirigidas a especies herbívoras y carnívoras afectan a las interacciones tróficas, descendiendo en cascada hasta la estructura de los bosques de algas pardas, aunque el efecto está modulado por las condiciones de surgencia. La interacción entre la recolección y los procesos afectados por el cambio climático (por ejemplo, la intensidad de la surgencia, el incremento en las tasas de descomposición) tendrá probablemente impactos directos e indirectos (mediados a través de otras especies) en los BAP e influirá en los servicios que proveen estos ecosistemas. Una evaluación reciente del carbono azul de las algas en Australia muestra que representan entre 10,3 y 22,7 Tg de C y contribuyen con 1,3-2,8 Tg de C al año⁻¹ en producción secuestrada, lo que supone más del 30% del total de carbono azul almacenado y secuestrado en todo el continente australiano, y ~ 3% del total de carbono azul mundial. Dado que la mayoría de las macroalgas crecen en costas rocosas donde no se produce acumulación de sedimentos, la contribución de las macroalgas al secuestro de C se produce en gran medida fuera de sus hábitats. Una fracción significativa de la producción de macroalgas se exporta y se almacena





a lo largo de escalas de tiempo significativas en los sedimentos de la plataforma continental y en el océano profundo. En Chile las principales especies de algas pardas son *Lessonia nigrescens*, *L. berteroana*, *L. trabeculata*, *Macrocystis pirifera*, *M. integrifolia* y *Durvillea antarctica*. Se desconoce gran parte de su fisiología y productividad, pero existen algunas estimaciones para algunas especies. Utilizando un mapa reciente de la distribución de *M. pirifera* y las estimaciones de la productividad primaria neta para las poblaciones de *M. pirifera* llegamos a una estimación conservadora y preliminar que sugiere que los BAP podría contribuir con al menos un equivalente a $0,5 \text{ TgCO}_2$ al año⁻¹. Esta cifra debe considerarse una estimación mínima ya que no incluye la contribución de otras especies de algas.

Además de los BAP, el llamado “carbono de los peces” o *Carbono de los Vertebrados Oceánicos*, como llamamos a este SbN es de gran importancia para ayudar a mitigar los impactos del cambio climático. En general, las SbN han hecho hincapié en el potencial de la vegetación y los suelos para secuestrar carbono, pero evidencias recientes han señalado la importancia directa e indirecta de los animales en el ciclo del carbono y, en particular, el papel de los vertebrados marinos, como los peces óseos, las tortugas y las ballenas. Los peces pueden desempeñar un papel importante en el ciclo del carbono marino. Por un lado, los peces son importantes en la exportación de carbono fuera de la zona epipelágica que está mediada por los peces mesopelágicos (“exportación mediada por peces”) que puede alcanzar el 15-17% del carbono total exportado. Por otra parte, los peces excretan grandes cantidades de carbonato de calcio (en forma de cristales de calcita de magnesio) desde su intestino para deshacerse del exceso de calcio ingerido del agua de mar, que es más propenso a la disolución rápida y, por tanto, restablece potencialmente la alcalinidad del océano superficial. Las pruebas científicas sugieren que los peces óseos producen entre 40 y 110 millones de toneladas de carbonato cálcico al año, lo que representa entre el 3% y el 15% del total estimado, que podría llegar hasta un 45% (Wilson et al. 2009). Estas estimaciones representan una media mundial de los carbonatos derivados de los peces, sin embargo, la biomasa de peces no se distribuye por igual en todo el océano, ya que se prevé que el 50% de la biomasa de peces se produzca sólo en el 17% de la superficie oceánica, que se encuentra principalmente en las plataformas continentales y en las zonas de afloramiento con aguas poco profundas. En este contexto, la explotación sostenible de las poblaciones de peces y la creación de áreas marinas protegidas que mantengan los ecosistemas intactos y funcionales son esenciales para mejorar el secuestro de carbono en el océano.

Del mismo modo, los grandes mamíferos acuáticos, como las ballenas, desempeñan

un importante papel en la captura y el secuestro de carbono en su biomasa durante décadas (comparable al de los grandes árboles) y lo trasladan a las profundidades del océano al morir, donde una fracción se entierra y secuestra en los sedimentos oceánicos. Las ballenas también fertilizan el océano aportando una importante cantidad de nutrientes que potencian la productividad del plancton y, por tanto, la captación de carbono, en lo que se ha denominado la bomba de la ballena. Las ballenas consumen presas en profundidad y defecan heces líquidas ricas en hierro en la zona fótica, estimulando una nueva producción primaria y la exportación de carbono al océano profundo. Por ejemplo, el krill antártico se alimenta de diatomeas y recicla el hierro de las aguas superficiales cuando se alimenta. Las ballenas barbadas comen krill (*Euphausia superba*), que es rico en

Las estimaciones del impacto de las ballenas en el ciclo del carbono sugieren que cada ballena elimina una media de 33 toneladas de carbono cuando muere y se hunde en el fondo del océano.

hierro procedente de las diatomeas. Se ha informado de que el contenido de hierro fecal de las ballenas es aproximadamente diez millones de veces mayor que el del agua de mar antártica, lo que sugiere que podría actuar como fertilizante y el krill antártico como depósito de hierro, ya que contiene ~24% del hierro total de las aguas superficiales. Un ecosistema saludable en el Pacífico Sur y Océano Austral es aquel en el que el krill come diatomeas y acumula hierro que luego es devuelto a

través de las ballenas que comen ese krill, lo que estimula un mayor crecimiento del fitoplancton y, en el proceso, fija grandes cantidades de CO₂ y proporciona alimento al krill cerrando así el ciclo. En una línea similar, Lavery et al. (2010) muestran que, al aumentar la nueva producción primaria, las poblaciones de 12 000 cachalotes en el océano Antártico actúan como un sumidero de carbono, eliminando 2×10^5 toneladas más de carbono de la atmósfera de lo que añaden durante la respiración. Las ballenas ejercen importantes influencias tróficas y no tróficas en los ecosistemas marinos, actuando como poderosos ingenieros del ecosistema. Tienen un fuerte impacto en los flujos de materiales y en la regulación de la productividad y la diversidad de especies. La disminución del número de grandes ballenas (ballenas barbadas y cachalotes) debido a una larga historia de cacería por parte del hombre, estimada en al menos un 66% y quizás hasta un 90%, ha alterado la estructura y la función de los océanos, incluida

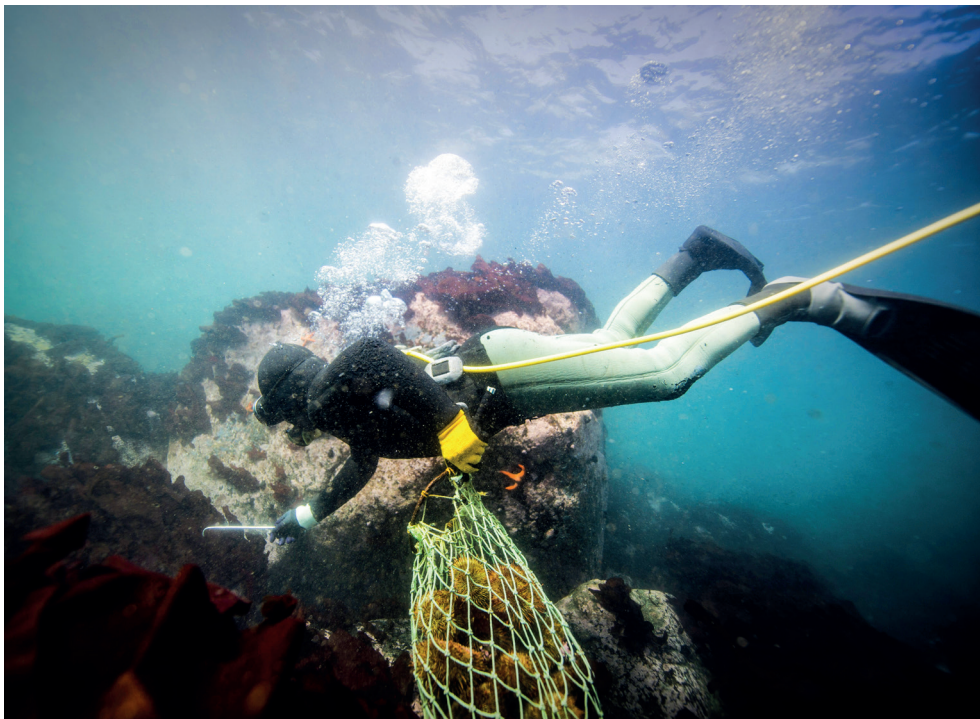


su capacidad para secuestrar carbono. Las estimaciones del impacto de las ballenas en el ciclo del carbono sugieren que cada ballena elimina una media de 33 toneladas de carbono cuando muere y se hunde en el fondo del océano. La recuperación de las poblaciones de ballenas eliminaría $1,6 \times 10^5$ toneladas de carbono cada año a través del hundimiento de los cadáveres de las ballenas. En particular, la recuperación de la población de ballenas azules del hemisferio sur secuestraría $3,6 \times 10^6$ toneladas de C en biomasa viva, lo que equivaldría a preservar 43.000 hectáreas de bosque templado, y eliminaría 70.000 toneladas de C al año a través del hundimiento de las ballenas muertas; y esta cifra podría aumentar hasta $8,7 \times 10^6$ toneladas de C al año si se consideran las especies de ballenas barbadas del hemisferio sur. La protección de las ballenas tiene muchos co-beneficios y Chile tiene un gran margen de mejora considerando que más de 47.000 ballenas fueron capturadas entre 1905 y 1983.

En general, las pesquerías chilenas pueden considerarse no sustentables, ya que una gran parte, cerca del 70% de los stocks pesqueros están colapsados o sobreexplotados, la pesca ilegal no declarada y no reglamentada (IUU) está generalizada y la captura incidental es un problema importante y la actual Ley de Pesca y Acuicultura que regula estas actividades no es efectiva. Esta ley se ha comprometido a aplicar un enfoque ecosistémico a la pesca, tal y como recomienda el Comité de Pesca de la FAO, sin embargo, el país sigue estando muy lejos de este objetivo. Hay varias áreas en las que se puede mejorar la actividad pesquera. Una de ellas es la recuperación de las poblaciones de peces y la mejora del manejo de éstas poblaciones. Este es un componente muy importante de la SbN de gestión de la pesca y la acuicultura que proponemos aquí. Teniendo en cuenta el importante papel de los peces en el ciclo

del carbono y en la reducción de la acidificación de los océanos y, por tanto, en el mantenimiento de un océano saludable. Un segundo componente de la SbN de *Manejo de la Pesca y la Acuicultura*, es la mejora de la gestión de la pesca y, en particular, la regulación y reducción de la pesca de arrastre en Chile. Esto es particularmente crítico en el océano profundo y en las regiones frías, donde los daños en los fondos marinos pueden afectar a la captación de carbono, ya que las zonas de arrastre se caracterizan por tener hasta un 52% menos de materia orgánica y un 37% menos de renovación de carbono orgánico. Chile se encuentra entre las regiones con menor huella de la pesca de arrastre, pero algunas zonas sufren una gran actividad de arrastre (por ejemplo, concentrando el 90% de la actividad). Por lo tanto, disminuir la influencia de la pesca de arrastre y gestionar estrechamente su impacto así como su ocurrencia espacial y temporal para permitir la recuperación del bentos parece una importante SbN para Chile, ya que las áreas impactadas por la pesca de arrastre podrían mostrar efectos duraderos.

Un tercer componente de la SbN de *Manejo de la Pesca y la Acuicultura* se denomina Mejora del Manejo Acuícola. Desde 1992, Chile está entre los principales productores mundiales de salmón y trucha de cultivos. Esta industria, sin embargo, también es conocida por sus diversos impactos ecosistémicos tanto en el mundo como en Chile.



En particular, en Chile se ha demostrado su impacto en los ecosistemas marinos y de agua dulce chilenos, al depredar la fauna nativa de agua dulce, y por su efecto en los componentes bióticos de las comunidades marinas a través de tratamientos antiparasitarios y antivirales y creando eutrofización debido a los residuos orgánicos e inorgánicos y a la precipitación de cobre en los sedimentos, presumiblemente procedente de las pinturas anti-incrustantes en las zonas asociadas a las jaulas de salmón, entre otros impactos negativos aún no bien resueltos (su papel en el desencadenamiento o potenciación de las Floraciones Algales Nocivas). En este contexto, es urgente avanzar en la regulación de la acuicultura del salmón en Chile, como la aplicación de la ley contra la expansión ilegal a la Patagonia, la necesidad de estudios obligatorios de Evaluación de Impacto Ambiental, mejorar la tecnología para reducir su impacto, y evaluar las consecuencias de esta industria en afectar la captura y secuestro de carbono oceánico. La evaluación de las consecuencias directas e indirectas sobre el ciclo del carbono y la introducción de directrices en el marco de la “acuicultura orgánica” (limitar el uso de antibióticos, limitar el uso de aceite y harina de pescado procedentes de la captura de peces silvestres, reducir las densidades de población y los impactos ecológicos negativos sobre los ecosistemas) deberían ser una prioridad, ya que estas medidas tienen grandes beneficios colaterales. A este respecto, deben evaluarse dos acciones principales: la acuicultura multitrófica integral (AMTI) y los sistemas de acuicultura de recirculación (SAR). La AMTI integra diferentes grupos tróficos en una acuicultura complementaria e integradora, como cuando la acuicultura de alimentación (peces de aleta, camarones) se integra con la acuicultura extractiva inorgánica y orgánica (algas y mariscos), de manera que los residuos de un usuario de recursos se convierten en un recurso (fertilizante o alimento) para los demás. Este enfoque ecosistémico equilibrado proporciona capacidad de biorremediación de nutrientes, beneficios mutuos para los organismos co-cultivados, diversificación económica mediante la producción de otros cultivos marinos de valor añadido, y mayor rentabilidad por unidad de cultivo para la industria acuícola. Por otra parte, los SAR son una tecnología que se enmarca dentro de la acuicultura sostenible (es decir, producir alimentos manteniendo los recursos naturales con un impacto ecológico mínimo), que ofrece oportunidades para reducir el uso del agua y mejorar la gestión de los residuos y el reciclaje de los nutrientes.

La acuicultura de moluscos (principalmente bivalvos) también podría mejorar su gestión para alinearse con las estrategias de mitigación y capturar carbono y al mismo tiempo proporcionar beneficios para la biodiversidad, especialmente teniendo en cuenta que Chile es uno de los cuatro principales productores del mundo. La acuicultura de bivalvos está recibiendo una atención generalizada debido a su papel en el ciclo del carbono y a la necesidad de aplicar una solución basada en la naturaleza para abatir el cambio climático.

Los bivalvos secuestran carbono en forma de carbonato cálcico mediante la producción de conchas. Una vez creadas, las conchas actúan como almacén de carbono a largo plazo. Cada año se producen 4,5 millones de toneladas de conchas de ostras, que tienen múltiples usos potenciales, como por ejemplo como gravilla para mejorar la digestión en las aves de corral o la cal agrícola o en la suplementación de calcio para mejorar la salud del ganado, en particular la salud ósea, pero también en las aves ponedoras como suplemento para mejorar la calidad y la resistencia de las cáscaras de los huevos. Sin embargo, estos usos requieren un mayor estudio. Por último, la acuicultura de algas puede proporcionar importantes servicios ecosistémicos, entre los que se encuentra el secuestro de carbono. Además del carbono eliminado a través de la cosecha, que podría o no contribuir al secuestro, parte del carbono fijado por las algas permanece en el océano como carbono disuelto y en partículas de carbono, parte del cual podría ser consumido heterotróficamente y reciclado a través del bucle microbiano y, finalmente, una fracción se deposita y entierra en los sedimentos, donde se secuestra esencialmente durante cientos o miles de años.

Poner en práctica algunas de las SbN puede suponer un reto. Uno de los principales obstáculos para su aplicación es la falta de conocimientos adecuados sobre la cantidad de carbono que acumulará una SbN concreta y su variabilidad en el espacio. Por ejemplo, esto es especialmente importante en la vía de los humedales y del mar. De hecho, los humedales no están incluidos en el actual inventario de GEI del país porque faltan datos sobre el secuestro y las emisiones asociadas a éstos ecosistemas. Una situación similar ocurre en los ecosistemas marinos, donde sólo disponemos de información parcial sobre la abundancia y distribución de las especies de algas, así como sobre la cantidad de carbono que exportan a los sedimentos, y sobre la bomba biológica y la bomba de carbono de las ballenas y los peces. Esto es motivo de gran preocupación, ya que estos ecosistemas están muy amenazados por actividades extractivas e industriales como la explotación no regulada del especies de algas pardas con fines industriales, una floreciente industria acuícola, la sobrepesca y la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (PINDNR), que están socavando la capacidad de recuperación de los ecosistemas marinos y su futuro rendimiento como SbN.

Las SbN se basan en una visión socio-ecológica de los sistemas humanos y se considera que aportan múltiples beneficios tanto a la sociedad humana como a la biósfera. Como señala el informe del PNUD (2020), la multidimensionalidad de sus beneficios los convierte en una excepción, pero también plantea un reto en cuanto a la dificultad de agregar y contabilizar sus beneficios mediante procedimientos económicos estándar, especialmente si sus beneficios están dispersos en múltiples ministerios. Esta dispersión

podría ser fatal para su aplicación si no se aborda adecuadamente mediante una gobernanza transversal eficaz. Una gobernanza que contemple el desarrollo del país en el ámbito de la SbN como propone el PNUD (2020), que sea capaz de aprovechar la agencia humana, a través de la educación y el aprendizaje social, para fomentar la transformación social necesaria para transitar hacia un “desarrollo basado en la naturaleza”. Así, la SbN debe ir acompañada de fuertes acciones lideradas por el gobierno, las universidades, el sector privado y las ONG, ya que la historia nos ha dicho que es difícil realizar transiciones rápidas y transformaciones industriales, como requiere la crisis climática; se necesitaron entre dos y tres décadas para eliminar la gasolina con plomo, desde que se descubrió que el aditivo tetraetilo de plomo se acumulaba en los tejidos humanos y en los ecosistemas y más de una década para eliminar las sustancias que agotan la capa de ozono. Fomentar cambios en la forma de hacer agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura puede llevar años, tenemos que empezar ahora y crear los incentivos adecuados, para alinear los mecanismos de mercado con los impactos positivos en la sociedad civil y el medio ambiente.

Recomendamos fuertemente que las SbN sean perseguidas agresivamente en Chile junto con una fuerte descarbonización de su economía, especialmente en el sector energético. La estrategia para la implementación de las SbN que proponemos considera una meta a largo plazo de neutralidad de carbono para el año 2050 o antes, y la consideración de metas a corto y mediano plazo a ser alcanzadas para el año 2030-2040. Estos incluyen una propuesta para la implementación de algunas SbN clave y algunas acciones habilitantes que se requieren para hacer posible la implementación.



Acciones y prioridades a corto y medio plazo

1) Una acción habilitante importante para avanzar en la implementación de las SbN en la CND del país es el aumento urgente de nuestro conocimiento del ciclo del carbono. En efecto, es importante promover una iniciativa nacional para entender y cuantificar la dinámica del ciclo del carbono en el espacio y el tiempo a lo largo del país, así como los ciclos relacionados del Nitrógeno y el Agua. Esta debería estar compuesta idealmente por una red de centros de investigación, universidades y actores privados. Esta iniciativa biogeoquímica chilena no sólo aportaría conocimientos, sino que también debería proporcionar una formación continua y un perfeccionamiento y alfabetización acumulados sobre las consecuencias de la alteración de los ciclos del carbono, del agua y del nitrógeno. Un nombre tentativo para esta iniciativa es ICHINCA (Iniciativa Chilena para el Estudio de los Ciclos de Nitrógeno, Carbono y Agua).

2) Es una prioridad urgente iniciar la implementación de la SbN asociada al Manejo del Fuego. Como se ha mencionado anteriormente, esta SbN tienen un gran potencial para evitar emisiones que podrían afectar negativamente nuestro presupuesto de carbono, creando efectos duraderos en la biodiversidad, las funciones de los ecosistemas, el bienestar social y la salud. Un objetivo concreto en una futura CND es mantener los incendios forestales por debajo de las 95.000 ha o media histórica (2003-2017).

3) Es importante avanzar hacia acciones concretas que fomenten la reforestación de los ecosistemas forestales. Esta vía tiene un importante potencial de mitigación y viabilidad de aplicación. Se sugiere que las futuras CND dupliquen la meta en términos de reforestación con especies nativas. Además, se sugiere que se considere por separado la SbN Mejora en las Plantaciones con objetivos explícitos en términos de áreas bajo rotación extendida y plantaciones mixtas. Como cifra de partida se sugieren 500.000 ha.

4) Es importante avanzar hacia acciones concretas que fomenten la reforestación de los ecosistemas forestales ribereños. Estos ecosistemas son importantes por la cantidad de carbono que pueden capturar y por su impacto en la calidad del agua y la integridad de los ecosistemas de agua dulce. En una futura CND debería incluirse un objetivo explícito de reforestación en las zonas ribereñas del

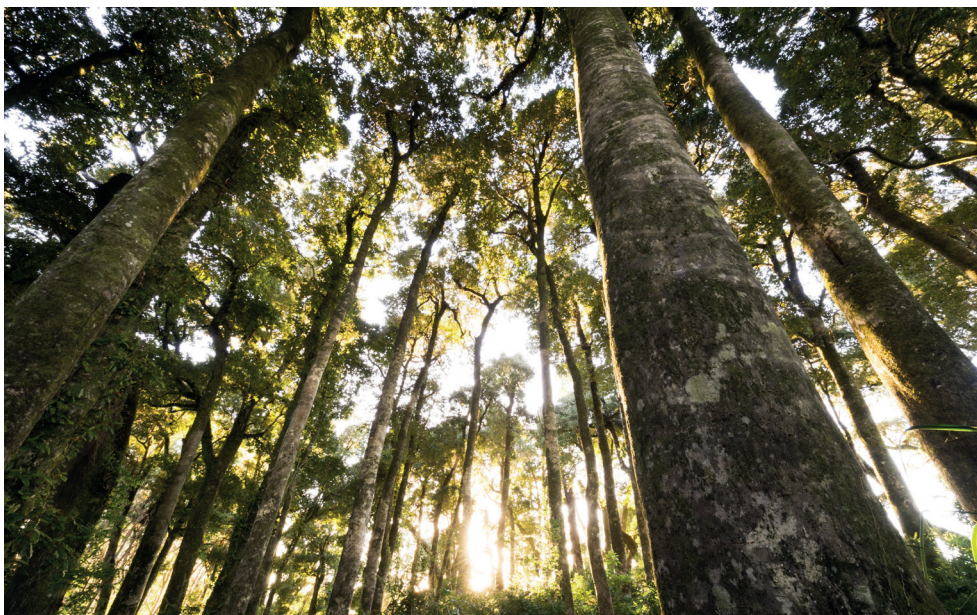
30% de los objetivos de reforestación de bosques autóctonos. Además, la zona de amortiguación debería aumentarse hasta 60 m, tal y como sugieren las pruebas científicas disponibles.

5) Es importante avanzar en las acciones para evitar la degradación/deforestación de los ecosistemas forestales. Esta vía tiene un importante potencial de mitigación y viabilidad de aplicación. Se sugiere que las futuras CND incluyan objetivos más ambiciosos en términos de reducción de la degradación y la deforestación. Sugerimos que un nuevo objetivo de reducción del 50% sería adecuado para dejar espacio a futuras ambiciones.

6) Es urgente avanzar en acciones concretas para evitar las emisiones provenientes de los combustibles de madera. Esta vía tiene un importante potencial de mitigación y viabilidad de aplicación, especialmente teniendo en cuenta la recientemente aprobada Ley de Eficiencia Energética, que al menos desincentivará su uso para calentar las nuevas viviendas. Sin embargo, el problema de las casas usadas se mantendrá durante muchos años con costes sanitarios que hacen que esta SbN sea ambiental y socialmente eficiente. Se sugiere que las futuras CND consideren un objetivo específico en cuanto a evitar las emisiones de los combustibles de madera. Una reducción del 50% en el uso de la biomasa para la cocina y la calefacción residencial parece adecuada. Sin embargo, es importante considerar objetivos más altos de reducción en las ciudades donde su uso está muy extendido con fuertes impactos en la salud humana.

7) Es importante avanzar en acciones concretas para fomentar el secuestro de carbono en las actividades agrícolas, especialmente en lo referido al uso de fertilizantes y fomentar prácticas que incentiven el uso de árboles en las tierras de cultivo y el número de hectáreas bajo agricultura de conservación. Estas SbN tienen un importante potencial de mitigación y viabilidad de aplicación. Se sugiere que las futuras CND incluyan objetivos específicos en materia de agricultura. Sugerimos que un objetivo inicial de 200.000 hectáreas bajo cualquiera de estas prácticas, sería adecuado para dejar espacio a futuras ambiciones.

8) Es urgente avanzar en acciones concretas para ampliar y mejorar la gestión de la red de áreas protegidas en los ecosistemas terrestres. La cobertura y representatividad de los diferentes tipos de ecosistemas terrestres está sesgada hacia los ecosistemas patagónicos y de altura, mientras que los del centro de Chile están menos representados. El país debería alinearse con el ambicioso objetivo de que el 30% de su superficie



terrestre esté bajo protección, centrándose en los ecosistemas altamente amenazados y subrepresentados. Un caso particular de preocupación son los bosques costeros, de los cuales sólo el 1,5% está bajo protección, y están altamente amenazados por la conversión del hábitat, la degradación y los incendios. Este ecosistema alberga una biodiversidad rica y única que debe ser protegida. Un ejercicio de Planificación Estratégica de la Conservación para la región condujo a una solución óptima que incluye 28 zonas, con una superficie total de 878.000 ha en nuevas áreas protegidas. Nuestra evaluación preliminar sugiere que esta solución de SbN representaría unas 6,1 TgC ha⁻¹ año⁻¹. Sugerimos incluir en la próxima CND una meta específica respecto a la protección de este ecosistema, a partir de 300.000 ha, así como la meta de contar con planes de manejo actualizados, que incluyan los potenciales impactos del cambio climático, en todas las Áreas Protegidas.

9) Es urgente avanzar en acciones concretas para proteger y restaurar los Ecosistemas de Bosques de Algas Pardas y cuantificar su potencial de mitigación. Chile alberga uno de los bosques de algas pardas más productivos del planeta y, por tanto, un gran potencial, aún no evaluado, de secuestro de carbono. Paralelamente, existe una extracción persistente, en su mayoría ilegal e insostenible, sobre este valioso ecosistema, deteriorando este potencial. También es importante destacar que los bosques de algas pardas son el ecosistema menos protegido en el actual sistema de áreas marinas protegidas en Chile. Sugerimos que la próxima CND de Chile incluya metas explícitas para la protección, restauración, mapeo y estudio del ciclo del carbono en estos ecosistemas. Como meta inicial sugerimos la protección del 17% de este ecosistema, con

una porción significativa que represente la extensión de las AP terrestres patagónicas para abarcar los ecosistemas de los fiordos costeros, considerando su importancia en términos de captación, enterramiento y secuestro de carbono.

10) Es urgente avanzar en acciones concretas para mejorar la gestión de la pesca y la acuicultura con el fin de proteger la integridad de los ecosistemas oceánicos y asegurar que sigan prestando servicios ecosistémicos clave asociados a la provisión de alimentos, pero también a la captura de carbono. En este sentido, la regulación y la mejora de la gestión de la pesca y la acuicultura son esenciales. Sugerimos que la próxima CND de Chile incluya objetivos explícitos para la recuperación de las poblaciones de peces y la mejora de la acuicultura. En el primer caso, sugerimos la meta de recuperar los stocks de todas las pesquerías, implementar que todas las pesquerías deben ser gestionadas considerando un enfoque ecosistémico, tal como lo establece la ley, en un plazo de cinco años, y caracterizar y mapear las pesquerías de arrastre con el fin de implementar regulaciones sobre dónde y cuándo se podría utilizar la pesca de arrastre. En cuanto a la acuicultura, deben evaluarse dos acciones principales, la acuicultura multitrófica integral (AMTI) y los sistemas de acuicultura de recirculación (SAR). Además, deberían evaluarse los objetivos de reciclaje de conchas de bivalvos en la industria agrícola, así como mejorar los mecanismos de regulación, seguimiento y aplicación de esta actividad, fomentando un enfoque ecosistémico. Por último, se recomienda realizar una evaluación específica del impacto de la acuicultura en el ciclo del carbono en los océanos costeros.

11) Es importante avanzar en acciones y objetivos concretos respecto a las SbN en el medio urbano, en particular la reforestación urbana y la restauración de la infraestructura verde de los hábitats naturales dentro de las ciudades, y fomentar el uso de humedales construidos. Estas SbN tienen un gran alcance para la adaptación en entornos urbanos y para aliviar el estrés relacionado con el agua, así como para mejorar la biodiversidad y el bienestar social. Creemos que el objetivo de llevar a cabo acciones de reforestación en seis ciudades, que lleven a una cobertura arbórea del 25% en diez años, es un buen punto de partida.

12) Es urgente realizar un análisis en profundidad del Costo Marginal de Reducción de las SbN propuestas.

13) Es urgente aprobar la Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas así como el Servicio Nacional Forestal. Estas, junto con la recientemente aprobada Ley de Cambio Climático, son habilitantes para impulsar la implementación de SbN en Chile.

Referencias

Drever, C.R., Cook-Patton, S.C., Akhter, F., Badiou, P.H., Chmura, G.L., Davidson, S.J., Desjardins, R.L., Dyk, A., Fargione, J.E., Fellows, M. and Filewod, B., (2021).

Natural climate solutions for Canada. *Science Advances*, 7(23), p.eabd6034.

Griscom, B. NbS., J. Adams, P. NbS. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax, D. A. Miteva, NbS. NbS. Schlesinger, D. Shoch, J. V. Siikamäki, P. Smith, P. Woodbury, C. Zganjar, A. Blackman, J. Campari, R. T. Conant, C. Delgado, P. Elias, T. Gopalakrishna, M. R. Hamsik, M. Herrero, J. Kiesecker, E. Landis, L. Laestadius, S. M. Leavitt, S. Minnemeyer, S. Polasky, P. Potapov, F. E. Putz, J. Sanderman, M. Silvius, E. Wollenberg, and J. Fargione. (2017). Natural climate solutions. Proceedings of the National Academy of Sciences 114:11645-11650.

Lavery, T. J., Roudnew, B., Gill, P., Seymour, J., Seuront, L., Johnson, G., Mitchell, J.G. & Smetacek, V. (2010). Iron defecation by sperm whales stimulates carbon export in the Southern Ocean. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1699), 3527-3531.

Marquet, P.A., Aurora Gaxiola, Ávila-Thieme M.I., Andrés Pica-Téllez, Vicuña S., Alaniz, A., Etcheberry, G. González, D. Jara, D., Menares, L. (2021). Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: Oportunidades para una recuperación post pandemia más sostenible y de bajo carbono en ALC. CEPAL, Santiago, Chile.

Seddon N, Chausson A, Berry P, Girardin CAJ, Smith A, Turner B. (2020).

Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 375: 20190120.

Smith, P., Arneeth, A., Barnes, D.K., Ichii, K., Marquet, P.A., Popp, A., Pörtner, H.O., Rogers, A.D., Scholes, R.J., Strassburg, B., Wu, J., and H. Ngo (2022). How do we best synergise climate mitigation actions to co-benefit biodiversity? *Global Change Biology* 28 (8): 2555-2577.

UNDP (2020) Human Development Report 2020. The next frontier Human development and the Anthropocene.

Urrutia-Jalabert, R., González, M. E., González-Reyes, Á., Lara, A., & Garreaud, R. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4), e02171.

Wilson, R. W., Millero, F. J., Taylor, J. R., Walsh, P. J., Christensen, V., Jennings, S., & Grosell, M. (2009). Contribution of fish to the marine inorganic carbon cycle. *Science*, 323(5912), 359-362.

Yu Z, Loisel J, Brosseau DP, Beilman DW, Hunt SJ. (2010). Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters* 37.



Diseño gráfico

Tandem Design

www.tandemdesign.cl

Impresión

Gráfica Andes



