

## Propuesta de hoja de ruta para el carbono azul en Chile



2020 The World Bank

Environment, Natural Resources and Blue Economy Global Practice

1818 H Street NW, Washington DC 20433

Teléfono: 202-473-1000; Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

### Reconocimientos

Este trabajo es el segundo entregable de océanos del paquete de apoyo del Banco Mundial al Gobierno de Chile por la presidencia de la UNFCCC COP 25. El reporte es producto del personal del Banco Mundial para el Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Fue posible gracias a la contribución financiera de WBG ENB GP, que promueve el manejo sustentable de los recursos naturales. La preparación y presentación del reporte fue supervisada por un equipo del Banco Mundial en Chile dirigido por Virginia Brandon (Representante Residente, Oficina de País de Chile) y Francisco Javier Winter Donoso (Oficial de Operaciones, Oficina de País de Chile). Agradecemos a todos los revisores por sus excelentes comentarios y aportes recibidos durante la preparación del estudio. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este trabajo no reflejan necesariamente los puntos de vista de los Directores Ejecutivos del Banco Mundial o de los gobiernos que representan. El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos incluidos en este trabajo. Los límites, colores, denominaciones y otra información que se muestra en cualquier mapa de este trabajo no implican ningún juicio por parte del Banco Mundial sobre el estado legal de ningún territorio o el respaldo o aceptación de dichos límites.

### Permisos y derechos

El material de este trabajo está sujeto a las condiciones de derechos de autor y publicación definidas por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile. El Banco Mundial alienta la difusión de su conocimiento y lo hará disponible en su página de publicaciones. Este trabajo puede ser reproducido para fines no comerciales si lo autoriza el Ministerio de Medio Ambiente.

### Autores

José Andrés Rehbein Lucero, Consultor, Environment, Natural Resources and Blue Economy, *Banco Mundial*  
Gabriela Encalada, Environmental Specialist, Environment, Natural Resources and Blue Economy, *Banco Mundial*  
Jorge Barbosa, Consultant, Environment, Natural Resources and Blue Economy, *Banco Mundial*

### Citación recomendada

Rehbein, Jose A., Gabriela Encalada, and Jorge Barbosa (2020) Propuesta de hoja de ruta para el carbono azul en Chile. Washington, DC: *World Bank*.

### Agradecimiento a expertos entrevistados

Diego Flores, Juan Francisco Santibañez, Laura Cussen, Juan Luis Orellana, Felipe Paredes, Richard Martínez, Gladys Santis y Felipe Díaz. *Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Gobierno de Chile.*  
Laura Farías. *Presidenta de la Mesa de Océanos para la COP25.*  
Rosana Garay. *Ministerio de Relaciones Exteriores (MinRel), Gobierno de Chile.*  
Leonardo Muñoz. *Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Gobierno de Chile.*  
Trisha Atwood. *Utah State University.*  
Richard Smith. *Global Aquatic Centre.*  
Steven Andy y Rodrigo Bustamante. *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).*  
Jaime Letelier y Francisco Carcamo. *Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).*  
Rodrigo Hucke. *Centro Ballena Azul (CBA).*  
Maximiliano Bello. *Champion Océanos UNFCCC COP26.*  
Alejandro Pérez Matus. *ECIM, Pontificia Universidad Católica de Chile (UC).*  
Osvaldo Ulloa y Carmen Morales. *Universidad de Concepción (UdeC).*  
Gustavo San Martín. *Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA).*  
Erika Silva y Ricardo Sáez. *Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA).*  
Jhon Baxter. *Scottish Natural Heritage (SNH).*  
Maria Brown y Gonzalo Cid. *US National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA).*  
Humberto González y Jose Luis Iriarte. *Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL).*  
José Aquilar Manjarrez. *Food and Agriculture Organization (FAO).*

**Ilustración portada**, gentileza de ilustradora Francisca Alejandra Hidalgo Molina.

# Contenidos

<b>Contenidos</b>	3
<b>Acrónimos y abreviaciones</b>	4
<b>Resumen Ejecutivo</b>	6
<b>Introducción al carbono azul</b>	8
<b>Objetivo de la Hoja de Ruta</b>	11
<b>Definiciones y alcance</b>	11
<b>Hoja de Ruta</b>	12
<b>1. Identificar ecosistemas prioritarios y resolver brechas de Información</b>	13
<b>2. Preparar el contexto habilitante</b>	26
<b>3. Demostrar beneficios y reducir riesgos</b>	28
<b>4. Construir un catastro Nacional de carbono azul</b>	29
<b>5. Implementar un balance nacional periódico de carbono azul</b>	30
<b>6. Desarrollar mercados maduros de carbono azul</b>	30
<b>Colaboración internacional</b>	31
<b>Recomendaciones</b>	32
<b>Ilustraciones</b>	34
<b>Tablas</b>	34
<b>Referencias</b>	35

## Acrónimos y abreviaciones

AFOLU	Emisiones de la Agricultura, el sector Forestal y Otros usos de suelo
AMCP-MU	Area Marino-Costera Protegida de Múltiples Usos
AMERB	Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos
BCI	Blue Carbon Initiative
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CCS	Captura y Almacenamiento de Carbono
CPPS	Comisión Permanente del Pacífico Sur
CSIRO	Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth
CO2	Dióxido de carbono
CONAF	Corporación Nacional Forestal
COP	Conferencia de las partes
ECMPO	Espacio Costero Marino Protegido de Pueblos Originarios
ENB GP	Environment, Natural Resources and Blue Economy Global Practice
GEF	Global Environmental Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IFOP	Instituto de Fomento Pesquero
IMTA	Acuicultura Integrada Multi-trófica
IORA	Asociación de la Cuenca del Océano Índico
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MinCiencia	Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
MinRel	Ministerio de Relaciones Exteriores
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional

PEM	Planificación Espacial Marina
PES	Pago por Servicios Ecosistémicos
PIB	Producto Interno Bruto
PlanVivo	Estándar de créditos de la Fundación Plan Vivo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PUCV	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
REDD+	Reducción de las emisiones de la deforestación
SBAP	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas
SbN	Soluciones basadas en la Naturaleza
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
SIG	Sistemas de Información Georreferenciada
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNFCCC	Conferencia Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
VCS	Estándar de verificación de carbono
WBG	Grupo Banco Mundial (World Bank Group)
ZEE	Zona Económica Exclusiva



## Resumen Ejecutivo

Este documento propone un proceso estructurado para fomentar el desarrollo de proyectos de manejo de ecosistemas marinos para la mitigación del cambio climático en Chile. Las propuestas se disponen en una hoja de ruta a 15 años, con seis pasos para mejorar la contabilidad climática y el acceso a financiamiento. Entrega además una serie de recomendaciones estratégicas para potenciar el carbono azul como parte de la economía azul del país. El documento se alimenta, entre otras fuentes, de las recomendaciones del Comité Científico COP25<sup>1</sup>.

La hoja de ruta propuesta es parte de un paquete de apoyo al Ministerio del Medio Ambiente de Chile por la presidencia de la COP25, y se construye sobre una base de información técnica presentada en un reporte anterior desarrollado por el Banco Mundial, titulado *Evaluación Bibliográfica del potencial de mitigación y adaptación al cambio climático de los ecosistemas marinos – Chile*<sup>2</sup>. Dicho reporte se encuentra disponible en el repositorio del Banco Mundial para aclarar dudas técnicas y del contexto país<sup>3</sup>.

La economía azul de Chile es un pilar fundamental su desarrollo, produciendo más de 60 mil empleos y aportando sobre seis mil millones de dólares al PIB nacional<sup>3</sup>. Además, el potencial aporte de los ecosistemas chilenos a la mitigación del cambio climático es enorme, principalmente debido a las macroalgas. Éstas son responsables de la mitad de la captura de dióxido de carbono de ecosistemas marinos costeros a nivel global, y casi un tercio de todas las macroalgas podría estar en Chile<sup>4,5</sup>. Para aprovechar dicho potencial, es necesario cuantificar las contribuciones climáticas de los ecosistemas marinos y además movilizar financiamiento climático sostenible para el manejo de dichos ecosistemas.

Se proponen seis pasos para incluir al carbono azul a la economía azul. Estos pasos son (1) Resolver brechas de información en ecosistemas prioritarios, (2) Preparar el contexto habilitante, (3) Realizar un catastro nacional de carbono azul, (4) Preparar un balance periódico de carbono azul, (5) Demostrar los beneficios y reducir riesgos de proyectos de carbono azul mediante pilotos, y



Imagen: **Alejandra Lafún**. Lobos marinos y cormoranes de roca descansando en los fiordos del AMCP-MU Pitipalena-Añihué, Región de Aysén.

<sup>a</sup> <http://documents.worldbank.org/curated/en/639801592984216703/Evaluacion-bibliografica-del-potencial-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-climatico-de-los-ecosistemas-marinos>



Imagen: **Claudio Moreno**. Trombollito Tres Aletas, *Helcogrammoides chilensis*

(6) Construir mercados maduros de carbono azul. En el documento, se pone énfasis en las brechas de información, la preparación del contexto habilitante, y el catastro y balance de carbono azul por ser considerados los más urgentes.

Un entendimiento acabado de la situación futura esperada, histórica y la escala del aporte de cada ecosistema permitirá optimizar los esfuerzos de carbono azul en Chile. Para eso, se identifican primero ecosistemas prioritarios: macroalgas, marismas, sedimentos, fiordos, y bombas biológicas. Luego, se definen y proponen metodologías para resolver sus brechas de información. Estas son la escala del potencial aporte climático, la cuantificación del aporte según los ciclos de carbono en cada ecosistema, su vulnerabilidad a amenazas antropogénicas, las opciones de manejo y adicionalidad disponibles, y también sus beneficios para la resiliencia humana.

El contexto habilitante se divide en tres pilares: gobernanza, capacidades y visión de economía azul. Se propone, por ejemplo, la implementación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) y la Ley Marco de Cambio Climático, fomentar la colaboración intersectorial y ciudadana, además de promover una Planificación Espacial Marina.

El catastro nacional de carbono azul, y su revisión periódica mediante un balance, pueden sentar las bases para la contabilidad de carbono azul en Chile, proveyendo también información valiosa para los compromisos climáticos del país. Se proponen metodologías y herramientas para dicha contabilidad con distintos niveles de resolución espacial, además de una serie de recomendaciones para institucionalizar el carbono azul en los balances nacionales de carbono.

La última sección del informe es un compendio de recomendaciones estratégicas para el país, que incluyen (1) Relevar la importancia del mar para la Economía Azul y la reactivación económica, (2) Focalizar los esfuerzos de conservación, restauración y manejo sustentable en los bosques de macroalgas, (3) Mejorar la administración de la biodiversidad marina a través de una modernización institucional y el fortalecimiento de la gobernanza, (4) Aprovechar la capacidad e infraestructura científica nacional, (5) Potenciar la colaboración internacional para la acción climática en el océano, (6) Enriquecer el marco financiero para proyectos de mitigación, (7) Proteger el secuestro y los sumideros de carbono, e (8) Institucionalizar el resguardo ambiental del océano en el Ministerio del Medio Ambiente.

## Introducción al carbono azul

Los efectos del cambio climático son cada vez más evidentes y alcanzan a todas las formas de vida en el planeta<sup>6,7</sup>. Los esfuerzos de mitigación bajo el marco del Acuerdo de París son aún insuficientes para detener impactos catastróficos en el planeta<sup>8-10</sup>. En consecuencia, es urgente mejorar la ambición climática en términos de mitigación, pero también preparar comunidades resilientes y facilitar la adaptación de ecosistemas<sup>11,12</sup>. Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son herramientas prominentes, ya que ofrecen oportunidades conjuntas de mitigación y adaptación<sup>13</sup>. El mar ostenta soluciones basadas en la naturaleza desaprovechadas, secuestrando carbono y el exceso de calor de la atmósfera, mientras potencia la resiliencia de ecosistemas, comunidades costeras y economías<sup>14-18</sup>.

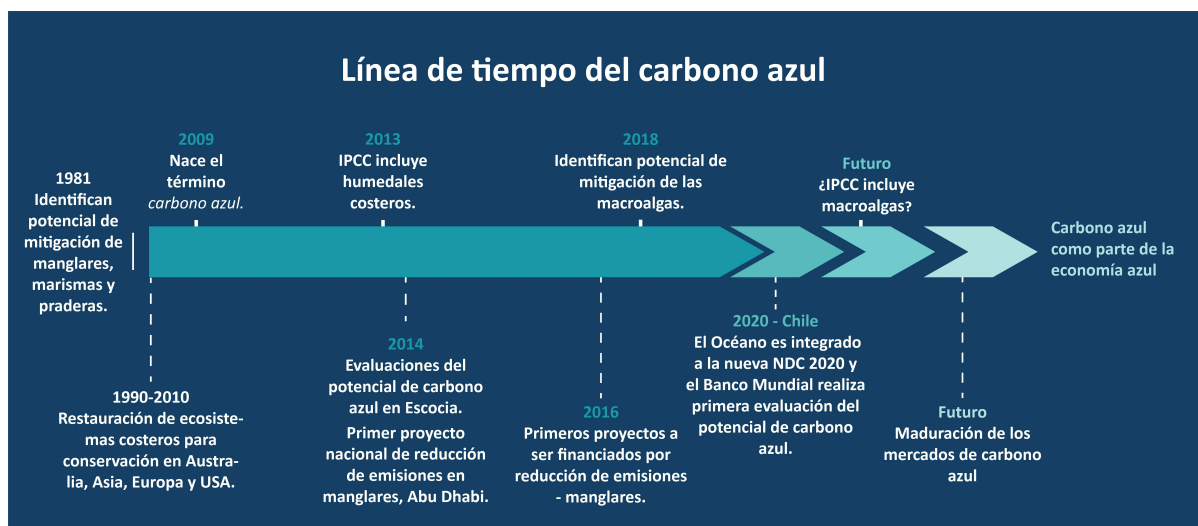
El *carbono azul* es un concepto en evolución, en términos generales engloba el carbono secuestrado a largo plazo por procesos naturales del océano que puede ser gestionado y maximizado<sup>19-21</sup>. A diferencia de las macroalgas, los manglares, praderas marinas y marismas son reconocidos como ecosistemas de carbono azul porque secuestran y también almacenan carbono en sí mismos<sup>22</sup>. Otros ecosistemas y formaciones marinas pueden tener un potencial similar o mayor, pero requieren más investigación científica para poder cuantificar su aporte a la mitigación del cambio climático<sup>5,23,24</sup>.

El primer estudio sobre la importancia de los manglares, praderas marinas y marismas en términos de carbono data de 1981<sup>25</sup> (Ilustración 1). En las siguientes décadas, proyectos de restauración y conservación fueron impulsados para la protección de ecosistemas marinos, sin un enfoque en el cambio climático. En el año 2009, un reporte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) propone el concepto de *carbono azul*, enfocado en los tres ecosistemas ya nombrados<sup>26</sup>. Cuatro años más tarde, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) actualiza sus protocolos de contabilidad de capacidad de mitigación, incluyendo a manglares, marismas y praderas marinas como humedales costeros<sup>27</sup>. A pesar del reconocimiento científico de este panel internacional, el financiamiento climático ha sido esquivo para los ecosistemas de carbono azul, con algunas excepciones en manglares a través de fondos para reducir la deforestación (REDD+) y recientes incursiones en el mercado voluntario de carbono (VCS, por sus siglas en inglés)<sup>28</sup>. Otras líneas de financiamiento asociadas al pago por servicios ecosistémicos (PES, por sus siglas en inglés), que valoran los servicios ecosistémicos de los humedales costeros además de su contribución a la mitigación, han sido usadas para proyectos de carbono azul<sup>29</sup>.

Estudios recientes demuestran el enorme potencial de mitigación de las macroalgas. Sería catastrófico que la capacidad de captura de carbono de las macroalgas tardase el mismo tiempo en ser reconocidos por el IPCC que marismas, praderas marinas y manglares<sup>24,30</sup>. En consecuencia, es imperioso promover el foco en macroalgas para aprovechar su potencial de acción climática e impulsar un manejo más sustentable del océano. Es entonces imperioso acelerar las acciones del gobierno y la sociedad civil asociadas al manejo sustentable de otros ecosistemas marinos como las macroalgas. Escocia es una referencia relevante para Chile por el parecido biogeográfico: Con financiamiento estatal, llevan ocho años trabajando con doce proyectos de doctorado y tres postdoctorados enfocados en cuantificar los inventarios y flujos de carbono marino para alimentar un catastro nacional de carbono azul.

En el futuro, será importante demostrar que los proyectos de restauración y protección pueden ser sostenibles para movilizar financiamiento climático. La Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO, por sus siglas en inglés) trabaja desde el año 2018 con la Asociación de la Cuenca del Océano Índico (IORA, por sus siglas en inglés) en desarrollar un plan de financiamiento para proyectos de carbono azul. Su hoja de ruta plantea generar inversiones sostenibles en carbono azul para manglares, marismas y praderas marinas al 2035<sup>31</sup>.





**Ilustración 1.** Línea de tiempo del carbono azul, selección de eventos relevantes. Fuente: Elaboración propia.

En Chile, el mar presenta una oportunidad especialmente interesante por su productividad, extensión y relativamente buen estado de conservación<sup>32,33</sup>. El país ha reconocido este potencial, expandiendo sus áreas marinas protegidas hasta un 42% de su Zona Económica Exclusiva (ZEE), y posicionando al océano en las discusiones de la UNFCCC durante su presidencia la *Blue COP25*<sup>34</sup>. Además, Chile incluyó criterios de mitigación y adaptación para los planes de manejo y la creación de nuevas áreas marinas protegidas en su nueva Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés)<sup>35</sup>.

Las oportunidades más evidentes para el desarrollo del carbono azul en Chile yacen en los bosques de macroalgas, y también en fiordos y marismas<sup>2</sup>. El país ostenta más de 5.600 Km<sup>2</sup> de macroalgas, ecosistemas que capturan más carbono que los manglares, praderas marinas y marismas combinadas, que luego exportan a sedimentos del fondo marino<sup>4,30</sup>. Chile tiene aproximadamente 240.000 Km<sup>2</sup> de fiordos, formaciones que almacenan cinco veces más carbono que otros sedimentos del fondo marino<sup>36</sup>. La contribución a la mitigación de las marismas es reconocida internacionalmente y en el territorio nacional muchas están protegidas o en proceso de protección<sup>37-39</sup>. El carbono almacenado en biomasa de animales marinos como las ballenas, en los sistemas de surgencia asociados a los sedimentos del fondo marino y fosas abisales, en los corales de agua fría y en las conchas de bivalvos podrían presentar oportunidades interesantes para el futuro<sup>40</sup>.

Para potenciar la contribución del océano a la acción climática en Chile, es necesario mejorar las capacidades de monitoreo existentes, ampliando los conocimientos del mar, además de fortalecer el vínculo entre el océano y el cambio climático de manera transversal en la política pública<sup>18,41</sup>. Desde la ciencia, la mesa de océanos para la COP25 propone una serie de medidas de actualización y mejora de políticas públicas, destacando la necesidad de mejor información que permita un manejo sustentable del mar (Recuadro 1, Ciencia para el cambio climático en el océano)<sup>42</sup>. El carbono azul puede contribuir a las NDC, a la gestión y financiamiento de áreas marinas protegidas, además de la resiliencia económica del país, pero necesita de herramientas y políticas públicas que optimicen su uso sustentable, como una planificación espacial marina<sup>43-46</sup>. Este documento propone una hoja de ruta para cuantificar y poner en valor el aporte del carbono azul en el país como parte de una visión de economía azul<sup>b</sup> y cambio climático a largo plazo<sup>47</sup>. La información propuesta se basa en un análisis previo y más detallado de las contribuciones de los ecosistemas marinos a la acción climática en Chile, desarrollado por el Banco Mundial como fue explicado en la sección de antecedentes<sup>2</sup>.

<sup>b</sup> Conjunto de sectores económicos y políticas públicas relacionadas que determinan el uso sustentable de los recursos marinos.

**Recuadro 1. Ciencia para el cambio climático en el océano  
Mesa de Océanos y Mesa de Criósfera – Comité Científico COP25**

A comienzos del año 2019, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación congregó a un panel de expertos para vincular el conocimiento científico a la toma de decisiones climáticas. Dentro del comité, se estableció una Mesa de Océanos, y una Mesa de Criósfera y Antártica; cuyo quehacer se vincula a los ciclos de carbono en el océano. El trabajo de estas mesas debe ser continuado a través de del Ministerio de Ciencia, y podrían aportar a futuros esfuerzos de acción climática en el océano, especialmente con relación al cumplimiento de la NDC 2020 y el desarrollo de nuevos compromisos climáticos.

A continuación, se resumen las propuestas del Comité Científico COP25 Chile relevantes para este proceso y su relación con el la hoja de ruta:

- Medida 1, Mesa de Océanos. Proteger al subsuelo marino de la Zona Económica Exclusiva chilena frente a amenazas como la minería submarina – Esta propuesta que fue integrada en la hoja de ruta como parte del contexto habilitante.
- Medida 2, Mesa de Océanos. Proteger los servicios ecosistémicos de los humedales costeros – Las marismas, que constituyen el principal humedal costero en el país, fueron incluidas como ecosistema prioritario en esta hoja de ruta.
- Medida 3, Mesa de Océanos. Proteger y manejar de forma sustentable los bosques submarinos – Las macroalgas son uno de los ecosistemas prioritarios en esta hoja de ruta. Además, se considera que requieren acción urgente, y cuentan con una recomendación dedicada (recomendación 2).
- Medida 4, Mesa de Océanos. Crear refugios climáticos como soluciones basadas en la naturaleza – En concordancia con esta recomendación y también con la Política Oceánica y las NDC de Chile, la hoja de ruta promueve una futura planificación espacial marina, además de la creación de nuevas áreas marinas protegidas.
- Medida 8, Mesa de Océanos. Mejorar el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura con foco en la desigualdad e inequidad social y de género, y métricas para la trazabilidad de metas – Es parte de las brechas de información que la hoja de ruta propone resolver.
- Medida 9, Mesa de Océanos. Implementar un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC) – Relacionada al proceso de identificar y resolver de brechas de información, al catastro nacional de carbono y a los balances de carbono presentados en la hoja de ruta.
- Mesa de Criósfera y Antártica. Valorización y conservación de los ecosistemas útiles para mitigar los efectos del cambio climático (por ejemplo, áreas de subducción y formación de masas de agua, praderas de macroalgas, playas) – En este documento se acoge la recomendación con especial énfasis en macroalgas.
- Mesa de Criósfera y Antártica. Establecimiento de estrategias de adaptación basadas en ecosistemas. Finalización del mapeo de resiliencia y vulnerabilidad ecológica, social y económica del territorio a diferentes escalas de respuesta. – Se asocia a las brechas de información en vulnerabilidad y opciones de manejo presentadas en la hoja de ruta.
- Mesa de Criósfera y Antártica. Desarrollo de manera periódica de los inventarios de emisiones para alimentar los modelos hidrológicos, atmosféricos y climáticos – La hoja de ruta integra brechas de información en esta línea, un catastro nacional de carbono marino y un balance nacional periódico de carbono marino.



## Objetivo de la Hoja de Ruta

*Poner en valor y fortalecer las contribuciones naturales del océano para la acción climática en Chile como parte de una visión de economía azul, ayudando a movilizar financiamiento para la conservación de la biodiversidad marina y alimentando futuros esfuerzos de planificación espacial.*



Imagen: Claudio Moreno. Bosques de Huiro Palo (*Lessonia Tuberculata*)

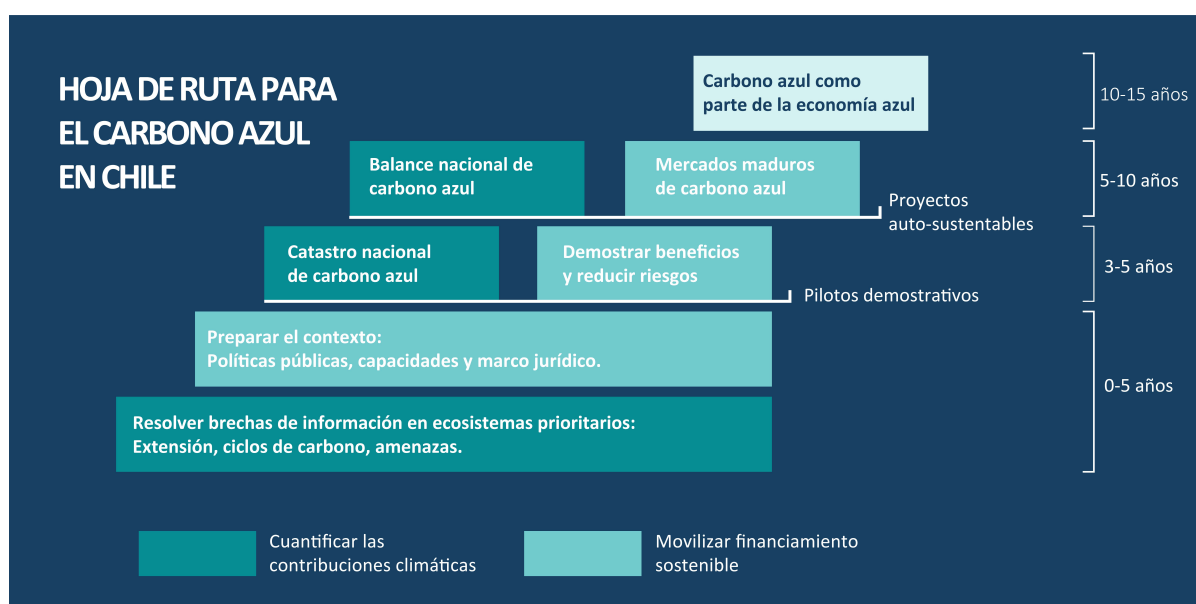
## Definiciones y alcance

Esta hoja de ruta se centra en las contribuciones de mitigación del mar a través del carbono azul, entendido como *el carbono capturado a largo plazo por procesos naturales del océano*. Aquí se incluye el secuestro efectivo en el largo plazo de la fotosíntesis (producción primaria) de algas y ecosistemas costeros, la captura química por procesos naturales del mar y el carbono que se exporta al mar desde ecosistemas terrestres. Las contribuciones del océano a la adaptación de la biodiversidad marina, a la resiliencia de comunidades costeras y la sociedad, son integradas también como beneficios de los proyectos de carbono azul.



## Hoja de Ruta

La hoja de ruta propuesta contempla un horizonte de 15 años y está construida en base a las recomendaciones de UICN, UNESCO, CSIRO y BCI<sup>31,38,48,49</sup> (Ilustración 2). Incluye dos tipos de acciones: cuantificación de la contribución de ecosistemas marinos a la acción climática, y movilización de financiamiento climático para la gestión de los ecosistemas marinos. A través de esta hoja de ruta, el país puede continuar su liderazgo en términos de cambio climático en el océano, potenciando sus compromisos climáticos, expandiendo las oportunidades de financiamiento para la conservación de su biodiversidad marina y fortaleciendo las economías locales de comunidades costeras. Los plazos propuestos son referenciales y dependen de la disponibilidad de recursos para trabajarlos.



**Ilustración 2.** Propuesta de hoja de ruta para la valorización del carbono azul como parte de la economía azul. Fuente: Elaboración propia basada en recomendaciones de la UICN, UNESCO, CSIRO y BCI<sup>31,38,48,49</sup>.

Primero, se propone resolver brechas de información para los ecosistemas más prometedores de Chile, y la preparación de capacidades y políticas públicas para poder asegurar la efectividad de proyectos. A continuación, levantar un catastro nacional de carbono azul y desarrollar proyectos piloto que demuestren beneficios en términos de captura de carbono y reduzcan riesgos. Estas condiciones habilitantes permitirán recurrir a mercados y fondos nacionales e internacionales que ayudarán a financiar sosteniblemente proyectos de restauración, manejo y protección asociados al secuestro de carbono. Al mismo tiempo, esta información alimentará la contabilidad de carbono azul en el balance nacional de Chile, contribuyendo significativamente a las NDC del país. En el futuro, el carbono azul podrá ser valorado como parte de la economía azul por el aporte que genera a la sociedad.

A continuación se presentan los pasos propuestos en detalle, con énfasis en las primeras etapas.

## 1. Identificar ecosistemas prioritarios y resolver brechas de Información

Para propósitos de esta hoja de ruta, los ecosistemas prioritarios son aquellos que tienen mayor potencial de ser un aporte a la mitigación, entregar beneficios de adaptación y obtener financiamiento para la implementación de proyectos. También pueden existir formaciones marinas asociadas a sedimentos que contribuyen a la mitigación y pueden ser priorizadas. La prioridad que se les asigne a los ecosistemas y formaciones debe ser dinámica, según cambien las condiciones y aumente el conocimiento para cada ecosistema en el tiempo. Hemos considerado aquí información sobre la escala de cada oportunidad, su aporte a la captura de carbono, (i.e. carbono secuestrado que se almacena en algún lugar a largo plazo, no necesariamente a largo plazo), el carbono que almacenan (i.e. carbono contenido o enterrado en el ecosistema o formación), además de los beneficios de adaptación y oportunidades de adicionalidad (Tabla 1). Su priorización dependerá también de disponibilidad de financiamiento.

Con base en un primer análisis teórico, sumado a las experiencias de Estados Unidos, Australia, Escocia e Inglaterra<sup>50-53</sup>, se recomienda priorizar a las macroalgas porque son el ecosistema predominante en las costas de Chile y por su enorme potencial de captura, adaptación y resiliencia<sup>2</sup>. También se recomienda el trabajo en marismas, ecosistemas que, si bien tienen extensión moderada en Chile, ya pueden transar en el mercado de carbono. Dos sistemas complejos merecen atención por su escala y potencial de mitigación: los sistemas de surgencia que alimentan a los sedimentos del fondo marino, y los fiordos que acumulan carbono originado en la tierra. Se recomienda también un foco en la biomasa de animales marinos, y especialmente ballenas, que contribuyen a la movilización de carbono y nutrientes en el mar, aunque su aporte es aún poco entendido. Las ballenas son además una especie carismática y podrían ayudar a posicionar la importancia de la contribución del océano al cambio climático en la opinión pública.

No obstante, otras formaciones o ecosistemas podrían ser considerados prioritarios en el futuro según Chile descubra más del rol de la biodiversidad marina en los ciclos de carbono azul, las condiciones del clima global cambien y los ecosistemas ya priorizados sean mejor manejados. Un ejemplo potencial yace en los corales de agua fría que almacenan carbono en sus estructuras de carbonato de calcio, pero cuyo aporte neto a la mitigación es aún desconocido porque liberan también carbono al formar estas estructuras. Otra formación con potencial son los arrecifes que pudieran formar bivalvos, también en base a estructuras calcáreas, por lo que podrían ser un reservorio significativo de carbono en las costas de Chile.

Para el levantamiento de información de estos ecosistemas y formaciones, se puede trabajar a distintos niveles de exactitud (Tabla 2). En la literatura científica existe información de nivel 1 de almacenamiento y captura de carbono para la mayoría de las formaciones y ecosistemas presentados, además de valores predeterminados por la IPCC para marismas. Sin embargo, estos datos tienen grandes rangos de error, y pueden no ser representativos para Chile ya que no distinguen especies o condiciones climáticas únicas en Chile. Un catastro y un balance nacional de carbono azul requieren de información de nivel 2 (Tabla 2). La validación de proyectos piloto y proyectos de inversión requerirá el levantamiento y monitoreo continuo de información de nivel 3 para poder contabilizar las contribuciones de cada proyecto.



**Tabla 1.** Oportunidades de carbono azul en Chile. Fuente: Elaboración propia.

	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Extensión y distribución	Captura de carbono (largo plazo) <sup>c</sup>	Almacenamiento de carbono (en sedimentos y/o biomasa) <sup>e</sup>	Beneficios de adaptación	Adicionalidad <sup>d</sup>	Nivel de reconocimiento para mitigación
<i>Macroalgas</i> ✳	> 5.600 <sup>27</sup>	Concentradas en los fiordos	> 264.880 tC al año <sup>*26</sup>	Principalmente biomasa	Si. Asociado al sector extractivo, no cuantificados	Depende de comprobar almacenamiento y definir opciones de manejo	Recientemente reconocida por la ciencia
<i>Marismas</i> ✳	> 8 <sup>29</sup>	Todo Chile	> 1.744 tC al año <sup>*12</sup>	Biomasa y sedimentos	Si. Poco estudiados	Depende de sus amenazas y opciones de manejo	Aceptado por el IPCC <sup>27</sup>
<i>Sistemas de surgencia y sedimentos marinos</i> ✳	Toda la ZEE	Todo el mar de Chile	Significativa pero aún no estimada	Biomasa y sedimentos. 36.880 TgC <sup>*</sup>	Sí. Fuertemente asociado a la pesca	Depende de sus amenazas y opciones de manejo	Ampliamente reconocidos. Sistemas complejos aún deben ser estudiados
<i>Sedimentos en fiordos y flujos de carbono desde ecosistemas terrestres</i>	240	Concentrados de Chiloé al sur	Reciben 10,66 TgC al año <sup>*28</sup>	Sedimentos	Poco conocidos	Depende de sus amenazas y opciones de manejo	Sistema complejo reconocido por la ciencia <sup>54</sup>
<i>Bombas biológicas<sup>e</sup>, carbono de ballenas y biomasa animal</i> ✳	-	Estudiada en zonas puntuales	Indirecto. Promueve producción de fitoplancton y transporta carbono	33 tC por ballena en biomasa <sup>*40</sup>	Sí. No cuantificados	Depende de sus amenazas y opciones de manejo	Recientemente relevado su aporte a los ciclos del carbono <sup>55</sup>

\* Estimado desde datos globales y la mejor estimación de extensión.

✳ Asociado a recomendaciones de la Mesa de Océanos del Comité Científico COP25.

Denota brechas de información.

**Tabla 2.** Niveles de información usados para evaluar factores de emisión de carbono. Adaptado de Achard, et al. <sup>56</sup>.

Nivel	Requerimientos	Descripción
1	Factores predeterminados del IPCC.	Las evaluaciones de nivel 1 tienen menor precisión y certeza, y se basan en supuestos simplificados y publicados. Usan valores predeterminados del IPCC para datos de actividad y factores de emisión. Las evaluaciones de nivel 1 pueden tener un gran rango de error de 50% para inventarios de carbonos y 90% para carbono en sedimentos. Es el nivel más simplificado y barato de utilizar, podría ser usado para las NDC.
2	Datos específicos del país para factores.	Las evaluaciones de nivel 2 incluyen datos específicos para países o regiones, aumentando la precisión y resolución. Dependen de los objetivos, prioridades y oportunidades únicas de cada país. Son factibles de desarrollar y financiar a escala nacional, permitiendo identificar zonas prioritarias, realizar balances periódicos y tener datos certeros para las NDC.
3	Inventario detallado de existencias clave de carbono, mediciones repetidas a través del tiempo y modelado de datos.	Las evaluaciones de nivel 3 requieren datos altamente específicos del carbono en cada ecosistema y área, además de mediciones repetidas de existencias clave de carbono a través del tiempo para proporcionar estimaciones de cambio o flujo de carbono dentro o fuera del área. Se pueden proporcionar estimaciones del flujo de carbono a través de mediciones directas de campo o por modelado. Estos valores permiten, por ejemplo, verificar capturas de emisiones para transar en mercados de carbono y son generalmente utilizados en proyectos puntuales.

<sup>c</sup> Definición en la sección *Ciclos del carbono: Secuestro y almacenamiento*.

<sup>d</sup> La adicionalidad depende de que existan amenazas y opciones de manejo. Es definida en el recuadro 3. *Adicionalidad*.

<sup>e</sup> Procesos biológicos que gobiernan el transporte de carbono particulado en el océano.

A continuación, se describen las brechas de información más importantes identificadas para poder gestionar proyectos sostenibles de carbono azul para los ecosistemas prioritarios:

**(1) Escala: Biomasa, superficie, extensión y distribución geográfica.**

La extensión geográfica es el primer paso para cuantificar la escala del aporte de cada ecosistema. La biomasa también ayuda a determinar la escala del aporte y puede ser determinada usando datos de extensión y de densidad. Esta información no existe de forma comprensiva para los ecosistemas y oportunidades en Chile. Es especialmente urgente levantar información de la extensión geográfica y ubicación de macroalgas y marismas, pero también delimitar las zonas de fiordos que almacenan más carbono. El uso de sistemas de información georreferenciados (SIG) puede servir para estimar extensión y biomasa en algunos ecosistemas, especialmente cuando es combinado con validaciones en terreno. Además, hay algunas zonas donde la turbiedad, profundidad o condiciones climáticas hacen difícil obtener buenos datos satelitales, siendo necesario una combinación con trabajo en terreno. En este sentido, una combinación de técnicas en terreno y el uso de tecnología remota se recomienda como la mejor solución costo-efectiva para una estimación nacional.

En el caso de las macroalgas, un primer acercamiento a nivel global provee información sobre su distribución usando modelos basados en imágenes satelitales<sup>4</sup>. Este estudio ha servido para identificar el gran potencial en Chile porque demuestra la escala de las macroalgas en Chile, que representarían un tercio de las macroalgas globales, pero queda limitado a algas que alcanzan la superficie intermareal, y no ofrece diferenciación de especies. Para complementar esta información, es necesario un censo en terreno con consideraciones de biomasa y especie. El trabajo de buzos en transectos submarinos es la solución más efectiva, pero también la más costosa. Una alternativa es el uso de sonares desde embarcaciones como complemento a imágenes satelitales. Idealmente, los datos de macroalgas deben ser diferenciados según especie o conjunto de especies en cada zona de estudio debido a que presentan una gran variabilidad biogeográfica.

Para el trabajo en macroalgas se recomienda una colaboración con SUBPESCA, SERNAPESCA e IFOP, quienes ostentan vasta experiencia en estudios de macroalgas. Estas instituciones cuentan con datos de densidad y extensión de macroalgas, principalmente en Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB) de las zonas centro y norte del país, que podrían servir como un primer acercamiento para resolver esta brecha. Además, los conocimientos ancestrales, y de la ciudadanía que interactúa con el mar pueden ser una herramienta clave para expandir la información disponible.

En el caso de las marismas, la información del catastro de humedales de Chile del Ministerio del Medio Ambiente podría ser complementada con los mapas globales de marismas<sup>37,57</sup>. Se estima que el mapa global de marismas no alcanza a cubrir todo Chile, ya que sólo identifica hasta 8 Km<sup>2</sup> de extensión en el país. El catastro nacional de humedales de Chile incluye todo tipo de humedal y las marismas no son diferenciadas de otros humedales costeros. Al identificar los humedales que son marismas en el catastro será posible complementar con el mapa global y mayor validación en terreno para tener un resultado más comprensivo.

El caso del carbono en biomasa de animales marinos proveerá indicadores también asociados a la salud de las poblaciones. Específicamente para las ballenas, se necesitan datos del número de individuos, pero también de sus migraciones y tiempos de estadía en el mar chileno.

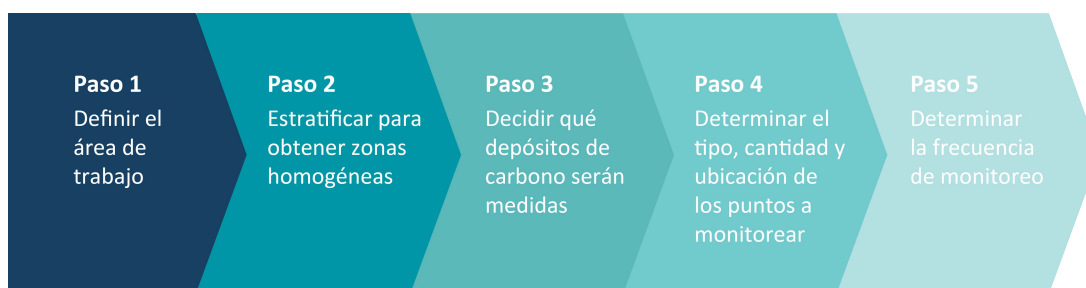
## (2) Ciclos del carbono: Secuestro y almacenamiento.

Para estos fines, se define el secuestro (o captura) de carbono como: la remoción de dióxido de carbono de la atmósfera que termina siendo almacenada a largo plazo, efectuada por seres vivos mediante el proceso de fotosíntesis. El almacenamiento se define como: aislar el carbono secuestrado a largo plazo. Este rol recae en sedimentos y biomasa, aunque también exista carbono en otros formatos, por ejemplo, disuelto en el océano.

La capacidad de secuestro de carbono define la contribución de cada ecosistema a la mitigación. De las oportunidades establecidas en la Tabla 1, las marismas, microalgas de sistemas de surgencia y macroalgas capturan carbono directamente, a través de la fotosíntesis o producción primaria. Para estos ecosistemas, el secuestro se calcula a partir de su producción primaria, estimando la proporción de carbono almacenado efectivamente. Sólo el carbono almacenado a largo plazo (1000+ años) puede ser considerado como efectivamente secuestrado a escalas climáticas. Las marismas acumulan la mayoría del carbono que secuestran en sus sedimentos, mientras que las macroalgas lo exportan.

Una de las variables espaciales más influyentes en la capacidad de captura es la velocidad de crecimiento de los individuos, que varía no sólo por especie, sino que por otras condiciones ambientales como la temperatura o acidez. Como ejemplo, en otras regiones del mundo la producción primaria de *Macrocystis* ha sido estimada entre 670 y 1.300 gC m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>, con una productividad media de 985 gC m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup><sup>58</sup>. Para las macroalgas, Krause-Jensen and Duarte<sup>30</sup> estimaron la proporción de la producción primaria exportada como carbono disuelto o particulado (trozos de biomasa) a sedimentos del fondo marino. Su metodología provee valores con baja resolución espacial y no puede asegurar la ubicación final del carbono exportado para que sea contabilizada, pero puede ser fácil y económica de replicar en Chile, permitiendo información preliminar de nivel 1 sobre el secuestro de carbono de las macroalgas. Para obtener datos más representativos a nivel nacional, es importante considerar que la velocidad de crecimiento estará influenciada por condiciones climáticas, la oceanografía y geomorfología de la zona, además de la profundidad y las condiciones de turbiedad, entre otras variables.

El carbono puede estar almacenado en dos tipos de depósitos: carbono en la biomasa de materia orgánica y carbono en sedimentos. Los sedimentos del fondo marino representan el depósito de la mayoría del carbono azul<sup>59</sup>. El carbono en la biomasa marina representa una proporción menor, pero es especialmente relevante porque sirve además para determinar la abundancia y salud de los ecosistemas marinos. En general, se recomienda realizar los cálculos de biomasa en su máximo interanual, usualmente a fines del verano<sup>38</sup>.



**Ilustración 3.** Pasos para el levantamiento de información de depósitos de carbono marino. Modificado de Blue Carbon Initiative <sup>38</sup>.

La ilustración 3 establece los pasos más importantes para determinar el carbono almacenado en distintos depósitos de carbono (Tabla 3)<sup>38</sup>. Primero, se definen las zonas de trabajo según ecosistema o formación, basado en datos de extensión y biomasa. Segundo, se realiza un proceso de estratificación que permite reducir el número de muestras requeridas. La estratificación busca definir zonas homogéneas en términos de especies, condiciones climáticas y otras variables que puedan influenciar el carbono almacenado. Es importante considerar que los ecosistemas de carbono azul se caracterizan por una gran variedad de especies y densidad de individuos, características de suelos, climas y geomorfológicas. El óptimo es delimitar estratos suficientemente grandes para que se reduzca la cantidad de datos necesarios, pero no demasiado grandes como para perder la precisión de los resultados.

Como tercer paso, se debe decidir qué depósitos de carbono medir. Para Chile, el carbono en sedimentos y la biomasa sobre el fondo son los más importantes (Tabla 3). Cuarto, se determina el tipo, cantidad y ubicación de los puntos de monitoreo según los recursos disponibles, los modelos a utilizar y la precisión requerida<sup>f</sup>. Por último, se determina la frecuencia del monitoreo. Como referencia, los mercados suelen aceptar mediciones cada cinco años para el carbono azul, tiempo que coincide con el plazo de actualización de las NDC. Este proceso permite cuantificar el secuestro de carbono, estimar la efectividad de las acciones de manejo y alimentar un balance nacional de carbono azul, el cual puede informar la implementación y futuras actualizaciones de los compromisos de mitigación del país. La obtención de datos de nivel 2 bajo este método puede ser realizada con una densidad relativamente baja de muestras, cubriendo una amplia extensión (i.e. por regiones). El mismo proceso puede ser replicado con mayor densidad de muestreo para obtener información de nivel tres en proyectos específicos que planifiquen vender certificados de carbono.

**Tabla 3.** Depósitos de carbono relevantes para el cálculo de almacenamiento de carbono en distintos ecosistemas y formaciones. Notar la relevancia de la biomasa viva sobre el fondo marino y el carbono en sedimentos. Modificado de Blue Carbon Initiative <sup>38</sup>.

Depósitos	Macroalgas	Marismas	Sedimentos y fiordos	Biomasa animal
Biomasa viva sobre el fondo	Relevante	Relevante	Despreciable	Relevante
Biomasa muerta sobre el fondo	-	Despreciable	Despreciable	-
Biomasa viva debajo del fondo	-	Relevante	Despreciable	-
Carbono en sedimentos, incluye biomasa muerta debajo del fondo	Despreciable	Relevante	Relevante	-

Para la mayoría de las macroalgas, el único depósito de carbono relevante es la biomasa ya que exportan todo el carbono generado a otros ecosistemas. El carbono aquí depende entonces de la especie, densidad de plantas y tamaño de estas. Se estima, según estudios

<sup>f</sup> Herramienta gratuita de estratificación recomendada: [winrock.org/resources/winrock-sample-plot-calculator](http://winrock.org/resources/winrock-sample-plot-calculator)

globales para *Macrocystis*, que un 3% del peso húmedo representa carbono, y para *Laminaria* un 4,5 % (30% del peso seco en ambos casos)<sup>60</sup>. En su biomasa, datos de nivel uno indican que las primeras pueden concentrar entre 0,21 y 6,6 MgC Ha<sup>-1</sup>, mientras que las segundas alcanzan entre 2,2 y 7,2 MgC Ha<sup>-1</sup><sup>60</sup>. Las subespecies y otras especies presentes en Chile no pueden ser extrapoladas de datos globales y requieren estudios focalizados en la realidad local. Un estudio de Hill, et al.<sup>61</sup> provee una perspectiva de las mejores metodologías para realizar esta cuantificación del carbono en macroalgas a escala nacional.

Para las marismas, los depósitos de carbono más relevantes son la biomasa viva sobre el fondo y el carbono en sedimentos debajo de la biomasa. Los sedimentos asociados a marismas son especialmente importantes, con un promedio de 36 veces más carbono que la biomasa<sup>62</sup>. Los datos globales (nivel 1) tienen una gran variabilidad, con estimaciones de su concentración de carbono de entre 16 y 623 MgC por hectárea. El promedio aceptado por el IPCC es de 255 MgC por hectárea. Se recomienda la metodología de Macreadie, et al.<sup>63</sup> para estimar carbono en marismas.

Los fondos marinos y fiordos contienen la mayoría de los depósitos de carbono en sedimentos del mundo. Por su gran extensión, profundidad y espesor son muy difíciles de modelar. El consenso internacional es limitar los estudios al primer metro debajo de la superficie del fondo marino para datos de nivel uno, aunque algunos se extienden a cinco o más de diez metros. De existir los recursos, se puede cuantificar el carbono a mayor profundidad, obteniendo información para identificar otras zonas con altas concentraciones de carbono, potencialmente en la fosa de Atacama. Un estudio reciente a escala global de Atwood, et al.<sup>59</sup> estimó la concentración de carbono en el primer metro de sedimentos e identificó las mayores concentraciones en abismos marinos, pero lamentablemente no contó con datos del sur de Chile y sus fiordos. Otro estudio desarrollado por Smith, et al.<sup>36</sup> y focalizado en fiordos estimó que un 11% del carbono secuestrado por los océanos anualmente termina en fiordos, y los fiordos chilenos capturan cerca de un 13% de las emisiones antropogénicas de carbono. Los esfuerzos para resolver las brechas de información en Chile deberían incluir más muestras y determinar la variabilidad entre las muestras utilizadas, diferenciando, por ejemplo, según clima, geología o régimen del fiordo (i.e. si el agua fresca proviene de un glaciar o de un río). Los requerimientos de nueva información pueden minimizarse con la agregación de las muestras de estudios más recientes<sup>64-70</sup>, siguiendo, por ejemplo, el modelo de agregación de datos de Smith, et al.<sup>36</sup>.

Para la contabilidad del carbono es importante identificar a qué ecosistema atribuir la captura de carbono. Los sedimentos marinos reciben carbono de los ecosistemas cercanos, pero también carbono alóctono (i.e. proveniente de otra ubicación geográfica)<sup>71</sup>. El origen del carbono puede ser identificado usando algunas técnicas como la trazabilidad de ADN o de isótopos estables<sup>72,73</sup>. Esta información es importante para poder estimar cuánto del carbono secuestrado y exportado por macroalgas termina almacenado a largo plazo en el fondo marino. Algunos estudios han identificado que las macroalgas exportan un 43% del carbono de su producción primaria, pero sólo un 11% del total producido es efectivamente almacenado a largo plazo<sup>24</sup>. Estos valores globales pueden variar considerablemente en regiones según composición y abundancia de especies, condiciones climáticas y oceanográficas. En Chile, los bosques de macroalgas australes podrían exportar una gran parte del carbono a los fiordos por su cercanía. Para identificar el origen del carbono en sedimentos, se recomienda aprovechar datos de sedimentos disponibles según lo indicado para fondos marinos y fiordos, siguiendo metodologías ya utilizadas<sup>74</sup>.



El carbono en la biomasa de animales marinos es relevante en sí y también como mecanismo de transporte. Se ha estimado que la recuperación de las pesquerías y poblaciones de animales marinos a nivel global podría equivaler a la exportar 160.000 tC a sedimentos marinos al año<sup>75</sup>. Las ballenas son especialmente importantes para este aporte y, aunque su contribución global aún no ha sido cuantificada con exactitud, sus beneficios conocidos a los ciclos del carbono son resumidos por Chamí, et al.<sup>40</sup>. Las metodologías recomendadas para calcular la contribución de las ballenas son de Lavery, et al.<sup>76</sup> y Roman, et al.<sup>77</sup>.

**Recuadro 2. Interacción mar y tierra en los ciclos del carbono**  
*Evitando la doble contabilidad – basado en consultas a expertos*

*Los ciclos del carbono alcanzan todos los rincones del planeta y no pueden ser entendidos como un sistema aislado en el océano. Los expertos consultados en este estudio recalcaron la importancia de entender los vínculos entre el mar, la criósfera y la tierra para los ciclos del carbono. Esta consideración es especialmente importante para los humedales costeros que son la interfaz entre ambos, y para los fiordos, que son un sumidero y reciben la mayoría de su carbono desde bosques, turberas y montañas circundantes. Para que estos flujos se mantengan saludables y puedan mantener su aporte natural a la mitigación y adaptación al cambio climático, las cuencas fluviales asociadas deben estar saludables. Asimismo, mucho del carbono capturado por ecosistemas terrestres depende de la posibilidad de ser depositado en sedimentos marinos para que sea efectivamente almacenado a largo plazo.*

*Desde el punto de vista de la contabilidad climática, muchas veces el carbono capturado en tierra es contabilizado en los registros de mitigación. Pero el mismo carbono llega al mar y podría ser contabilizado nuevamente. A este problema se le denomina “doble contabilidad”: Contar la misma reducción de emisiones más de una vez<sup>78</sup>. Así, es importante entender el ciclo completo del carbono para poder identificar el punto de captura y el lugar en donde se almacena a largo plazo.*



Imagen: **Francisca Hidalgo**. La confluencia de los ríos Baker y Nef, Región de Magallanes. Aquí, se aprecia como el caudal se carga de carbono y nutrientes con destino a los fiordos.

### **(3) Vulnerabilidad y amenazas.**

Los ecosistemas marinos están amenazados por acciones antropogénicas y el cambio climático. Estos procesos pueden poner presión sobre especies y los flujos de energía en los ecosistemas, afectando su productividad, poblaciones, extensión e incluso supervivencia. Las pérdidas en extensión y biomasa disminuyen la provisión de servicios ecosistémicos como el secuestro y almacenamiento de carbono. En Chile, las tendencias de pérdida de extensión y biomasa son preocupantes para las macroalgas, así como también para las pesquerías. Estas tendencias son provocadas principalmente por presiones humanas directas, como

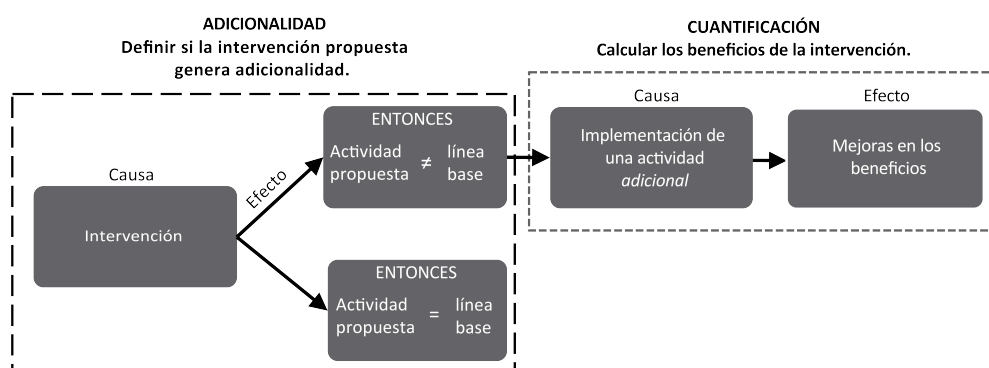
sobreexplotación de recursos, pero también por otras indirectas, como el cambio climático o la contaminación de las aguas.

La pérdida de superficie, biomasa y densidad son indicadores generales que sirven para determinar la escala de los efectos de las presiones sobre ecosistemas y deberían ser monitoreados con regularidad. Estos datos permiten identificar las zonas bajo mayor amenaza para priorizar recursos disponibles, acciones de manejo y monitoreo. Además, son clave para definir la línea base sobre la que se genera adicionalidad a nivel nacional y a nivel de cada proyecto (*Recuadro 3. Adicionalidad*).

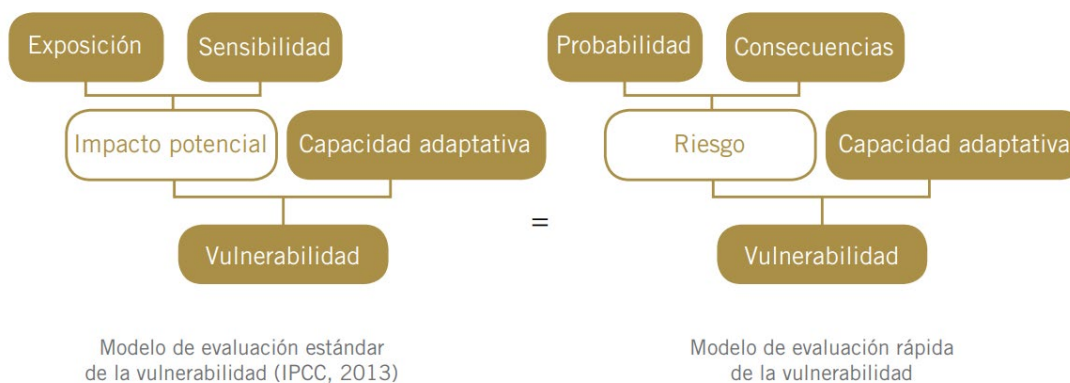
### **Recuadro 3. Adicionalidad**

#### *Relación de las amenazas con las acciones de manejo*

*Todas las acciones de manejo que se planifiquen deben ser diseñadas para generar adicionalidad, es decir, para generar resultados por sobre los esperados sin dicha acción. Para estos fines, la adicionalidad puede ser definida como: “Una intervención que genera una situación distinta de su línea de base”. Una línea de base es: “Una predicción del comportamiento futuro en ausencia de intervenciones, manteniendo constantes todos los demás factores (ceteris paribus)”<sup>79</sup>. Para poder proveer adicionalidad, las acciones de manejo deben estar directamente enfocadas en prevenir o reducir el impacto de las amenazas en los ecosistemas prioritarios (protección o manejo sustentable de recursos), o bien recuperar el estado anterior de un ecosistema (restauración). Al demostrar adicionalidad, los proyectos podrán demostrar su efectividad y acceder con mayor facilidad a fuentes de financiamiento climático, ya sea en términos de mitigación como de adaptación.*



Para entender cómo las amenazas pueden afectar a los ecosistemas en el futuro se mide la vulnerabilidad, definida como la *predisposición a ser adversamente afectado por las amenazas directas e indirectas*<sup>80</sup>. La ilustración 4 presenta un resumen de las herramientas disponibles para evaluar la vulnerabilidad de ecosistemas. El estándar de evaluación de vulnerabilidad a cambios climáticos del IPCC requiere de información detallada de exposición a impactos o cambios ambientales, y la sensibilidad de cada especie o ecosistema<sup>81</sup>. La Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte ha desarrollado una versión simplificada que ofrece la oportunidad de usar conceptos de riesgo y consecuencias probables para estimar la vulnerabilidad, reduciendo los costos, tiempos y recursos requeridos<sup>82</sup>.



**Ilustración 4.** Modelo de evaluación de vulnerabilidad del IPCC y opción simplificada rápida desarrollada por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte<sup>82</sup>.

En términos generales, muchas de las amenazas a los ecosistemas prioritarios en esta Hoja de Ruta ya están registradas en la literatura. Las macroalgas se distribuyen a lo largo de casi toda la costa de Chile, con diferentes amenazas y niveles de vulnerabilidad. En la zona sur, las poblaciones se han mantenido relativamente estables en los últimos años, probablemente protegidas por la dificultad de acceso a la zona<sup>83</sup>. Mientras, en el centro y norte del país se han estimado pérdidas anuales de entre un 7 y un 15% en la extensión de estos bosques durante las últimas dos décadas<sup>84</sup>. Aquí, las malas prácticas que limitan su recuperación (e.g. “barroteo”) y la industrialización del proceso extractivo han llevado a muchas poblaciones hasta la sobreexplotación.

La realidad en otros países da referencia de otros peligros a los que podría enfrentarse Chile. Por ejemplo, la disminución de los depredadores (e.g. langosta, nutrias de mar) que ayudan a equilibrar las poblaciones de herbívoros (e.g. erizos) en los bosques de macroalgas ha sido un problema en zonas como California. Por otro lado, las macroalgas tienen baja tolerancia al calentamiento del ambiente, con reportes de pérdidas extensivas asociadas al aumento de temperatura en Tasmania y expectativas de la desaparición completa de estos ecosistemas en el Reino Unido en un horizonte de 50 a 100 años. Mientras el cambio climático siga empeorando, el riesgo de una situación así en las costas de Chile podría aumentar. Además, las zonas sobreexplotadas podrían transformarse en áridos casi irrecuperables si agregamos la sobreexplotación al aumento de herbívoros y de olas de calor. Una combinación de estas presiones dejan extremadamente vulnerables a los bosques de macroalgas frente a eventos climáticos extremos, los que podrían arrasar con poblaciones enteras<sup>85</sup>.

Las marismas son consideradas un humedal costero y están siendo incrementalmente protegidas en Chile. Probablemente la mayor presión histórica en el país proviene del uso de las marismas como zonas de pastoreo, comúnmente asociada a actividades de drenaje. Al mismo tiempo, la gran sensibilidad de estos ecosistemas a la contaminación y su posición en el delta de cursos fluviales los pone en riesgo frente al sobreuso de fertilizantes, pesticidas y químicos en general. Hasta el año 2020, las marismas también estaban amenazadas por el cambio de uso de suelo que implica drenaje y secado, muchas veces para usos residenciales. Este riesgo ha sido minimizado hacia el futuro gracias a la ley de humedales urbanos (Por modificación a la ley 21.202), pero sigue estando presente en algunas zonas periurbanas y rurales. El proyecto GEF de Humedales está trabajando para mejorar su protección y monitoreo. Amenazas futuras se asocian al aumento del nivel del mar, que podría en muchos casos modificar la distribución de las marismas hacia el interior, potencialmente reduciendo la extensión de este ecosistema.

Los sistemas de surgencia están afectados por la sobrepesca y la contaminación de sus aguas, mientras que los sedimentos marinos carecen de información suficiente para un levantamiento de amenazas potenciales. En Chile, la mayoría del carbono en sedimentos se encuentra depositado más profundo que los alcances de actividades humanas directas (pesca, transporte marítimo o turismo), por lo que se estima que el impacto histórico ha sido mínimo. En el futuro se debe prestar especial atención a las actividades que implican infraestructura en el suelo submarino como la extracción de gas o petróleo, la minería submarina, o la captura y almacenamiento de carbono (CCS), que podrían liberar grandes cantidades de carbono. Estas deben ser evitadas siempre que sea posible o cuidadosamente estudiadas para minimizar su impacto.

El caso de los fiordos difiere del resto, y la amenaza más importante que enfrentan a nivel global es la deforestación y la alteración de cauces en las cuencas que los alimentan. Estas alteraciones reducen el flujo de carbono al sistema, afectando su captura de carbono. Otras actividades humanas podrían incluso arriesgar la liberación del carbono almacenado en los sedimentos de fiordos. Dependiendo de la profundidad de los sedimentos en cada formación, las actividades productivas y embarcaciones que transiten por la zona podrían suspender sedimentos. La acuicultura intensiva en fiordos con poca ventilación puede alterar las condiciones químicas del agua y afectar el ciclo natural de los nutrientes en su entorno, incluido los sedimentos. Por lo tanto, aspectos como la capacidad de carga y la capacidad de capturar carbono de los fiordos deberían ser incorporados en la planificación y evaluación del funcionamiento de esta actividad.

#### **(4) Opciones de manejo.**

Desde un punto de vista del carbono azul, hay tres acciones de manejo de ecosistemas que pueden generar la adicionalidad: (i) protección, (ii) manejo sustentable y planificación espacial marina, y también (iii) restauración. La protección es la más común en Chile y puede implicar restricciones de uso en un área, ecosistema, especie, o formación específica. La segunda línea es el manejo sustentable de los recursos, que puede implementarse a través de planes de manejo, buenas prácticas o restricciones de extracción temporales (vedas) o por volumen (cuotas). La tercera es la restauración, que se traduce en la recuperación con ayuda antropogénica de funcionalidades naturales y ecosistemas. En cada caso, la selección depende de las amenazas, recursos disponibles y la realidad local. En todas ellas, aunque en distinta magnitud, las principales brechas de información son las tecnologías y metodologías más efectivas, su costo y efectos secundarios. Para una mejor toma de decisión sobre las acciones de manejo es importante cubrir las brechas descritas en las secciones anteriores (amenazas y vulnerabilidad, secuestro y almacenamiento de carbono, además de extensión y biomasa), así como considerar los beneficios asociados a la resiliencia y adaptación de comunidades descritos en la siguiente brecha.

Un ejemplo importante de protección son Las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), las cuales parecen agregar adicionalidad a la conservación de los ecosistemas costeros, pero aún queda por demostrar las condiciones que determinan su efectividad en el largo plazo y su costo-eficiencia. Una brecha importante es poder comparar las AMERB con Las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU) y otras áreas marinas protegidas, para poder cuantificar los beneficios de cada una.

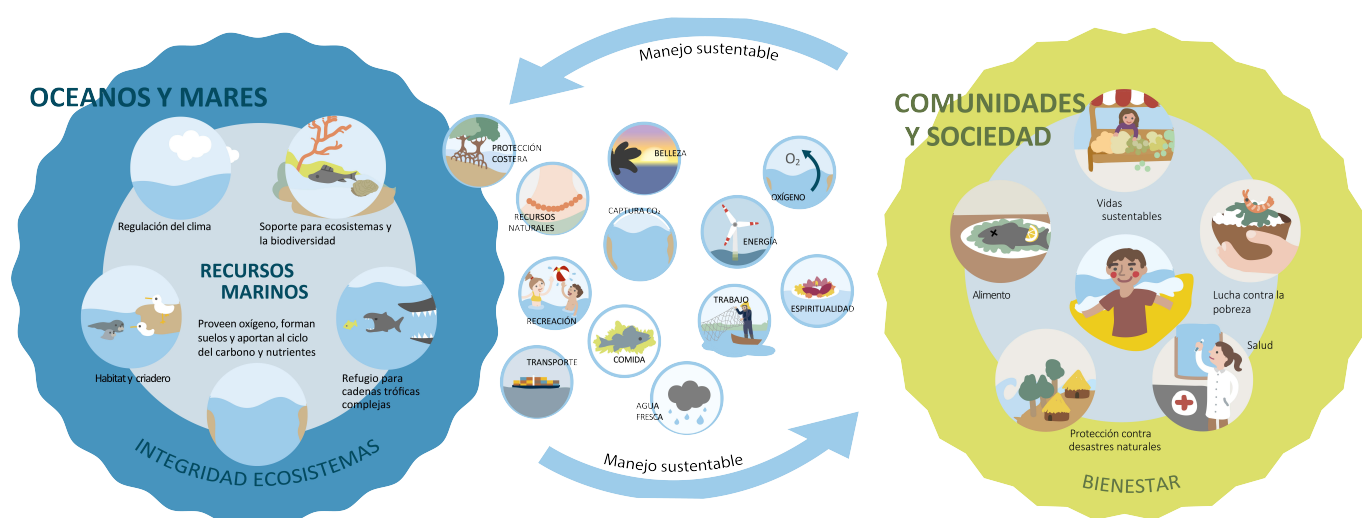
El manejo sustentable y la Planificación Espacial Marina de los recursos es probablemente la opción con mayor aceptación desde los sectores extractivos, pero también con mayores brechas. Estos procesos suelen incluir a todos los actores involucrados con el uso del océano,

asegurando que se resguarden las economías locales, que se considere a los grupos más vulnerables de la sociedad, así como también manteniendo ecosistemas saludables que puedan proveer servicios ecosistémicos sostenibles. Aquí, es importante conocer las capacidades de carga de los ecosistemas costeros y sus límites de explotación (por ejemplo, cuántas macroalgas se pueden extraer sustentablemente). En Chile, la capacidad de carga de algunas pesquerías cuenta con un mecanismo de consulta con expertos a través de SUBPESCA para determinar vedas y cuotas. Este mecanismo podría ser replicado para otros ecosistemas en conjunto con un mayor monitoreo.

La restauración es la última opción de manejo, utilizada cuando los ecosistemas han sido extensivamente dañados. Hay pocos datos en Chile que demuestren la efectividad, costos y experiencia de proyectos de restauración en el mar. Los escasos ejemplos disponibles están asociados a la ley de restauración de macroalgas en AMERB, administrada por la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). Incluso esta iniciativa carece aún de un trabajo de recopilación de resultados, costos y efectividad públicamente disponible. Otras opciones de restauración con potencial, pero aun virtualmente inexistentes, se relacionan a la recuperación de depredadores (chungungos, langostas, estrellas de mar) y podrían ayudar a regular ecosistemas en desequilibrio de herbívoros.

### (5) Beneficios para la resiliencia de comunidades costeras y la sociedad.

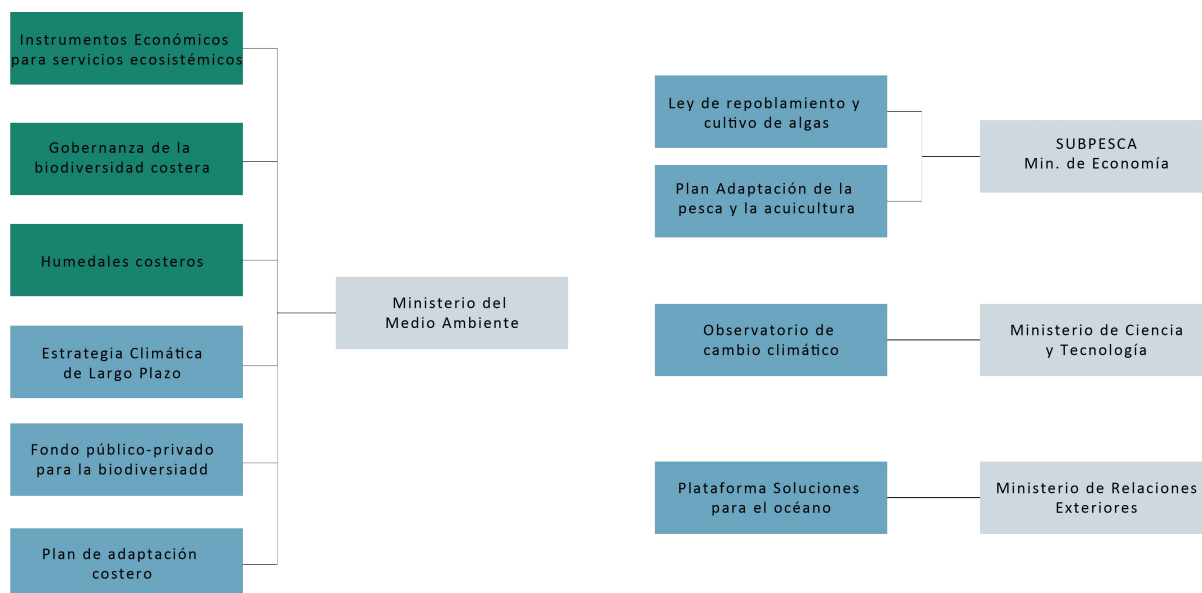
Esta brecha de información abarca los beneficios sociales de la acción climática en ecosistemas marinos. Los ecosistemas marinos ofrecen beneficios a las comunidades locales y a la economía del país a través de una variedad de procesos (ilustración 5). Constantemente descubrimos nuevos procesos naturales que sustentan a la sociedad, pero es difícil cuantificar todos esos servicios ecosistémicos de los que dependemos. La mantención y el fortalecimiento de los servicios ecosistémicos puede ser clave para resiliencia de nuestra sociedad frente al cambio climático y también es un pilar importante de nuestra economía. Aquí, los planes de adaptación sirven para determinar una línea base de las necesidades y riesgos de las comunidades, ayudando a entender mejor los servicios ecosistémicos de los que dependen.



**Ilustración 5.** Servicios Ecosistémicos marinos relevantes para la adaptación y resiliencia al cambio climático. Adaptado de Ulrich Bähr <sup>86</sup>.

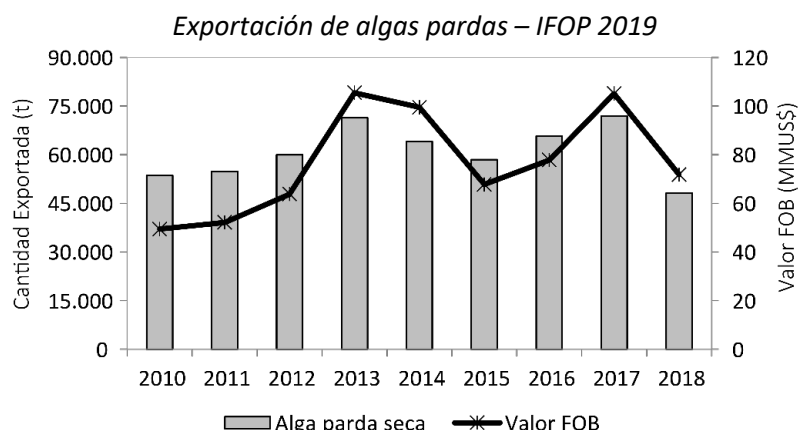


Como acciones concretas en esta línea (ilustración 6), existen dos planes nacionales para la adaptación al cambio climático enfocados en comunidades costeras y sectores asociados a mar. El con más trayectoria es el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Pesca y Acuicultura, que coordina tanto el Ministerio de Economía Fomento y Turismo con el Ministerio del Medio Ambiente. La primera versión de este documento fue publicada el año 2015 y actualmente se encuentra en un proceso de revisión periódica que la actualizará a una nueva versión 2020. El segundo es el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Borde Costero, que se encuentra en proceso de diseño e incluirá a más sectores productivos, además de las comunidades locales que incluyen a pescadores artesanales y mujeres. Este plan es desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente y tiene aún la posibilidad de alinearse con los esfuerzos de cambio climático en los ecosistemas marinos de Chile. Otro esfuerzo complementario es el proyecto de Global Environment Facility (GEF) de Pago por Servicios Ecosistémicos que ya incluye pilotos iniciales en una AMERB, una ECMPO y un Comité de Manejo Pesquero, además de cinco humedales costeros.



**Ilustración 6.** Resumen de iniciativas del gobierno de Chile identificadas a Junio del 2020 que ofrecen potenciales sinergias con la acción climática de ecosistemas marinos. En verde, proyectos financiados a través de fondos GEF (Global Environmental Facility), y en azul, proyectos financiados por el gobierno.

**Recuadro 4. Macroalgas y la oportunidad del manejo sustentable**  
 Información de Buschmann, et al. <sup>87</sup>, IFOP <sup>88</sup>, Vásquez, et al. <sup>89</sup> y entrevistas a expertos.



Las macroalgas deben ser la principal prioridad de trabajo para Chile por su potencial para contribuir significativamente a las tres acciones climáticas. En términos de mitigación, las macroalgas capturan y exportan grandes cantidades de carbono. Son también importantes para la adaptación de ecosistemas costeros al proveer un buffer para los cambios ambientales, además de ser el origen de tramas tróficas, ofrecer refugio y hábitat. Además, son clave para la resiliencia humana, entregando métodos de subsistencia, alimentos, opciones de turismo y una variedad de recursos. Como referencia, una valoración conservadora estima que valen US\$ 540 millones sólo en el norte de Chile.

La acción es urgente: Los bosques de macroalgas están siendo arrasados por su valor comercial, especialmente en las zonas centro y norte del país, y puede ser impracticable recuperarlos en el futuro. El manejo sustentable de este recurso ya ha sido entendido como un esfuerzo clave por SUBPESCA, que está trabajando en planes de manejo en muchas localidades y ha establecido un subsidio al repoblamiento de macroalgas. Para contribuir al manejo sustentable de las macroalgas se requiere del apoyo de más actores, levantando información, proponiendo medidas y ofreciendo soluciones innovadoras que integren a las comunidades locales.

Para que la extracción pueda ser sustentable, las cadenas de valor deben recompensar estos esfuerzos. Las “algueras” y “algueros”, extractores de algas, necesitan productos de valor agregado por trazabilidad de sus acciones, o por la fabricación de productos en origen para poder subsistir cosechando sustentablemente (ver imágenes). Otra opción interesante es el cultivo de macroalgas, que además de poder ser manejado, ofrece nuevo hábitat y captura de carbono. La Acuicultura Integrada Multi-Trófica (IMTA), también puede ser una opción para equilibrar sistemas sobrecargados por producción de salmones o moluscos. Chile necesita una planificación integral de sus costas más explotadas, incluyendo áreas marinas protegidas que puedan preservar y ofrecer refugio a especies, además de planes de extracción de recursos que aseguren poblaciones sustentables para el futuro.



Ejemplos de emprendimientos que generan un valor agregado y promueven el cultivo de algas recolectadas artesanalmente en Chile.



## 2. Preparar el contexto habilitante

Los proyectos de carbono azul se desarrollan a una escala de tiempo (10-30 años) que requiere de estabilidad en el marco regulatorio, la gobernanza del mar y la zona costera. Las condiciones que debe tener el país han sido estudiadas en otros casos países para facilitar el financiamiento, el escalamiento y la efectividad de proyectos de carbono azul. Basado en estas experiencias, se propone estructurar el contexto en Chile en tres pilares: Gobernanza, Capacidades y Visión de Economía Azul (Ilustración 7).



**Ilustración 7.** Pilares del contexto habilitante para la inversión en ecosistemas de carbono azul en Chile.

\*Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). Institucionalidad en trámite legislativo que podrá coordinar esfuerzos de conservación transversales en el país y gestionar la gobernanza de todas las áreas protegidas, incluyendo las marinas.

### Pilar 1. Gobernanza

La gobernanza es el pilar más importante para el desarrollo y financiamiento de nuevos proyectos. Es complejo levantar financiamiento de largo plazo sin una gobernanza estable, coordinada y funcional. En un escenario ideal debería existir una institución con las facultades para administrar proyectos en ecosistemas costeros y marinos, dentro y fuera de instrumentos de planificación territorial. Chile ya está avanzado en esta materia con un proyecto de ley en trámite en el congreso que propone la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). Esta será la primera institución que tendrá atribuciones para trabajar en ecosistemas de todo Chile, permitiendo coordinar los esfuerzos nacionales y planificar estrategias para todo el territorio. La implementación de esta institución será una importante mejora en las condiciones de gobernanza marina.

Es relevante además contar con una legislación que destaque la importancia de los ecosistemas marinos para la acción climática. En Chile, los trabajos para la aprobación de la Ley Marco de Cambio Climático y el desarrollo Estrategia Climática de Largo Plazo sientan el precedente. En ambas instancias es importante incluir el potencial de los océanos para que sean considerados como opciones de soluciones basadas en la naturaleza, movilizando a instituciones gubernamentales, gobiernos y comunidades locales para valorizar sus aportes. En términos del marco financiero, el precio al carbono es crucial para aumentar los recursos disponibles y debería ser apoyado transversalmente por todo el gobierno. El país podría aumentar la ambición del precio al carbono e incrementar el monto y el alcance del impuesto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con miras a facilitar el financiamiento de proyectos de mitigación en el océano. En paralelo, se recomienda potenciar el

Fondo Nacional para la Biodiversidad, actualmente en desarrollo por el Ministerio del Medio Ambiente en conjunto con un grupo de ONG locales e internacionales, que tendrá un primer programa avanzar en la implementación de áreas marinas protegidas. Finalmente, una excepción de impuestos podría promover las donaciones ambientales relacionadas a la conservación y al cambio climático<sup>90</sup>.

## **Pilar 2. Capacidades**

Las capacidades determinarán en muchos sentidos el éxito de las iniciativas, reducirán riesgos y aumentarán el interés por financiar más proyectos. Aquí, el SBAP vuelve a cobrar relevancia porque es la institución que podría coordinar trabajos en todo el territorio costero y marino con una diversidad de actores, además de contar con personal en terreno. Debería además establecer una mejor coordinación con la Armada de Chile y SERNAPESCA para los procesos de fiscalización y detección de incumplimientos en áreas marinas protegidas, además de obtener atribuciones y capacidades complementarias de monitoreo y fiscalización para los administradores de áreas protegidas. Estas atribuciones significarían un aumento significativo de la efectividad de los proyectos asociados a protección y manejo sustentable de los recursos. El gobierno de Chile podría empoderarse de la acción climática en el océano y ayudar a coordinar proyectos entre las diversas instituciones que atañen al mar. Además, podría incrementar el apoyo a los gobiernos regionales y locales para que puedan involucrarse también en el manejo y protección de los ecosistemas marinos que les atañen.

El rol de las comunidades y la ciudadanía es también fundamental. Para potenciarlo, se debe empoderar y educar a las comunidades sobre el valor de los ecosistemas marinos, y entregar canales de comunicación con los administradores y fiscalizadores de cada proyecto o área marina protegida. Toda iniciativa de carbono azul debería estar alineada con los planes de manejo de cada área protegida y su consejo de gestión local, comités regionales, además de cualquier otra instancia de participación local relevante.

## **Pilar 3. Visión Intersectorial de Economía Azul**

Además de la gobernanza y las capacidades, es necesario alinear a todos los sectores que se relacionan con el mar a largo plazo, estableciendo una visión de economía azul de largo plazo. Esta visión debe ser parte de la Política Oceánica Nacional, permitiendo asegurar la continuidad y disminuyendo los riesgos de largo plazo de los proyectos. Al integrar a todos los sectores relevantes es posible generar iniciativas que no sólo contribuyan al cambio climático y a la conservación de los ecosistemas prioritarios, sino que además ayuden a la subsistencia y economía local de comunidades costeras, con un énfasis especial en la reactivación azul de Chile post COVID-19. Esta visión además permite sentar un precedente para una futura Planificación Espacial Marina (PEM) que incluya el cambio climático. Una PEM permitiría optimizar el uso del mar y la costa del país para cumplir con múltiples objetivos y maximizar su potencial de contribución al cambio climático.

### **Otras acciones habilitantes**

Además de los pilares descritos anteriormente, hay una serie de acciones que podrían ayudar a construir un contexto habilitante y fortalecer la acción climática en el océano:

- Clasificación de los sedimentos marinos y los ecosistemas con alta concentración o captura de carbono como objetos de protección. Estos podrían ser incluidos como ley, pero también pueden ser considerados en la creación de áreas marinas protegidas para la conservación del carbono, o en los planes de manejo de áreas marinas protegidas existentes.

- El Servicio de Evaluación de Ambiental (SEA), a través de una modificación a la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (19.300), podría integrar los efectos sobre sedimentos, biomasa y ecosistemas importantes para el secuestro de carbono como un impacto significativo. De esta forma, se podría exigir la aplicación de la jerarquía de mitigación para proyectos que los afecten, incluyendo la compensación en términos de carbono en caso de ejecutarse el proyecto. En esta misma línea, los proyectos de restauración de macroalgas y marismas deberían ser considerados como compensación por emisiones de carbono e impactos al océano.

### 3. Demostrar beneficios y reducir riesgos

El desarrollo de proyectos piloto ayudará a resolver brechas de información, mejorará las capacidades y el capital humano existentes y permitirá reducir riesgos para futuros proyectos. Los proyectos piloto son claves para demostrar los beneficios en términos de mitigación, pero también de adaptación y resiliencia. En cada proyecto se debe recabar experiencias para mejorar las metodologías propuestas, actualizar los cálculos de ciclos del carbono y demostrar la adicionalidad de las acciones de manejo implementadas. Estas experiencias son valiosas no sólo para Chile, sino que también para la comunidad internacional que puede aprovechar las experiencias del país. A continuación, se presentan dos oportunidades de proyectos piloto en áreas protegidas:

#### Puerto Edén – Parque Nacional Bernardo O’Higgins



Imagen: **Francisca Hidalgo**. Colonia de gaviotín antártico asentada en un naufragio en aguas del Parque Nacional Bernardo O’Higgins

Puerto Edén es una localidad pequeña, con una gran población Kawésqar. Se ubica en medio de una zona prístina, protegida por el Parque Nacional Bernardo O’Higgins, el más extenso de Chile. El parque incluye una variedad de fiordos y canales que además sustentan ecosistemas de bosques de macroalgas y reciben migraciones de cetáceos. La zona, aún prístina, tiene el potencial para convertirse en un ejemplo de manejo sustentable de bosques.

Aquí, las oportunidades yacen en la extracción sustentable y creación de productos con valor agregado de sus bosques de macroalgas y pesquerías, pero también en un creciente turismo. Es un caso especial que acoge un conjunto de condiciones propicias: un ecosistema saludable, una población acotada, la protección del Parque Nacional que se extiende al mar y el apoyo del gobierno regional. La población local está además empoderada con la idea de aprovechar los beneficios climáticos de sus ecosistemas para conservarlos mejor,



y cuentan con dos sistemas de organización (pescadores y comunidad indígena), que permiten una coordinación funcional con la comunidad.

La propuesta de un proyecto que estudie y asegure la salud de los ecosistemas ya fue realizada, especialmente concentrado en la población de macroalgas y el flujo de carbono a los fiordos desde los ecosistemas terrestres. Los actores relevantes que ya están trabajando en proyectos de investigación en la zona son el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM) y la Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). Las instituciones públicas más relevantes son la Corporación Nacional Forestal (CONAF), que está a cargo de la administración del parque, y la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), quienes coordinan las pesquerías de Puerto Edén. Además del Gobierno Regional de Magallanes y la Ilustre Municipalidad de Puerto Edén.

#### **Mapu Lahual – Área Marino Costera Protegida de Múltiples Usos Lafkén Mapu Lahual**

La Red de Parques Indígenas Mapu Lahual es un territorio Mapuche Huilliche en la costa de la región de Los Lagos que agrupa a las comunidades de la zona, protegido como parque privado y territorio indígena. En la costa, existe un Área Marino Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) Lafken Mapu Lahual, además de un Espacio Marino Costero de Pueblos Originarios (ECMPO) y cinco Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). Los distintos usos del territorio incluyen pesquerías, extracción de recursos bentónicos, turismo y usos tradicionales o culturales. El empoderamiento de la comunidad local, además de la diversidad de usos en el borde costero, ofrecen una oportunidad de trabajar en un sistema que integra a una variedad de actores y sectores, ofreciendo un caso ejemplar para un proyecto participativo.

La oportunidad aquí está en realizar un trabajo con la comunidad para agregar valor a los productos locales con trazabilidad y producción en origen, logrando el manejo sustentable de las poblaciones de macroalgas y sus recursos asociados. Los principales actores locales son las comunidades indígenas, el Consejo Local de Gestión de la AMCP-MU y las organizaciones de pescadores a cargo de las AMERB. Además, es importante la coordinación con SUBPESCA para la ECMPO y las AMERB, el Gobierno Regional de Los Lagos y la Ilustre Municipalidad de Río Negro.

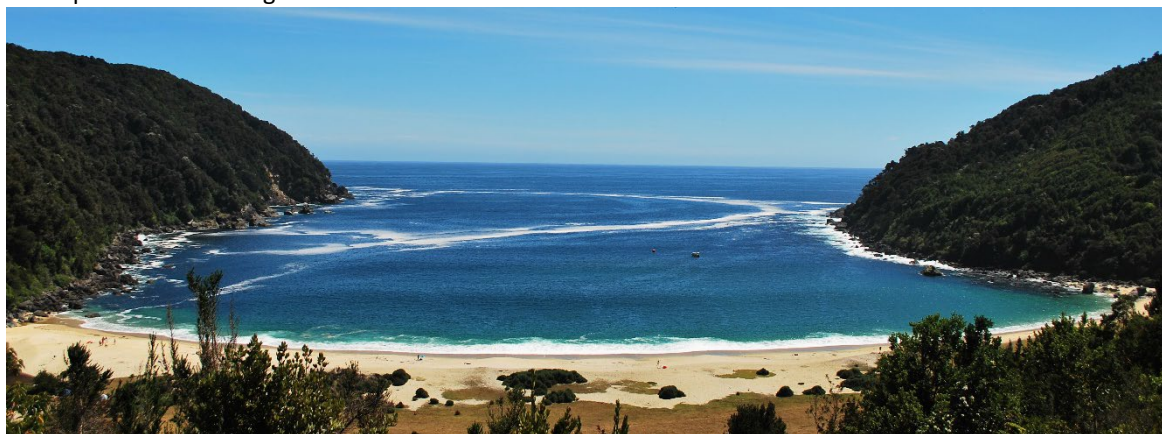


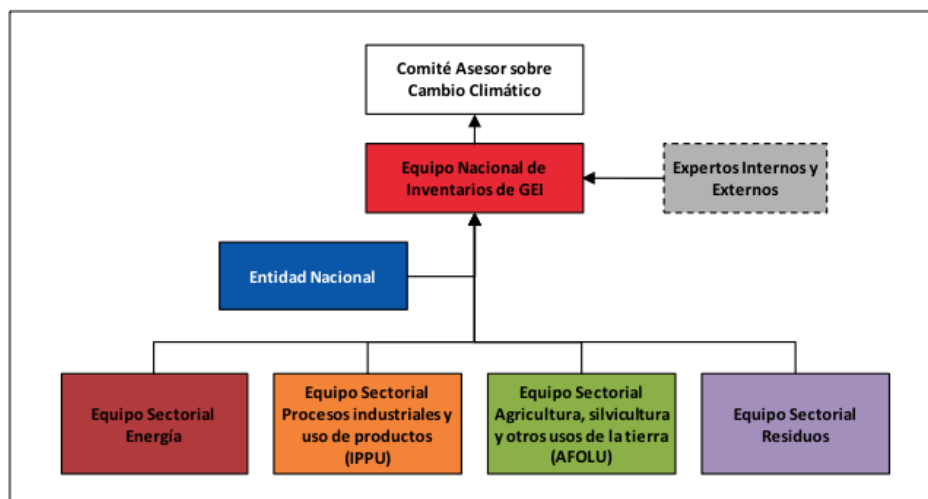
Imagen: **Roberto Herrera**. Bahía en el territorio Huilliche Lafkén Mapu Lahual.

## **4. Construir un catastro Nacional de carbono azul**

El catastro nacional de carbono azul es el resultado del trabajo para resolver las brechas de información existentes. Este documento debe incluir datos generales y de densidad de: (1) capacidad de secuestro y (2) almacenamiento de carbono, además de (3) extensión espacial, para cada uno de los ecosistemas y formaciones prioritarias. Los resultados del catastro deben estimar el carbono almacenado y capturado anualmente en el océano de Chile. Las metodologías de Escocia<sup>50,51</sup> son una buena referencia ya que ofrecen similitudes con el contexto chileno. Se recomienda generar un catastro de carbono azul a un plazo de cinco años, con el objetivo de alimentar la siguiente actualización de las NDC del país en el año 2025.

## 5. Implementar un balance nacional periódico de carbono azul

El Balance Nacional de carbono en el océano (carbono azul) permite hacer un seguimiento de los flujos de carbono y las contribuciones nacionales de Chile a la mitigación del cambio climático. Este proceso se alinea con los compromisos del Acuerdo de París bajo la UNFCCC, la Ley Marco de Cambio Climático y los compromisos de carbono neutralidad al 2050. De esta forma, es posible cuantificar el trabajo del país en potenciar y mantener las contribuciones naturales de ecosistemas marinos.



**Ilustración 8.** Estructura del Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente.

En Chile, el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero integra a cuatro equipos sectoriales (Ilustración 8). En una primera instancia, se recomienda incluir la contabilidad al Equipo Sectorial de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), para aprovechar la experiencia del equipo, reducir costos y procesos administrativos en una primera instancia. En el largo plazo, el océano debería ser reconocido por una contribución suficientemente significativo y compleja como para requerir un equipo sectorial independiente.

El monitoreo de los cambios en emisiones y captura requiere de una periodicidad mínima recomendada de cinco años, acorde a las recomendaciones costo-efectivas del IPCC y a las actualizaciones nacionales de las contribuciones nacionales determinadas (NDC). Es importante poder determinar una línea base de las expectativas para cada ecosistema según las tendencias actuales incluyendo la información descrita en las brechas: factores base de captura, pérdidas o ganancia de extensión, biomasa y productividad, además de modificación de composición de especies. De esta forma, se puede cuantificar los beneficios a la mitigación de acciones de protección, manejo sustentable y restauración.

## 6. Desarrollar mercados maduros de carbono azul

En esta etapa se aprovechará todo el conocimiento desarrollado en años anteriores para poder demostrar la costo-eficiencia de los proyectos y los beneficios asociados de los proyectos. Aquí se recomienda construir soluciones integrales que promuevan una economía azul, apoyando a las comunidades locales y a los sectores involucrados en el océano, además de mantener actualizado el catastro de herramientas de financiamiento disponibles con nuevos mecanismos climáticos de financiamiento, pero también de manejo de recursos naturales y conservación. En el reporte técnico previo del Banco Mundial<sup>2</sup> se puede encontrar un primer levantamiento de instrumentos de financiamiento climáticos. El reporte *Mobilizing private finance for biodiversity* del Banco Mundial será

publicado a fines del año 2020 con un resumen de varias líneas de financiamiento disponibles para financiar la biodiversidad, y con argumentos estratégicos para la inversión privada en proyectos de conservación y recuperación de la biodiversidad, podría sentar un precedente para mantener un catastro de mecanismos de financiamiento.

## Colaboración internacional

Siguiendo las recomendaciones de Vanderklift, et al.<sup>31</sup> y de organismos internacionales, una acción fundamental para el desarrollo del carbono azul es la colaboración internacional y regional. Chile debe centrar sus esfuerzos en dos tipos de colaboraciones: aliados regionales con que se pueda realizar proyectos conjuntos, y alianzas internacionales con países que puedan compartir experiencias o estandarizar prácticas con el país.

**Alianzas regionales.** Chile comparte muchas características con Perú debido a un sistema de surgencia en común. El país vecino podría ser un aliado estratégico para trabajar los sedimentos marinos y sistemas de surgencia, las bombas biológicas y algunas características de los ecosistemas costeros. El marco de trabajo de Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) debe ser aprovechado para coordinar esfuerzos, potencialmente incluyendo a Ecuador más al norte. Aquí las oportunidades yacen en el manejo sustentable de las pesquerías, la protección de las poblaciones migratorias y del mar abierto, como parte del gran ecosistema de Humboldt. Otra oportunidad es trabajar las macroalgas y los ecosistemas subantárticos con Argentina, país que comparte climas similares en la zona Austral, donde se podría aprovechar el marco de la Comisión Binacional de Cooperación en Investigación Científica Marina Austral.

**Alianzas internacionales.** Se sugiere encontrar aliados con ecosistemas similares con los que se pueda estandarizar métricas para validar las contribuciones de sus ecosistemas a la acción climática, especialmente para la mitigación que requiere una validación para ser aceptada por mercados voluntarios y obligatorios de carbono. El país debe mantener su liderazgo marcado en temas de océanos y cambio climático, aprovechando la presidencia de la COP25.

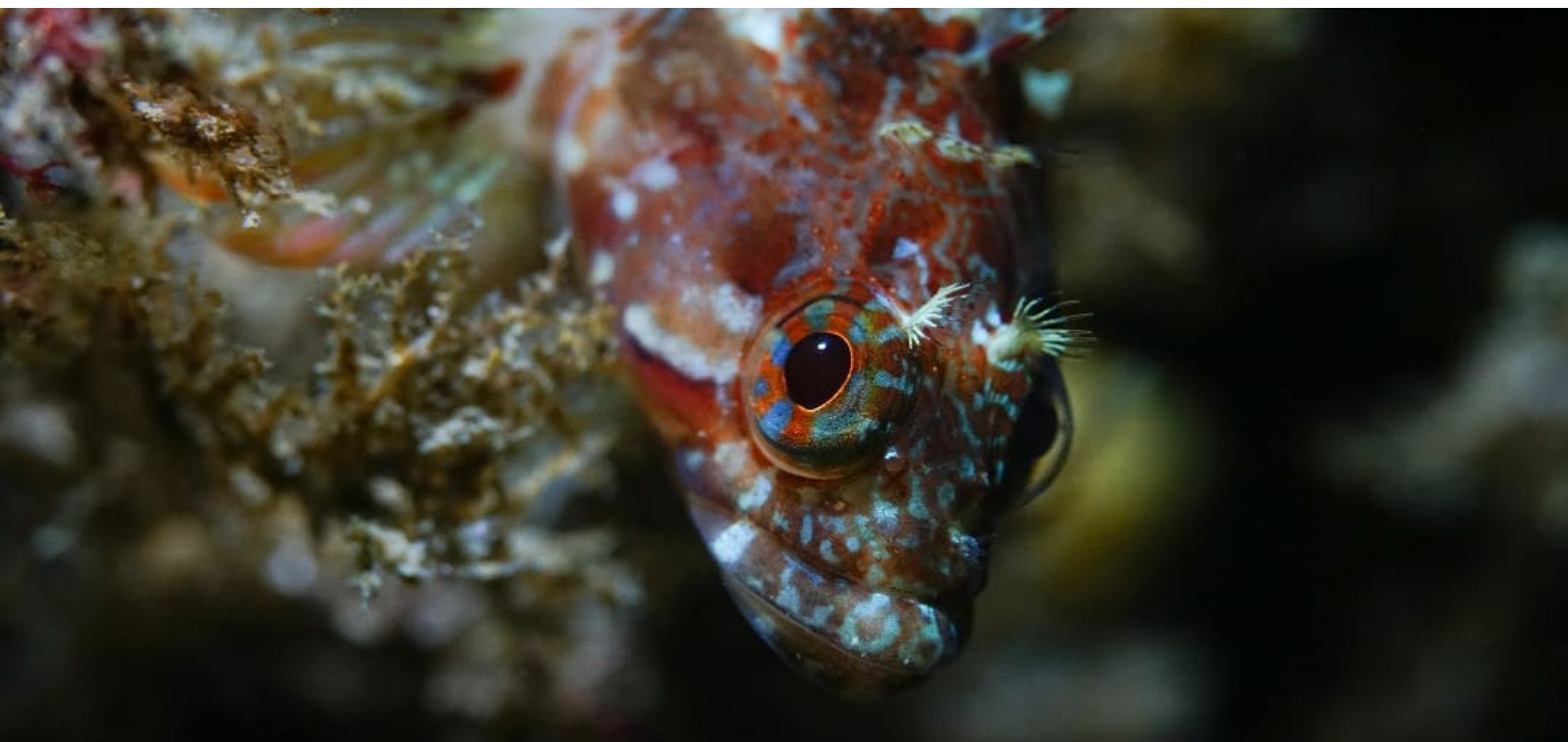


Imagen: Claudio Moreno. Trombollito Tres Aletas, *Helcogrammoides chilensis*.

## Recomendaciones

- 1. Relevar la importancia del mar para la Economía Azul y la reactivación económica.** El océano tiene un rol protagónico en la economía, historia, y cultura nacional, por lo que amerita ser conservado y manejado sustentablemente. Se releva la importancia de iniciar un proceso de educación y concientización dirigido a la ciudadanía, para que valore los ecosistemas marinos y sus servicios ecosistémicos. Este esfuerzo podría ser dirigido a todos los sectores de la sociedad, con el propósito de empoderarlos para que apoyen las políticas de protección de los ecosistemas y el manejo sustentable de los recursos marinos. Una visión nacional de Economía Azul cimentaría esfuerzos futuros para optimizar la gestión del océano a través de una Planificación Espacial Marina.

coordinada a nivel territorial. Se sugiere aumentar los esfuerzos de creación e implementación de consejos de gestión a escala local y regional, y también una modernización de la institucionalidad para gestionar la biodiversidad en todo el mar, que considere de manera integral a los ecosistemas terrestres que influyen en los ciclos del carbono azul, como bosques y turberas. Además, sería crucial promover la colaboración interinstitucional para el manejo, fiscalización y monitoreo de la biodiversidad del país, especialmente con la Armada de Chile, el sector pesquero, que incluye a la industria, gremios, SUBPESCA, SERNAPESCA e IFOP, los gobiernos regionales, la SUBDERE, el Ministerio de Ciencia, universidades y la sociedad civil.
- 2. Focalizar los esfuerzos de conservación, restauración y manejo sustentable en los bosques de macroalgas.** Se recomendaría una estrategia nacional de largo plazo, transversal e intersectorial, para la gestión sustentable de las macroalgas [carbono azul]. Las macroalgas son únicas por ser importantes en las tres líneas de acción climática: contribuyen a la mitigación secuestrando carbono, a la adaptación de los ecosistemas marinos y también a la resiliencia de las comunidades costeras y la sociedad. En el centro y norte del país están amenazadas por la sobreexplotación, y en riesgo frente a potenciales cambios ambientales en el futuro. Debería incluirse aquí conservación a través de áreas marinas protegidas, pero también otras iniciativas para el sector extractivo, promoviendo el valor agregado a los productos de macroalgas. De esta forma, algueras y algueros podrían mantener su fuente de sustento con un proceso extractivo sostenible.
- 3. Mejorar la administración de la biodiversidad marina a través de una modernización institucional y el fortalecimiento de la gobernanza.** La administración de la biodiversidad marina en Chile está desagregada entre una variedad de instituciones y poco
- 4. Aprovechar la capacidad e infraestructura científica nacional.** La comunidad científica tiene un conocimiento valioso sobre los sistemas biogeoquímicos (e.g. surgencia, sistemas fluviales de movilización de carbono) y ecosistemas marinos. Sería importante potenciar el vínculo con la ciencia a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Conocimiento, enfocado en la planificación y políticas públicas en el mar. Esto se puede lograr, por ejemplo, ampliando el marco de trabajo de la Mesa de Océanos del Comité Científico para la COP25; o también fomentando y facilitando la investigación en los ecosistemas de carbono azul del país.
- 5. Potenciar la colaboración internacional para la acción climática en el océano.** Para posicionar a los ecosistemas de carbono azul, se sugiere mantener el liderazgo internacional y realizar un trabajo colaborativo con otros países para compartir experiencia y asistencia técnica. Esta colaboración podría ayudar a aunar estándares y metodologías que permitan movilizar financiamiento climático para protección y gestión sustentable de ecosistemas marinos como las macroalgas.





Imagen: **Alejandra Lafún**. Chungungo (Lontra Felina) entre macroalgas en el AMCP-MU Pitipalena-Añihué, Región de Aysén.

**6. Enriquecer el marco financiero para proyectos de mitigación.**

La falta de un precio competitivo y realista para el mercado de carbono limita las inversiones en carbono azul. Sería positivo para los fines expuestos en este informe incrementar la ambición al precio del carbono, por ejemplo, expandiendo los impuestos a las emisiones de gases de efecto invernadero; simplificar y eliminar el impuesto a donaciones nacionales para la lucha contra el cambio climático; y estimular el desarrollo de fondos nacionales u otras fuentes de financiamiento innovadoras.

**7. Proteger el secuestro y los sumideros de carbono.** El carbono secuestrado y el proceso de secuestro debiesen ser identificados como un objeto de valor ambiental. Podrían ser incluidos como un objeto de conservación

para áreas protegidas; ser incorporados en un nuevo tipo de área protegida para la protección de soluciones de mitigación basadas en la naturaleza; y también incluidas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental como un recurso de importancia nacional y global.

**8. Institucionalizar el resguardo ambiental del océano en el Ministerio del Medio Ambiente.**

Se ha identificado un vacío administrativo en el Ministerio del Medio Ambiente para velar por la protección del océano más allá de las Áreas Marinas Protegidas. Existe un alto potencial para compensar ese vacío a través de, por ejemplo, un profesional o área a cargo de coordinar esfuerzos para la conservación y uso sustentable del océano de manera integral y a largo plazo.



## Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Línea de tiempo del carbono azul, selección de eventos relevantes .....	9
<b>Ilustración 2.</b> Propuesta de hoja de ruta para la valorización del carbono azul como parte de la economía azul .....	12
<b>Ilustración 3.</b> Pasos para el levantamiento de información de depósitos de carbono marino.....	17
<b>Ilustración 4.</b> <i>Modelo de evaluación de vulnerabilidad del IPCC y opción simplificada rápida</i> .....	21
<b>Ilustración 5.</b> Servicios Ecosistémicos marinos relevantes para la adaptación y resiliencia al cambio climático.....	23
<b>Ilustración 6.</b> Resumen de iniciativas del gobierno de Chile identificadas a Junio del 2020 que ofrecen potenciales sinergias con la acción climática de ecosistemas marinos.....	24
<b>Ilustración 7.</b> Pilares del contexto habilitante para la inversión en ecosistemas de carbono azul en Chile. ....	26
<b>Ilustración 8.</b> Estructura del Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile. ....	30

## Tablas

<b>Tabla 1.</b> Oportunidades de carbono azul en Chile.....	14
<b>Tabla 2.</b> Niveles de información usados para evaluar factores de emisión de carbono .....	14
<b>Tabla 3.</b> Depósitos de carbono relevantes para el cálculo de almacenamiento de carbono en distintos ecosistemas y formaciones. Notar la relevancia de la biomasa viva sobre el fondo marino y el carbono en sedimentos .....	17

## Referencias

- 1 Comité Científico COP25. Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones. (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación., Santiago, Chile, 2019).
- 2 Rehbein, J., Encalada, G. & Barbosa, J. Evaluación bibliográfica del potencial de mitigación y adaptación al cambio climático de los ecosistemas marinos - Chile. (World Bank, Santiago, Chile, 2020).
- 3 Gobierno de Chile. Política Oceánica. (Gobierno de Chile, 2018).
- 4 Mora-Soto, A. *et al.* A High-Resolution Global Map of Giant Kelp (*Macrocystis pyrifera*) Forests and Intertidal Green Algae (*Ulvophyceae*) with Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing* **12**, doi:10.3390/rs12040694 (2020).
- 5 Ortega, A. *et al.* Important contribution of macroalgae to oceanic carbon sequestration. *Nature Geoscience* **12**, 748-754, doi:10.1038/s41561-019-0421-8 (2019).
- 6 Scheffers, B. R. *et al.* The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* **354**, aaf7671 (2016).
- 7 Pachauri, R. K. *et al.* *Climate change 2014: AR5 synthesis report . Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (IPCC, 2014).
- 8 Kintisch, E. Climate crossroads. **350**, 1016-1017, doi:10.1126/science.350.6264.1016 %J Science (2015).
- 9 Rogelj, J. *et al.* Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. *Nature* **534**, 631-639 (2016).
- 10 Gaines, S., Cabral, R., Free, C. & Golbuu, Y. The Expected Impacts of Climate Change on the Ocean Economy. (World Resources Institute, Washington, DC, 2019).
- 11 Gattuso, J. P. *et al.* Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. *Science* **349**, aac4722, doi:10.1126/science.aac4722 (2015).
- 12 IPCC. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. (IPCC, Geneva, Switzerland, 2019).
- 13 Griscom, B. W. *et al.* Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**, 11645-11650, doi:10.1073/pnas.1710465114 (2017).
- 14 Gattuso, J.-P. *et al.* Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems. *Frontiers in Marine Science* **5**, doi:10.3389/fmars.2018.00337 (2018).
- 15 Resplandy, L. *et al.* Quantification of ocean heat uptake from changes in atmospheric O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> composition. *Nature* **563**, 105-108, doi:10.1038/s41586-018-0651-8 (2018).
- 16 Gruber, N. *et al.* The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub> from 1994 to 2007. *Science* **363**, 1193-1199 (2019).
- 17 Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I. & Marbà, N. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change* **3**, 961-968, doi:10.1038/nclimate1970 (2013).
- 18 Farías, L. *et al.* Mesa Océanos-Comité Científico COP25: Nueve medidas basadas en el océano para las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional de Chile. (Mesa de Océanos, Santiago, 2019).
- 19 Jiao, N., Wang, H., Xu, G. & Aricò, S. Blue carbon on the rise: challenges and opportunities. *National Science Review* **5**, 464-468, doi:10.1093/nsr/nwy030 (2018).

- 20 Kuwae, T. & Hori, M. *Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems*. (Springer Nature Singapore, 2019).
- 21 Macreadie, P. I. *et al.* The future of Blue Carbon science. *Nat Commun* **10**, 3998, doi:10.1038/s41467-019-11693-w (2019).
- 22 Lovelock, C. E. & Duarte, C. M. Dimensions of Blue Carbon and emerging perspectives. *Biol Lett* **15**, 20180781, doi:10.1098/rsbl.2018.0781 (2019).
- 23 Wilmers, C. C., Estes, J. A., Edwards, M., Laidre, K. L. & Konar, B. Do trophic cascades affect the storage and flux of atmospheric carbon? An analysis of sea otters and kelp forests. *Frontiers in Ecology and the Environment* **10**, 409-415 (2012).
- 24 Krause-Jensen, D. *et al.* Sequestration of macroalgal carbon: the elephant in the Blue Carbon room. *Biol Lett* **14**, doi:10.1098/rsbl.2018.0236 (2018).
- 25 Smith, S. Marine macrophytes as a global carbon sink. *Science* **211**, 838-840 (1981).
- 26 UNEP. *Blue Carbon, A Rapid Response Assessment: The role of healthy oceans in binding carbon*. (United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, , 2009).
- 27 Hiraishi, T. *et al.* *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. (IPCC, 2013).
- 28 Vanderklift, M. A. *et al.* Constraints and opportunities for market-based finance for the restoration and protection of blue carbon ecosystems. *Marine Policy* **107**, doi:10.1016/j.marpol.2019.02.001 (2019).
- 29 Wylie, L., Sutton-Grier, A. E. & Moore, A. Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy* **65**, 76-84, doi:10.1016/j.marpol.2015.12.020 (2016).
- 30 Krause-Jensen, D. & Duarte, C. M. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geoscience* **9**, 737-742, doi:10.1038/ngeo2790 (2016).
- 31 Vanderklift, M. A. *et al.* Blue Carbon Finance Workshop Summary. (Department of Foreign Affairs and Trade, Australian Government, Melbourne, Australia, 2020).
- 32 Ministerio del Medio Ambiente. Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile. (Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2020).
- 33 Montecino, V. & Lange, C. B. The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography* **83**, 65-79, doi:10.1016/j.pocean.2009.07.041 (2009).
- 34 UNEP-WCMC & IUCN. *Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) [On-line]*. (2020).
- 35 Gobierno de Chile. *Contribucion Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, Actualización 2020*. (Gobierno de Chile, 2020).
- 36 Smith, R. W., Bianchi, T. S., Allison, M., Savage, C. & Galy, V. High rates of organic carbon burial in fjord sediments globally. *Nature Geoscience* **8**, 450-453, doi:10.1038/ngeo2421 (2015).
- 37 McOwen, C. J. *et al.* A global map of saltmarshes. *Biodiversity data journal*, e11764, doi:10.3897/BDJ.5.e11764 (2017).
- 38 Blue Carbon Initiative. Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. (IUCN, UNESCO-IOC and Conservation International, 2019).
- 39 MMA. Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022. (Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2018).

- 40 Chami, R., Cosimano, T., Fullenkamp, C. & Oztosun, S. Nature's Solution to climate change: A strategy to protect whales can limit greenhouse gases and global warming. *Finance & Development* (2019).
- 41 Farías, L. *et al.* Mesa Océanos-Comité Científico COP25: Propuesta de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC). (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2019).
- 42 Farías, L. *et al.* Mesa Océanos-Comité Científico COP25: Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura. 88 (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Santiago, Chile, 2019).
- 43 Steven, A. D. L., Vanderklift, M. A. & Bohler-Muller, N. A new narrative for the Blue Economy and Blue Carbon. *Journal of the Indian Ocean Region* **15**, 123-128, doi:10.1080/19480881.2019.1625215 (2019).
- 44 Herr, D., Landis, E. & Laffoley, D. Coastal blue carbon ecosystems Opportunities for Nationally Determined Contributions. (IUCN, Gland, Switzerland, 2016).
- 45 Howard, J. *et al.* The potential to integrate blue carbon into MPA design and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **27**, 100-115, doi:10.1002/aqc.2809 (2017).
- 46 Ehler Charles & Fanny Douvere. Marine spatial planning, A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management. (2009).
- 47 World Bank and United Nations Department of Economic and Social Affairs. The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States and Coastal Least Developed Countries. (World Bank, Washington DC, 2017).
- 48 Herr, D., Himes-Cornell, A. & Laffoley, D. *National Blue Carbon Policy Assessment Framework: Towards effective management of coastal carbon ecosystems*. 32 (IUCN, 2016).
- 49 BCI. Guidance for national blue carbon activities. (Blue Carbon Initiative, 2012).
- 50 Burrows, M. T. *et al.* Assessment of carbon budgets and potential blue carbon stores in Scotland's coastal and marine environment. (Scottish Natural Heritage, Inverness, Scotland, 2014).
- 51 Burrows, M. T. *et al.* Assessment of Blue Carbon Resources in Scotland's Inshore Marine Protected Area Network. (Scottish Natural Heritage, Inverness, Scotland, 2017).
- 52 Kelleway, J. *et al.* Technical review of opportunities for including blue carbon in the Australian Government's Emissions Reduction Fund. (CSIRO, Australia, 2017).
- 53 Avelar, S., van der Voort, T. S. & Eglinton, T. I. Relevance of carbon stocks of marine sediments for national greenhouse gas inventories of maritime nations. *Carbon Balance Manag* **12**, 10, doi:10.1186/s13021-017-0077-x (2017).
- 54 Bianchi, T. S. *et al.* Fjords as Aquatic Critical Zones (ACZs). *Earth-Science Reviews* **203**, 103145, doi:10.1016/j.earscirev.2020.103145 (2020).
- 55 IUCN. The significance and management of natural carbon stores in the open ocean. (IUCN, Gland, Switzerland, 2014).
- 56 Achard, F. *et al.* *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. (GOFC-GOLD, 2011).
- 57 MMA. 2011. (Inventario Nacional de Humedales).

- 58 Bayley, D. T. I., Marengo, I. & Pelembe, T. Giant kelp ‘Blue carbon’ storage and sequestration value in the Falkland Islands. (South Atlantic Environment Research Institute, 2017).
- 59 Atwood, T. B., Witt, A., Mayorga, J., Hammill, E. & Sala, E. Global Patterns in Marine Sediment Carbon Stocks. *Frontiers in Marine Science* **7**, doi:10.3389/fmars.2020.00165 (2020).
- 60 Reed, D. & Mark, B. in *The management of natural coastal carbon sinks* (eds D Laffoley & G Grimsditch) (IUCN, 2009).
- 61 Hill, R. *et al.* Can macroalgae contribute to blue carbon? An Australian perspective. *Limnology and Oceanography* **60**, 1689-1706, doi:10.1002/lno.10128 (2015).
- 62 Darby, F. A. & Turner, R. E. Effects of eutrophication on salt marsh root and rhizome biomass accumulation. *Marine Ecology Progress Series* **363**, 63-70 (2008).
- 63 Macreadie, P. I. *et al.* Carbon sequestration by Australian tidal marshes. *Scientific Reports* **7**, 44071, doi:10.1038/srep44071 (2017).
- 64 Iriarte, J. L., Gonzalez, H. E. & Nahuelhual, L. Patagonian fjord ecosystems in southern Chile as a highly vulnerable region: problems and needs. *Ambio* **39**, 463-466, doi:10.1007/s13280-010-0049-9 (2010).
- 65 Torres, R. *et al.* Air-sea CO<sub>2</sub> fluxes along the coast of Chile: From CO<sub>2</sub> outgassing in central northern upwelling waters to CO<sub>2</sub> uptake in southern Patagonian fjords. *Journal of Geophysical Research* **116**, doi:10.1029/2010jc006344 (2011).
- 66 Sepúlveda, J., Pantoja, S. & Huguen, K. A. Sources and distribution of organic matter in northern Patagonia fjords, Chile (~44–47°S): A multi-tracer approach for carbon cycling assessment. *Continental Shelf Research* **31**, 315-329, doi:10.1016/j.csr.2010.05.013 (2011).
- 67 Vargas, C. A. *et al.* Allochthonous subsidies of organic matter across a lake–river–fjord landscape in the Chilean Patagonia: implications for marine zooplankton in inner fjord areas. *Continental Shelf Research* **31**, 187-201 (2011).
- 68 Farías, L., Sanzana, K., Sanhueza-Guevara, S. & Yevenes, M. A. Dissolved Methane Distribution in the Reloncaví Fjord and Adjacent Marine System During Austral Winter (41°–43° S). *Estuaries and Coasts* **40**, 1592-1606, doi:10.1007/s12237-017-0241-2 (2017).
- 69 Quiñones, R. A., Fuentes, M., Montes, R. M., Soto, D. & León-Muñoz, J. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. **11**, 375-402, doi:10.1111/raq.12337 (2019).
- 70 González, H. E., Nimptsch, J., Giesecke, R. & Silva, N. Organic matter distribution, composition and its possible fate in the Chilean North-Patagonian estuarine system. *Science of The Total Environment* **657**, 1419-1431, doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.445 (2019).
- 71 Chew, S. T. & Gallagher, J. B. Accounting for black carbon lowers estimates of blue carbon storage services. *Sci Rep* **8**, 2553, doi:10.1038/s41598-018-20644-2 (2018).
- 72 Geraldí, N. R. *et al.* Fingerprinting Blue Carbon: Rationale and Tools to Determine the Source of Organic Carbon in Marine Depositional Environments. *Frontiers in Marine Science* **6**, doi:10.3389/fmars.2019.00263 (2019).
- 73 Duarte, C. M. *et al.* Stable Isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) Composition and Nutrient Concentration of Red Sea Primary Producers. **5**, doi:10.3389/fmars.2018.00298 (2018).
- 74 Queirós, A. M. *et al.* Connected macroalgal-sediment systems: blue carbon and food webs in the deep coastal ocean. *Ecological Monographs* **89**, doi:10.1002/ecm.1366 (2019).
- 75 Lutz, S. & Martin, A. Fish carbon: exploring marine vertebrate carbon services. (GRID-Arendal, Norway, 2014).



- 76 Lavery, T. J. *et al.* Iron defecation by sperm whales stimulates carbon export in the Southern Ocean. *Proceedings of the Royal Society B* **277**, 3527-3531 (2010).
- 77 Roman, J. *et al.* Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment* **12**, 377-385 (2014).
- 78 Schneider, L. *et al.* Double counting and the Paris Agreement rulebook. *Science (New York, N.Y.)* **366**, 180-183, doi:10.1126/science.aay8750 (2019).
- 79 Gillenwater, M. What is additionality. *Greenhouse Gas Management Institute Discussion Paper* (2012).
- 80 Pacifici, M. *et al.* Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* **5**, 215-224, doi:10.1038/nclimate2448 (2015).
- 81 Cardona, O. D. *et al.* in *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* 65-108 (Cambridge University Press, 2012).
- 82 CCA. *Herramienta para la evaluación rápida de la vulnerabilidad en áreas marinas protegidas de América del Norte*. 32 (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017).
- 83 Friedlander, A. M. *et al.* Kelp forests at the end of the earth: 45 years later. *PLoS One* **15**, e0229259, doi:10.1371/journal.pone.0229259 (2020).
- 84 Krumhansl, K. A. *et al.* Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proc Natl Acad Sci U S A* **113**, 13785-13790, doi:10.1073/pnas.1606102113 (2016).
- 85 Hohman, R., Hutto, S., Catton, C. & Koe, F. *Sonoma-Mendocino Bull Kelp Recovery Plan*. 166 (Greater Farallones National Marine Sanctuary and the California Department of Fish and Wildlife, 2019).
- 86 Ulrich Bähr. *Ocean Atlas*. (Heinrich Böll Foundation Schleswig-Holstein, Paderborn, 2017).
- 87 Buschmann, A. H. *et al.* Un análisis crítico sobre el uso de macroalgas como base para una acuicultura sustentable. *Revista chilena de historia natural* **86**, 251-264 (2013).
- 88 IFOP. Programa de Seguimiento Pesquerías Bajo Régimen de Áreas de Manejo, 2018. (Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 2019).
- 89 Vásquez, J. A. *et al.* Economic valuation of kelp forests in northern Chile: values of goods and services of the ecosystem. *Journal of Applied Phycology* **26**, 1081-1088, doi:10.1007/s10811-013-0173-6 (2014).
- 90 Alvaro Oyarce & Matias Cunill. Filantropía en materia ambiental: Hacia una normativa que incentive donaciones para financiar la protección y conservación del medio ambiente y la biodiversidad. *Centro de Estudios Tributarios - Universidad de Chile* (2019).