

2021

DOCUMENTO DE ALCANCES: SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR DE CAMBIO CLIMÁTICO

COMITÉ
CIENTÍFICO

COP25 CHILE

Contenido

- Resumen ejecutivo.....2
- 1. Contexto5
- 2. Introducción5
- 3. Ámbitos de las SBN8
 - 3.1. Bosques8
 - 3.2. Agricultura..... 12
 - 3.3. Humedales..... 15
 - 3.4. Ecosistemas Marinos 18
 - 3.5. Soluciones para ciudades basadas en la naturaleza..... 26
- 4. Relación con instrumentos de política pública 32
 - 4.1. Contribución Nacionalmente Determinada 32
 - 4.2. Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)..... 33
- 5. Brechas..... 33
- 6. Recomendaciones..... 33
- 7. Referencias 38
- 8. Anexos 46

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

Resumen ejecutivo

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) representan un enfoque ecosistémico basado en la comprensión científica del ciclo del carbono. Por definición las SBN poseen co-beneficios para la biodiversidad y además impactan positivamente la calidad de los suelos, aire y agua. Las SBN proporcionan opciones de mitigación costo-efectivas y proveen de opciones de adaptación. En el Comité Científico de Cambio Climático hemos adoptado la siguiente definición de SBN "*Soluciones basadas en la naturaleza: acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria e hídrica o el riesgo de desastres, de manera eficaz y adaptativa, al mismo tiempo que proporcionan beneficios para el desarrollo sustentable y la biodiversidad.*"

Entre las SBN más importantes están aquellas relacionadas con la protección, restauración y manejo de ecosistemas de bosques el manejo del fuego, el uso del biocarbón como fertilizante a partir de desechos de agricultura, el manejo de nutrientes para limitar la emisiones de producto de la adición de fertilizantes nitrogenados, propender hacia una ganadería que potencie el carbón en el suelo, restaurar y proteger los humedales, la infraestructura verde y la reforestación en ciudades e incorporar con fuerza a los océanos dentro de las SBN. Para esto último es fundamental relevar el rol de los bosques de macroalgas, los fondos marinos y proteger la captura y enterramiento de carbono asociada a la "Whale pump". En este informe se analizan estas SBN y se proponen las siguientes recomendaciones:

De acuerdo con las directrices del IPCC de 2006, sólo se consideran en los inventarios de GEI los bosques gestionados que han permanecido en mismo tipo de uso de la tierra por al menos 20 años. En el caso de Chile, estos bosques corresponden a aquellos que son manejados bajo la figura de planes de manejo que considera la ley de bosques y aquellos bosques nativos dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). A este respecto, es importante revisar la Ley de Bosques para incrementar los incentivos al manejo y restauración de bosques nativos y generar mayores superficies que entren en la contabilidad. Por otro lado, también es importante realizar una labor estratégica de conservación que permita aumentar la actual red de Áreas Protegidas para proteger aquellos ecosistemas que aún están sub-representados en el SNASPE y dotarlos a cada uno con un plan de manejo

efectivo que considere el cambio climático y la protección de los stocks de carbono que poseen tanto sobre como bajo el suelo.

Es de suma importancia atacar el problema de uso de leña sobre todo en la zona centro sur de Chile. Esto requiere implementar medidas como subsidios y cambios tecnológicos, pero más ampliamente abordar las barreras socioculturales para la conversión de uso de leña a otros combustibles. Lo anterior debe ir asociado a un programa de mejoramiento en el aislamiento energético de las viviendas. Reducir el uso de leña no sólo tiene un impacto positivo en la biodiversidad y en la captura de carbono en los bosques, sino que además enormes beneficios sociales y en la salud de las personas.

Es importante considerar metas y objetivos de reducción de emisiones provenientes de incendios forestales. Esto también requiere avanzar en una institucionalidad que asuma y coordine la prevención de incendios mediante el diseño de paisajes resilientes, a través de una planificación y ordenamiento territorial que permita abordar riesgos de un modo adaptativo, favoreciendo la heterogeneidad del paisaje. Implementar acciones integrales que involucren capacitación y educación además del financiamiento de tecnología de monitoreo, prevención y mitigación de incendios forestales.

Es importante incluir dentro de los inventarios de emisiones del país las emisiones y capturas asociadas a ecosistemas de humedales. Estos actualmente no se contabilizan, sólo se consideran las transformaciones de humedales a otro uso de la tierra.

Una propuesta de SBN en el marco del Cambio Climático debería incluir una visión ecosistémica integrada (cuenca), en un contexto de ciclos naturales como los del agua y carbono y que considere las diferentes realidades de Chile.

La incorporación del océano en las SBN se traduce en una posibilidad concreta para el país de avanzar hacia un desarrollo más sustentable, que se verá reflejado en las localidades costeras que utilizan los recursos naturales marinos. Relativo a las recomendaciones del conjunto de soluciones basadas en la naturaleza propuestas en Farias et al., (2019) se pondera:

1. Considerar los sumideros oceánicos en el presupuesto de carbono de Chile.
2. Inventariar ecosistemas carbono azul, y estimar la magnitud de los reservorios de carbono y las tasas de entierro de carbono, respectivas.
3. Valorizar y darles valor económico a todos los servicios ecosistémicos asociados a los ecosistemas carbono azul.
4. Incorporar servicios ecosistémicos asociados a marismas o bosques de macroalgas, en las Estrategias de Reducción de Riesgos Costeros dado todos sus co-beneficios.

5. Priorizar la protección ante la restauración. Los ecosistemas costeros son una reserva clave de carbono tanto para el corto plazo, en la biomasa viva, como a largo plazo en el sedimento (enterramiento); entonces es imperativo proteger las fuentes de carbono si queremos maximizar el entierro de carbono orgánico. Otra razón, para proteger los ecosistemas carbono azul, es porque no solo la restauración de los hábitats costeros marinos es de 100 a 400 veces más costosa que la restauración de hábitats terrestres, sino además porque la investigación sugiere que la restauración de hábitats costeros ha tenido solo éxito limitado.
6. Fortalecer, de manera sustantiva, la normativa o leyes para que se valore y proteja al océano y sus ecosistemas valiosos desde el punto de vista climático (como fondos marinos, humedales costeros, bosques de algas, etc.), esto debido al fortalecimiento de su labor tanto en adaptación como en mitigación al cambio climático; incluyendo como piso mínimo a nivel constitucional el principio de desarrollo sustentable (pilar social, ambiental y económico) y el principio precautorio.
7. Proponer planes de manejo apoyados en la observación *in situ* para todos los usos de recursos sujetos a explotación.
8. Gestionar financiamiento de acciones climáticas canalizada por el gobierno con ayuda participativa de ONG especializadas y otros organismos de la sociedad civil.

1. Contexto

Durante el año 2020 el Ministerio de Medio Ambiente le ha solicitado formalmente al Comité Científico de Cambio Climático (C4) del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, la elaboración de un documento que analice las Soluciones Basadas en la Naturaleza y comente sobre su factibilidad de aplicación en Chile, como parte de la estrategia de Largo Plazo y que se plasme en las futuras Contribuciones Nacionalmente Determinadas. Como parte de este proceso el C4 le solicita al Dr. Pablo A. Marquet liderar este proceso, lo que se inicia con este documento.

2. Introducción

La reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas al sector energía, que representa casi el 80% de la emisiones del país, constituyen las medidas más importantes para mitigar el cambio climático y alcanzar el objetivo del Acuerdo de París y el compromiso asumido por el país de carbono neutralidad al año 2050. Recientemente, sin embargo, otras alternativas basadas en reducir emisiones y potenciar la captura y secuestro de carbono en los ecosistemas han tomado relevancia, ya que son más transversales a una variedad de sectores (e.g., agricultura, ganadería, empresa forestal, pesquería) y a su vez se generan múltiples co-beneficios para la biodiversidad (incluidos los seres humanos), y los servicios que proveen los ecosistemas (ver Anexo 1). Se trata de las llamadas Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), Soluciones Climáticas Naturales o Soluciones Basadas en la Biodiversidad (Cohen-Shacham et al. 2016; Griscom et al. 2017; Marquet et al. 2019). Éstas enfatizan un enfoque ecosistémico consagrado en nuestra comprensión científica del ciclo del carbono y otros bioelementos, que sustenta por un lado las propuestas de mitigación emanadas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y las propuestas por el Grupo de Trabajo III del IPCC (GTIII), (CBD 2009; Intergovernmental Panel on Climate Change 2014). Es importante enfatizar que las *SBN permiten abordar al mismo tiempo los desafíos de la crisis climática como también la grave crisis de biodiversidad por la que también atravesamos*. Las SBN proporcionan opciones de mitigación costo-efectivas, haciendo hincapié en la intensificación de los sumideros de carbono y sus co-beneficios para las personas (por ejemplo, la mejora de la seguridad alimentaria, infraestructura verde) para la conservación y la biodiversidad (Griscom et al. 2017; Cohen-

Shacham et al. 2019). Debido a estos co-beneficios, las SBN también dan sustento a la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, aportando directamente los objetivos de servicios vitales del ecosistema, la biodiversidad, el acceso a agua dulce, medios de vida mejorados, dietas saludables y una seguridad alimentaria basada en sistemas alimentarios sostenibles (The Nature-Based Solutions for Climate Manifesto, 2019). No obstante lo anterior es importante tener en cuenta que a una escala global, la capacidad de las SBN de mitigar emisiones y secuestrar carbono se verá mermada por el cambio climático, por lo que es importante no perder de vista que lo primario es descarbonizar la economía y así usar todo el potencial de las SBN para sustentar la carbono neutralidad (Seddon et al. 2020).

El concepto de SBN se utiliza con distintos énfasis, pero todos comparten la noción de usar la biodiversidad, en forma directa o indirecta, para generar beneficios y aliviar problemas socio-ambientales. Griscom y colaboradores (Griscom et al. 2017, p. 11645) definen las SBN como *"conservation, restoration, and improved land management actions that increase carbon storage and/or avoid greenhouse gas emissions across global forests, wetlands, grasslands, and agricultural lands."* Por otro lado, la Comunidad Europea, quienes las han incorporado en su programa marco "Horizonte 2020" enfatizan un contexto que incluye, pero va más allá de la captura de carbono (European Commission and Directorate-General for Research and Innovation 2015, p.5) *"Nature-based solutions aim to help societies address a variety of environmental, social and economic challenges in sustainable ways. They are actions which are inspired by, supported by or copied from nature. Some involve using and enhancing existing natural solutions to challenges, while others are exploring more novel solutions, for example mimicking how non-human organisms and communities cope with environmental extremes. Nature-based solutions use the features and complex system processes of nature, such as its ability to store carbon and regulate water flow, in order to achieve desired outcomes, such as reduced disaster risk, improved human well-being and socially inclusive green growth. Maintaining and enhancing natural capital, therefore, is of crucial importance, as it forms the basis for implementing solutions. These nature-based solutions ideally are energy and resource-efficient, and resilient to change, but to be successful they must be adapted to local conditions."* Finalmente la IUCN propone la siguiente definición: *"Actions to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems that address societal challenges effectively and*

adaptively, simultaneously providing human well-being and biodiversity benefits." (Cohen-Shacham et al. 2016). En este contexto este comité adopta la siguiente definición

"Soluciones basadas en la naturaleza: acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria e hídrica o el riesgo de desastres, de manera eficaz y adaptativa, al mismo tiempo que proporcionan beneficios para el desarrollo sustentable y la biodiversidad."

En la actualidad existen evaluaciones del potencial de las SBN a nivel de países como Canadá y Colombia que están en desarrollo y para Chile existe una propuesta preliminar de SBN que discutiremos en el cuerpo del informe (Marquet et al. 2021). Una de las evaluaciones del potencial de la SBN a nivel de país es la llevada a cabo recientemente por Fargione y colaboradores (Fargione et al. 2018) quienes cuantifican el potencial máximo de veintiuna soluciones previamente analizadas a nivel global por Griscom y colaboradores (Griscom et al. 2017) y relacionadas con la conservación, restauración y mejora de la gestión de la tierra y los ecosistemas para aumentar la captura y almacenamiento de carbono y reducir la emisión de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos. Ejemplos de estas medidas son la restauración de tierras de cultivo en pastizales, bosques y humedales, la disminución de la producción maderera, la reforestación en áreas urbanas y bosques nativos degradados, entre otras. De acuerdo a estos autores, estas medidas pueden proporcionar una reducción máxima del 21% de las emisiones de los Estados Unidos (esto equivale a 1100 TgCO₂e año⁻¹ utilizando el año 2016 como base de referencia y un costo de USD 100 por MgCO₂e) y provienen principalmente del aumento de la retención de carbono en la biomasa vegetal y en los suelos. Además, podrían proporcionar importantes beneficios colaterales como el suministro de agua, el control de la erosión, la prevención de la proliferación de algas tóxicas y los fenómenos de hipoxia o "zonas muertas" en las zonas costeras asociados a la escorrentía de nutrientes procedentes de la agricultura, entre otros. Para el caso de Chile, Griscom et al. (2017) señala un potencial máximo de 41,56 TgCO₂e año⁻¹, donde la mayor contribución proviene de acciones de reforestación (36,32 TgCO₂e año⁻¹). Este análisis sugiere que las SBN podrían ser un gran apoyo

a la meta de carbono neutralidad al 2050, cuya brecha es alrededor de 46 TgCO₂e año⁻¹ y sin duda ameritan estudios específicos a escala de país.

3. Ámbitos de las SBN

Típicamente, las SBN se han evaluado tradicionalmente en sectores asociados a bosques, agricultura y ganadería, pastizales, ciudades y humedales y con menor énfasis en el ambiente marino. En lo que sigue realizaremos un análisis general de las SBN en estos siete sectores, enfatizando aquellas SBN con mayor potencial de mitigación y adaptación para el país.

3.1. Bosques

Entre las SBN más importantes están aquellas relacionadas con la protección, restauración y manejo de ecosistemas de bosques. Es importante en este punto recalcar que las SBN por definición no deben sólo limitarse a la captura y secuestro de carbono sino que **deben tener co-beneficios** para la biodiversidad (ver Anexo 1). En general la captura en ecosistemas forestales se puede potenciar por distintos mecanismos; la aforestación, la reforestación y la restauración. Por aforestación se entiende, de acuerdo a los lineamientos del IPCC, a la acción de plantar árboles en áreas donde éstos no estaban históricamente presentes. Como práctica, no es considerada una SBN pues tiene costos importantes sobre la biodiversidad local (e.g. Griscom et al. 2017, Fargione et al 2018, IPBES 2019, Seddon 2020). La reforestación, por otro lado, implica recuperar la cobertura de bosques en zonas originalmente con bosques que han sido deforestadas (Verbruggen et al. 2011). Finalmente, la restauración, es un concepto más amplio e implica recuperar un ecosistema, y sus funciones asociadas, con el fin de que este sea autosustentable en el largo plazo. De acuerdo a la Sociedad para la Ecología de la Restauración (ver <http://www.ser.org>) la restauración ecológica se define como *una acción planificada con el fin de asistir la recuperación de un ecosistema natural que ha sido degradado, dañado o destruido*. Se entiende que un ecosistema ha sido restaurado cuando es capaz de sostenerse tanto funcional como

estructuralmente. Esto es, cuando posee tanto los componentes como las funciones esenciales para mantenerse en el tiempo, y posee resiliencia ante los rangos naturales de variación en el medio biótico y abiótico (e.g. soportar condiciones naturales de estrés y perturbaciones). Por ejemplo, la capacidad de proveer agua a pesar de una sequía moderada. La restauración requiere de acciones como remoción de especies exóticas y re-introducción de especies nativas, así como de acciones de reforestación, para recuperar cobertura vegetal y promover la recuperación y formación de suelo, entre otras. La restauración es quizá la opción más completa por cuanto va más allá de plantar especies vegetales para potenciar la captura y el secuestro de carbono hacia restaurar las funciones del ecosistema, su biodiversidad y ciclos asociados. En particular, la restauración de los suelos es fundamental, especialmente si consideramos que el reservorio de carbono en los primeros dos metros de suelo puede llegar a ser el triple del que está presente en la atmósfera ($\sim 3,000$ Gt C versus ~ 830 Gt C). Proteger los suelos contra la erosión y potenciar el carbono orgánico son estrategias claves para mitigar el calentamiento global (e.g. Pautian et al. 2016).

Los ecosistemas naturales son claves para la mantención de nuestra civilización en un planeta que se está calentando y transformando. Evitar la deforestación y promover la conservación y restauración de los bosques nativos en zonas donde esto sea posible (incluso en zonas urbanas), son acciones críticas para combatir el calentamiento global y aminorar la crisis de extinción que afecta a la biodiversidad mundial (e.g., IPBES 2019). Sin embargo, el secuestro y almacenamiento de carbono se extiende mucho más allá de los bosques y es especialmente importante en las turberas, manglares y praderas intactas. Por lo que la protección y restauración de estos ecosistemas es una prioridad mundial. De hecho, las Naciones Unidas declaró en marzo de este año a la década del 2021-2030 “La década de la Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas” y el Bonn Challenge se ha propuesto la meta de restaurar 150 millones de hectáreas al 2020 y 350 millones al 2030 con el objetivo de “to restore ecological integrity at the same time as improving human well-being through multifunctional landscapes”

El sector forestal es el de mayor potencial de mitigación en Chile, ya que no sólo es el único que captura continuamente CO_2 , representando el -37% del balance de emisiones de GEI en 2016 (-65.492 Tg CO_2e) sino que es posible potenciar aún más esta capacidad. Cabe destacar que -69.646 Tg CO_2e

corresponden a lo que los lineamientos del IPCC denominan Tierra Forestal (4.A) que incluye (MMA 2018, p. 79) "...las emisiones y absorciones de GEI generadas como resultado de cambios en la biomasa, materia orgánica muerta y carbono del suelo en *Tierras Forestales* que permanecen como tales y en Tierras convertidas en tierras forestales". De este total de balance, - 81.194 TgCO₂e corresponden a aportes del bosque nativo en forma de biomasa nueva de los cuales, cerca del 60% corresponden a la biomasa de bosques secundarios (renovales) (ver Tabla 1), 15% a Bosque Nativo bajo Planes de Manejo como se define en la Ley de Bosque Nativo, y un 25% a biomasa generada en bosques dentro de Parques Nacionales y Reservas. En cuanto a la emisión dentro de esta categoría de Tierras Forestales, la leña representa 19 TgCO₂e (9.4 TgCO₂e provienen del bosque nativo) y los incendios un total 3,33 TgCO₂e en el año 2016 (1.4 TgCO₂e corresponden a bosque nativo), mientras que la cosecha de bosque nativo representa 0,578 TgCO₂e (Tabla 1). El fuego exige una mención especial ya que solo el año 2017 se quemaron 570.000 hectáreas, se gastaron 350 millones de dólares en gastos asociados a su control, produciendo emisiones de CO₂e que ascienden al 90% de la emisión total del año anterior 2016 o 100 TgCO₂e (González et al. 2020). Los incendios forestales son capaces de alterar cualquier tendencia en emisiones sobre todo si se presentan eventos extremos como el del 2017 (pero también aunque con menor intensidad en 1998, 1999, 2002, 2014 y 2015). Tal como lo señala Marquet et al. (2021) estas cifras sitúan al control del fuego como uno de las SBN más importantes. De hecho, según Astorga y Burschel (2019), entre 2003 y 2017 se quemó una superficie total de 1.427.000 hectáreas, con un promedio de 95.000 hectáreas por año, de las cuales aproximadamente 50.000 hectáreas eran de bosque nativo, lo que Marquet et al. (2021) estiman en 9.05 TgCO₂e. En total, el trabajo de Marquet et al. (2021) estima que las SBN del sector forestal (que incluye también un mejoramiento en la gestión de las plantaciones a través de un incremento en la longitud de las rotaciones forestales), podría llegar a aproximadamente 30 TgCO₂ adicionales a los que ya captura principalmente a través del manejo del fuego, recolección de leña, evitar la degradación y deforestación y reforestación.

Tabla 1: Emisiones y capturas asociadas al sector agricultura y Bosque nativo que se relaciona con las SBN (datos de INGEI 2018).

	INGEI (2018) TgCO ₂
AGRICULTURA	12.8016
Fermentación entérica	4.682
Gestión del estiércol	2.0221
Suelos agrícolas	4.4836
Aplicación de la Urea	0.357
El cultivo de arroz	0.1337
Encalado	0.0884
Conversión de pastizales (tierras de cultivo)	1
Quema de Residuos Agrícolas	0.0348
BOSQUE NATIVO	-81.19
Crecimiento secundario (renovales)	-48.536
Parques Nacionales y Reservas	-20.189
Bosques nativos bajo plan de manejo	-12.47
Leña	9.4
Fuego	1.4
La restauración del bosque	-1.1487
HUMEDALES	0
Conversión de humedales	-0.0126

Medidas de reforestación y restauración están incluidas en la NDC de Chile. Sin embargo, una medida importante ausente, especialmente por lo expresado en el párrafo anterior, son medidas para evitar emisiones de incendios forestales. Más concretamente se puede asumir un compromiso de reducir en un porcentaje (25% por ejemplo) el área de los incendios que afectan al bosque nativo y a las plantaciones forestales. Adicionalmente, existen algunas recomendaciones para fortalecer la institucionalidad existente en la prevención de incendios. "El país debe avanzar en una institucionalidad que asuma y coordine la prevención de incendios mediante el diseño de paisajes resilientes, a través de una planificación y ordenamiento territorial que permita abordar riesgos de un modo adaptativo, favoreciendo la heterogeneidad del paisaje" (González et al, 2020).

Por último, para avanzar en la implementación de reforestación y restauración de bosques un informe del Núcleo TESES (Universidad Austral, 2020) identifica superficies potenciales de bosque nativo para el incremento del secuestro de carbono entre las regiones de Maule y Los Lagos. En este territorio se identifican 1,718,867 hectáreas susceptibles de ser forestadas y que en su conjunto capturarían 20.651.574 Ton de CO₂ al año, 1.231.439 hectáreas de bosques degradados y otras 653.726 hectáreas de bosques manejables, que capturarían 18.914.953 y 10.585.885 ton de CO₂ al año, respectivamente.

3.2. Agricultura

Considerando que a nivel global el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de Suelo (AFOLU por sus siglas en inglés) contribuyen aproximadamente un 23% de las emisiones de GEI (IPCC SRCCL, 2019) reducir emisiones de este sector es importante para poder lograr carbono neutralidad y al mismo tiempo asegurar la seguridad alimentaria. En el caso de Chile el sector Agricultura representa aproximadamente el 7 % de las emisiones (INGEI, 2018). Aunque el aporte es relativamente menor el sector es muy vulnerable al cambio climático ya que Chile tiene una alta tasa de tierras degradadas, algunas por desertificación (definida como degradación de la tierra en áreas áridas y semiáridas, UNCCD, 1994) y el sector es el mayor usuario de agua del país (Aitken et al. 2016). Procesos asociados a la desertificación como erosión del suelo, salinización secundaria y el sobrepastoreo tienen un impacto negativo en el suministro de servicios ecosistémicos en tierras áridas, en particular en la producción de alimentos y de forrajes. Otros impactos incluyen la

disminución de productividad primaria y aumento de erosión del suelo por viento y así cuando además una disminución del secuestro de carbono en la tierra. Adicionalmente a estos impactos bio-físicos y sobre ecosistemas, existe amplia evidencia sobre impactos sobre seguridad hídrica y otros aspectos socio-económicos, incluidos desigualdad de género y migración (Capítulo 3, SRCCL). Debido a todos estos antecedentes es importante promover SBN en el sector agricultura para mitigar y adaptarse al cambio climático. A continuación, se describen brevemente cuatro SBN relevantes para Chile. En términos generales todas las medidas se pueden clasificar dentro el denominado Manejo Sustentable de la Tierra (Sustainable land Management, SLM)

Biocarbón

El biocarbón, es el carbono obtenido a partir de la pirólisis de materia orgánica (residuos orgánicos), y puede aumentar significativamente el carbono del suelo, y tiene beneficios agronómicos potenciales.

El potencial de biocarbón para secuestrar el carbono depende del suministro de materias primas de biomasa adecuadas. Este ha surgido como una opción para la gestión de los residuos orgánicos que generan altas emisiones de CO₂ además de la contaminación del suelo y el agua. Biochar tiene un potencial medio de mitigación del clima de 100 Tg CO₂e año⁻¹ y un máximo de 135 Tg CO₂e año⁻¹ para el caso de EEUU (Fargione et al. 2000). Según Lehman (2009) es una opción de secuestro de carbono de bajo costo. Para el caso de Chile, Marquet et al. (2021) estiman que la generación y adición en los suelos de biocarbón derivado de residuos de la actividad agrícola asociada a cultivos anuales podría mitigar la emisión de 1.1 Tg CO₂e año⁻¹.

Manejo de nutrientes

Uno de los nutrientes más importantes para las plantas es el Nitrógeno (N) que suele estar limitado en los suelos agrícolas. Casi todos los cultivos utilizan la fertilización nitrogenada, cuya intensidad de uso varía en función del volumen y la composición de los insumos. El óxido nitroso (N₂O), el óxido nítrico (NO) y amonía (NH₃) se emiten como consecuencia del uso de fertilizantes nitrogenados, y su abundancia relativa dependería del tipo de cultivo, el tipo de fertilizante utilizado, el contenido de agua del suelo y el pH, entre otros factores (Erb et al., 2017). Además, la lixiviación de N del suelo a

lagos, ríos y el océano afecta la calidad del agua y la biodiversidad (Fowler et al., 2013).

Tal como señala Marquet et al. (2021), en Chile, el uso de fertilizantes se ha incrementado sustancialmente en los últimos años (35% de incremento en el valor de las importaciones de Urea en los últimos 10 años), llegando a 169 kTon de Nitrógeno en el año 2014 (González, 2019). Esto genera emisiones directas e indirectas de alrededor de 1,56 Tg CO₂e año⁻¹ (INGEI, 2018), e incluye la contribución directa e indirecta del nitrógeno inorgánico y las emisiones de la aplicación de la urea. Esta cifra representa aproximadamente el 13% del total de las emisiones agrícolas en Chile. La reducción de la aplicación excesiva de fertilizantes mediante un mayor uso de estiércol o la selección adecuada del momento de aplicación de los nutrientes, la forma y la colocación de la fertilización pueden promover mejoras en la eficiencia sin afectar el rendimiento de los cultivos (Griscom et al., 2017).

Árboles en tierras de cultivo

Esta SBN se refiere a la captación adicional de carbono en la biomasa de superficie y subterránea de árboles y carbono en el suelo debido a la integración de los árboles en las tierras de cultivo en niveles que no reduzcan el rendimiento de los cultivos. Esto incluye rompevientos/cinturones de protección, cultivo en callejones, y la regeneración natural manejada (FMNR). FMNR es la regeneración natural asistida de árboles dispersos dentro de las tierras de cultivo para la productividad, la calidad del suelo y limitar la erosión y se aplica principalmente en zonas áridas y semiáridas. Siguiendo el razonamiento de Griscom et al. (2017) se estima que el potencial de mitigación de esta SBN podría llegar a 2.26 TgC_e yr⁻¹ (Marquet et al. 2021).

Mejora del carbono en el suelo en tierras de pastoreo

Los pastizales son capaces de secuestrar grandes cantidades de carbono (Lorenz y Lal, 2018). La gestión de las tierras de pastoreo es un componente clave en el ciclo del carbono y el nitrógeno y es la variable clave que puede alterarse para afectar a las reservas de carbono (Henderson et al., 2015). Comúnmente, la optimización del pastoreo implica una disminución de las tasas de carga en las zonas de pastoreo excesivo y un aumento de las tasas de carga en las zonas de pastoreo insuficiente (Fargione et al., 2018). Sin

embargo, pruebas recientes sobre las prácticas de pastoreo y los servicios de los ecosistemas indican que el tiempo entre los eventos de pastoreo es tanto o más importante que las tasas de pastoreo, y el "pastoreo adaptable de múltiples potreros" ha surgido como un sistema de planificación del pastoreo que mejora la producción y el secuestro de carbono (Stanley et al., 2018). Considerando un valor conservador de tasas de acumulación de carbono en el suelo en praderas manejadas Marquet et al. (2021) llegan a una estimación preliminar de $2,34 \text{ Tg C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ como potencial de mitigación asociada a esta SBN.

3.3. Humedales

Los humedales son considerados como una SBN que pueden proveer una multitud de servicios de gran valor social, económico y ambiental para la humanidad. Los servicios ecosistémicos con múltiples co-beneficios de los humedales incluyen protección de la calidad del agua, protección de la zona costera, regulación de humedad del suelo y agua subterránea, regulación de inundaciones, soporte a la biodiversidad y el secuestro de carbono (Thorslund et al., 2017). Su potencialidad como sumideros de carbono dependerá del manejo que se de, ya que en caso contrario pueden convertirse en una fuente de emisión de carbono (Dinsa & Gameda, 2019; Villa & Bernal, 2018).

A pesar de solo representar un pequeño porcentaje de la superficie de la tierra (entre 3,2% y 9,7%; Melton et al., 2013; Mitsch et al., 2013; Villa & Bernal, 2018), varios estudios reportan que los humedales son importantes sumideros de carbono que almacenan alrededor de un tercio de la reserva de carbono del suelo orgánico del mundo (Gallant et al., 2020; Lal, 2008; Xu et al., 2019), Mitsch et al., 2013, estiman que los humedales a nivel mundial pueden ser sumideros netos de carbono de aproximadamente 830 Tg / año de carbono con un promedio de $118 \text{ gC m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ de retención de carbono. La mayor parte de esa retención de carbono ocurre en humedales tropicales / subtropicales. Sin embargo, el papel de los humedales como sumideros de carbono varía mucho según el tipo hidrogeomórfico del humedal y su ubicación dentro del paisaje (Bernal & Mitsch, 2013). Además, aunque los ecosistemas de humedales secuestran carbono en su suelo, su capacidad real de sumidero de carbono depende del balance neto de sus flujos de carbono. Las emisiones de metano, en particular, dificultan la capacidad de muchos humedales de

agua dulce para funcionar como sumideros netos de carbono (Bastviken et al., 2011). Los humedales costeros como las marismas y los manglares, por otro lado, pueden generar una reserva significativa de carbono en el suelo con poca o ninguna emisión de metano (Poffenbarger et al., 2011), lo que da como resultado un sumidero de carbono constante.

Con respecto a los servicios relacionados con los humedales como provisión de agua en cantidad y calidad, es ampliamente reconocido que los humedales aportan el 40% de todos los servicios ecosistémicos identificados, lo que incluye mejoramiento de la calidad del agua, regulación de inundaciones, absorción de carbono y mantención de la biodiversidad (Zedler & Kercher, 2005). Se estima que el valor global de los servicios ecosistémicos de los humedales es de US\$ 26,4 billones/año aportando más del 20% del valor total de los servicios ecosistémicos a nivel global (Costanza et al., 2014; Thorslund et al., 2017)

Investigaciones en humedales chilenos han determinado que estos proveen servicios ecosistémicos como provisión de turismo (Nahuelhual et al., 2013) y protección contra catástrofes (Barbosa & Villagra, 2015) entre otros. Es evidente que los humedales provisionan servicios claves para la productividad de Chile, por ejemplo, los humedales altoandinos han provisionado históricamente el agua para el desarrollo de la minería del cobre en la zona norte, lo que genera competencia por los recursos hídricos con comunidades locales (Romero et al., 2012). Procesos de retención de agua naturales asociados a humedales en altura o a lo largo de la cuenca pueden retener y modular el régimen de caudal y sedimentos de mejor manera que un embalse (Arriagada et al., 2019), por lo que es necesario conservar y restaurar los que en la actualidad se encuentran degradados.

Reducción de la degradación y transformación de humedales

La conservación de los humedales es una prioridad relativamente reciente, y se han visto cambios recientes respecto al enfoque de la protección de estos, la cual inicialmente se veía como un recurso de biodiversidad estático hacia un enfoque donde se consideran las muchas funciones y beneficios que estos ecosistemas proporcionan a la sociedad (Maltby et al., 2013). Los tomadores de decisiones cuentan con suficiente información científica para comprender la urgente necesidad de tomar las acciones apropiadas para conservar los

humedales y sus servicios para las personas. Para revertir los problemas emergentes y conservar estos humedales frágiles pero cruciales, es necesario implementar un enfoque integrado de resolución de problemas a través de la colaboración de las distintas partes interesadas desde el nivel de políticas hasta la comunidad que tiene interés en los humedales, donde cada uno coopere y contribuya con su parte. Los responsables de la toma de decisiones en los niveles superiores deben fortalecer los esfuerzos de gestión sostenible de los humedales mediante la aplicación de políticas y leyes, mejorando los arreglos institucionales y apoyando las iniciativas de creación de capacidades (Dinsa & Gameda, 2019; Gallant et al., 2020).

Restauración de humedales (bofedales, marismas, etc)

La restauración de humedales es la renovación de los humedales que han sido drenados o perdidos como resultado de actividades humanas. Los humedales que han sido drenados y convertidos a otros usos a menudo conservan las características del suelo y la hidráulica y, por lo tanto, pueden restaurarse. En general, la mejor manera de prevenir una mayor pérdida de valor ecológico y económico debido a la degradación de los humedales es eliminando las presiones que provocan su pérdida y degradación. Para poder restaurar los humedales dañados es fundamental implementar medidas de ingeniería, para lo cual es necesario y urgente tener una comprensión clara de los cambios del carbono orgánico en el suelo (COS) después de la restauración de los humedales para el manejo adecuado de estos ecosistemas, de manera de potenciar la capacidad de sumidero de carbono de los humedales restaurados (Xu et al., 2019; Yang et al., 2020). El COS de los humedales está influenciado por una gran cantidad de factores, como la hidrología, la vegetación, el clima, las propiedades del suelo y los patrones de uso del suelo. Estos factores y sus interacciones son extremadamente complejos en humedales restaurados que han experimentado procesos de cambio complicados, incluida la restauración y degradación previa, y los cambios en el COS después de la restauración de humedales son, por lo tanto, bastante impredecibles (Jackson et al., 2017; Xu et al., 2019).

Humedales construidos

Cabe destacar que soluciones basadas en la naturaleza, como los humedales construidos, pueden ser opciones innovadoras para manejar la contaminación proveniente de efluentes domésticos en áreas urbanas y periurbanas (Mancilla Villalobos et al., 2013). Los sistemas naturales incluyen humedales construidos o artificiales, entre otros, que se caracterizan por imitar de forma controlada procesos que se dan en la naturaleza para tratar el agua y mejorar su calidad, los que han sido utilizados en diferentes partes del mundo. Se utilizan principalmente en el tratamiento secundario y terciario de las aguas residuales domésticas, y son capaces de eliminar una variedad de contaminantes, incluidos sólidos en suspensión, material que demanda oxígeno, nutrientes, patógenos, metales y metaloides (De Klein & Van der Werf, 2014; Frantzeskaki et al., 2019). Pero al mismo tiempo, pueden actuar como sumideros de carbono cuando se captura CO₂ en la biomasa. Sin embargo, es bien sabido que los humedales también producen cantidades sustanciales de gases de efecto invernadero CH₄ y N₂O. Especialmente el N₂O, resultante de la nitrificación y desnitrificación, es un GEI muy potente. Para evaluar la sostenibilidad ambiental de los humedales artificiales, es necesario evaluar el beneficio del sumidero de carbono y la desventaja de las emisiones de GEI (De Klein & Van der Werf, 2014; Ingrao et al., 2020).

El monitoreo es una herramienta importante para evaluar el correcto funcionamiento de cualquier humedal construido, ya que proporciona datos para la mejora del rendimiento del tratamiento, identifica problemas como base para la solución, documenta la acumulación de contaminantes tóxicos antes de que se bioacumulen y finalmente determina si se está cumpliendo los objetivos para el cual fue diseñado.

3.4. Ecosistemas Marinos

Basados en el concepto de SBN, el océano es el mitigador natural de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) -que atrapan el calor en la atmósfera por cuanto favorecen el secuestro de carbono (carbono azul, ver box 1) en diferentes formas químicas desde dióxido de carbono a hidrocarburos y reducen las emisiones de GEI, si velamos por el buen funcionamiento de ecosistemas y biomas marinos. Al respecto el océano, es el único sistema capaz de enterrar carbono como el resultado del funcionamiento a largo plazo de una compleja red de procesos biogeoquímicos

y tróficos asociados al ciclo del carbono, que finalmente luego de la captura, acumulación, secuestro y finalmente enterramiento permanente en los sedimentos marinos; estos últimos se constituyen como el mayor reservorio de largo aliento de carbono, tanto orgánico como inorgánico en el planeta. De hecho, cuando ecosistemas marinos (carbono azul se comparan, en una misma unidad de superficie, con bosques tropicales o caducifolios del hemisferio norte, la magnitud acumulada en los sedimentos por el carbono azul es sustantivamente mayor que aquel acumulado en suelos y los bosques mencionados (Figura 1). Al respecto, se reportan estimaciones de enterramiento de C en las marismas, manglares, bosques de quepelo y pastos marinos; las cuales fluctúan entre 31 a 87 Tg C año⁻¹; siendo entre 7 a 21 veces mayores que las tasas de enterramiento de C en bosques tropicales, templados y boreales (Figura 1).

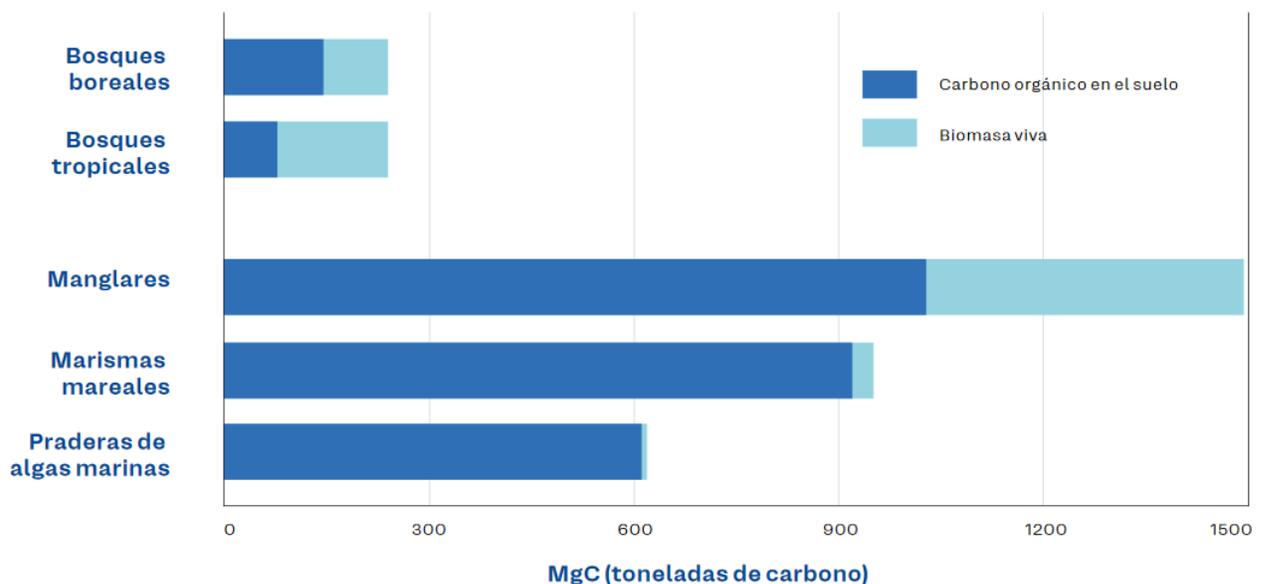


Figura 1. Almacenamiento de carbono en distintos reservorios, biósfera (como bioma-sa) y litósfera (como carbono orgánico en sedimentos), en ecosistemas denominados carbono azul y bosques. Nótese que gran parte del carbono se almacena en suelos/ sedimentos asociados a estos ecosistemas y que supera con creces los almacenados en ecosistemas terrestres. Extraído de Pendleton et al. (2012).

Box 1: El concepto de carbono azul, el presupuesto de carbono del océano y las oportunidades para Chile

Blue Carbon o carbono azul es un término acuñado en 2009 a partir de programa internacional (La Blue Carbon Initiative, 2009) enfocado en mitigar el cambio climático a través de la conservación y restauración de los ecosistemas costeros y marinos que naturalmente almacenan (biomasa) y secuestran grandes cantidades de carbono azul, tanto en las plantas, macroalgas como en el sedimento. Actualmente se centra en manglares, marismas o humedales, bosques de macroalgas y pastos marinos, sistemas que capturan (fotosíntesis), almacenan (biomasa) y finamente acumulan y entierran carbono en sedimentos adyacentes. Por ejemplo, más del 95% del carbono en las praderas de pastos marinos se almacena en lo suelos (Kennedy et al., 2010).

Cuando están protegidos o restaurados, los hábitats "carbono azul" secuestran y almacenan carbono; pero cuando se degradan o destruyen, estos emiten el carbono que habían almacenado durante siglos al océano y los convierten en fuentes de GEI hacia la atmósfera (Howard et al., 2017). Estudios estiman que se liberan anualmente hasta 1,02 mil millones de toneladas de CO₂ de los ecosistemas costeros degradados, equivalente al 19% de las emisiones de la deforestación tropical en todo el mundo con daños económicos de 6-42 mil millones US anuales (Pendleton et al., 2012).

Chile es el décimo país a nivel mundial con más maritorio en el mundo y el primer latinoamericano con mayor superficie de mar. Dada su extensión latitudinal (subtropical a polar) y zonal (costa a islas oceánicas), alberga numerosos ecosistemas marinos; muchos de ellos de gran productividad biológica lo que se traduce en gran capacidad de capturar, almacenar y finalmente exportar carbono a los sedimentos subyacentes. La ventaja competitiva que tiene Chile respecto a la protección de fondos marinos, marismas y bosques de algas pardas y otros ecosistemas es de fundamental importancia a la hora de mitigar el CC. Para ilustrar esta magnitud, cuando se considera todo el carbono orgánico enterrado en los sedimentos marinos a nivel global y se estima y compara con el carbono enterrado en la plataforma continental y la zona económica exclusiva chilena (ZEE), que solo representan el 0,045 y 0,55%, respectivamente, del suelo marino, entierran una cantidad sustantiva de carbono (Tabla 2).

Por lo expuesto, es importante transformar los compromisos de Chile en una acción/medida trazable, dada su vocación oceánica y la dependencia que tiene Chile respecto a su mar. Chile tiene la oportunidad de incluir SBN ambiciosas que incluya los hábitats y ecosistemas marinos (carbono azul) en los presupuestos de carbono nacionales (además de los UTCUTS), declarar co-beneficios de mitigación y adaptación al cambio climático, dar valoración económica de los servicios ecosistémicos ambientales, y formular políticas públicas dirigidas a la conservación del océano. Todo lo anterior requiere fortalecer el marco normativo y/o legislativo para proteger a los sistemas costeros que cumplen importantes funciones para abordar el cambio climático, fortalecer la capacidad adaptativa de las comunidades pesqueras y acuicultoras, y comprometer áreas marinas protegidas (AMP) con planes de manejo al corto plazo.

Resulta fundamental proteger fondos marinos y sobre todo aquellos que presentan un eficiente proceso de enterramiento como los asociados a carbono azul. La pérdida de un tercio de la cobertura global de estos ecosistemas implica una pérdida de sumideros de CO₂ y la emisión de 1 Pg de CO₂ al año. Por ejemplo, se considera que a nivel mundial se ha perdido el 50% de los reservorios de carbono de los humedales (Griscom et al., 2017), a pesar de su capacidad de promover enterramiento de carbono y de mitigación. Si estos ecosistemas se protegen y en algunos casos se restauran la capacidad de mitigación fluctúa alrededor de 784 toneladas CO₂ año⁻¹ de los cuales 104 toneladas CO₂ año⁻¹ corresponden a humedales costeros distintos a los manglares (Griscom et al., 2017). La conservación, restauración y uso de hábitats costeros con vegetación en soluciones de ingeniería ecológica para la protección costera son promisorios (Duarte et al., 2013) y el costo de esta restauración es altísimo (Bayraktarov et al., 2016), por lo que proteger es la mejor opción.

Tabla 2. Enterramiento de carbono orgánico en ecosistemas marinos costeros (sus suelos y sedimentos asociados a marismas, bosques de algas y humedales), respecto al océano global (sedimentos marinos) y el enterramiento llevado a cabo en sedimentos de la ZEE (Elaboración Laura Farías).

Hábitats	Respecto superficie total del océano km ² * 10 ³	Tasa de enterramiento de carbonoorgánico Tg año ⁻¹
Área total océano	361 000; 70 %	780 000
Plataforma continental global	29 000; 8%	290 000
Plataforma continental chilena	160; 0.045 %	**0.08-2.02
ZEE chilena	2009; 0.55 %	**1.0 -25.31
Macroalgas	2000-6800; 1 %-1.5 %	0.5-12
Manglares	137-151; 0.1 %	18.4-23.6
Marismas	40 000; 0.3 %	60.4
Pastos marinos	177-600; 0.1 % -0.2%	27.4
Total carbono azul	6117; 1.69 %	244-404

*Tg = 10¹² g

La mesa de océano en su compromiso por levantar SBN en conjunto con propuestas de la comunidad científicas levantadas durante el presente año (2020) proponen (1) relevar en forma incremental la importancia del océano en las contribuciones nacionalmente determinadas, (2) proponer medidas basadas en océano donde Chile tenga una ventaja comparativa, costo efectiva y que den cumplimiento a mejores normativas y liderar cumplimientos de compromisos internacionales (Farías et al., 2019)

Finalmente, la protección del fondo marino, que lleva a cabo el enterramiento de carbono, proceso que por la magnitud y extensión tiene un rol fundamental en la mitigación al cambio climático (secuestro de Carbono) y está asociado directamente a la regulación del clima planetario. Por lo tanto, la protección del suelo marino de amenazas como la actividad de minería submarina en la Zona Económica Exclusiva chilena (ZEE) debería asegurarse como una medida ambiciosa y de sello chileno; se trataría de una medida precautoria fundada en el principio *in dubio pro natura* en virtud del cual ante la duda de si una acción u omisión pueda o no pueda afectar al ambiente o los

recursos naturales, las decisiones que se tomen deben ser en el sentido de protegerlos.

Protección y Restauración de bosques de algas pardas

Los bosques de macroalgas (también llamados bosques de kelp o de quelpos) son áreas subacuáticas con una alta densidad de algas pardas reconociéndose como uno de los ecosistemas más productivos y dinámicos en la Tierra (Pfister et al., 2018). Las especies que forman estos bosques son los productores dominantes de las zonas costeras (Duarte et al., 2005) con una producción neta primaria a nivel global que supera los 1.500 TgC por año (Krause-Jensen & Duarte, 2016) y que está sustentada por la provisión de nutrientes que se traduce en altas tasas de fotosíntesis, o ingreso de materia orgánica a los ecosistemas, lo que genera altas tasas de crecimiento de las macroalgas. Por esta razón, los bosques de macroalgas son verdaderos captadores de CO₂ y almacenadores de carbono. Datos actuales sugieren que las macroalgas podrían secuestrar hasta 173 TgC por año (con un rango de 61 a 268 TgC por año) a nivel global (Krause-Jensen & Duarte, 2016). A pesar del importante servicio ecosistémico, la destrucción de bosques de algas avanza a tasas alarmantes y es explicada por la sobreexplotación de carnívoros, la cosecha de algas, y la falta de fiscalización. En el año 2019, el huiro llegó a ocupar el tercer lugar en el podio de los tres recursos con mayor nivel de pesca ilegal en Chile (Sernapesca, 2019). Además, la remoción de peces e invertebrados que habitan los bosques puede generar enormes consecuencias en los ecosistemas de bosques a pesar de que solo una pequeña fracción de las más de 100 especies que allí habitan sea explotadas. De hecho, la pesca de carnívoros ha generado importantes cambios en la abundancia de herbívoros, los que ahora ejercen una mayor presión de herbivoría sobre los bosques cambiando el follaje de los mismos.

El alga *Macrocystis pyrifera*, más conocida comúnmente como huiro, es un alga parda gigante, que forma densos bosques bajo el mar. Estas algas pueden llegar a medir hasta 60-70 metros de largo, y en condiciones óptimas, pueden lograr tasas de crecimiento de cerca 50 cm diarios. Estos bosques marinos también son muy importantes como refugio para otros organismos, contribuyen a desacelerar la desoxigenación y acidificación de los océanos, y son moduladoras de la energía que llega a la costa. En Chile, los bosques de algas se distribuyen desde Arica al Cabo de Hornos, desde la zona intermareal

hasta unos 20 metros de profundidad por lo que su impacto en mitigación es amplio en el océano. Sin embargo, este ecosistema enfrenta importantes y crecientes amenazas, en gran parte derivadas de la pesca artesanal y la pesca ilegal. La cosecha de algas, y la forma de explotación en zonas submareales (hasta aproximadamente 20 m), es una realidad preocupante para las costas de Chile, desconociendo la real magnitud del impacto y sus recientes y futuras consecuencias. Estudios en curso muestran que parches explotados no se recuperan después de 2 años de la cosecha, muy posiblemente por las consecuencias ecológicas de la redistribución de organismos asociados a estas macroalgas (e.g. herbívoros; Pérez-Matus et al., 2017). En Chile, las especies de macroalgas están bajo una fuerte y creciente presión de explotación, principalmente para la producción de alginato y como fuente de alimento para el Abalón del norte, Un análisis crítico sobre el uso de macroalgas como base para una acuicultura sustentable es realizado por Buschmann et al. (2013).

Hoy en día, los avances de conservación marina observados en Chile no han estado enfocados en los ecosistemas de bosques de algas. En el océano austral existen enormes Parques Marinos de Cabo de Hornos (140.000 km²) e Islas Diego Ramírez-Paso Drake (144.000 km²), sin embargo, estos albergan sólo una pequeña fracción de bosques de macroalgas. El resto de la zona costera de Chile, donde se distribuye la mayor densidad de bosques de algas, cuenta con menos de un 2% de protección. Obviamente, este porcentaje incluye todos los ecosistemas costeros, de los cuales los bosques son sólo una fracción, por lo que el nivel de protección de estos valiosos ecosistemas es aún menor.

Por lo expuesto la mesa océano propuso, la protección y manejo sustentable de los Bosques de Algas pardas para preservar el stock de carbono y su enterramiento y la Biodiversidad como elementos claves para Adaptar y Mitigar frente al Cambio Climático debido a que:

- Captura cantidades significativas de dióxido de carbono (CO₂)
- Amortigua eventos de de-oxigenación y acidificación del océano
- Provee de efectos paliativos y ayuda a la adaptación frente a eventos climáticos extremos como marejadas y oleaje.

Protección y reducción de la degradación del la Whale pump

Un refugio climático se define como aquellas áreas que, por sus particulares características geoclimáticas y/o una condición poco alterada de sus

ecosistemas y/o una menor presión de uso, poseen cierta capacidad de amortiguar los efectos negativos del cambio climático, que se manifiestan con mayor rigor en otras áreas. Esta condición permite la viabilidad de sus ecosistemas y especies, dentro de ciertos límites. También pueden considerarse refugios, aquellas áreas cuyo patrón climático tendencial, sumado a una menor presión de uso, ofrecen condiciones para albergar especies que están siendo afectadas negativamente por el cambio climático en su actual rango de distribución” (MMA 2017). La identificación de estas áreas debe permitir ser 1) el refugio para las especies ante una diversidad de estresores ambientales, b) mantener o recuperar, según sea el caso, el rol de sumidero de carbono y regulador del clima, como medida fundamental en un escenario de cambio climático.

Roman & McCarthy (2010) mencionan que los grandes cetáceos fertilizan la zona fótica de los océanos alimentándose de presas meso y batipelágicas y defecando heces líquidas en superficie. De esta forma translocan nutrientes que limitan la productividad primaria (como N y Fe) desde las profundidades a aguas superficiales, estimulando una nueva y recurrente producción primaria, con la consiguiente exportación de carbono al océano profundo. La restauración de las poblaciones de ballenas podría aumentar la productividad al hacer disponibles nutrientes limitantes en aquellas áreas consideradas bajas en clorofila incrementando la disponibilidad de Fe y N en la zona fótica de los océanos (Nicol et al., 2010; Doughty et al., 2015). Por su parte, Lutz & Martin (2014) y Lutz et al. (2018) extienden el efecto de los vertebrados sobre la regulación y almacenamiento del carbono atmosférico), argumentando que al menos nueve procesos ecológicos mediados por los vertebrados marinos (escasamente explorados en los modelos tradicionales del ciclo biogeoquímico del carbono) pudiesen tener un rol relevante

En este sentido la Patagonia Chilena, representa una región donde confluyen criterios para la creación de Refugios climáticos (Castilla et al., 2021), no sólo porque representan sitios donde la bomba biológica es muy activa y conlleva a un alto grado de exportación y secuestro de carbono (Iriarte et al. 2010; Torres et al. 2011). Hucke-Gaete (2011) destaca que el estudio del funcionamiento de estos ecosistemas marinos, que cuentan con una alta abundancia de grandes cetáceos alimentándose en estas aguas. Además, las especies de crustáceos claves de estas áreas de altas latitudes (krill, langostinos) consumen un amplio espectro de partículas que concentran

en productos de desecho (ej. pellet fecales) que transportan grandes cantidades de carbono orgánico a zonas profundas del océano, potenciando la bomba biológica de carbono en el período productivo (González et al., 2016) Los actuales factores de estrés en el ecosistema marino están perjudicando a distintas especies, obligándoles a emigrar, adaptarse o bien extinguirse (Henson et al., 2017), alterando el manejo sustentable de distintas actividades como las pesquerías y el turismo.

Por lo expuesto, y dada la ventana de oportunidad que presenta Chile se propone ahondar en refugios climáticos marinos como soluciones basadas en la naturaleza, de modo de lograr:

1. Incorporar al océano como medida de mitigación y adaptación a los compromisos nacionales del país (NDC).
2. Caracterizar e identificar refugios climáticos marinos: Elaborar mapa con potenciales puntos de interés para la ciencia, con especial énfasis en la Patagonia chilena.
3. Establecer figuras de protección marina (o ampliar existentes) en aquellos sectores identificados con características de refugios climáticos para la biodiversidad marina.
4. Generar líneas de investigación para evaluar los cambios que permitan mantener y fortalecer la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los océanos ante el cambio climático.
5. Propender a la valoración de la función ecosistémica de los vertebrados marinos (Oceanic Blue Carbon) y su rol ecológico como sumideros de carbono del océano.
6. Promover un aumento del conocimiento de los co-beneficios que tiene el rol de los vertebrados marinos a través de diversos procesos ecológicos, a nivel de políticas públicas y sus implicancias en la población.

3.5. Soluciones para ciudades basadas en la naturaleza

Más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas, y en Chile más del 87% vive en ciudades (INE 2018). A nivel global, las ciudades son responsables de entre 30% y 40% de las emisiones mundiales de CO₂, gran parte de ellas por el uso sostenido de automóviles. Las ciudades también tienen la complejidad de haber obviado sus ecosistemas al momento de

proponer soluciones de infraestructura, por ejemplo para reducir la congestión, los daños por riesgos socionaturales y/o el manejo del drenaje urbano. Tradicionalmente se ha invertido en infraestructura gris, teniendo un impacto en la densificación de las ciudades, así como en la pérdida de ecosistemas urbanos. De hecho ciertos riesgos se han visto exacerbados por una urbanización no planificada, por la construcción en humedales, en zonas aluvionales, en ribera de ríos, y en zonas con pendientes pronunciadas, entre otras acciones. Las ciudades chilenas no están exentas de estas problemáticas, por ejemplo el relleno y fragmentación de humedales costeros en ciudades (Rojas et al., 2019). En este contexto, las soluciones basadas en la naturaleza han sido identificadas como posibles alternativas para abordar una variedad de problemas urbanos, sobre todo los ligados al drenaje y por su potencial para lograr ciudades vibrantes, saludables, resilientes y sostenibles (Dumitru et al. 2020). Entre las ciudades que han integrado SBN en su planificación y que han indicado sus beneficios se encuentran Rotterdam (Holanda), Malmö (Suecia), Londres (Reino Unido), Copenhague (Dinamarca), Barcelona (España).

Las condiciones adversas en las cuales se verán las ciudades chilenas de norte a sur, por un lado, tienen un efecto global, es decir, como reducir el aumento de las emisiones, donde la electromovilidad corre con ventaja, pero por otro enfrentar las amenazas a nivel local, ofreciendo soluciones a los eventos que se desatan por el cambio climático, como el efecto las olas de calor. Por tanto, los impactos de las SBN en ciudades se pueden distinguir en impactos medioambientales (por ejemplo, reducción de emisiones) y sus impactos sociales (potencial de recreación), por la mayor inclusión de infraestructura verde. En específico los impactos socioambientales, se han documentado las SBN como instrumento de protección frente a eventos climáticos extremos - olas de calor e inundaciones- y para la conservación del hábitat, con foco en su capacidad y eficacia para mitigar los efectos del cambio climático en la población urbana (Cohen-Shacham et al. 2016). Por otro lado, aunque los efectos de las SBN en las comunidades aparecen como indirectos o secundarios, estos son fundamentales para lograr los ODS, por ejemplo, en relación con la salud de las personas, equidad, y cohesión social.

Las estrategias de SBN deben definirse según cada contexto urbano, ya que su impacto variará dependiendo de diferentes factores, por ejemplo, la densidad urbana, microclima, alturas edificatorias, los sistemas de transporte etc. Asimismo, algunas estrategias tendrán efectos secundarios en la forma

en que las ciudades se desarrollan, como cambios en la movilidad o patrones de crecimiento en zonas residenciales. De hecho en una ciudad como Concepción gran parte de sus emisiones se deben al efecto del uso de la energía para calefaccionar sus hogares, donde los hogares de ingreso más alto es el doble que hogares de ingresos bajos y para efectos de planificación urbana tiene un mayor impacto el efecto de la distancia que el de la densidad (Muñiz & Rojas, 2019), por tanto en este caso es clave contener la dispersión urbana.

Algunas estrategias de SBN para incorporar en el diseño y planificación de las ciudades son:

Corredores verdes

Las infraestructuras urbanas, sobre todo las de transporte, han afectado el equilibrio ecológico y reducido la conectividad de los ecosistemas. Tenemos innumerables ejemplos de autopistas que han fragmentado humedales urbanos, sobre todo en Concepción y Valdivia. Por el contrario, no se aprovecha la oportunidad de identificar ejes de movilidad que podrían ser también un espacio para contribuir a los ecosistemas urbanos uniendo cuerpos verdes que de otro modo estarían aislados.

Implementar corredores verdes permitiría incrementar no solo la cobertura verde en ciudades para la recreación y aumento de movilidad activa de sus habitantes (caminata y bicicleta), sino que es un potencial conector para restaurar ecosistemas recuperando la conectividad ecológica de parches vegetacionales. En este tipo de iniciativas puede incorporarse a cerros, islas, humedales urbanos, lagunas urbanas, ríos y riberas, lagos entre otros, permitiendo a los ecosistemas potenciar su capacidad de secuestrar carbono, así como generar espacios que ayuden a la purificación de aire. Al respecto dependerá de factores locales si la contaminación del aire tendrá o no co-beneficios con las emisiones de CO₂, como quedó demostrado para China con la reducción de emisiones de CO₂ y su vez mejoras en calidad del aire por efecto de la reducción de movilidad e industrias por pandemia del COVID-19 (Carbon Brief, 2020).

La nueva política de parques urbanos puede ser una oportunidad para incluir el desarrollo de corredores ecológicos, siguiendo la lógica, por ejemplo, del Plan Verde y de la Biodiversidad de Barcelona en España. También son una oportunidad para generar sistemas de transporte público más limpios, como

la implementación de ejes de transporte público no contaminante. La inclusión de vegetación en estos corredores permite también reducir ruido urbano.

Techos verdes

La utilización de techos verdes puede contribuir a la retención de aguas lluvias, reducir el exceso de temperatura, y generar energías renovables. Por ejemplo, según el plan estratégico de Rotterdam, 10.000 m² de techos multiuso pueden generar hasta 1.25 MW de energías renovables y 80.000 m² de techos verdes pueden retener hasta 2.000 m³ de agua (C40 Cities 2017). Por su parte, Heusinger et al. (2018) compararon el uso de techos verdes versus techos convencionales (negros) identificando una reducción en los primeros del exceso de calor entre un 48 y 75% debido al enfriamiento por evaporación. En Chile, el año 2019 se modificó el artículo 2.6.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) para fomentar el desarrollo de techos verdes en los edificios nuevos. La modificación indica que un máximo del 25% de la azotea debe destinarse a construcciones (cubiertas, quinchos, baños, estanques, salas de máquinas, etc.) y el 75% restante a terraza, vegetación, o paneles solares entre otros. Aunque este cambio en la normativa es positivo, al existir grandes diferencias climáticas a lo largo del territorio, las estrategias deberían ajustarse a las condiciones específicas de cada ciudad. Adicionalmente, su diseño requiere una evaluación detallada para maximizar los beneficios térmicos deseados de los techos verdes.

Reforestación de zonas urbanas

Diversas investigaciones han documentado los beneficios del arbolado urbano y áreas verdes para reducir los efectos de las islas de calor, sin embargo, su correcta utilización dependerá de las características de cada ciudad (edificaciones, clima, etc). Por ejemplo, Almeida et al. (2018) indica que áreas verdes y parques sobre 250.000 m² pueden tener impactos positivos sobre la temperatura urbana, sin embargo, no siempre es posible contar con grandes paños para este uso, menos en ciudades ya consolidadas. Pese a esto, en estos casos es posible obtener beneficios mediante parques urbanos de menor escala y repartidos en la ciudad (Bayulken et al. 2021). Elmqvist et al. (2015) indican que un aumento del 10% en arbolado urbano resultó en una reducción del 3% en 25 ciudades estudiadas en USA, Canadá y China. Por otro lado, un estudio sobre los efectos de parques urbanos con cobertura arbórea mixta y espacios abiertos en Barcelona, indica una disminución de las temperaturas nocturnas entre el parque y el área construida periférica de 3.0 C y 4.5 C (Moreno-García 2019).

Manejo de aguas

Los ecosistemas acuáticos son corredores ecológicos en ambientes urbanos y periurbanos que proveen una variedad de servicios ecosistémicos a la ciudad, y por lo tanto deben ser protegidos. Estos ecosistemas incluyen no sólo los cursos y cuerpos de aguas como cauces, humedales, lagunas y lagos, sino también las zonas riparianas y planicies de inundación, las quebradas, el pie de monte y la vegetación que se desarrolla en estos lugares. Estas áreas además contribuyen a contrarrestar los efectos adversos del cambio climático sobre la población (Rojas, Povdin, Barbosa, 2019). A estos ecosistemas se agregan las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) urbanas, las que permiten replicar el ciclo hidrológico natural, prestando funciones hidrológicas y otros servicios ecosistémicos dentro de la red de drenaje. Un ejemplo de este tipo de soluciones es el High Line de Nueva York, una pasarela verde/parque elevada sobre los raíles de una antigua vía ferroviaria. Desde el punto de vista hidrológico, las SBN pueden proveer una o más de las siguientes funciones :

1. Infiltración o capacidad para introducir aguas lluvias en los suelos, lo que permite reducir el número de eventos de escorrentía, junto con los volúmenes y caudales de agua lluvia superficial: Además, mediante una adecuada distribución espacial de las SBN, esta función permite incorporar aguas lluvias al sistema natural antes de que se ensucien con contaminantes depositados en las superficies urbanas. Ejemplos de SBN que incorporan infiltración son los jardines infiltrantes y los pavimentos permeables, los que podrían implementarse en muchas zonas impermeables de las construcciones del Estado.

2. Almacenamiento o la capacidad para detener la escorrentía urbana por tiempos prolongados, lo que permite reducir los caudales máximos de aguas lluvias urbanas, disminuyendo los impactos sobre la infraestructura de drenaje y sobre los ecosistemas acuáticos y su geomorfología, ubicados aguas abajo. Ejemplos de SBN que incorporan almacenamiento son los estanques de retención, los que pueden estar implementados en plazas y parques.

3. Conducción o capacidad para trasladar aguas lluvias con velocidades de escurrimiento bajas producto de un diseño que incorpora secciones naturales y la presencia de vegetación y elementos de paisajismo. Una conducción provista por SBN permite reducir los caudales máximos hacia aguas abajo, con implicaciones similares a las descritas para la función de almacenamiento. Esta práctica permitiría complementar o reemplazar los sistemas de drenaje artificiales subterráneos, los que son caros y poco flexibles en el tiempo. Ejemplos de SBN que incorporan conducción son los denominados parques fluviales, zanjales con vegetación en costados de calles y canales urbanos superficiales.

El Manual de Drenaje Urbano del Ministerio de Obras Públicas incorpora una variedad de SBN que implementan estas tres funciones hidrológicas, con

procedimientos de diseño y ejemplos de aplicación. Estas soluciones deben comenzarse a aplicar masivamente en áreas urbanas pilotos que incluyan espacios para su implementación, tales como plazas, parques, estacionamientos y calles. Buenas ubicaciones para la aplicación de estos pilotos son todas aquellas ciudades con alta presencia de ecosistemas acuáticos (cauces, humedales y lagos), donde el control de las aguas lluvias permitiría, además de reducir las inundaciones urbanas, controlar la calidad de estos ecosistemas, los que se ven negativamente afectados por el lavado superficial de contaminante o el colapso de sistemas combinados (aguas servidas + aguas lluvias). Una excelente oportunidad para fortalecer la implementación de SBN es la reciente ley de humedales urbanos, la que permitirá incorporar en las inversiones estos espacios y potenciar su capacidad de regulación hidrológica en proyectos urbanos sustentables, mediante el llamado diseño sensible al agua.

Restauración de cerros isla urbanos

Las montañas y cerros son un componente fundamental de la geografía chilena y una formación bastante conspicua son los cerros isla. Estos cerros corresponden a una elevación local de la superficie terrestre, delimitada en todo su contorno por un cambio de pendiente notorio, siendo vestigios de antiguas montañas ya erosionadas (Lugo, 2011). Los cerros isla urbanos son aquellos que han quedado total o parcialmente inmersos en una ciudad. La restauración y reforestación de estos cerros es una solución basada en la naturaleza aplicable en las ciudades chilenas, que permite multiplicar la capacidad de captura y almacenamiento de carbono, y además genera múltiples otros beneficios sociales y ambientales.

En 12 ciudades chilenas se han contabilizado 69 cerros isla (Picón et al., 2020). Para implementar soluciones basadas en la naturaleza, se deben considerar las ciudades localizadas en la zona centro y sur del país, cuyas condiciones climáticas hacen factible la restauración y reforestación. Desde Santiago al sur, hay 46 cerros isla urbanos, la mayoría de los cuales se encuentra en las áreas metropolitanas de Santiago (n=24) y Concepción (n=14). En cuanto a la cobertura del suelo, en Santiago, Rancagua y Talca (n=28 cerros) predominan los matorrales, seguido por praderas silvestres y otras coberturas. En Concepción, Temuco-Padre Las Casas, Puerto Montt y Coyhaique (n=18) el bosque nativo ocupa alrededor del 40% de la superficie de los cerros, seguido por matorrales y plantaciones forestales (Picón et al., 2020).

La capacidad de captura y almacenamiento de C, depende de la cantidad de árboles que se establezcan en los cerros, y en el más largo plazo se podría sumar la capacidad de captura de los suelos, en la medida en que también se van restaurando mediante la forestación. En el Área Metropolitana de Santiago hay 24 cerros isla urbanos, que suman en total 5.534 hectáreas, de las cuales 1.629 son susceptibles de restauración (Picón et al., 2020). Con una densidad de plantación de 700 árboles por hectárea (mas baja que en ecosistemas nativos), se podrían plantar poco más de 1.140.000 árboles. En el Área Metropolitana de Concepción se identificaron 14 cerros que suman 1.547 hectáreas, de las cuales 346 carecen de cobertura arbórea. En esta superficie se podrían plantar 346.000 árboles. En Temuco y Padre Las Casas se pueden restaurar 339 hectáreas de los cerros Nielol y Conun-Huenu, incorporando 339.000 árboles. En un cálculo realizado para el Cerro Chena, Retamal (2015) concluye que el aumento de la cobertura de bosque nativo, con una densidad de 700 árboles/há, permitiría incrementar en un 86% la actual tasa de captura de material particulado y otros contaminantes, aumentar en un 104% la infiltración de las aguas lluvia y aumentar en un 91% el control de la erosión de las laderas. Respecto del riego necesario para el establecimiento de los árboles, hay evidencia de que es posible contar con agua de riego implementando sistemas más eficientes que los actualmente utilizados en áreas verdes urbanas, en las cuales se riega por sobre las necesidades de las plantas (Reyes-Paecke et al., 2019).

4. Relación con instrumentos de política pública

4.1. Contribución Nacionalmente Determinada

Las SBN aparecen explícitamente en la **Contribución Nacionalmente Determinada** (NDC, 2020), como uno de los seis criterios del pilar social de transición justa y desarrollo sostenible que aplica a toda la NDC. Además se vuelve a mencionar en la componente de integración, donde se incluyen enfoques que mitigación y adaptación al mismo tiempo. Dentro de este componente SBN se mencionan para las acciones relacionadas con el sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS). En sector UTCUTS es un sumidero de CO2 neto en el país y por lo tanto fundamental para lograr el objetivo de carbono neutralidad. Incluir este sector en el pilar

de integración asegura que las medidas que se implementen para mantener o incrementar la capacidad de sumidero deba aportar al mismo tiempo a la adaptación como a los objetivos de desarrollo sostenible más globalmente.

4.2. Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)

Dentro del proceso de elaboración de la ECLP hubo una mesa que discutió el rol de las funciones ecosistémicas y las SBN en la visión de largo plazo de la acción climática. Como resultado de ese ejercicio, los conceptos claves asociados a estos conceptos fueron: economías locales, cosmovisión indígena, manejo integrado de territorios, conservación y protección de la biodiversidad, protección del recurso hídrico y economía circular, entre otros. Se nota por lo tanto que SBN permite no solamente integrar mitigación, adaptación y ODS, sino también permite vincular estos ámbitos con el territorio. El mismo documento presenta algunas ideas para materializar los conceptos asociados con SBN, la mayoría de ellas relacionadas con la planificación territorial.

5. Brechas

Es necesario implementar un gran programa nacional para medir y monitorear el ciclo del carbono en nuestro país, que permita caracterizar los ecosistemas marinos y humedales y que genere información estandarizada sobre los bosques y los suelos a nivel nacional. Hoy en día existen solo dos torres que permiten medir flujos de carbono en bosques (Eddy Covariance), esto debiera cambiar.

6. Recomendaciones

- a) De acuerdo con las directrices del IPCC de 2006, sólo se consideran en los inventarios de GEI los bosques gestionados que han permanecido en mismo tipo de uso de la tierra por al menos 20 años. Estos bosques corresponden a aquellos que son manejados bajo la figura de planes de manejo que considera la ley de bosques y aquellos bosques nativos dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). A este respecto, y tal como se enfatizó en el reporte de

biodiversidad para la COP25 (Marquet et al. 2019), es importante revisar la Ley de Bosques para incrementar los incentivos al manejo y restauración de bosques nativos y generar mayores superficies que entren en la contabilidad. Por otro lado, también es importante realizar una labor estratégica de conservación que permita aumentar la actual red de Áreas Protegidas para proteger aquellos ecosistemas que aún están sub-representados en el SNASPE y con especial consideración al cambio climático (Fuentes et al. 2019, Hannah et al 2020) y dotarlos a cada uno con un plan de manejo efectivo que considere el cambio climático y la protección de los stocks de carbono que poseen tanto sobre como bajo el suelo. Los co-beneficios para la biodiversidad, el suelo, el ciclo hidrológico y la calidad del aire son de gran magnitud, así como los beneficios sociales y de calidad de vida asociados.

- b) Es de suma importancia atacar el problema de uso de leña sobre todo en la zona centro sur de Chile donde este es de gran magnitud. Esto requiere, por un lado la implementación de mecanismos eficientes de fiscalización así como subsidios y cambios tecnológicos. Griscom et al. (2017) señalan que el 49% de las emisiones que provienen de leña se podrían mitigar si se subsidiarían mejores cocinas y estufas a leña. Lo anterior debe ir asociado a un programa de mejoramiento en el aislamiento energético de las viviendas. Reducir el uso de leña no sólo tiene un impacto positivo en la biodiversidad y en la captura de carbono en los bosques, sino que además enormes beneficios sociales y en la salud de las personas. La contaminación que surge de la combustión de la madera tiene una mayor toxicidad ya que la distribución del tamaño de las partículas del humo de la madera es más fina que la de la mayoría de las fuentes dando origen a PM2.5. Por ejemplo, en la temporada de invierno de Temuco, la concentración de PM 2.5 representa el 80-90% del total de las partículas del ambiente, mientras que en Santiago es sólo del 30-60% (Schiappacasse et al., 2013, Schueftan & González, 2015).
- c) Es importante considerar metas y objetivos de reducción de emisiones provenientes de incendios forestales e implementar acciones integrales que involucren capacitación y educación además del financiamiento de

tecnología de monitoreo, prevención y mitigación de incendios forestales.

- d) Es importante incluir dentro de los inventarios de emisiones del país las emisiones y capturas asociadas a ecosistemas de humedales. Estos actualmente no se contabilizan, sólo se consideran las transformaciones de humedales a otro uso de la tierra.
- e) Una propuesta de SBN en el marco del Cambio Climático debería incluir una visión ecosistémica integrada (cuenca), en un contexto de ciclos naturales como los del agua y carbono y que considere las diferentes realidades de Chile (González et al., 2021, en prep.). Se recomienda que estas acciones puedan responder a desafíos medioambientales (conservación, protección y uso sustentable de los ecosistemas), económicos (ser viables) y sociales (bienestar humano). Además, sus fundamentos deberían estar basados en (i) procesos de gobernanza inclusivos (desde instituciones como universidades a agrupaciones humanas, como pueblos originarios), (ii) transparentes (decisiones y datos públicos) y (iii) empoderados (con apoyo en legal y jurídico). Además, su gestión debe ser adaptativa, pudiendo ser revisada en base a la evidencia científica (UICN, 2020).
- f) La incorporación del océano en las SBN se traduce en una posibilidad concreta para el país de avanzar hacia un desarrollo más sustentable, que se verá reflejado en las localidades costeras que utilizan los recursos naturales marinos, pero también a nivel global, donde al mejorar su comportamiento ambiental, Chile automáticamente mejorará la imagen país ante la comunidad internacional. Relativo a las recomendaciones del conjunto de soluciones basadas en la naturaleza propuestas en Farias et al., (2019) se pondera:

1. Considerar los sumideros oceánicos en el presupuesto de carbono de Chile. En la actualidad, se estiman como secuestradores solamente a los bosques y plantaciones terrestres, aunque existe una fuerte evidencia de que estas últimas no son eficientes secuestradores de carbono y que poseen muchas externalidades negativas. Existen enfoques metodológicos utilizados para cuantificar los sumideros de carbono terrestres, pero aun no bien consolidados para los oceánicos, como los ecosistemas costeros con vegetación (carbono azul). No obstante, Martin et al. (2016) realizan un inventario de los países que incluyen medidas NDC basadas en carbono azul, sean estas medidas de mitigación y/o adaptación (Anexo 1). Al respecto hay países que lo están

proponiendo como Costa Rica (<https://es.slideshare.net/CIFOR/inclusin-del-carbono-azul-en-ndcs-costa-rica>) y México.

2. Inventariar ecosistemas carbono azul, y estimar la magnitud de los reservorios de carbono y las tasas de entierro de carbono, respectivas. Además, de realizar una evaluación exhaustiva del estado de protección y restauración de estos reservorios de carbono.

3. Valorizar y darles valor económico a todos los servicios ecosistémicos asociados a los ecosistemas carbono azul; procedimiento ya realizado y guiado por otros países y con antecedentes técnicos y ambientales (ejemplo Murray et al., 2011).

4. Incorporar servicios ecosistémicos asociados a marismas o bosques de macroalgas, en las Estrategias de Reducción de Riesgos Costeros dado todos sus co-beneficios.

5. Priorizar la protección ante la restauración. Los ecosistemas costeros son una reserva clave de carbono tanto para el corto plazo, en la biomasa viva, como a largo plazo en el sedimento (enterramiento); entonces es imperativo proteger las fuentes de carbono si queremos maximizar el entierro de carbono orgánico. Otra razón, para proteger los ecosistemas carbono azul, es porque no solo la restauración de los hábitats costeros marinos es de 100 a 400 veces más costosa que la restauración de hábitats terrestres, sino además porque la investigación sugiere que la restauración de hábitats costeros ha tenido solo éxito limitado (Bayraktarov et al., 2016).

6. Fortalecer, de manera sustantiva, la normativa o leyes para que se valore y proteja al océano y sus ecosistemas valiosos desde el punto de vista climático (como fondos marinos, humedales costeros, bosques de algas, etc.), esto debido al fortalecimiento de su labor tanto en adaptación como en mitigación al cambio climático; incluyendo como piso mínimo a nivel constitucional el principio de desarrollo sustentable (pilar social, ambiental y económico) y el principio precautorio.

7. Proponer planes de manejo apoyados en la observación in situ para todos los usos de recursos sujetos a explotación.

8. Gestionar financiamiento de acciones climáticas canalizada por el gobierno con ayuda participativa de ONG especializadas y otros organismos de la

sociedad civil. Debe existir integración de acción climática a través del gobierno en presupuestos y planificación para la inversión, el aprovechamiento de la proximidad de la NDC y la necesidad de dar cumplimiento a ODS, ambas buenas oportunidades para la planificación, protección y restauración de ecosistemas degradados o explotados. Al respecto, el carbono azul tiene un alto potencial para ser financiado desde diferentes flancos, ya que impacta en diferentes cadenas productivas y ambientales para los países.

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

7. Referencias

Aitken, D., Rivera, D., Godoy-Faúndez, A., & Holzapfel, E. (2016). Water scarcity and the impact of the mining and agricultural sectors in Chile. *Sustainability*, 8(2), 128.

Almeida, C. M. V. B., M. V. Mariano, F. Agostinho, G. Y. Liu, and B. F. Giannetti. 2018. Exploring the potential of urban park size for the provision of ecosystem services to urban centres: A case study in São Paulo, Brazil. *Building and Environment* 144: 450–458. doi:10.1016/j.buildenv.2018.08.036.

Astorga, L., and H. Burschel (eds.). 2019. Chile necesita un nuevo modelo forestal: Ante los desafíos climáticos, sociales y ambientales. LOM Ediciones, Santiago, Chile.

Bayulken, B., D. Huisinigh, and P. M. J. Fisher. 2021. How are nature based solutions helping in the greening of cities in the context of crises such as climate change and pandemics? A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production* 288: 125569. doi:10.1016/j.jclepro.2020.125569.

Bayraktarov, E., et al. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications* 26, 1055-1074

Buschmann, A.H., R.A. Stead, M.C. Hernández-González, S.V. Pereda, J.E. Pareses & M.A. Maldonado (2013). Un análisis crítico sobre el uso de macroalgas como base para una acuicultura sustentable. *Rev. chil. hist. nat.* vol.86 no.3 doi.org/10.4067/S0716-078X2013000300003.

C40 Cities. 2017. Case Study. Cities100: Rotterdam - Mitigation Meets Adaptation on Rotterdam's Rooftops. C40 Cities Climate Leadership Group.

Carbon Brief, 2020. Analysis: Coronavirus temporarily reduced China's CO2 emissions by a quarter <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter> (accessed 1.3.21)

Castilla J.C., J. J. Armesto y M. J. Martínez-Harms (Eds.). 2021. *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*, Santiago, Chile: Ed. Universidad Católica de Chile (en prensa).

CBD. 2009. *Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation*.

Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen, and S. Maginnis, ed. 2016. *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN International Union for Conservation of Nature. doi:10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.

Cohen-Shacham, E., A. Andrade, J. Dalton, N. Dudley, M. Jones, C. Kumar, S. Maginnis, S. Maynard, et al. 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 98: 20–29. doi:10.1016/j.envsci.2019.04.014.

Doughty, C. E., Roman, J., Faurby, S., Wolf, A., Haque, A., Bakker, E. S., ... & Svenning, J. C. (2016). Global nutrient transport in a world of giants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(4), 868–873.

Duarte, CM, Losada IJ, Hendriks IE, et al. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nat Clim Change* 3: 961–68.

Duarte, CM, Dennison WC, Orth RJW, Orth RJ, Carruthers TJB. (2018). The charisma of coastal ecosystems: addressing the imbalance. *Estuar Coasts*. 2008; 31:233–8.

Duarte, CM, Middelburg J, Caraco N (2005) Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2, 1–8.

Dumitru, A., N. Frantzeskaki, and M. Collier. 2020. Identifying principles for the design of robust impact evaluation frameworks for nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy* 112: 107–116. doi:10.1016/j.envsci.2020.05.024.

Elmqvist, T., H. Setälä, S. Handel, S. van der Ploeg, J. Aronson, J. Blignaut, E. Gómez-Baggethun, D. Nowak, et al. 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 101–108. doi:10.1016/j.cosust.2015.05.001.

Erb, K. NbS., Luyssaert, S., Meyfroidt, P., Pongratz, J., Don, A., Kloster, S., Kuemmerle, T., Fetzel, T., Fuchs, R., Herold, M., Haberl, NbS., Jones, C. D., Marín-Spiotta, E., McCallum, I., Robertson, E., Seufert, V., Fritz, S., Valade, A., Wiltshire, A., & Dolman, A. J. (2017). Land management: data availability and process understanding for global change studies. *Global Change Biology*, 23(2), 512–533. <https://doi.org/10.1111/gcb.13443>

European Commission, and Directorate-General for Research and Innovation. 2015. *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: final report of the Horizon 2020*

expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities': (full version). Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Farías, L., Ubilla K., C. Aguirre, L. Bedriñana, R. Cienfuegos, V. Delgado, C. Fernández, M. Fernández, A. Gaxiola, H. González, R. Hucke-Gaete, P. Marquet, Vivian Montecino, C. Morales, D. Narváez, M. Osses, B. Peceño, E. Quiroga, L. Ramajo, H. Sepúlveda, D. Soto, E. Vargas, F. Viddi, J. Valencia. Nueve medidas basadas en el océano para las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional de Chile. Comité científico COP25, mesa Océanos, 93 páginas.

Fargione, J. E., S. Bassett, T. Boucher, S. D. Bridgham, R. T. Conant, S. C. Cook-Patton, P. W. Ellis, A. Falcucci, et al. 2018. Natural climate solutions for the United States. *Science Advances* 4: eaat1869. doi:10.1126/sciadv.aat1869.

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., Sheppard, L. J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J. N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A. F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M., & Voss, M. (2013). The global nitrogen cycle in the Twentyfirst century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621).

Fuentes-Castillo, T., Scherson, R. A., Marquet, P. A., Fajardo, J., Corcoran, D., Román, M. J., & Pliscoff, P. (2019). Modelling the current and future biodiversity distribution in the Chilean Mediterranean hotspot. The role of protected areas network in a warmer future. *Diversity and Distributions*, 25(12), 1897-1909.

González H. E., M. Graeve, G. Kattner, N. Silva, L. Castro, J.L. Iriarte, L. Osmán, G. Daneri y C. Vargas. 2016. Carbon flow through the pelagic food web in southern Chilean Patagonia: relevance of *Euphausia vallentini* as key species. *Marine Ecology Progress Series* 557: 91-110. Doi: 10.3354/meps11826.

González H. E. et al. (2021) Visión integrada de datos, Información y Monitoreo. Comité Científico para el Cambio Climático, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (en preparación).

González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R., J., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C.,

Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I . 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile.

Gonzalez, P. (2019). Consumo y mercado de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Griscom, B. W., J. Adams, P. W. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax, D. A. Miteva, W. H. Schlesinger, D. Shoch, et al. 2017. Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 11645–11650. doi:10.1073/pnas.1710465114.

Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Marquet, P. A., Enquist, B. J., Midgley, G., Foden, W., ... & Boyle, B. (2020). 30% land conservation and climate action reduces tropical extinction risk by more than 50%. *Ecography*. <https://doi.org/10.1111/ecog.05166>

Henson, SA, Beaulieu, C., Ilyina, T. John, J., Long, M., Séférian, R., Tjiputra, J. & Sarmiento, JL. (2017). Rapid emergence of climate change in environmental drivers of marine ecosystems. *Nature Communication* 8: 14682. DOI: 10.1038/ncomms14682

Heusinger, J., D. J. Sailor, and S. Weber. 2018. Modeling the reduction of urban excess heat by green roofs with respect to different irrigation scenarios. *Building and Environment* 131: 174–183. doi:10.1016/j.buildenv.2018.01.003.

Henderson, B., Gerber, P., Hilinski, T., Falcucci, A., Ojima, D., Salvatore, M., Conant, R. (2015). Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 207, 91–100.

Howard, J., et al. (2017). Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. *Front. Ecol. Environ.* 15, 42–50 doi:10.1002/fee.1451

Hucke-Gaete, R. (2011). Whales might also be an important component in Patagonian fjord ecosystems: comment to Iriarte et al. *Ambio*, 40(1), 104–105. DOI: 10.1007/s13280-010-0110-8

INE. 2018. Síntesis de resultados Censo 2017. Instituto Nacional de Estadísticas.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth*

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781107415416.

Informe TESES: Identificación de superficies potenciales de bosque nativo para el incremento de secuestro de carbono. Núcleo TESES, Centro de Estudios Ambientales Universidad Austral de Chile, 2020.

INGEI (2018). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Chile 1990-2016. Ministerio del Medio Ambiente.

IPBES (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (<https://www.ipbes.net/news/ipbes-global-assessment-summary-policymakers-pdf>).

Iriarte, JL., Gonzalez HE. & Nahuelhual, L. (2010). Patagonian Fjord Ecosystems in Southern Chile as a Highly Vulnerable Region: Problems and Needs. *Ambio*, 39: 463–466.

Kennedy H, Beggins J, Duarte CM, Fourqurean JW, Holmer M, Marbà N, Middelburg JJ (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles* 24 GB4026, doi:10.1029/2010GB003848.

Krause-Jense D. & Duarte, C.M. (2016). Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geoscience*. DOI:10.1038/NGEO2790

Lehmann, J. (2009). Biological carbon sequestration must and can be a win-win approach. *Climatic Change*, 97(3-4), 459.

Lorenz, K and Lal, R. (2018). *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*. Springer Science + Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92318-5>

Lugo Hubp, José. 2011. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México: México DF. ISBN: 970-32-2965-4
<http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/32/32/95-1>

Lutz, S.J., H. Pearson, J. Vatter & D. Bhakta (2018). Oceanic Blue Carbon. Arendal: GRID-Arendal.

Lutz, SJ. & Martin, AH. (2014). Fish Carbon: Exploring Marine Vertebrate Carbon Services. GRID-Arendal, Arendal, Norway.

Marquet, P. A., K. Hodges, J. B. C. Jackson, and S. Naeem. 2019. Navigating the great transformation in biodiversity and climate. *Science Advances*. The Blue Carbon Initiative (s.f.). Disponible en <https://www.thebluecarboninitiative.org/>

Marquet, P.A., A. Altamirano, M.T.K. Arroyo, M. Fernández, S. Gelcich, K. Górski, E. Habit, A. Lara, A. Maass, A. Pauchard, P. Pliscoff, H. Samaniego, C. Smith-Ramirez (editores) (2019). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Marquet, P.A., E. Arellano, R. Arriagada, M. Fernández, A. Gaxiola, C. León, F. Meza, R. Larraín, P. Pliscoff, S. Reyes, J. Vargas (2021) Diseño estratégico de proyecto de evaluación de soluciones basadas en la naturaleza para Chile. TNC, CCG, Santiago, Chile.

Martin, A., Landis, E., Bryson, C., Lynaugh, S., Mongeau, A., & Lutz, S. (2016). Blue Carbon - Nationally Determined Contributions Inventory. Appendix to: Coastal blue carbon ecosystems. Opportunities for Nationally Determined Contributions. Published by GRID-Arendal, Norway

MMA (2017). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017- 2030. Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile

Moreno-García, M. del C. 2019. The Microclimatic Effect of Green Infrastructure (GI) in a Mediterranean City: the Case of the Urban Park of Ciutadella (Barcelona, Spain). *Arboriculture & Urban Forestry* 45: 100–108.

Muñiz, I. & Rojas, C. (2019). Urban form and spatial structure as determinants of per capita greenhouse gas emissions considering possible endogeneity and compensation behaviors. *Environmental Impact Assessment Review*, 76, 79-87

Murray, BC, Pendleton L, Jenkins WA, Sifleet S (2011) Green payments for blue carbon: Economic incentives for protecting threatened coastal habitats. *Nicholas Inst Environ Policy Solut Rep* NI 11(4).

Nicol, S., Bowie, A., Jarman, S., Lannuzel, D., Meiners, KM., Van Der Merve, P. (2010). Southern Ocean iron fertilization by baleen whales and Antarctic krill. *Fish Fish* 11:203–9

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G., Smith, P. (2016) Climate – smart soils. *Nature* 532, 49 – 57.

Pendleton, L, Donato DC, Murray BC, Crooks S, Jenkins WA, et al. (2012). Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE* 7(9): e43542. doi:10.1371/journal.pone.0043542

Pérez-Matus, A., Carrasco, S., Gelcich, S., Fernández, M. & Wieters, E. (2017). Exploring the effects of fishing pressure and upwelling intensity over subtidal kelp forest communities in Central Chile. *Ecosphere*, 8(5): e01808. doi: 10.1002/ecs2.1808.

Pfister, C.A., Berry, H.D, Mumford, T. (2018).The dynamics of Kelp Forests in the Northeast Pacific Ocean and the relationship with environmental drivers. *J. Ecol.*; 106: 1520– 1533. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12908>

Picón, C., Contreras, C., Reyes-Paecke, S., De la Barrera, F., Berrizbeitía, A., & Truffello, R. (2020) Cerros isla: piezas clave para la planificación ecológica de ciudades. Informe de Síntesis Workshop 1. Realizado el 25.08.2020 Santiago , Chile.

Plan Verde y de la Biodiversidad DE Barcelona. Online <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/que-hacemos-y-porque/ciudad-verde-y-biodiversidad/plan-verde-y-la-biodiversidad>

Rojas, C., Munizaga, J., Rojas, O., Martínez, C. & Pino, J. (2019). Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: lessons for sustainable land use planning. *Land Use Policy*, 80, 47 - 56.

Rojas, C., Podvin, K., Barbosa, O. (2019). Desafíos y oportunidades para un desarrollo urbano sustentable, equitativo y resiliente. En: Koleff, P., Figueroa, A., Saavedra, B., Rojas, C., Lehm, Z., Tironi M., et. al (2019). Biodiversidad, Género y Cambio Climático: Propuestas basadas en conocimiento. Iniciativa Latinoamericana y el Caribe. Santiago de Chile, 19-26.

Roman, J., & McCarthy, JJ. (2010). The whale pump: Marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PLoS ONE* 5(10): e13255. doi:10.1371/ journal.pone.0013255.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., 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*, 375(1794), 20190120.

Stanley, P., Rowntree, J., Beede, D., DeLonge, M., Hamm, M. (2018). Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems* 162, 249–258

The Blue Carbon Initiative (s.f.). Disponible en <https://www.thebluecarboninitiative.org/>

Torres, R, S Pantoja, N Harada , HE González, G Daneri, M Frangopulos, JA Rutllant, CM Duarte, S Ruiz Halpern, E Mayol, M Fukasawa (2011). Air sea CO2 fluxes along the coast of Chile: From CO2 outgassing in central northern upwelling waters to CO2 uptake in southern Patagonian fjords. *Geophysical Research Oceans* 116(C09006). [https:// doi.org/10.1029/2010JC006344](https://doi.org/10.1029/2010JC006344).

UICN (2020). Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco fácil de usar para la verificación, diseño y ampliación de las soluciones basadas en la naturaleza. 1ra ed. Gland, Suiza, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

BORRADOR - NO DISPONIBLE

8. Anexos

Anexo 1: Tabla Co-beneficios asociados a las vías naturales. Resumimos las publicaciones que aportan pruebas de que un determinado tipo de servicio del ecosistema se mejora debido a la implantación de una vía. Las celdas en blanco indican casos en los que no identificamos pruebas claras de servicios de los ecosistemas mejorados. Véase la sección Detalles de los métodos para la definición de cada uno de los cuatro tipos de servicios (biodiversidad, agua, suelo, aire). Fuente: Griscom et al. 2017.

	Biodiversidad (alfa, beta, gama)	Agua (filtración, control de inundaciones)	Suelo (enriquecimiento)	Aire (filtración)
Bosques				
Evitar la conversión forestal	"Los resultados indican el valor irremplazable de los bosques primarios continuos para la conservación de la biodiversidad"	"Mejora de la disponibilidad de agua para el riego de los cultivos, mitigación de la sequía; prevención de la sedimentación y regulación del agua para las represas hidroeléctricas"	Retención de agua y regulación del flujo. Mantiene las propiedades biológicas y físicas del suelo asegurando la salud y la productividad de los bosques.	Beneficios de la reforestación para la disminución del ozono. Múltiples estudios de modelización describen los beneficios para la salud de la filtración del aire por los bosques.
Reforestación	Las plantaciones de árboles pueden	Mejora de la disponibilidad de	Aumento medido de la fauna del suelo	Beneficios de la reforestación para

	crear corredores de vida silvestre y zonas de amortiguación que mejoren la conservación biológica.	agua para el riego de los cultivos, la mitigación de la sequía, la prevención de la sedimentación y la regulación del agua para las represas hidroeléctricas.	en los sitios reforestados. Durante las condiciones de sequía, las lombrices de tierra sólo sobrevivieron en las zonas reforestadas.	la reducción de la capa de ozono. Múltiples estudios de modelización describen los beneficios para la salud de la filtración del aire por los bosques.
Manejo de Bosques Naturales	"La riqueza de especies de invertebrados, anfibios y mamíferos disminuye a medida que aumenta la intensidad de la tala".	La cosecha que elimina grandes proporciones de biomasa aumenta los flujos de agua y las inundaciones, alterando así la integridad de los ecosistemas de agua dulce.	La recolección de madera que elimina grandes cantidades de desechos leñosos reduce las propiedades biológicas y físicas del suelo, con lo que disminuye la salud y la productividad.	
Mejoras a las plantaciones	Las plantaciones forestales que consideran el tipo de comunidad, como policultivos sobre monocultivos, nativos sobre exóticos,			

	replicación de patrones de perturbación, rotaciones más largas y raleo temprano pueden mejorar la biodiversidad.			
Manejo del Fuego	Un manejo de los incendios que imite los regímenes históricos naturales de los incendios puede mejorar la biodiversidad forestal.	Los bosques que sobreviven a los incendios (es decir, la reducción de los incendios silvestres catastróficos) contienen más materia orgánica, las propiedades del suelo mejoran y los períodos de recuperación más cortos mejoran la infiltración y la retención del agua.	Los bosques que sobreviven a los incendios (es decir, la reducción de los incendios silvestres catastróficos) contienen más materia orgánica, las propiedades del suelo mejoran y los períodos de recuperación más cortos mejoran la infiltración y la retención del agua.	"Posibilidad de pequeños aumentos de la mortalidad debido a aumentos abruptos y drásticos de las concentraciones de materia particulada procedentes del humo de los incendios forestales".
Evitar la recolección de leña	La recolección de leña reduce el material saproxílico utilizado como alimento y hábitat para los	La limitación de la compactación del suelo durante la recolección de leña reduce la erosión y aumenta la	La cosecha de madera para combustible causa la compactación del suelo y una perturbación que	Las cocinas más eficientes mejoran la calidad del aire interior y "reducen la incidencia de la mortalidad y las

	organismos y la fauna de los bosques.	retención de agua en los bosques.	puede cambiar las propiedades químicas del suelo.	enfermedades".
Vía	Biodiversidad (alfa, beta, gama)	Agua (filtración, control de inundaciones)	Suelo (enriquecimiento)	Aire (filtración)
Agricultura y pastizales				
Evitar la conversión de los pastizales	Hábitat importante para las aves que anidan y se alimentan.	Los pastizales permanentes proporcionan un "control de las inundaciones biológicas" y mantienen el equilibrio hídrico del ecosistema asegurando recursos hídricos adecuados.	"Los macroinvertebrados del suelo son presas importantes para la cría de aves zancudas en los pastizales húmedos de las tierras bajas".	
Biocarbón			La adición de biocarbón mejora la calidad del suelo y la fertilidad en las regiones templadas.	
Manejo de nutrientes de las tierras de cultivo	Aumento de la riqueza y la abundancia de las	Beneficios asociados con la mejora de la	Una mejor gestión de los nutrientes mantiene la	"La gestión precisa de los nutrientes del suelo puede

	especies de peces..	calidad del agua potable, mayores oportunidades de recreación y beneficios para la salud.	fertilidad del suelo.	reducir las emisiones de amoníaco y óxido nítrico".
Agricultura de conservación		Reduce la demanda de agua para la agricultura con cultivos de cobertura apropiados.	Reduce la erosión del suelo y la redistribución manteniendo la profundidad del suelo y la retención del agua.	
Árboles en zonas de cultivos	La agroforestería proporciona un hábitat para las especies y favorece la conectividad.	Control de la erosión y recarga de agua.	Reducción de la erosión del suelo.	La plantación de árboles ayuda a capturar las partículas del aire y los gases contaminantes.
Pastoreo - Manejo de animales				
Pastoreo - Intensidad óptima	Un gradiente de pastos intensivos a pastos extensivos reduce la perturbación general de las interacciones entre	Casi el 70% del uso del agua para el ganado se produce durante el pastoreo en las granjas, las prácticas de	El sobrepastoreo puede reducir la capacidad de los suelos para atrapar contaminantes y provocar la liberación de estos	

	plantas e insectos.	pastoreo controlado pueden reducir el uso del agua en los pastos controlados.	y otros sedimentos en suspensión.	
Pastoreo - Legumbres en los pastos	La presencia de legumbres en la pradera conduce a una mayor diversidad de insectos herbívoros y depredadores.		"Las leguminosas prestan otros servicios ecológicos, como la mejora de la estructura del suelo, la protección contra la erosión y una mayor diversidad biológica".	
Pastoreo - Alimento mejorado				
Mejoramiento del cultivo de arroz		La alternancia de drenaje húmedo, seco y de media estación de los campos de arroz irrigados reduce la demanda de agua para la agricultura(152). El uso de aguas grises en la agricultura puede		

		reducir el consumo bruto de agua.		
Vía	Biodiversidad (alfa, beta, gama)	Agua (filtración, control de inundaciones)	Suelo (enriquecimiento)	Aire (filtración)
Humedales				
Impactos evitados en los humedales costeros	Mantiene el suministro de la estructura, los nutrientes y la productividad primaria y los viveros de peces y camarones de importancia comercial.	Los humedales costeros tienen un valor económico estimado de 785 a 34.700 dólares en valor de tratamiento de aguas residuales.	Beneficios de la transferencia de nutrientes entre sistemas a los arrecifes de coral, protección costera y regulación de la calidad del agua.	La plantación de árboles ayuda a capturar las partículas del aire y los gases contaminantes.
Impactos evitados en las turberas	"Las turberas boreales contienen insectos distintivos además de generalistas ampliamente distribuidos" .	Los humedales y los suelos de los humedales atenúan las inundaciones .	Los humedales y los suelos de los humedales atenúan las inundaciones .	El drenaje y la tala de bosques aumentan el riesgo de incendio de la turba. La exposición a los contaminantes procedentes de los incendios de turba aumenta la necesidad de

				servicios de salud para tratar los trastornos pulmonares y de los pulmones.
Restauración de humedales costeros	Mantiene el suministro de la estructura, los nutrientes y la productividad primaria y los viveros de peces y camarones comerciales.	Beneficios del control de inundaciones y de la filtración del agua de los manglares y de otros humedales costeros.	Beneficios de la transferencia de nutrientes entre sistemas a los arrecifes de coral, protección costera y regulación de la calidad del agua.	La plantación de árboles ayuda a capturar las partículas del aire y los gases contaminantes.
Restauración de turberas	La regeneración de las turberas restablece diversas comunidades.	Tratamiento de aguas residuales y remediación de aguas pluviales.	La restauración de las tierras degradadas a una alta productividad depende de las especies de fauna que ayudan a desarrollar la estructura y la fertilidad del suelo.	La exposición a los contaminantes procedentes de los incendios de turba aumenta la necesidad de servicios de salud para tratar los trastornos pulmonares y de los pulmones. La rehumidificación de las turberas reduce el riesgo de incendio.

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

ANEXO 2: Selección de respuestas recibidas a la consulta sobre Soluciones Basadas en Naturaleza. Se eliminaron respuestas duplicadas, con poca información específica y respuestas referidas a generar instituciones para la gestión de recursos y educación; también se editaron algunos textos para hacerlos más breves (en particular la columna "Financiamiento") y no se incluyeron las columnas "fundamento", "ámbito de aplicación" ni "implementación" por falta de información y espacio. La consulta se llevó a cabo mediante un formulario online abierto y disponible entre el 23 de noviembre y el 1 de diciembre del 2020, distribuido a todos los contactos contenidos en la base de datos del comité científico de cambio climático (alrededor de 650 investigadores).

CATEGORÍA	NOMBRE	OBJETIVO	EFEECTO ESPERADO	CO-BENEFICIOS	NORMAS	ENCARGADO	FINANCIAMIENTO
Agricultura	Nuevas formulaciones de fertilizantes nitrogenados	Reducir las emisiones de N2O desde el suelo	Reducción de emisiones de N2O	Aumento del retorno económico para el productor	Norma de calidad de fertilizantes, nueva ley de suelos (en redacción)	SAG, INDAP	Público-Privado

Agricultura	Secuestro de Carbono en los suelos	Mitigación del Cambio climático	Reducción del CO2 atmosférico	Mejoramiento de la fertilidad, actividad biológica y capacidad de almacenamiento de agua de los suelos, reducción de la erosión.	Incentivos para prácticas de secuestro de carbono	Ministerio de Agricultura, SAG, INDAP	Público
Agricultura	Reducción de la contaminación de suelos y aguas por metales pesados y metaloides	Mejorar la salud de los suelos y agua	Mantener el ecosistema microbiológico del suelo y agua	Propiciar el potencial de producción de los cultivos	Generación de Normas Secundarias para cursos de Agua superficial y subterránea. Normas de calidad de suelo.	Ministerio de Obras Públicas (ejecución); Ministerios Medio Ambiente, Salud y Agricultura (fiscalización)	Público

Agricultura	Conservación de la biodiversidad en terrenos agrícolas	control de plagas, fomentar la polinización	prevenir la pérdida de biodiversidad y sus servicios	agricultura más sostenible y menos intensiva, eliminando el uso indiscriminado de insumos	En la actualidad, no hay normas mandatorias (leyes) que obliguen a preservar hábitats en paisajes agrícolas y hacer un mejor manejo. Estas normas existen en otros países como Brasil (se debe preservar 30% del hábitat nativo) o	Campesinos, Ministerio de Medio Ambiente, ONGs, Municipalidades, Ministerio de Agricultura	Público-Privado
-------------	--	---	--	---	--	--	-----------------

					en Argentina.		
--	--	--	--	--	------------------	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

Protección de la naturaleza	Protección de los recursos genéticos naturales	Evitar la erosión de la diversidad genética, y las alteraciones a los patrones de distribución espacial de esta, para retener adaptaciones locales y el potencial evolutivo frente a cambios ambientales.	Prevenir la extinción de las poblaciones, la alteración de los patrones espaciales de su distribución, y reforzar su potencial evolutivo		No hay	SAG, SERNAPESCA, otros	Público
-----------------------------	--	---	--	--	--------	------------------------	---------

Bosques	Reforestación de gran escala y sustitución de especies	mejorar el secuestro de CO2	secuestro de CO2 ,disminuir erosión, aumentar biodiversidad	reducir puntos de calor en ciudades gracias a la reforestación de áreas urbanas, mejorar la calidad de vida.	Ministerio de Medio Ambiente	Público-Privado
---------	--	-----------------------------	---	--	------------------------------	-----------------

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

Bosques	Plantación de especies vegetales nativas o fitorreparadoras de suelo en laderas para evitar erosión y desprendimientos de tierra	Mejorar el suelo de laderas, evitar erosión, evitar riesgos de desprendimiento de tierra y aumentar el secuestro de carbono	Mejorar el sustrato, evitar erosión, mejorar el ciclo de nutrientes y aumentar la captura de carbono.	adaptación del cambio climático por escorrentía o desprendimientos en masa por derretimiento de nieves o lluvias fuera de temporada.			
---------	--	---	---	--	--	--	--

Ciudades	Captación de aguas atmosféricas	Incrementar la disponibilidad hídrica (seguridad hídrica) para comunidades en zonas costeras mediante la implementación de atrapanieblas que interceptan la neblina costera.	Mitigación de escasez hídrica en zonas costeras de Chile				
----------	---------------------------------	--	--	--	--	--	--

Ciudades	Biodigestión de residuos orgánicos	Evitar emisiones de metano, gestión de la basura orgánica (desinfección, desodorización, control de vectores, reducción del espacio de gestión, estabilización de los residuos, mineralización de nutrientes)	Reducción sustantiva de la huella de carbono de la gestión de residuos, generación de biocombustible sustituto de fósiles o biomasa fotosintética. Disminución de lixiviados (contaminación de suelo y napas),	Menor transporte de basura, potenciación de reciclaje de inorgánicos, disminución de riesgos en vertederos (vectores: aves, roedores, combustión espontánea), potenciación del reciclaje de nutrientes, aporte de materia	La tecnología se acaba de normar en forma oficial. Lamentablemente, se toman estándares extranjeros, por lo que la norma constituye una gran barrera de entrada (restricciones y costos)	Superintendencia de Electricidad y Combustibles, Ministerio de Medio Ambiente	Público-Privado
----------	------------------------------------	---	--	---	--	---	-----------------

				<p>orgánica al suelo, promoción de la autonomía energética y de fertilizantes.</p> <p>Disminución de infecciones vía vectores, mayor resiliencia del suelo por aporte de nutrientes, mayor productividad y almacenaje de agua.</p>		
--	--	--	--	--	--	--

Ciudades	Regulación de servicios ecológicos por población en áreas urbanas	Lograr equilibrios en las zonas de habitación humana, integrando servicios ecosistémicos a una escala equivalente a los usos de un territorio dado	Aumentar la sostenibilidad de los ecosistemas en zonas urbanas, donde vive la mayoría de la población chilena	reducción de la temperatura de las ciudades	Requiere descentralizar la gestión territorial en Chile, facultando a gobiernos regionales y locales a coordinar medidas; OGUC.	Gobiernos regionales en conjunto con gobiernos locales, con participación ciudadana vinculante	Público-Privado
----------	---	--	---	---	---	--	-----------------

Ciudades	Biofiltros	Tratamiento de aguas lluvias/escorrentía urbana	Prevenir Inundaciones, efectos negativos en la calidad del agua de cuerpos receptores finales (ríos, lagos)				Público-Privado
Agricultura	Siembra y fertilización de grandes extensiones.	Recuperación acelerada de grandes extensiones de suelos degradados por erosión, incendios forestales, aluviones, etc.	Recuperación acelerada de grandes extensiones de suelos degradados por erosión, incendios forestales, aluviones, etc.			CONAF, privados	Público-Privado

<p>Protección de la naturaleza</p>	<p>Protección y restauración de cabeceras de cuenca y corredores ribereños (mínimo 30 metros, hasta 200m en ríos grandes)</p>	<p>Recuperación de zonas prioritarias para el correcto funcionamiento de ecosistemas de agua dulce</p>	<p>Provisión de agua. Calidad de agua. Prevención de la erosión. Protección del hábitat y conectividad entre parques de bosque nativo para especies de fauna y flora.</p>		<p>La Ley de Bosque Nativo prohíbe la tala de bosque hasta 30 m de un curso de agua. La Ley 18.378 sobre distritos de conservación de suelos, bosques y aguas, establece que el Presidente puede decretar la prohibición de cortar los árboles situados hasta a 100</p>	<p>Empresas forestales y agrícolas. CONAF. Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.</p>	<p>Público-Privado</p>
------------------------------------	---	--	---	--	---	--	------------------------

					<p>m de las orillas de ríos y lagos. El DFL 1600 (1931) establece que el propietario cede gratuitamente al Fisco una faja de hasta 25 m de terreno firme en la ribera de los ríos y lagos (art 34).</p>	
--	--	--	--	--	---	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

Protección de la naturaleza	Recarga artificial de aguas subterráneas	Recuperar el almacenamiento de aguas subterráneas, para garantizar la existencia de caudales base que alimenten los ecosistemas dependientes de aguas subterráneas	Afectación de humedales y otros ecosistemas dependientes de aguas subterráneas	Reducción de conflictos sociales		Mesa de trabajo regional	Público
-----------------------------	--	--	--	----------------------------------	--	--------------------------	---------

Ecosistemas marinos	Disminuir cuotas de pesca	Dejar más biomasa en el agua.	Recuperación de pesquerías	Mayor capacidad para afrontar efectos del cambio climático y El Niño. La menor oferta aumenta los precios y el beneficio socio-económico puede ser incluso mayor.	Cambios en la Ley de Pesca y Acuicultura.	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	Público
---------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	---	---	--------------------------------------	---------

Protección de la naturaleza	Proteger los ríos	Limitar la degradación de los ecosistemas de agua dulce	Reducción de la degradación y transformación de riberas de ríos por usos agrícolas y antrópicos	Gestionar de escurrimientos hídricos superficiales durante eventos catastróficos y sequías, control de recurso mediante modelos hidro-geológicos del impacto de usos de aguas de acuíferos (para evitar que sequen ríos y	Es mixto, MMAA, SERNAGEOMIN; AGRICULTURA (Regulación de ganado) y DGA, deben estar asociados	Guarda pescas, guardabosques, ministerio de Agricultura y turismo	Público
-----------------------------	-------------------	---	---	---	--	---	---------

				humedales aledaños)			
--	--	--	--	------------------------	--	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

<p>Humedales</p>	<p>Humedales Construidos (o artificiales) para la depuración de aguas residuales</p>	<p>Generar procesos de depuración basados en más ecología y menos tecnología</p>	<p>Los humedales construidos permiten un buen tratamiento de riles a muy bajo costo de operación y con alta resiliencia, con menor huella de carbono, mejor gestión del agua y secuestro de carbono por parte de las plantas acuáticas.</p>	<p>Fomento a la biodiversidad de ecosistemas amenazados, y sistemas de transición con ecosistemas naturales. Los humedales construidos también implican un aporte al paisaje, tanto en términos escénicos como por la vida que</p>	<p>DS. 90 Nueva ley de Humedales Urbanos , Ley 21.202, Reglamentación en curso. Ordenanzas Municipales (Valdivia),</p>	<p>DGA, Servicio de Salud</p>	<p>Público</p>
------------------	--	--	---	--	--	-------------------------------	----------------

				<p>albergan. Humedales construidos en el ambiente urbano contribuirían al control de los flujos hidrológicos, regulando inundaciones y a la termoregulación, entregando humedad en los meses cálidos/secos, razón por la que se han promovido con el</p>			
--	--	--	--	--	--	--	--

				concepto de "ciudades esponja".			
--	--	--	--	---------------------------------	--	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

<p>Protección de la naturaleza</p>	<p>Restricción de intervenciones en el ámbito de la criósfera andina, especialmente en las zonas áridas y semiáridas.</p>	<p>Impedir efectos directos e indirectos que modifiquen o alteren la evolución y dinámica natural del glaciósistema como parte fundamental del hidrosistema.</p>	<p>Evitar la pérdida de funciones ambientales, hidrológicas, climáticas, socioeconómicas y de calidad de vida por destrucción o degradación de cuerpos de hielo, campos de neviza y de penitentes derivadas de la actividad humana.</p>	<p>Asegurar el suministro hídrico natural de aguas de consumo directo por parte de las comunidades y del riego de zonas áridas y semiáridas. Incrementar la disponibilidad de tiempo para el diseño e implementación práctica de</p>	<p>Se requieren modificaciones al código de aguas para que estas dejen de ser propiedad de personas o grupos privados que la han convertido en un bien comercial y al código de minería que, entre otros, no pueda adueñarse gratuitamente de las aguas</p>	<p>Ministerio del Medioambiente con apoyo de la DGA-MOP</p>	<p>Público</p>
------------------------------------	---	--	---	--	---	---	----------------

				<p>medidas de adaptación ambiental mente sustentables. Asegurar la continuidad de la actividad productiva de los valles, la disponibilidad de agua para beber y para higiene, y el resguardo de los patrimonios culturales.</p>	<p>alumbradas en sus faenas. Se requiere, además, que se consideren medidas compensatorias en relación directa con el daño o impacto ocasionado a los ecosistemas andinos, y que se resguarde la seguridad de los habitantes y territorios agua abajo</p>	
--	--	--	--	---	---	--

					de este tipo de faenas.		
--	--	--	--	--	----------------------------	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

<p>Protección de la naturaleza</p>	<p>Conservación de turberas</p>	<p>i. Conservar los reservorios de carbono de las turberas Patagónicas ii. Restaurar la capacidad de sumidero de carbono en turberas degradadas</p>	<p>i. Pérdida de depósitos de carbono y sus registros paleoecológicos. ii. Pérdida de flora y fauna endémica de las turberas de la Patagonia</p>			<p>Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia</p>	<p>Público</p>
------------------------------------	---------------------------------	---	--	--	--	--	----------------

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

<p>Protección de la naturaleza</p>	<p>Protección a Bosques Primarios</p>	<p>Establecer que es de interés público conservar y proteger los bosques primarios alojados en Patagonia chilena, como medidas de solución basadas en la naturaleza, que abarca aspectos conjuntos de mitigación y adaptación al cambio climático.</p>	<p>Los bosques primarios de Patagonia chilena (incluyendo superficie fiscal) se encuentran amenazados por ocupaciones ilegales, tala de árboles para leña, erosión de suelo por deforestación, pérdida de biodiversidad por introducción de ganadería</p>	<p>Los bosques primarios juegan un rol esencial como refugios climáticos para especies que permitan su adaptación en oposición a la extinción. Además, entregan servicios ecosistémicos como el suministro de agua</p>	<p>Se propone establecer por medio de un Decreto del Ministerio de Bienes Nacionales, una designación de estas superficies como áreas de alto valor ambiental considerando sus funciones ecosistémicas de mitigación y adaptación al cambio climático como</p>	<p>Ministerio de Medio Ambiente, CONAF, SEA, Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Energía.</p>	<p>Público</p>
------------------------------------	---------------------------------------	--	---	--	--	--	----------------

		<p>Mantener y/o aumentar la superficie de bosques primarios en estado de conservación.</p>	<p>y/o tala para construcción de caminos. Se busca prevenir la sustitución de bosques primarios por plantaciones forestales con especies introducidas, como el pino y eucaliptus, y fomentar la captura de CO2.</p>	<p>potable y de riego, prevenir el deterioro de las cabeceras de cuenca, control de inundaciones, hábitat y biodiversidad, y servicios culturales que colectivamente proporcionan valores económicos y no económicos a las comunidades que</p>	<p>“solución basada en la naturaleza”. Para evitar la sustitución de bosques primarios, se podría prohibir por medio de la Ley de Bosque Nativo el reemplazo de bosques primarios por las plantaciones forestales con especies introducidas. Se debería reconocer</p>	
--	--	--	---	--	---	--

				dependen de ellos.	en la normativa existente asociada al Servicio de Evaluación Ambiental para generar un instructivo respecto de la protección de los bosques primarios dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.		
--	--	--	--	--------------------	--	--	--

Protección de la naturaleza	Regular las fuentes emisoras de material particulado y polvo en áreas cercanas a glaciares, buscando disminuir el efecto de la deposición de estos elementos sobre el albedo glaciar y de las nieves de las altas cumbres.	Protección de glaciares en las cabeceras de las cuencas, de las cual depende gran parte del caudal de los ríos de los andes centrales en años secos.	Prevenir la disminución acelerada de las masas glaciares en la cordillera de los Andes, con consecuencias en la provisión de agua dulce para consumo humano, desarrollo ecosistémico, etc..		se debe analizar el proyecto de ley de glaciares		Público
-----------------------------	--	--	---	--	--	--	---------

Ecosistemas marinos	"refugios climáticos" en ambientes marinos	Identificar y crear zonas de "refugios climáticos" como figuras de protección de la naturaleza, en que se protegen áreas con poca variabilidad en los componentes de su biodiversidad ante el cambio climático. Estos espacios permitirán ser refugio para	Evitar la extinción de especies y ecosistemas amenazados por el cambio climático, introduciendo este último como principal variable de estrés ambiental para crear nuevas áreas protegidas, especialmente marinas y costero-marinas. Se busca corregir la subestimación de los	Desarrollo de investigación científica en aspectos poco desarrollados, como la elaboración de métricas asociadas a la captura de CO2 de los océanos y métricas para la adaptación. Desarrollo y fortalecimiento de	Nueva figura de protección requería ajustarse a las actuales normativas de la protección de espacios costeros, marinos y/o terrestres según correspondiera.	CONAF y/o Ministerio de Medio Ambiente, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y/o, Bienes Nacionales, según corresponda, para espacios costero-marinos.	Público-Privado
---------------------	--	--	--	---	---	--	-----------------

		<p>mantener ecosistemas y/o especies.</p>	<p>servicios ecosistémicos de sumidero de carbono del océano y la defuncionalización de los ecosistemas marinos y costeros.</p>	<p>comunidad es humanas aledañas en torno a actividades económicas sustentables que permitan desarrollo local. Desarrollo y fortalecimiento de actividades económicas como el turismo de naturaleza</p>		
--	--	---	---	---	--	--

Ecosistemas marinos	Regular la minería submarina	Evitar, controlar o disuadir la remoción del fondo marino donde se registra presencia de hidrato de metano	Posible liberación de metano	Se sugiere adoptar un enfoque precautorio . Aunque en la actualidad la extracción de hidrato de metano del fondo del océano no está desarrollada de manera eficaz, debe tenerse en cuenta que es altamente inestable y en su extracción es poco		
---------------------	------------------------------	--	------------------------------	---	--	--

					probable que no se libere		
--	--	--	--	--	---------------------------------	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

Ecosistemas marinos	Promoción del enfoque ecosistémico a la acuicultura	Producir alimentos acuáticos con baja huella de carbono y mínimos efectos en los ecosistemas, contribuyendo a la alimentación nacional de calidad y para la generación de empleo a través del mercado nacional y exportaciones	Minimizar la huella de carbono de la acuicultura (en sistemas abiertos en el mar) y minimizar los efectos negativos de la acuicultura alimentada (peces) sobre los ecosistemas, por aportes de nutrientes y riesgo de eutroficación de los cuerpos de agua que la contienen.	Mejorar y fortalecer la eficiencia productiva de la acuicultura (reducir costos, mejorar el crecimiento de los individuos, etc.) por unidad ecosistémica. Disminuir los riesgos sanitarios para la propia industria y sistemas productivos. Mejorar la	Las normativas actuales para la acuicultura chilena no consideran la implementación de un enfoque ecosistémico atendiendo a la capacidad de carga de los ecosistemas y a la necesidad de combinar estratégicamente sistemas productivos	El estado posiblemente a través de un trabajo conjunto entre la Subsecretaría de Pesca y el Ministerio de Medio Ambiente
---------------------	---	--	--	--	---	--

				<p>adaptación a algunos de los forzantes del cambio climático, por ejemplo, al reducir las densidades productivas en general los cultivos son menos vulnerables (Soto et al., 2019). Al considerar aspectos de circulación y procesamiento natural del</p>	<p>alimentados y extractivos</p>		
--	--	--	--	--	----------------------------------	--	--

				<p>carbono en los cuerpos de agua para planificar la ubicación y densidad de los centros de cultivo se incrementa la resiliencia de los cultivos. Contribuir a la conservación de la biodiversidad de comunidades bentónicas y pelágicas.</p>		
--	--	--	--	---	--	--

				Minimizar riesgos de eutrofica ción			
--	--	--	--	--	--	--	--

BORRADOR - NO DISTRIBUIR

BORRADOR - NO DISTRIBUIR