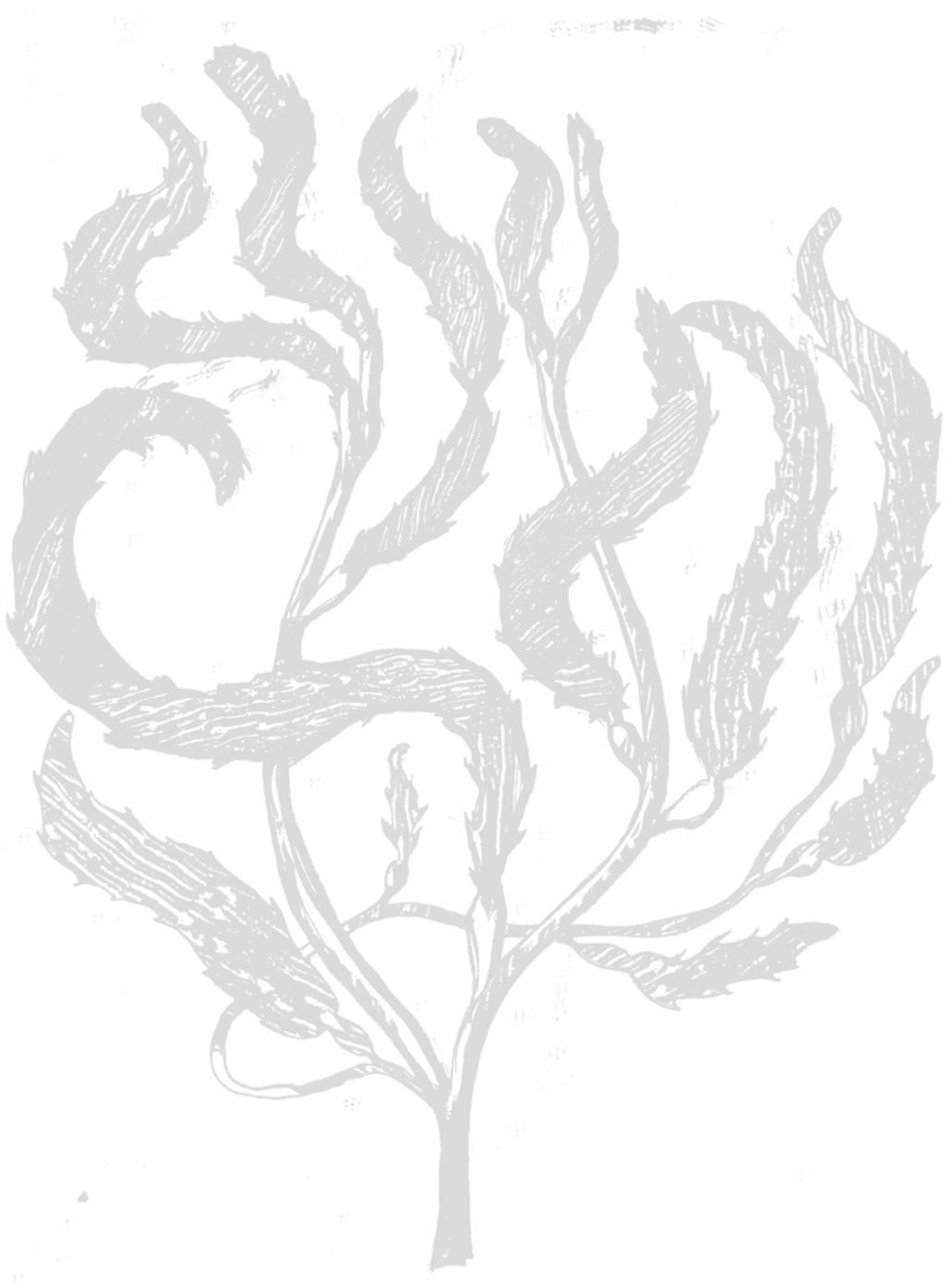




Guía para la restauración participativa de Bosques de Huiros

Luisa Saavedra, Marcela Salgado, Jessica Cabrera, Victor Torres, Paula Mendoza
Fotografías Submarinas de Mauricio Altamirano

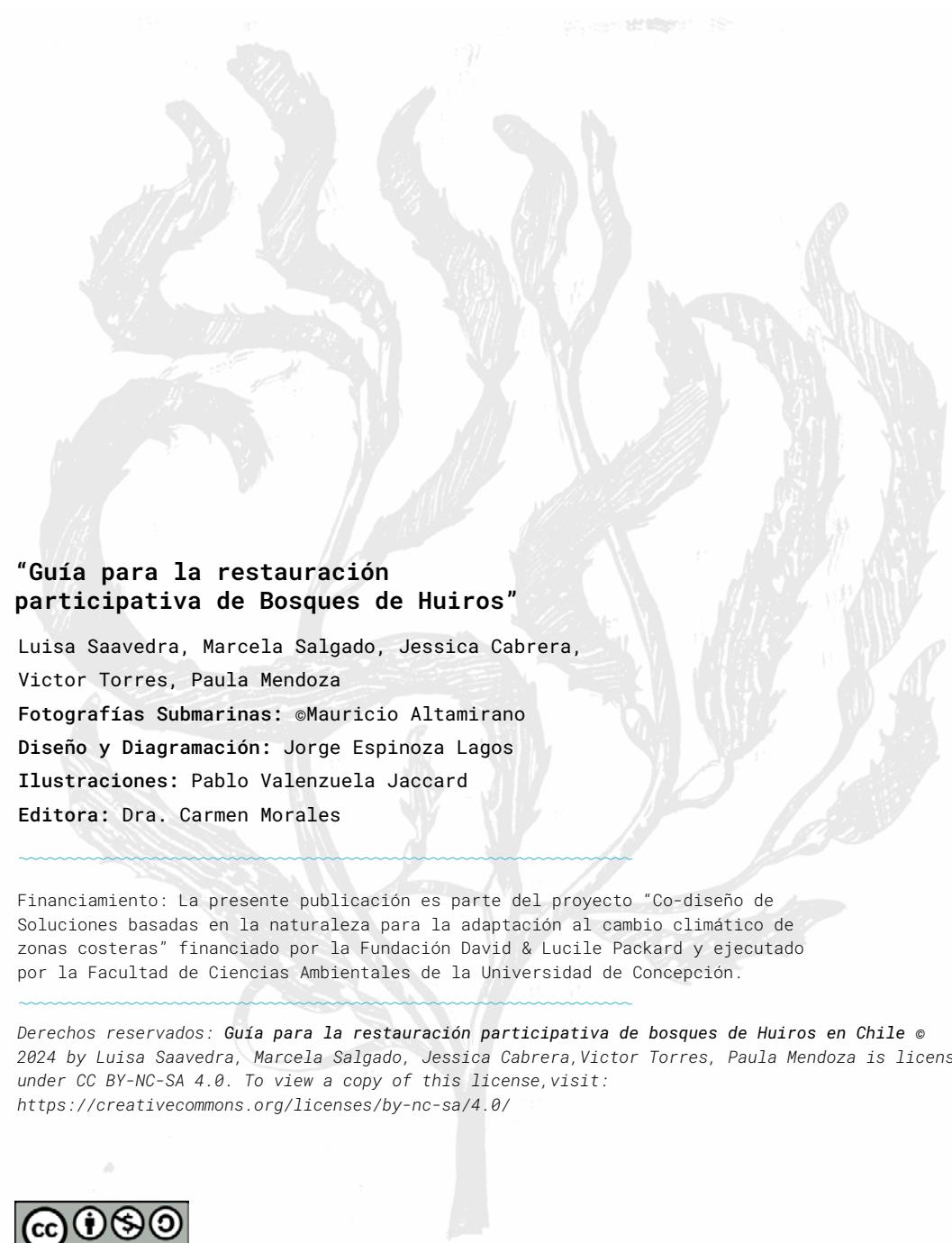




Guía para la restauración participativa de Bosques de Huiros

Luisa Saavedra, Marcela Salgado,
Jessica Cabrera, Victor Torres, Paula Mendoza
Fotografías Submarinas de Mauricio Altamirano





**"Guía para la restauración
participativa de Bosques de Huiros"**

Luisa Saavedra, Marcela Salgado, Jessica Cabrera,
Victor Torres, Paula Mendoza

Fotografías Submarinas: ©Mauricio Altamirano

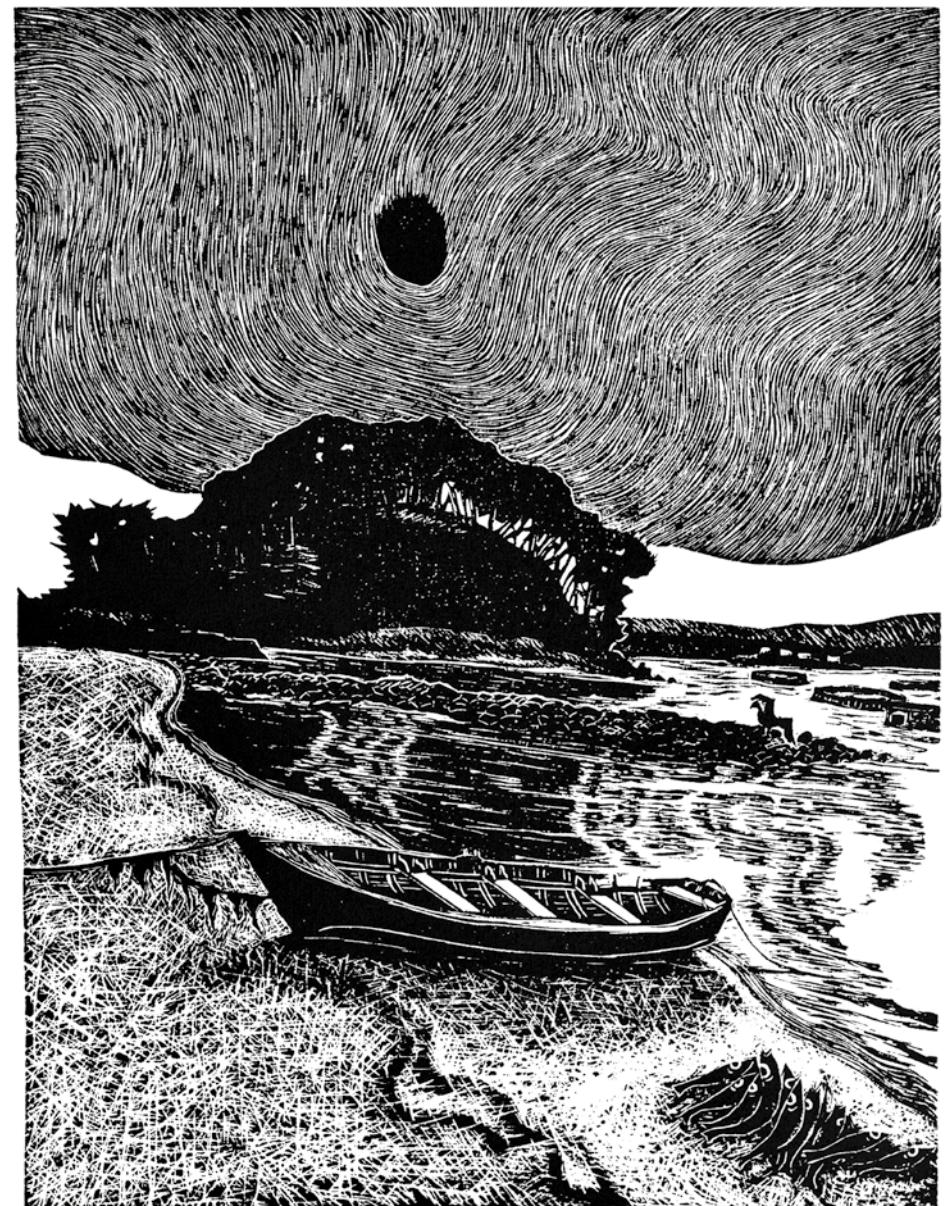
Diseño y Diagramación: Jorge Espinoza Lagos

Ilustraciones: Pablo Valenzuela Jaccard

Editora: Dra. Carmen Morales

Financiamiento: La presente publicación es parte del proyecto "Co-diseño de Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático de zonas costeras" financiado por la Fundación David & Lucile Packard y ejecutado por la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción.

Derechos reservados: *Guía para la restauración participativa de bosques de Huiros en Chile* © 2024 by Luisa Saavedra, Marcela Salgado, Jessica Cabrera, Victor Torres, Paula Mendoza is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



"En Coliumo", xilografía de ©Américo Caamaño, Artista tomeño.



RESUMEN

A raíz de la actual crisis climática y ambiental se hace urgente la implementación de medidas que ayuden a proteger y recuperar los ecosistemas, especialmente aquellos que entregan múltiples servicios ecosistémicos y que a la vez son más vulnerables a los efectos de los cambios globales. Entre estos ecosistemas se encuentran los bosques de macroalgas que cubren las costas del mundo y que sustentan la biodiversidad, entregan protección a la costa, oxigenan el agua y capturan el dióxido de carbono que es uno de los principales gases responsables del cambio climático. Sin embargo, las acciones humanas están dañando estos relevantes ecosistemas, lo que está llevando a su disminución y a efectos devastadores sobre todos los servicios ecosistémicos que estos bosques brindan. Ante esto, surge la necesidad de generar acciones que permitan recuperar aquellas costas que han perdido sus bosques de macroalgas, así como implementar medidas para la conservación y el usos sustentable de estos ecosistemas. Una alternativa

cada vez más considerada, es la Restauración ecológica de los bosques de macroalgas, como una solución basada en la naturaleza para la adaptación al cambio climático, siendo éste un proceso que busca la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, para encaminarlo a una trayectoria de recuperación que le permita adaptarse a los cambios locales y globales. Al considerar la restauración activa, es fundamental contar con el interés y participación de la comunidad, ya que es un proceso complejo y de largo alcance. Para apoyar este tipo de iniciativas hemos preparado esta Guía de restauración comunitaria de bosques submarinos que busca apoyar desde una experiencia piloto, a otras iniciativas que surjan en Chile y el mundo. Si bien, la restauración de estos ecosistemas requiere de técnicas claves, nuestro énfasis está más bien puesto en el co-diseño y participación activa de la comunidad local, ya que esto es clave para asegurar el éxito y la sostenibilidad de la restauración.



AGRADECIMIENTOS

Esta guía no habría sido posible de publicar sin el apoyo del “grupo de monitores de Coliumo” que participaron activamente en todo el proceso de restauración y siguen organizados para continuar con las acciones de protección y recuperación de los bosques submarinos.

Agradecemos a Jessica Cabrera Torres, acuicultora y co-investigadora local, quién puso a disposición el cultivo Granja Marina para la realización de la experiencia piloto. Asimismo, a Victor Torres Colla, co-investigador local y presidente del Sindicato N°1 de Pescadores Artesanales, por poner a disposición el AMERB perteneciente a dicho sindicato; a Ana Garrido, presidenta

del Sindicato N°2 de Algueras por su colaboración al facilitar el acceso al AMERB perteneciente a dicho sindicato; a la Escuela Caleta del Medio y a su directora María Eliana Vega Jara, por el compromiso con las y los estudiantes durante la investigación y por brindar las instalaciones necesarias para llevar a cabo las actividades requeridas.

Además a los buzos Mauricio Altamirano y Johny Rivas por su importantísima labor para mostrarnos las bellezas del fondo marino. A la oficina del borde costero de Municipalidad de Tomé, por su disposición y colaboración constantes a lo largo de la investigación. Finalmente a la ONG Conciencia Sur por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto.



Índice

1. Introducción	12
1.1 Características de los bosques submarinos	12
1.2 Importancia de los bosques submarinos	17
1.3 Problemas que afectan a los bosques submarinos	20
1.4 Bosques submarinos como soluciones basadas en la naturaleza	26
1.5 Restauración comunitaria de bosques submarinos	32
2. Metodología para la restauración comunitaria de bosques submarinos	38
2.1 Diagnóstico socioecológico	40
2.1.1 Complemento entre conocimiento científico y local	48
2.2 Identificación preliminar de zonas de restauración y sitios de referencia	50
2.2.1 Determinación del Sitio de Referencia	52
2.3 Monitoreos de prospección	54
2.4 Pruebas de restauración comunitaria	58
2.4.1 Pasos para la restauración mediante trasplante	62
2.4.1.1 Obtención de plántulas de Huiros	62
2.4.1.2 Diseño y planificación	64
2.4.1.3 Jornadas de trasplante comunitario	68
2.5 Monitoreos post-Restauración	70
2.6 Evaluación de las pruebas de restauración y estrategias de adaptación	78
2.7 Sostenibilidad del proceso de restauración	79
3. Consideraciones antes de emprender un proceso de restauración activa	82
4. Glosario para la restauración	90
5. Referencias	96

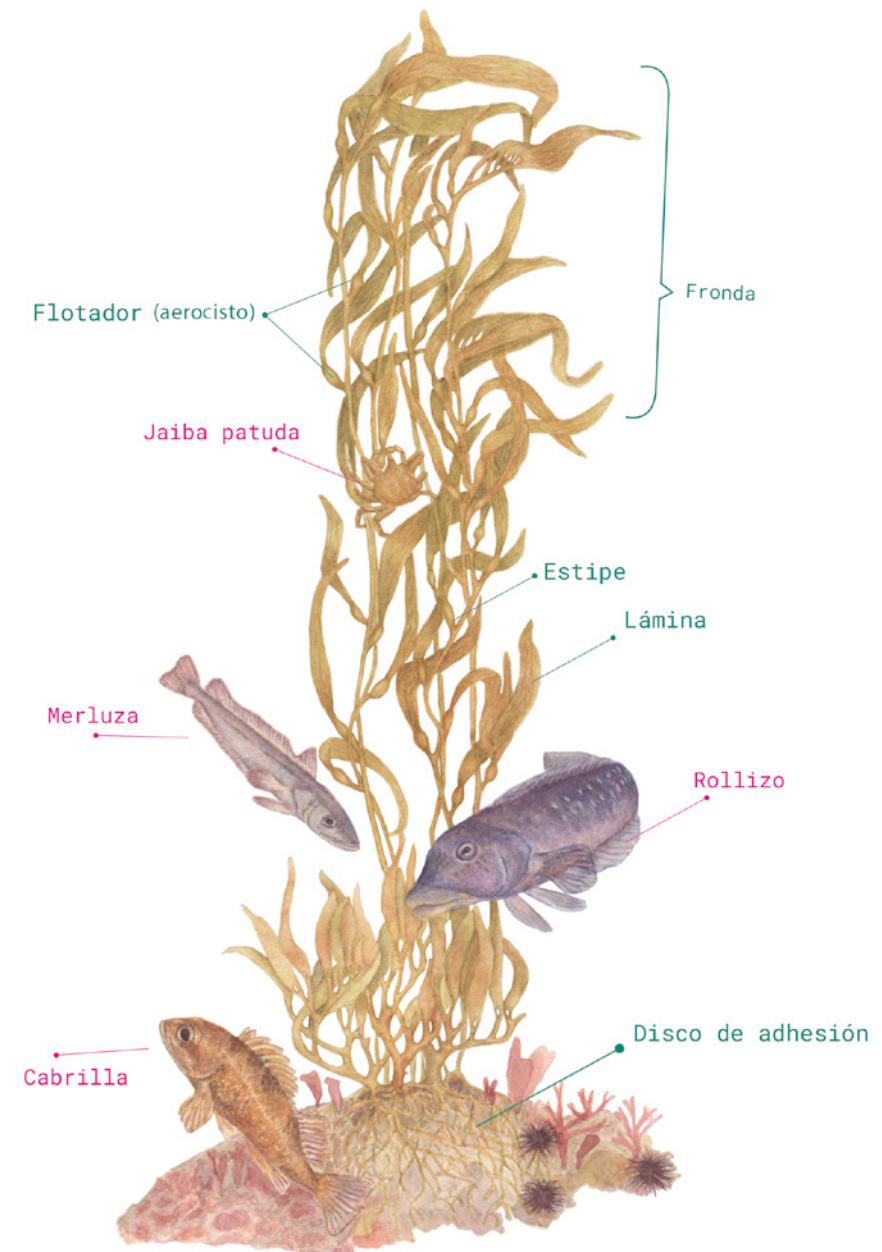
1. INTRODUCCIÓN

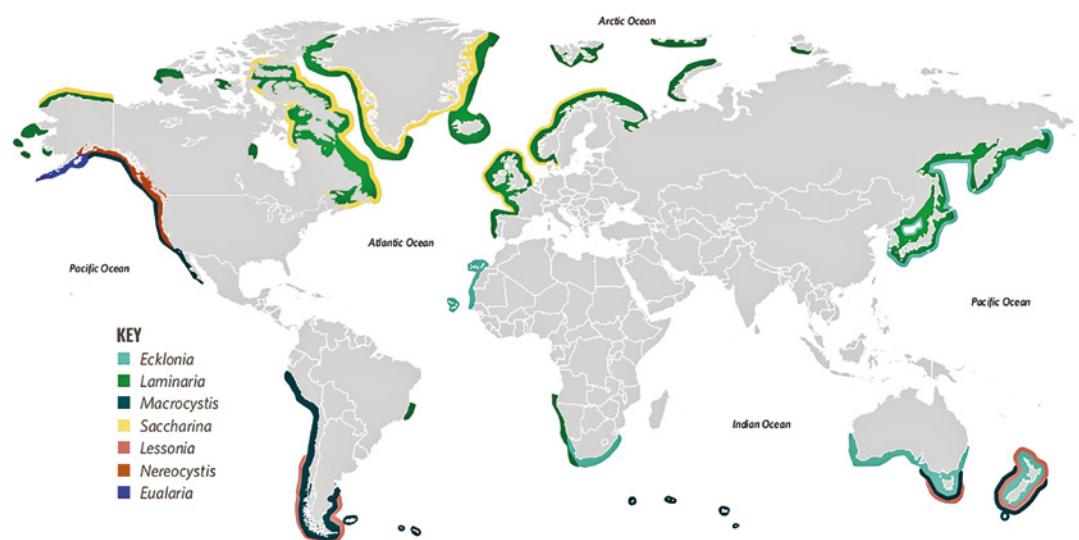
1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BOSQUES SUBMARINOS

Los bosques submarinos son ecosistemas costeros caracterizados por la presencia de grandes algas pardas (macroalgas) cuyo metabolismo se basa en la fotosíntesis, transformando materia inorgánica en orgánica. Estas macroalgas se adhieren sobre el fondo marino rocoso y se extienden vertical y horizontalmente en la columna de agua. Pueden crecer muy rápido y alcanzan altos niveles de biomasa en períodos cortos de tiempo (meses). Sus bosques generan un hábitat propicio para variadas especies acuáticas, junto con contener una mayor biodiversidad marina y entregar una gran variedad de servicios ecosistémicos que otras zonas costeras.

En la zona costera de Chile, las macroalgas pardas conforman bosques submarinos en la zona intermareal (cerca de la orilla), como el Huiro negro (*Lessonia spicata* y *L. berteroana*) y el chochayuyo (*Durvillaea antarctica*), y en la zona submareal (bajo la superficie del mar), como el Huiro palo (*Lessonia trabeculata*) y el Huiro canutillo o flotador (*Macrocystis pyrifera*). Cada individuo está diferenciado en tres partes: disco adhesivo, estipes y frondas. El disco adhesivo o “grampón” es la estructura de sujeción del alga al sustrato, los estipes representan una versión sencilla de los tallos en plantas terrestres, y las frondas o láminas son similares a las hojas de tales plantas. En las últimas tres décadas, los bosques de Huiro han sido extraídos intensamente en la costa de Chile, con extensas zonas geográficas de libre acceso a la pesca donde ya no existen bosques ni la mayor biodiversidad asociada a ellos.

Fig. 1 / Ilustración de un Huiro flotador (*M. pyrifera*) con sus estructuras más destacadas y ejemplos de la fauna asociada a estos bosques





El Huiro flotador se caracteriza por ser de tamaño gigante comparado con otras macroalgas y por poseer estructuras que le entregan flotabilidad a sus frondas llamadas aerocistos, manteniéndolas erguidas hacia la superficie del mar, mientras que el disco se ubica a 30 m o más de profundidad. Este tipo de Huiro crece hasta 30-45 m de longitud a un ritmo de hasta 60 cm por día. Es una macroalga perenne (siempre presente) y su crecimiento está influenciado directamente por las condiciones ambientales, incluyendo temperatura, oleaje, sustrato, nutrientes, contaminantes, depredación, competencia, entre otras. En Chile, esta especie se distribuye entre Arica y Cabo de Hornos. En la zona norte, las poblaciones son perennes y tienen una temporada reproductiva en invierno. En contraste, en el sur las poblaciones expuestas al oleaje tienen una reproducción continua y aquellas en zonas protegidas del oleaje la temporada se restringe al verano, de tal forma que en otoño-invierno desaparecen las partes visibles del ciclo de vida.

Fig. 2 / Distribución mundial de los distintos géneros de bosques de macroalgas (Eger et al. 2022)

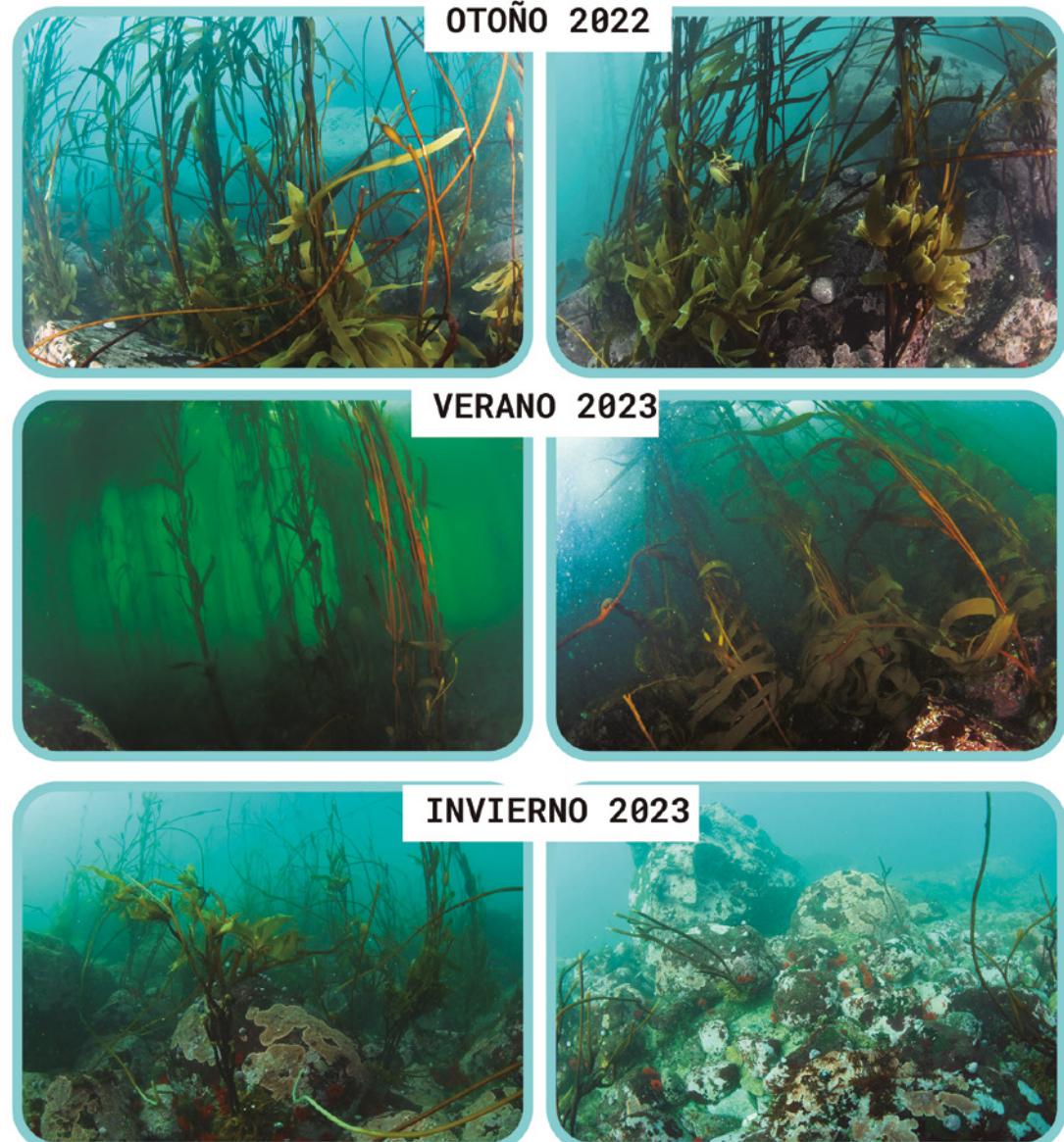
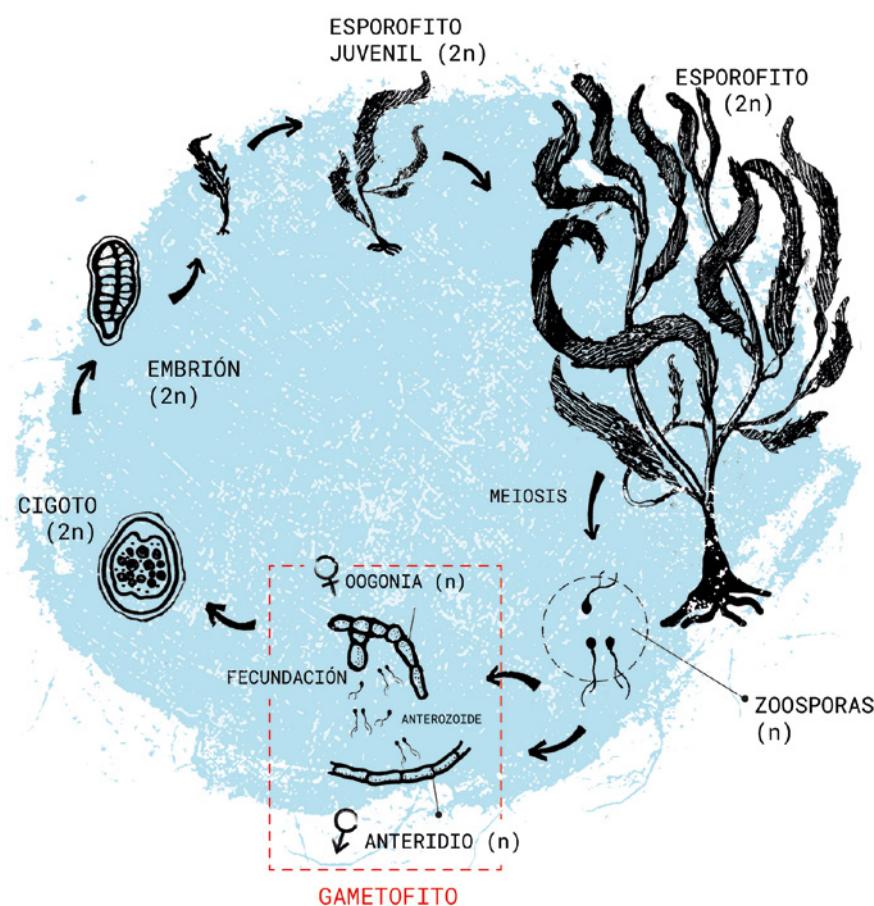


Foto 1 / Transformación estacional del Bosque de Huiro de referencia, entre Otoño, Verano e Invierno | © Mauricio Altamirano

El ciclo de vida del Huiro flotador (*M. pyrifera*) consiste en una etapa esporofítica (alga visible) que posee unas láminas especializadas ubicadas cerca del disco de sujeción y donde se producen y liberan las esporas (zoosporas). Estas esporas microscópicas son posteriormente liberadas al agua y más tarde se asientan en un sustrato rígido para formar los gametofitos microscópicos (masculino y femenino). Con la fertilización de los gametofitos se producen los nuevos esporofitos, completando así el ciclo de vida (Fig. 3)



1.2 IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES SUBMARINOS

Los bosques submarinos proporcionan un hábitat costero único y crucial para una gran diversidad de especies, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y equinodermos, además de mamíferos y micro-organismos. Gran parte de estos grupos se refugian, reproducen, crían y/o buscan alimento en las frondas o en el disco de fijación de las macroalgas. En Chile, estos bosques albergan especies que representan recursos marinos en explotación, como ejemplo:

- Peces: Rollizo (*Pinguipes chilensis*)
- Cabrilla común (*Serranus cabrilla*)
- Pintarroja (*Schroederichthys sp*)
- Pejegallo (*Callorhinchus callorynchus*)
- Jaiba patuda o Panchote (*Taliepus dentatus*)
- Jaiba reina (*Cancer plebejus*)
- Moluscos: Caracol negro (*Tegula atra*), Loco (*Concholepas concholepas*) Lapas (*Fissurella spp.*), choros (*Choromytilus chorus*) y cholgas (*Aulacomya atra*), Pulpo (*Octopus*) y Calamar (*Dosidicus gigas*)
- Echinodermos: Erizos negro (*Tetrapigus niger*) y rojo (*Loxechinus albus*)
- Otras macroalgas (luga, chicoria, luche)

Fig. 3 / Ciclo de vida de *M. pyrifera* y su proceso de dispersión en la costa (Adaptado de Saavedra et al 2019)



Además de sostener la biodiversidad costera, estos bosques proporcionan múltiples beneficios al planeta, tanto a escala local como global. Uno de los beneficios más relevantes es la captura de grandes concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) durante el proceso de fotosíntesis, de esta forma contribuye a mitigar el cambio climático y la acidificación del océano. Junto con esto, el proceso de fotosíntesis realizado por las macroalgas es una importante fuente de oxígeno disuelto, elemento clave en el metabolismo de muchas especies en el planeta. Otros beneficios más locales, son la captura y acumulación de contaminantes (como metales pesados) que incide en la calidad de las aguas marinas, y la protección de la costa frente a eventos naturales catastróficos (como marejadas). Todos estos y otros varios beneficios son conocidos como “servicios ecosistémicos”.



Foto 2 / Página izquierda, Pintarroja (*Schroederichthys sp*) cuidando sus puestas (huevos) enredadas en los bosques de Huiros | Foto 3 / Cardúmen de Cabrilla común (*Serranus cabrilla*) asociadas a los bosques de Huiros de la costa del Biobío | @ Mauricio Altamirano.

1.3 PROBLEMAS QUE AFECTAN A LOS BOSQUES SUBMARINOS

A pesar de la importancia de estos ecosistemas, actualmente los bosques submarinos están disminuyendo a nivel global debido a diversos agentes estresores, tales como la sobreexplotación y los efectos del cambio climático (Figura 4). Entre otros, el aumento de la temperatura en el mar producto del calentamiento global, afecta su distribución y abundancia dada su preferencia por habitar en zonas costeras de aguas frías. También se ven afectadas por factores locales, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrientes, cambios en niveles de radiación disponible para realizar el proceso de fotosíntesis, falta de sustrato rocoso para el asentamiento, aumento en la fuerza del oleaje, así como el aumento de especies herbívoras (como erizos, peces, caracoles, etc). La combinación de estos factores pueden transformar los bosques de algas en zonas prácticamente desiertas o de muy baja biodiversidad y biomasa.



Foto 4 / Fondo marino de la región del Biobío, con poco Huiro flotador | @ Mauricio Altamirano.

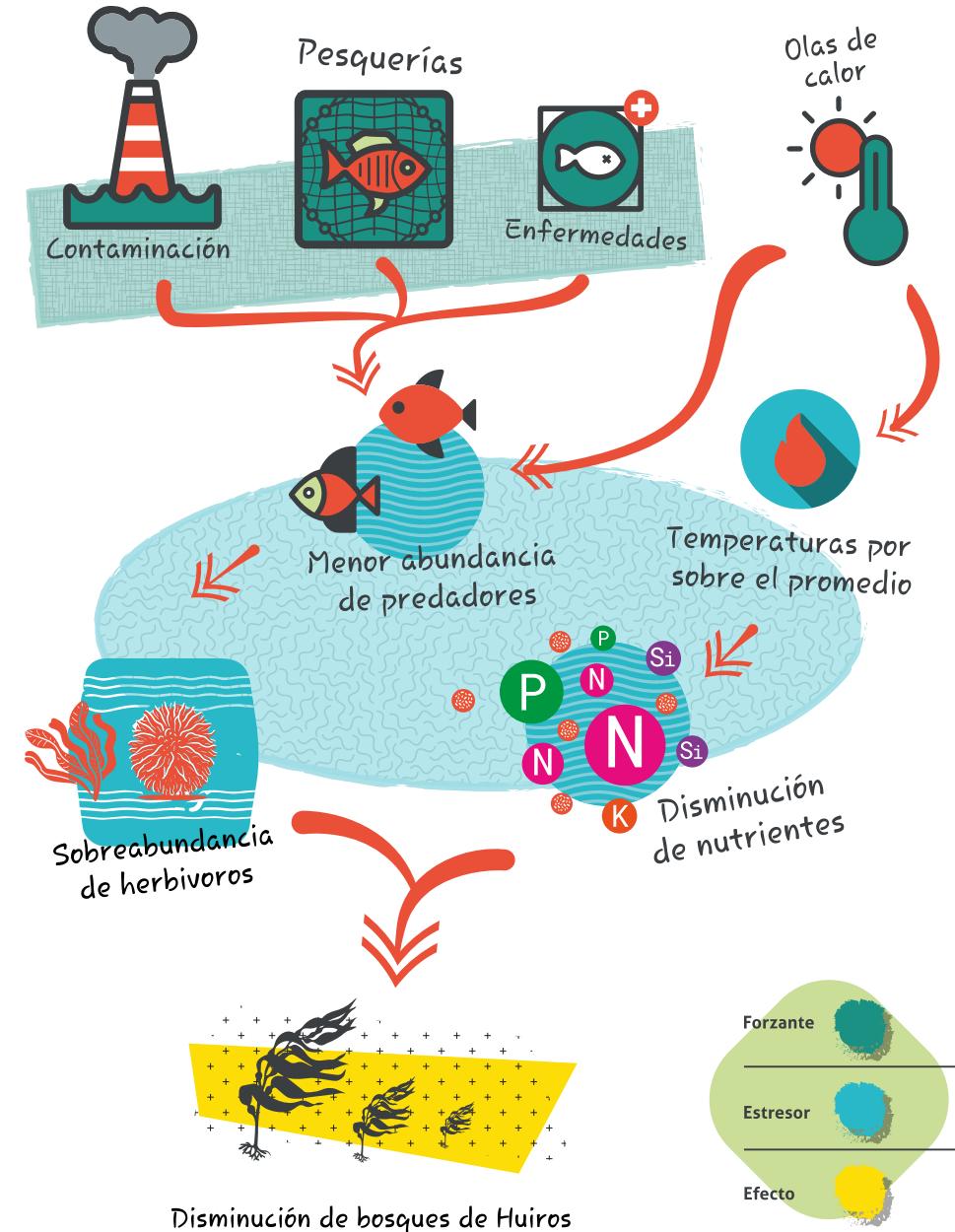


Figura 4 / Principales forzantes y estresores que llevan a la disminución de los bosques de Huiros en el mundo (Elaboración propia, adaptada de Eger et al. 2022a)

Las macroalgas son explotadas comercialmente en varios países, siendo extraídas directamente de su hábitat o, en su mayor parte, son cultivadas en sistemas artificiales. Son utilizadas como alimento humano y animal, así como base de variados productos relacionados a las industrias cosméticas y farmacéuticas. Actualmente, Chile es uno de los principales productores de algas extraídas desde el medio natural y su comercio ha crecido significativamente en las últimas décadas, de tal forma que los bosques submarinos en extensas zonas del país, hoy se encuentran en grave peligro de extinción dada la forma en que se realiza la extracción. Esto es aún más grave, considerando que actualmente Chile no aplica una normativa a nivel nacional sobre la extracción y el manejo de macroalgas sino que regula por zonas donde ya ha ocurrido una intensa explotación, como la zona norte del país. Además, en las zonas donde los bosques han sido mermados o han desaparecido, las otras especies asociadas han sido afectadas negativamente, a su vez impactando directamente a la actividad pesquera artesanal y a los recolectores de orilla que dependen de estos recursos.

Esto se agudiza por el método de extracción utilizado, conocido como “barreto”, una práctica brutal que consiste en arrancar el Huiro desde el disco basal con un chuzo o barreta, y junto con ello la pérdida de muchos otros organismos asociados (Foto 5). El barreto genera también daño directo en el sustrato marino, que es la base para la recuperación y crecimiento de los bosques y los ecosistemas que ellos forman, produciendo verdaderos desiertos marinos.

Foto 5 / Algas extraídas mediante barreto. En las fotos se presenta el alga Huiro negro (*Lessonia spicata*) que es muy extraída desde toda la costa de Chile | © Luisa Saavedra.





La intensa disminución de los bosques submarinos también está relacionada con cambios en las tramas tróficas o red alimenticia en el sistema costero. Por ejemplo, en Chile tal disminución contribuye a la desaparición de depredadores tope, como el caso del Chungungo (*Lontra felina*) que se alimenta de erizos y éstos a su vez consumen Huiros y otros organismos invertebrados. Tal desaparición produce un desequilibrio en la red alimenticia de tal forma que no existe control mayor sobre los erizos, principalmente erizo negro que no es comestible y dispara su abundancia al no tener depredador tope, disminuyendo notariamente la biodiversidad del sistema (Figura 5).

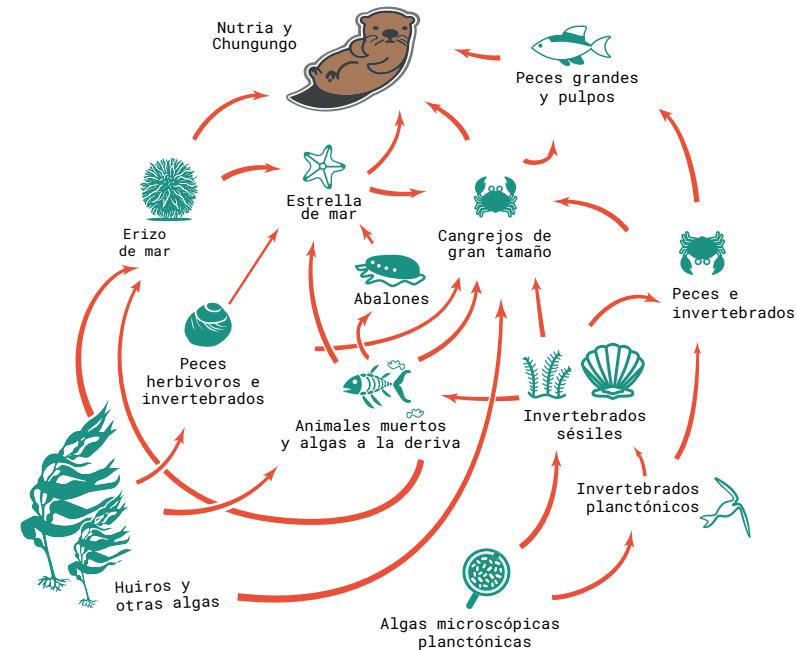
Foto 6 / Chungungo (*Lontra felina*) alimentándose de un cangrejo (panchote) | @ Mauricio Altamirano

Figura 5 / Ejemplo de una (a) trama trófica (red alimenticia) asociada a los bosques de Huiros

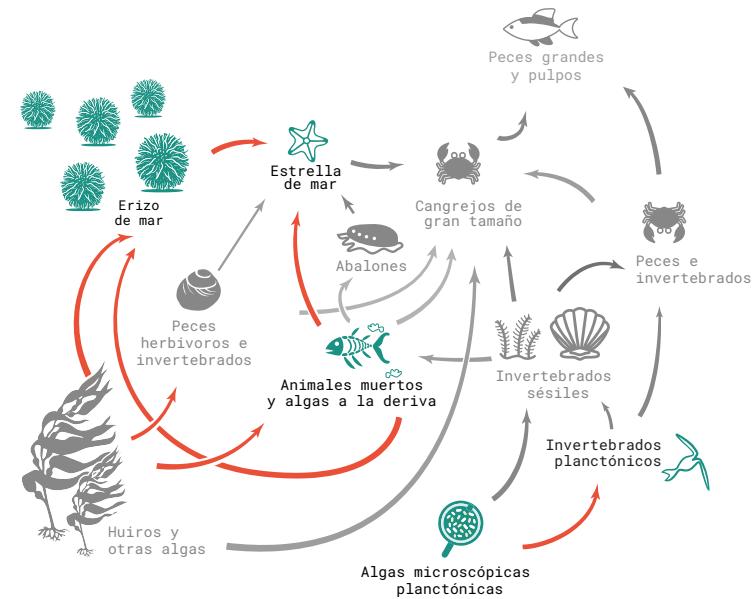
y (b) los efectos que ocurren al eliminar los Huiros desde la costa./ Adaptado desde:

Brumbaugh AMNH-CBC, <http://research.amnh.org/biodiversity/crisis/index.html>

A). Con nutrias marinas, red trófica del bosque de algas.



B). Sin nutrias marinas, red trófica del erizo de mar.



1.4 BOSQUES SUBMARINOS COMO SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Entre los múltiples servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques de macroalgas, destaca su capacidad de secuestrar y almacenar CO₂, siendo comparable a lo que captura anualmente la selva amazónica. Estos bosques son reconocidos a nivel mundial como ecosistemas de “carbono azul”, debido a su contribución en la captura y almacenamiento de carbono desde la atmósfera, su alta producción primaria, rápido crecimiento, y su contribución a la desaceleración de la desoxigenación y acidificación del océano, además de ser hábitats propicios para variadas poblaciones de peces, mamíferos e invertebrados, siendo esenciales para las pesquerías y para las comunidades costeras.

La conservación, protección y restauración de estos ecosistemas de carbono azul son considerados como parte de las “Soluciones basadas en la Naturaleza” (SbN) ya que éstas se definen como acciones llevadas a cabo para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar los ecosistemas naturales y modificados que abordan los desafíos de la sociedad de manera efectiva y adaptativa, beneficiando simultáneamente a las personas y a la naturaleza (IUCN, 2023¹). Estas acciones se han convertido en propuestas de medidas urgentes frente a la actual crisis climática y ambiental, incluyendo la creación e implementación de zonas de conserva-



¹ <https://www.iucn.org/es/nuestro-trabajo/soluciones-basadas-en-la-naturaleza>

Foto 7 / Bosque de *M. pyrifera* de la costa del Biobío, Chile | @ Mauricio Altamirano

ción marina, como las Áreas Marinas Protegidas (AMP), y zonas de recuperación de ecosistemas marinos mediante proyectos de Restauración Ecológica, que consisten en procesos que apuntan a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, para encaminarlo a una trayectoria de recuperación que le permita adaptarse a los cambios locales y globales (McDonald y colaboradores, 2016). Cualquiera de estas acciones, necesariamente debe involucrar políticas públicas, comunidad científica, tecnología e innovación, pero principalmente el involucramiento de las comunidades locales costeras para que sean exitosas y persistan en el tiempo.

En Chile, las AMP comprenden cerca de 1/3 de la zona bajo jurisdicción nacional (la zona económica exclusiva), pero muchas de ellas aún no cuentan con planes de manejo ni financiamiento para ello. Además de las AMP, Chile cuenta con otras áreas marinas que involucran conservación junto con otras acciones de uso sustentable, como son las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) y los Espacios Marino Costero de Pueblos Originarios (EMCPO), en las cuales la participación de las comunidades costeras es fundamental.

Foto 8 / Agrupación de cangrejo porcelánido (*Allopelotisthes punctatus*) sobre Huiro palo (*Lessonia trabeculata*) en la costa de Chome, región del Biobío | @ Mauricio Altamirano



En el caso de la restauración en zonas marinas, los casos son muchísimo más acotados y las acciones pueden ser de tipo pasiva o activa (con intervención humana directa). En términos de restauración activa existen muy pocos ejemplos en el país, ya que la mayoría de las iniciativas consisten en repoblamientos con algas en AMERBs u otras zonas costeras, pero este proceso no puede considerarse una restauración propiamente tal, porque se enfoca en la recuperación y/o fortalecimiento de una especie en particular con objetivos principalmente económicos (Oyarzo-Miranda et al. 2023). Sin embargo, existe una iniciativa desarrollada por la Universidad de Chile que busca crear cepas de macroalgas pardas para restaurar las poblaciones sobreexplotadas en la costa del país a través del mecanismo de quimeras (González y Santelises 2017), fortaleciéndolas de manera de que puedan resistir mejor las condiciones extremas producidas por el cambio climático ⁽²⁾ . Si bien se está considerando cada vez más este tipo de SbNs, aún no existen políticas orientadas hacia la restauración efectiva y por tanto el financiamiento depende principalmente de proyectos a escala local y/o proyectos internacionales. Cabe destacar que en el país aún no existe una base de datos nacional que dé cuenta, por ejemplo, de las zonas de distribución de bosques submarinos y cómo éstos han evolucionado en el tiempo. Recientemente, se ha comenzado un mapeo de bosques, principalmente en la zona sur de Chile (Patagonia) utilizando percepción remota (Mora-Soto et al. 2020). En lo que sigue, nos enfocaremos en el proceso de restauración de bosques submarinos solamente.



² <https://www.noticias.ucn.cl/noticias/super-algas-como-estrategia-para-enfrentar-el-cambio-climatico/>

Foto 9 / Puestas (huevos) de raya enredadas en Huirlo Flotador | @ Mauricio Altamirano

1.5 RESTAURACIÓN COMUNITARIA DE BOSQUES SUBMARINOS

La restauración ecológica de los bosques de macroalgas se propone como una SbN que posee un alto potencial para la mitigación frente al cambio climático y como estrategia para disminuir la vulnerabilidad de las comunidades costeras frente a los cambios ambientales y antropogénicos (la acción del ser humano). En la Figura 6 se muestra un esquema metodológico para el desarrollo de la restauración ecológica de acuerdo estándares internacionales (enfocado principalmente en ecosistemas terrestres) (Mola et al 2018)

La restauración es un proceso que puede durar varios años y que comprende una serie de pasos que permiten restablecer los bosques que desaparecieron de un determinado lugar (Figura 6). Si bien existen diversas iniciativas a nivel mundial para la restauración de estos ecosistemas (Eger et al 2022a), cada experiencia es única y está determinada por las características socioecológicas del lugar.



Foto 10 / Actividad de restauración activa comunitaria (trasplante de Huiros) realizada en caleta Coliumo, Biobío, Chile. @Luisa Saavedra | **Foto 11** / Un ecosistema dañado (a) puede volver a ser como era (b) mediante la restauración ecológica (pasiva y/o activa) | © Mauricio Altamirano



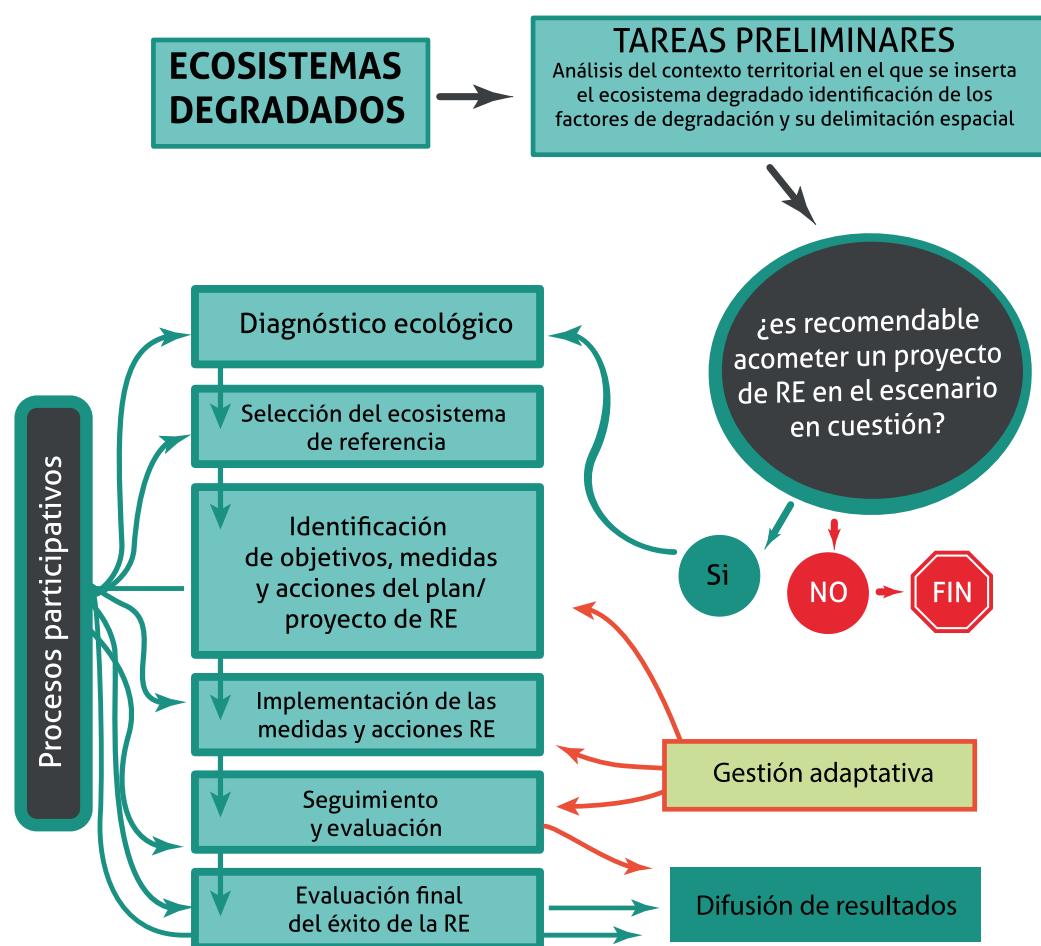


Figura 6 / Proceso de Restauración ecológica de acuerdo a la Guía Práctica de restauración ecológica. (Adaptado de Mola et al. 2018)

Las comunidades costeras dependen directamente de la salud de los ecosistemas marinos para obtener servicios ecosistémicos, como la seguridad alimentaria, beneficios económicos, prácticas culturales, entre otros, por tanto, son quienes detectan cambios y deterioros en la salud de un ecosistema. Siendo quienes resultan más afectados por los cambios en el entorno marino local, las comunidades costeras son fundamentales para la restauración exitosa de ecosistemas degradados y el mantenimiento de ecosistemas saludables. Es por ello que las iniciativas de restauración ecológica deben considerar a las comunidades costeras en el diseño e implementación de este proceso. El éxito de la restauración dependerá del interés e involucramiento de las personas que habitan y dependen de la costa, por lo que estas iniciativas deberían partir desde las necesidades locales y luego generar un trabajo transdisciplinario que combine los conocimientos locales y experiencias de científicos, comunidades e instituciones.



Foto 12 / Recolectores locales de algas | Jorge Espinoza Lagos.

Para aportar con metodologías que permitan co-crear procesos de restauración de bosques submarinos con comunidades costeras, se llevó a cabo un proyecto piloto en la caleta Coliumo, ubicada en la comuna de Tomé, región del Biobío, Chile (aprox 36.5° S), esta zona costera perdió los bosques que históricamente cubrían la costa y que aseguraba disponibilidad de recursos pesqueros para la comunidad. A partir de esta experiencia se adaptaron los pasos del proceso de restauración de bosques submarinos, enfatizando en el involucramiento de las personas desde un enfoque de ciencia comunitaria. Hablamos por tanto de una “Restauración comunitaria” que se define como el *“proceso que busca recuperar y proteger los ecosistemas degradados o dañados con la colaboración activa y el involucramiento de la comunidad en todas las etapas del proceso de restauración”*.



Foto 13 / Estudiantes Escuela Caleta del Medio G434. | Derecha - arriba: Foto 14 / Los Morros de Coliumo| © Luisa Saavedra.| Foto 15 / Embarcaciones pesqueras de Coliumo en la celebración de San Pedro| Jorge Espinoza Lagos.



2. METODOLOGÍA PARA LA RESTAURACIÓN COMUNITARIA DE BOSQUES SUBMARINOS

Para comenzar un proceso de restauración, primero debe existir un sitio en que las macroalgas formadoras de bosques ya desaparecieron o están en pleno proceso de degradación como bosque y como ecosistema. A su vez, es relevante que cerca de dicho sitio sea posible encontrar bosques en buen estado, ya que ellos serán el ecosistema de referencia que se pretende alcanzar con la restauración. Junto con esto, se define cual es el tipo de macroalga como sujeto directo de la restauración, siendo cada proceso distinto dependiendo de las características biológicas y ecológicas asociadas a cada especie. En este caso, la presente guía se realizó un proyecto piloto con la especie *Macrocystis pyrifera* (Huilo flotador), por tanto, se aconseja adaptar el uso de la metodología al tipo de alga con que se trabaje en términos de una restauración.

El proceso de restauración requiere de un alto grado de conocimiento sobre las características ecológicas locales de los bosques submarinos, el cual se obtiene a partir del diálogo entre el conocimiento científico y el conocimiento de la comunidad en la zona. La incorporación del Conocimiento Ecológico Tradicional (CET) y del Conocimiento Ecológico Local (CEL) Contribuye a definir de forma más efectiva los ecosistemas de referencia y los sitios a restaurar dada su condición de degradación, combinando prácticas culturales tradicionales con los diversos conocimientos científicos (Gann et al., 2019). De esta forma, se apunta a construir un plan de restauración participativo y comunitario, abordado mediante un trabajo transdisciplinario desde el punto de vista de la integración del conocimiento de diferentes disciplinas científicas, tecnologías e innovación, y del conocimiento

sociocultural local. Esto es posible de lograr, aplicando diversas estrategias metodológicas, tales como revisiones bibliográficas, entrevistas semiestructuradas, pruebas experimentales, talleres, entre otros. En el siguiente esquema (Figura 7) y secuencia de texto se detallan los pasos que son fundamentales en el plan y proceso de restauración activa y comunitaria aplicable al caso de bosques submarinos, así como en otros casos.

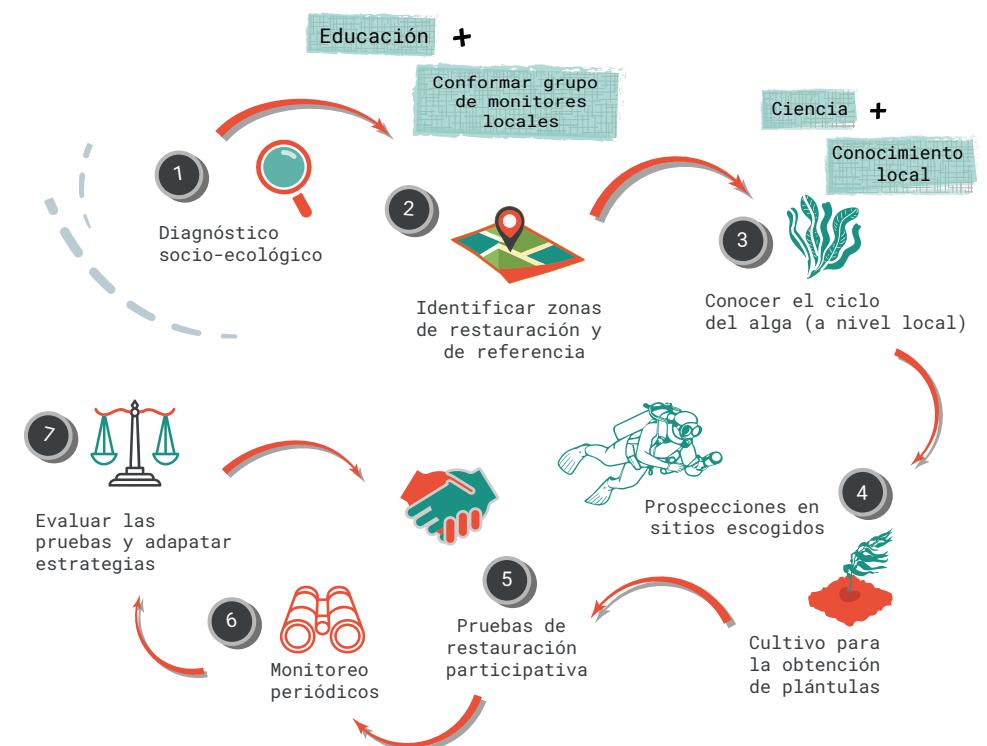


Figura 7 / Esquema con los pasos para la restauración activa y comunitaria de bosques submarinos (elaboración propia a partir de la experiencia piloto).

2.1 DIAGNÓSTICO SOCIOECOLÓGICO

El diagnóstico socioecológico desempeña un papel fundamental en la comprensión de las necesidades y prioridades de una comunidad, así como en su interacción con el entorno, proporcionando un valioso aprendizaje acerca de los conocimientos y prácticas locales que son esenciales para llevar a cabo la restauración de los ecosistemas. Esta etapa permite identificar a las personas preocupadas por la conservación de los ecosistemas, en este caso costeros, fomentando además el interés y la conexión con miembros de la comunidad que desean participar activamente en el proceso de restauración comunitaria.

En este tipo de diagnóstico es necesario realizar una revisión de los antecedentes científicos/ técnicos asociados al ecosistema costero local, tal que permitan complementar la información proporcionada por la comunidad, con lo que se obtendrá información de las tres variables socio-ecológicas principales asociadas con los bosques de Huiros:

Variables socioeconómicas: Estas variables describen una o más características que están relacionadas con los aspectos sociales y económicos de la comunidad y que ayudarán a conocer mejor las dinámicas y problemáticas del territorio. Entre estas variables, es fundamental identificar trayectorias históricas de los usos de la zona costera, los usos actuales del territorio, la situación socioeconómica de la población, los mecanismos y lógicas de participación y la organización social, así como los planes de ordenamiento territorial y de gobernanza local. En el caso de los bosques de Huiros, se identifican los usos tradicionales e históricos de las macroalgas, cómo han cambiado en el tiempo los bosques por efecto de la extracción del recurso por la comunidad local u otros agentes externos a ella, cómo han disminuido otros recursos asociados a dichos bosques, y en qué medida la comunidad local identifica la valoración de estos ecosistemas.

Variables abióticas: Estas variables describen las características específicas de un ecosistema que no están relacionadas con los organismos vivos ni con los procesos biológicos, sino que se enfocan en los elementos no biológicos y son esenciales para comprender los sistemas naturales, así como su interacción con los organismos. Esta información es clave para comprender los efectos derivados de los cambios o alteraciones en los factores abióticos sobre la biología de las macroalgas, la ecología de los bosques de Huiros y la biodiversidad de dicho ecosistema. Estas variables abarcan características geográficas (descripción del terreno), oceanográficas (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno, pH en el mar), climáticas (vientos, pluviometría, nubosidad, temperatura atmosférica), y contaminación, entre otras. En el caso de los bosques de Huiros, es clave conocer el tipo de sustrato, la profundidad y la penetración de la luz, así como las corrientes y el grado de exposición al oleaje de los sitios que se pretende restaurar.

Variables bióticas: Estas variables representan las características de un ecosistema que están relacionadas con los seres vivos y las interacciones biológicas que allí ocurren. Se centran principalmente en los componentes biológicos a nivel de individuos, poblaciones y comunidades y juegan un papel clave para la comprensión de la estructura y la dinámica de las poblaciones, las interacciones entre las especies, así como la estructura y el funcionamiento de las comunidades biológicas. Entre otras, estas características incluyen la biodiversidad, la diversidad genética, la abundancia y la biomasa de las especies, las interacciones tróficas, la simbiosis y el parásitismo, y la introducción de especies acuáticas exóticas. En el caso de los bosques de Huiros, es clave conocer su ciclo de vida, sus principales depredadores herbívoros, así como los desequilibrios que se producen en la red alimenticia.

En el caso de la restauración de bosques submarinos, el diagnóstico socioecológico se centra en el estado de salud del ecosistema costero, evaluando el estado de degradación de estos bosques e identificando las variables que son forzantes y estresores que estarían afectando en mayor medida la disminución de éstos en un contexto histórico y su proyección a futuro (Eger et al., 2022). En la Figura 8 se presenta un modelo de zona costera donde interactúan las tres variables descritas.

Como parte de la estrategia metodológica, se destaca la identificación y sistematización de las y los actores clave en la caleta asociados a las zonas donde existen bosques submarinos, en este caso Caleta de Coliumo (Tabla 1). Para la identificación de actores clave es central contar, desde el inicio del proceso, con la participación activa de personas que hayan vivido, idealmente, durante toda su vida en esa comunidad, dado el conocimiento, desde el habitar, de las dinámicas propias del territorio.

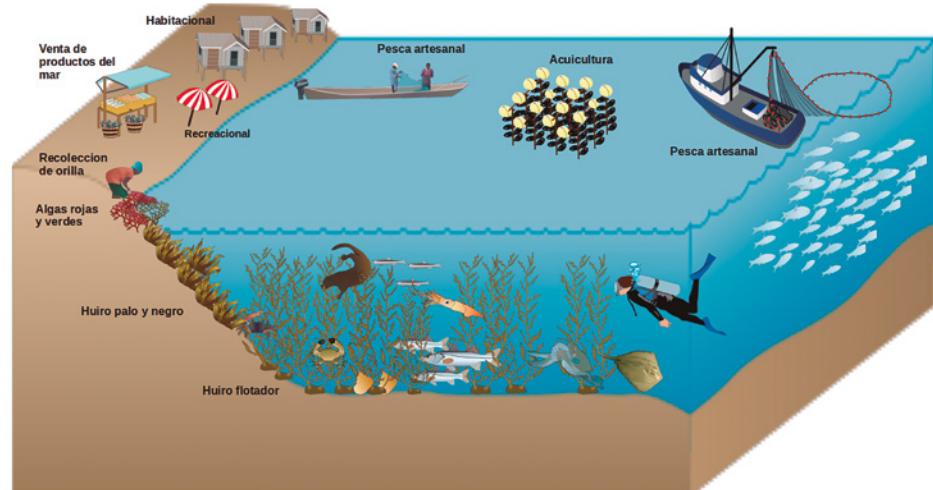


Tabla 1: Identificación de las y los actores clave en el proceso de restauración de bosques submarinos, agrupados en tres categorías: i) Territoriales: las personas que habitan en la comunidad, los oficios y organizaciones relacionados a los bosques ii) Expertos/as relacionados con el conocimiento socioecológico del territorio y sus bosques, y iii) Instituciones referidas a las que tienen injerencia o relación con la zona costera, sus recursos, y su gobernanza.

Territoriales	Expertos/as	Instituciones
Pobladores / as	Ficólogos, Ecólogos, Oceanógrafos	SUBPESCA
Escuela (Directora)	Antropólogos	SERNAPESCA
Juntas de vecinos/as	Sociólogos con experiencia en trabajo comunitario. Economistas especializados en economía sostenible y/o regenerativa	Municipalidad: Oficina de Borde Costero
Sindicatos de pescadores y recolectoras	Otras organizaciones o expertos no locales con experiencias en restauración o regeneración de ecosistemas	
Buzos		
Otras organizaciones locales (ONG, centros culturales, etc.)		

Figura 8 / Esquema de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos asociados a un bosque de Huiros.

A estos actores clave se les aplica el siguiente tipo de herramientas que contribuyan al diagnóstico (Figura 9): entrevistas semi-estructuradas, revisión y sistematización de literatura científica para la zona o para lugares similares, talleres comunitarios de mapeos colectivos y talleres de validación de la información generada.

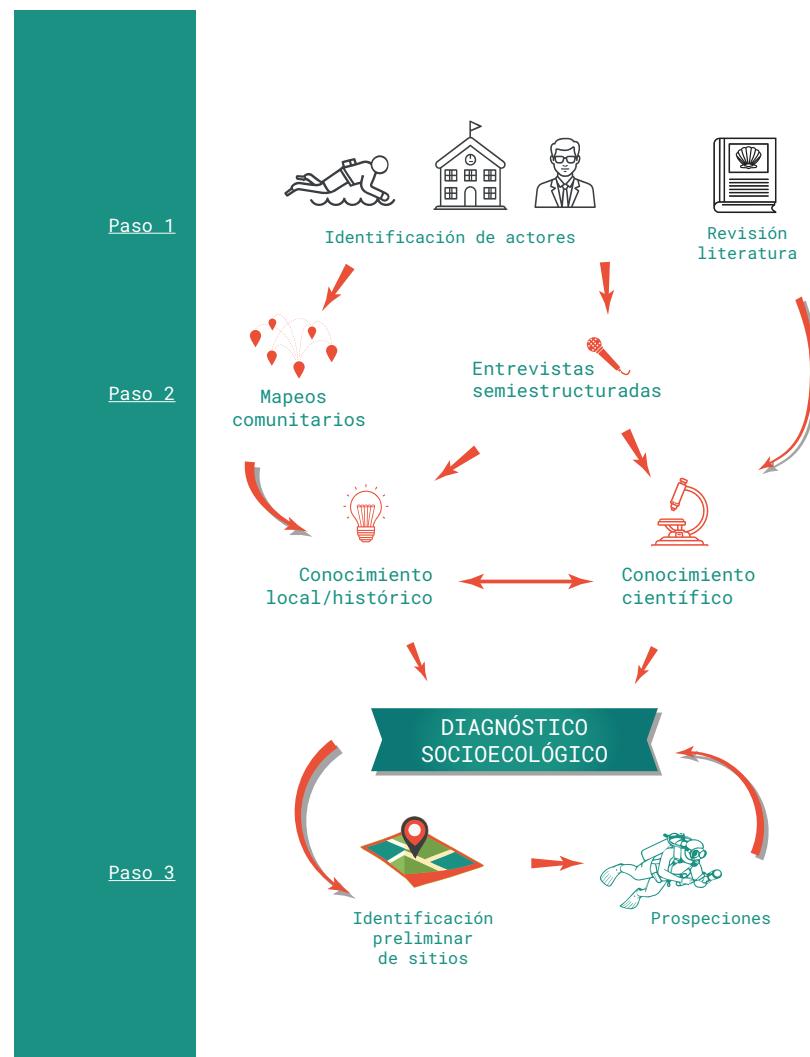
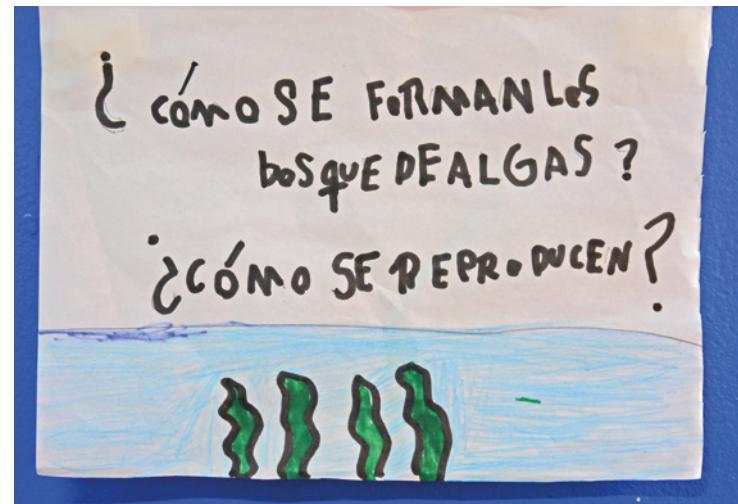


Figura 9 / Pasos para el diagnóstico socioecológico de los bosques de Huíros (elaboración propia en base a la experiencia piloto)

Los mapeos comunitarios son una herramienta que permite la co-producción de información de interés sobre un determinado territorio, relevando los conocimientos y prácticas locales, identificando problemáticas y reflexionando en torno a una histórica común y discutiendo sobre un proyecto comunitario. Esta metodología es clave para generar información desde un contexto histórico y actual, con lo que se puede saber si había bosques de algas en la costa del lugar, cuál es o era la relación entre estos ecosistemas y la comunidad y qué factores pudieron causar la desaparición o disminución de los Huíros. Nos permite además, reconocer aquellos lugares más apropiados para las pruebas de restauración.



Foto 16 / Imágenes del proceso de identificación de actores de la caleta de Coliumo, entrevistas y talleres de mapeo colectivo | © Luisa Saavedra



Dentro de esta etapa de diagnóstico también es recomendable la realización de talleres de capacitación en que se aborde la importancia socioecológica de los bosques de Huiros y se genere el interés y motivación de más personas para participar en el proceso de restauración.

A partir de estas instancias de encuentro, se debiera conformar el grupo que participará activamente en la implementación de la restauración. A este grupo le denominamos “Grupo de Monitores” para el caso piloto. Es clave que este grupo esté integrado tanto por personas de la comunidad, como por científicos y profesionales que trabajan en el proceso de restauración.

También es aconsejable realizar talleres u otras actividades que involucren a niños y niñas de establecimientos educacionales de la comunidad, ya que mediante la escuela se puede dar a conocer el proyecto y generar el interés y preocupación de las familias por la recuperación y protección de los bosques de Huiros.

Foto 17 / Taller de creación de cerámicos estampados con algas que fueron instalados en el malecón de Playa Los Morros de Coliumo | Foto 18 / Niños(as) de la Escuela Caleta del Medio de Coliumo, que participaron de la experiencia piloto de restauración comunitaria de bosques de Huiros| © Luisa Saavedra

2.1.1 Complemento entre conocimiento científico y local

En todo el proceso de restauración de bosques submarinos es esencial la conjugación entre el conocimiento local y el científico-tecnológico, no sólo para una mejor planificación e implementación de las acciones de restauración, sino también porque esta combinación de experiencia y sabiduría transmitida a lo largo de generaciones con el conocimiento científico-tecnológico basado en investigaciones sistemáticas y metodologías específicas, genera bases más robustas que propician el éxito del proceso de restauración. Por ejemplo, conocer y entender la reproducción y el ciclo de vida del Huiro flotador a nivel local a través de este enfoque combinado, proporciona una comprensión más integral sobre una zona costera particular respecto de las etapas críticas para dichos bosques y las posibles amenazas naturales y/o antropogénicas que afectan en la zona. Además, permite identificar las diferencias entre distintos sectores de dicha zona relacionadas a las características de las poblaciones del Huiro flotador que allí habitan. Esta información es clave para escoger los momentos más adecuados para la restauración y tomar decisiones de manera informada con respecto a la gestión de las macroalgas, generando además, medidas de mitigación de los impactos negativos que podrían obstaculizar el proceso de restauración.

En general, las comunidades poseen un vasto conocimiento del entorno natural local y sobre cómo se debería actuar de manera sustentable y sostenible, contribuyendo a generar beneficios tanto para la localidad como también para el ecosistema.



Foto 19 / Pescador artesanal explica a la Bióloga marina cómo y dónde crecen los bosques de Huiros en la zona costera que ha habitado desde siempre. | **Foto 20** / Jornada participativa de Poda de Huiros, realizada por el grupo de monitores del proyecto | © Luisa Saavedra.

2.2 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE ZONAS DE RESTAURACIÓN Y SITIOS DE REFERENCIA

El rol de este paso es clave desde una perspectiva ecológica como también social en la planificación y ejecución de proyectos de restauración ecológica. Ayuda a establecer prioridades, a planificar y llevar a cabo las acciones de manera eficiente y efectiva, que vayan en favor de los objetivos planteados para la implementación del proyecto. En la práctica, ayuda a generar criterios, por ejemplo, los límites del área a restaurar, el tamaño y la forma de esta área, entre otros. Esta determinación también proporciona el conocimiento de los costos y la logística necesaria para ejecutar la restauración, como por ejemplo, la necesidad de obtener ciertas autorizaciones para su implementación, ya sea por parte de Sindicatos en el caso de estar dentro de un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), o de alguna institución estatal como la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), en el caso que sea necesario solicitar permisos legales.

Por otra parte, durante esta etapa el uso de metodologías adecuadas se convierte en un complemento esencial para identificar los sitios que requieren restauración. Dentro de éstas, la realización de mapeos comunitarios proporciona una recopilación de información desde un contexto histórico y actual, otorgada por la comunidad y que permite visualizar las zonas más adecuadas para implementar este proceso. Mediante el conocimiento local/ histórico y los antecedentes científicos compilados en la etapa de diagnóstico, se seleccionan los sitios idóneos para la restauración, teniendo en consideración los atributos de cada sitio (Tabla 2).

Tabla 2: Elementos clave para la selección de los sitios.
Agrupados en: i) Criterios de la selección, ii) Tipo de variable (biótica, abiótica o socioeconómica), y iii) Características. (Adaptado de Eger et al., 2022a)

Criterios potenciales de selección	Tipo de variable	Característica
Distancia de un bosque natural de algas.	Biótica	Fuente de distribución de esporas y material genético.
Estres de calor.	Abiótica	El calor extremo en verano puede impedir o perjudicar el crecimiento de las algas.
Sedimentación.	Abiótica	Puede prevenir el asentamiento de nuevos huertos.
Actividades antropogénicas negativas.	Humanas	Idealmente zonas sin mucha actividad humana y donde no se realiza extracción de algas.
Densidad y abundancia de herbívoros.	Bióticas	Alta presencia de herbívoros que se alimentan de algas (erizos, caracoles, etc.) pueden reducir la biomasa de huertos e impedir la restauración.
Exposición al oleaje.	Abióticas	Muy alto oleaje puede afectar el crecimiento pero muchos huertos muchos huertos se ven favorecidos en ambientes con alto oleaje.
Fácil acceso al lugar de restauración.	Humanas	Permitir disminuir los costos y aumentar la frecuencia de monitoreos de los sitios.
Presencia histórica de Huertos.	Bióticas	La presencia histórica de bosques es indicativo de resistencia y resiliencia.
Zonas de refugio y protección.	Abiótica	Sitios en que las algas pueden crecer protegidas del oleaje intenso.
Presencia de Buzos en la comunidad.	Humanas	Facilita la implementación de la restauración incluyendo los muestreos de las prospecciones como también los monitoreos post-restauración
Zonas con medidas de administración y/o protección. (Ej. A.M.E.R.B.S.)	Humanas	Potencia el trabajo colaborativo en la comunidad, como también beneficios económicos y ambientales para dicha comunidad

2.2.1 Determinación del Sitio de Referencia

Otro paso fundamental en el proceso es la identificación del “Sitio de Referencia”, el cual históricamente representa un ecosistema sin o con bajo nivel de perturbaciones (Eger et al., 2022a). Este sitio debería estar localizado cerca o solo medianamente alejado del sitio a restaurar. Su relevancia es que permite definir con mayor claridad los objetivos del proyecto que se desea implementar, utilizándolo como un modelo que orienta la dirección del resultado de la restauración, por lo que permite la realización de una continua evaluación del proceso (McDonald et al 2016).

Existe una serie de información que es necesario obtener en esta etapa y mientras más información se obtenga, mejor será la evaluación de este sitio de referencia:

- Descripciones ecológicas, listados de especies y mapas del sitio antes del deterioro.
- Fotografías históricas y actuales.
- Remanentes del sitio a restaurar que otorguen información sobre las condiciones físicas anteriores.
- Versiones históricas y actuales de personas relacionadas directamente con el sitio a restaurar antes de su deterioro.

Foto 21 / Anotaciones en una bitácora realizadas por una habitante de Coliumo en caminatas de reconocimiento de los bosques de Huiros | © Jorge Espinoza Lagos. | Foto 22 / Mapa de la Península de Coliumo con la ubicación de algunos elementos identificados por la comunidad y con los sitios escogidos para las pruebas de restauración y el sitio de referencia | © Luisa Saavedra.



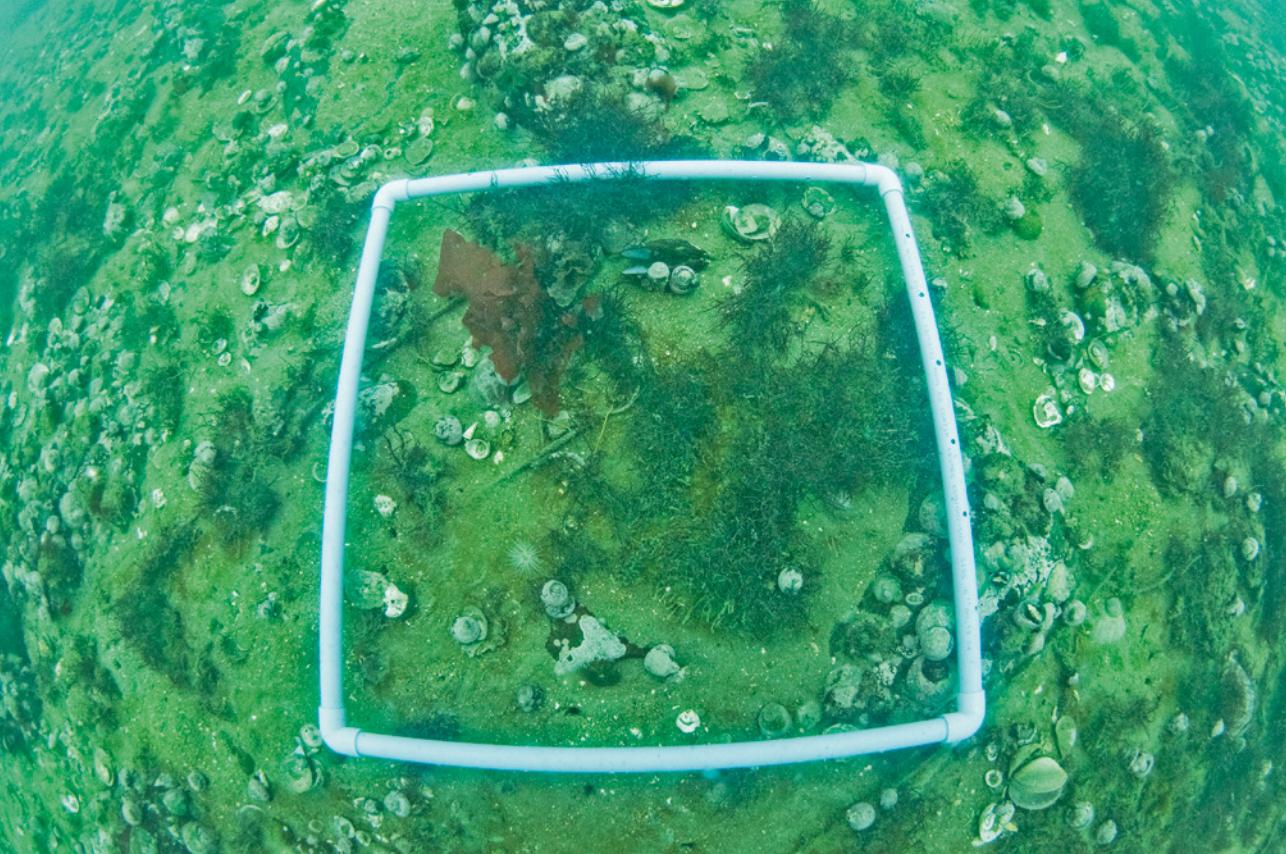
2.3 MONITOREOS DE PROSPECCIÓN

Luego de haber escogido los sitios a restaurar, es necesario realizar prospecciones que serán la base para una planificación efectiva, la toma de decisiones de manera informada y para evaluar la factibilidad del proyecto de restauración, siendo esencial para lograr una implementación exitosa de restauración de los ecosistemas degradados. Evaluar la situación actual de los sitios escogidos permite comprender en profundidad el estado actual del área que se pretende restaurar. Esto implica un estudio detallado de los ecosistemas, la biodiversidad, los factores ambientales, las amenazas presentes y las oportunidades de restauración. Sin una evaluación adecuada, es difícil diseñar estrategias efectivas de restauración.

Para llevar a cabo las prospecciones es importante contar con buzos que idealmente sean de la misma comunidad y en conjunto con científicos/as que apoyan el proyecto, deberían ser capacitados para llevar a cabo las prospecciones y a su vez aprender las metodologías de observación y análisis científico. Son precisamente estas personas quienes más conocen el lugar y la combinación de ambos conocimientos será clave para escoger el mejor sitio para la restauración.



Foto 23 / Monitoreos de prospección de los sitios de restauración del proyecto piloto en Coliumo|
Foto 24 / Diferencia entre sitio dañado que no tienen macroalgas pero antes las tuvieron (arriba) y sitio de referencia con bosques en buen estado (abajo). Imágenes obtenidas durante las prospecciones realizadas en la experiencia piloto.| © Mauricio Altamirano



La prospección debería incluir los siguientes pasos:

1. Diseño de los muestreos: establecer la superficie a muestrear, el número de transectas y número de muestreos por transecta. Para determinar la biodiversidad se recomienda obtener fotografías (de buena calidad) de los cuadrantes en cada punto de muestreo y luego analizar estas fotos por un especialista. También se deben anotar en una bitácora las observaciones directas de la presencia de especies pelágicas (peces, rayas, tiburón pintarroja, etc) que no puedan ser captadas por las cámaras fotográficas.

2. Capacitación de buzos para el muestreo

3. Adquisición de materiales e instrumentos básicos

- cuadrante de PVC de $0,25\text{ m}^2$ ($0,50 \times 0,50\text{ m}$) o 1 m^2 ($1 \times 1\text{ m}$)
- cámara fotográfica submarina
- bitácora sumergible
- huincha de medir plástica
- Ecosonda

4. Disponibilidad de embarcación
(idealmente de pescadores locales)

5. Planificación de las salidas a terreno que considere las distintas estaciones del año (con o sin Huiros), las condiciones meteorológicas y la turbidez del agua

6. Salidas a terreno en que los buzos realizan muestreos de acuerdo al diseño previo.

La prospección del sitio de referencia incluye la medición de las macroalgas considerando la medida del “diámetro del disco basal” y el “largo de la fronda” (la más larga). Tomar medidas de un número representativo de individuos (ej. entre 30 y 40 para áreas de bosques menores de 50 m^2)



En las salidas de prospección también se deberían incluir mediciones de variables ambientales tales como:

- Turbidez del agua con un Disco Secchi
- Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto en la columna de agua con sensores simples o multiparámetro como un instrumento simple o más sofisticado (CTD-O)
- Acidez o pH del agua con un pHímetro o un instrumento multiparámetro especial
- Corrientes con correntómetros y otras variables oceanográficas si es que el presupuesto lo permite.

Foto 25 / Buzo midiendo la altura de la fronda de los Huiros, como parte de la prospección del sitio de referencia y el monitoreo post restauración. | © Mauricio Altamirano

A partir de estas prospecciones se podrá identificar además, los posibles factores que pudieron causar la degradación o desaparición de los bosques de Huiros y establecer si estos estresores aún permanecen en el ambiente. Por ejemplo, si al realizar la prospección se observan una gran cantidad de herbívoros (erizos o caracoles) y muy pocos depredadores, como estrellas de mar o jaibas, se podría concluir que el ecosistema presenta un desequilibrio ecológico, por lo que esta información guiará la selección de las técnicas de restauración. También se observará el tipo de sustrato que existe en los sitios escogidos, con lo que se decidirá si es necesario disponer de algún sustrato artificial en caso que exista demasiado sedimento y sea desfavorable para las macroalgas.

2.4 PRUEBAS DE RESTAURACIÓN COMUNITARIA

En esta etapa, las personas que participan de las iniciativas de restauración comunitaria se tornan indispensables. Tal como se menciona más arriba, la restauración es un proceso donde la comunidad tiene una participación activa durante el proceso y es fundamental que se lleve a cabo de manera conjunta en todas sus etapas, además facilita las tomas de decisiones, por ejemplo, cuándo, dónde y cómo realizar la restauración (Elias et al., 2021).

Existen diversas técnicas para la restauración con Huiros, por lo que en esta etapa se debe escoger aquella que más se adapte a las condiciones de los sitios escogidos previamente para la restauración. Hay en general dos tipos de restauración ecológica, una pasiva que no manipula los Huiros o sus consumidores, y

que puede ser representada por acciones de mejoramiento de las condiciones ambientales o físicas, mediante por ejemplo la mejora en la calidad del agua, limitando la recolección de algas marinas, protegiendo especies que facilitan los bosques de algas o a través de la creación de Áreas Marinas Protegidas (AMP). El otro tipo es la restauración activa que se caracteriza por la introducción o remoción de materiales bióticos o abióticos desde el ambiente (Eger et al. 2022a). Si existe una limitación de la reproducción de Huiros, se pueden introducir individuos reproductivos, ya sea mediante la incorporación de esporas o gametofitos y/o trasplantando algas maduras que actúan como fuente de esporas. Si la herbivoría es el problema, se puede mitigar eliminando, transportando o recolectando herbívoros como erizos, caracoles o peces herbívoros. En ambos casos, es clave identificar los estresores responsables de la desaparición o daño de los bosques de Huiros para poder eliminar o disminuir estos factores, ya que si siguen permaneciendo, no podrá recuperarse el bosque de la forma en que estaba antes de la presencia de estos estresores.

En el caso de la restauración activa de bosques de Huiros, las técnicas más comunes son el manejo de herbívoros (erizos, caracoles y/o peces herbívoros), siembra, trasplante y arrecifes artificiales (Eger et al. 2022b). La selección de la metodología más apropiada dependerá de la caracterización previa de los sitios a restaurar y de los criterios financieros y las posibilidades técnicas del equipo encargado. En el caso que exista una sobreabundancia de herbívoros, se puede aumentar su mortalidad mediante sacrificio, pesca, introducción de depredadores naturales o limitar su acceso a los bosques de Huiros.



En el caso de la siembra y los trasplantes, es relevante contar con una fuente de propágulos, ya sean comerciales o naturales. En el caso de los trasplantes, se recolecta el alga completa, incluyendo el disco de fijación, mientras que en la siembra solo se recolecta el tejido reproductivo y se cultiva bajo condiciones controladas en un laboratorio. La presente guía se enfoca principalmente en las restauración mediante “Trasplante” pero para obtener mayor información sobre las otras técnicas se recomienda revisar la Guía para la restauración de macroalgas, conocidas también como “Kelps” (Eger et al 2022a)

Si bien esta Guía se enfoca en la Restauración activa, se debe priorizar, si es posible, los enfoques preventivos, en particular aquellos que gestionan condiciones ambientales propicias y trabajan para prevenir la disminución de las algas marinas antes de que se requieran esfuerzos de restauración (UNEP 2023)

Foto 26 / Bloque de concreto con juveniles de huiro flotador para ser llevado a los sitios de trasplante | @ Luisa Saavedra

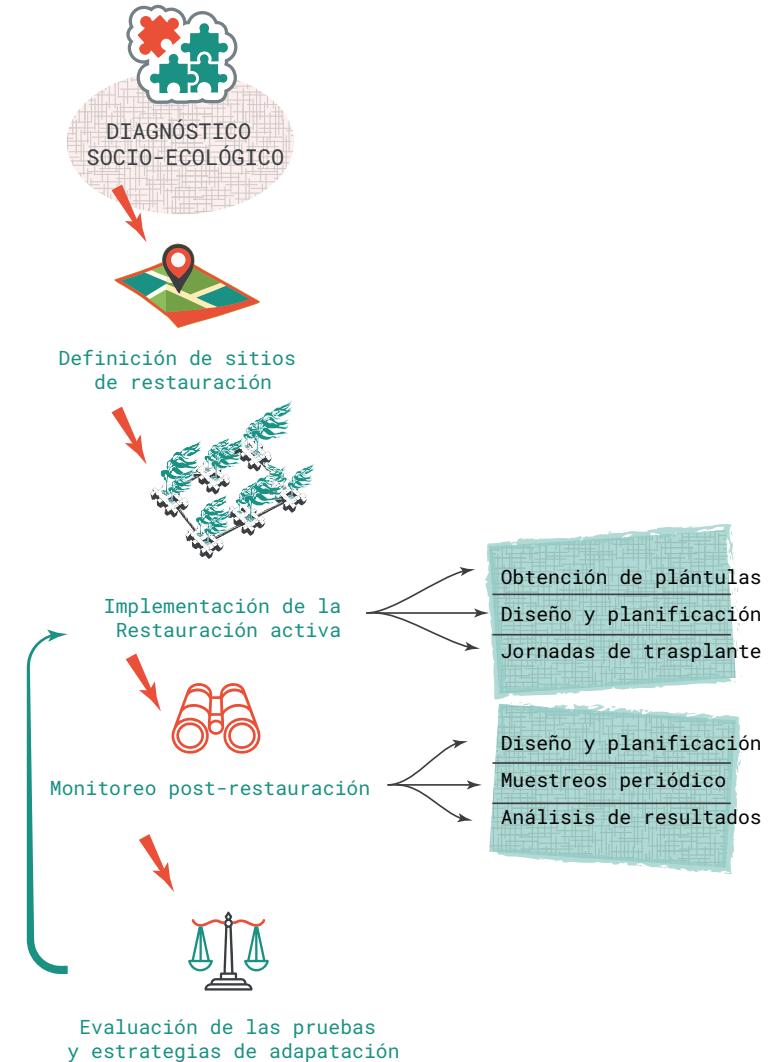


Figura 10 / Mapa conceptual de los pasos a seguir para la restauración activa de bosques de Huiros

2.4.1 PASOS PARA LA RESTAURACIÓN MEDIANTE TRASPLANTE

El trasplante ha sido una de las técnicas más comunes para la restauración de Huiros y se define como la introducción de etapas de vida adultas de Huiros al ambiente marino, específicamente sobre el fondo marino. Su ventaja es que al usar algas adultas se produce menos pastoreo, asegurando su sobrevivencia y generando idealmente algas juveniles que recuperen el bosque.

Se sugiere comenzar el proceso con una experiencia piloto que abarque una superficie pequeña y en que idealmente se escogen sitios con distintas condiciones bióticas, abióticas y sociales, ya que con esto se podrá obtener resultados distintos y se podrá comprender cuáles son las mejores técnicas y sitios para el crecimiento de las algas. En esta etapa, es posible identificar pasos claves los cuales se definen desde un enfoque de co-construcción y constan de:

2.4.1.1) Obtención de plántulas de Huiros

Para la restauración es necesario contar con plántulas de algas que pueden provenir desde la captación natural o bien desde laboratorios. En la experiencia piloto de restauración se obtuvieron las plántulas desde un cultivo de bivalvos ubicado en la Bahía Coliumo, Región del Biobío y en donde naturalmente se fijan y crecen Huiro flotador, lo que permite la captación natural de plántulas durante la época que comprende desde septiembre a noviembre en esta zona costera. Esto facilita su trasplante y al mismo tiempo ahorra los costos y espacios requeridos para la producción en laboratorio, que implica contar con un espacio en tierra, implementado exclusivamente para la obtención y mantención de plántulas de Huiros.

Foto 27 / Captación natural de Huiros en el cultivo de bivalvos "Granja Marina" de Coliumo | © Luisa Saavedra



2.4.1.2) Diseño y planificación

Una vez definido el/los sitio/s a restaurar, se establecen todos los aspectos necesarios para su implementación. Entre ellos se pueden mencionar: el área de cobertura (m^2 o km^2), el número de plántulas para su trasplante, el tipo de sustrato a utilizar (rocas o artificial), los materiales necesarios y toda la logística para realizar las salidas de trasplante (embarcación, buzos, definición de tareas para cada persona, etc).

En esta etapa es clave la participación del grupo de personas conformado a partir del diagnóstico y capacitaciones, tanto para que entreguen sus visiones frente al diseño, como para la planificación del trasplante. Si el sitio de restauración se encuentra en un Área de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos (AMERB) es fundamental que personas del sindicato a cargo de esta AMERB participen del grupo y de todo el proceso de restauración.

En el diseño de la restauración es importante establecer objetivos claros, realistas y específicos, teniendo en consideración la comprensión del estado actual del sitio, definiendo metas que sean alcanzables y que se adapten a las condiciones y necesidades locales.

En esta etapa se seleccionan las técnicas apropiadas para el trasplante en cada sitio escogido para la restauración, ya que cada uno puede requerir enfoques diferentes. La prospección proporciona la información necesaria para seleccionar la metodología más efectiva según las características del lugar, tales como el tipo de sustrato, presencia de especies invasoras, estado de equilibrio ecológico del lugar, entre otras. Entre las técnicas de trasplante más utilizadas se encuentra la adherencia de las algas a un sustrato rocoso y asegurar que este permanezca en el fondo. Si se realiza el trasplante en un sustrato con sedimento, debería complementarse con la construcción de un arrecife artificial para asegurar que se continúen fijando las algas al fondo. Para pegar las algas juveniles obtenidas desde el cultivo a un adocreto o roca, es posible utilizar un pegamento especial a base de cianocrilato.

El diseño debe considerar además un análisis de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto de restauración, tales como la mano de obra especializada, equipos y materiales necesarios y adecuados para su implementación, así como el financiamiento requerido (Tabla 3).

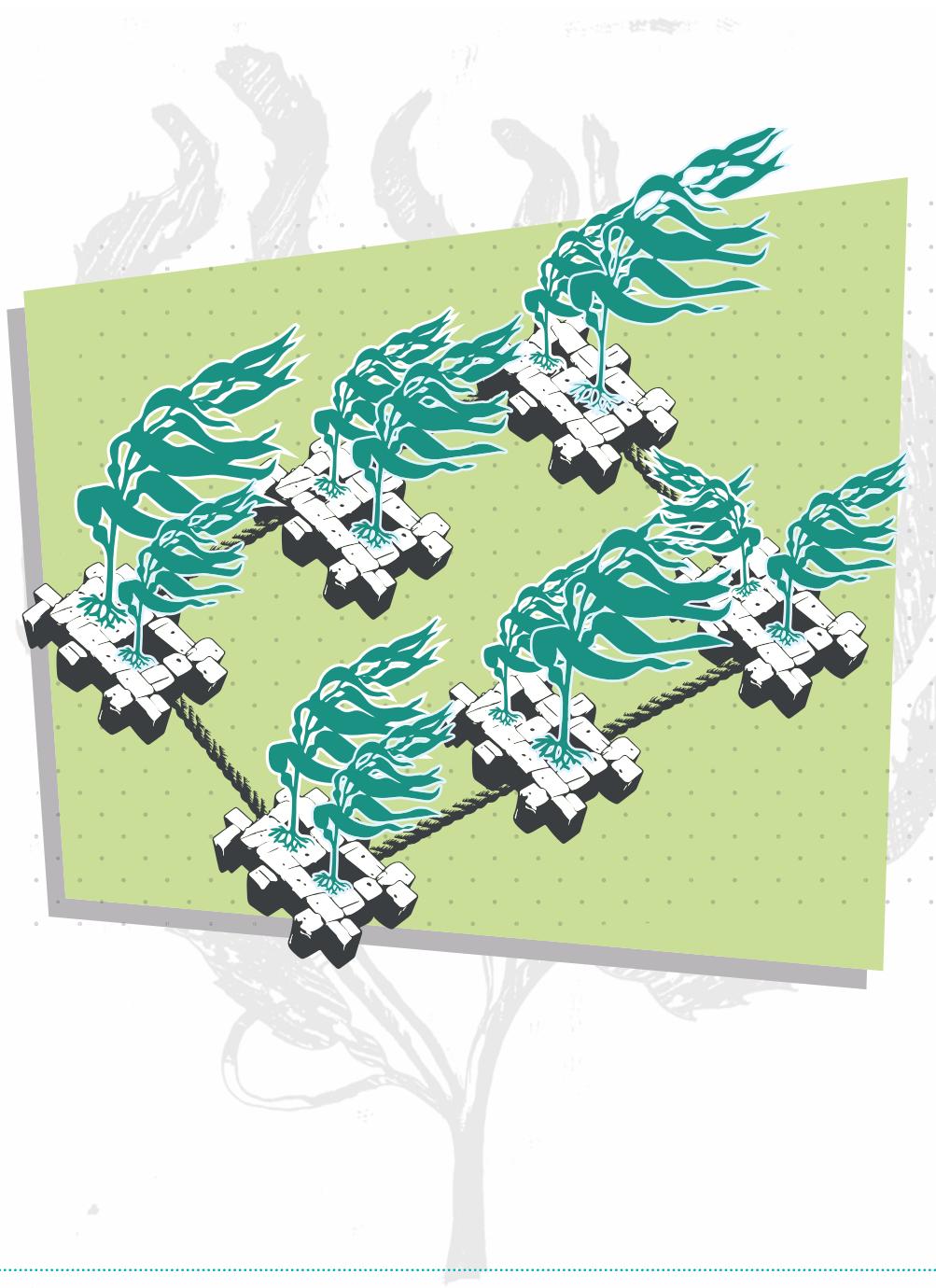


Figura 11 / Ejemplo de sistema de trasplante con sustrato artificial utilizado en la prueba piloto de restauración.

Tabla 3: Ejemplo de presupuesto para un trasplante de 50 m², con tres jornadas de trabajo y 20 personas participando. Costos en CLP para el año 2022 de Chile.

Recursos e insumos para la restauración	Especificación	Costo unitario aprox.	Costo (CLP)
Adocretos 30x45x8	2 unidades por m ² .	\$ 2.290	\$ 229.000
Pegamento cianocrilato	1 unidad por bloque	\$ 1.145	\$ 114.500
Arriendo de embarcación	Bencina y conductor para al menos 3 jornadas de transporte	\$ 70.000	\$ 210.000
Buzos	Si no existen buzos locales deben ser contratados para la instalación submarina.	\$ 200.000	\$ 600.000
Alimentación	Colaciones para los participantes. El costo dependerá del numero de personas	\$ 20.000	\$ 60.000
Traslados	Para personas y materiales	\$ 30.000	\$ 90.000
Otros materiales	Huinchas, tijeras bandejas, papel absorbente, etc.	\$ 40.000	\$ 120.000
Total			\$ 1.423.000.-

2.4.1.3) Jornadas de trasplante comunitario

Una vez que ya está diseñado y planificada la metodología del trasplante, se realiza una convocatoria oportuna a todo el “grupo de monitores”, comprometiéndolos a las personas que realizarán las tareas definidas en la planificación.

La jornada consiste en:

- i) Recolección de las plántulas juveniles desde las líneas de cultivo marino
- ii) Medición del largo de las frondas y diámetro del disco basal (registrando en una bitácora con una identificación específica para cada alga)
- iii) Pegado del disco basal en los bloques utilizando cianocrilato
- iv) Llevar los bloques al sitio de restauración en una embarcación
- v) Instalación de los bloques en el fondo con la ayuda de buzos



Foto 28 / Buzos preparandose para instalar los bloques con las algas. | **Foto 29** / Imágenes del proceso de implementación de la restauración comunitaria piloto de Huiros en Coliumo: (1) captación natural en cultivo, (2) medición de la fronda y disco de fijación de las algas, (3) pegado de las algas en el sustrato artificial, (4) instalación del sustrato con las algas en el sitio de restauración. | @ Luisa Saavedra y @ Paula Mendoza



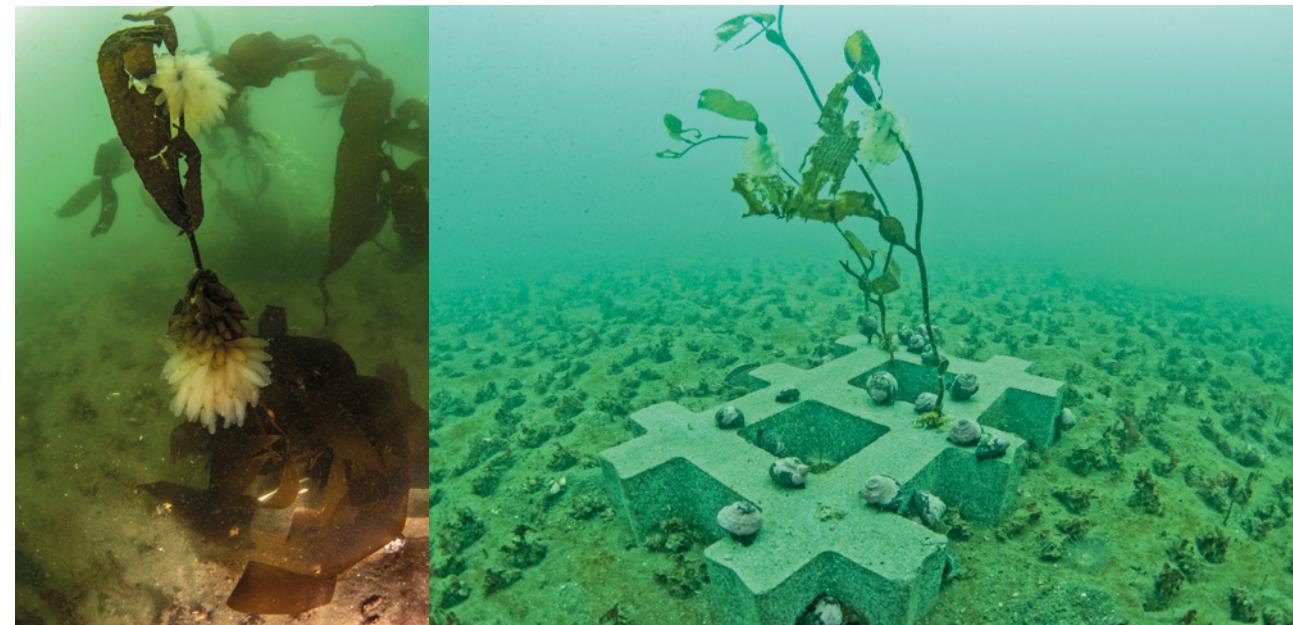
2.5 MONITOREOS POST-RESTAURACIÓN

Este paso nos permite evaluar el progreso de los objetivos establecidos y realizar ajustes cuando sea necesario. Para ello es fundamental definir ciertos indicadores que serán monitoreados periódicamente mediante buceos y metodologías apropiadas para obtener datos comparables en el tiempo. También es necesario establecer la frecuencia de los monitoreos que se adecúe a la dinámica del crecimiento de las algas a nivel local y a las posibilidades técnicas y económicas del equipo a cargo. Se recomienda que al comienzo de los trasplantes se realicen muestreos más frecuentes (una vez al mes) y luego pueden hacerse de forma más espaciada, dependiendo de la dinámica de crecimiento local del alga. Es por lo tanto recomendable generar un protocolo de monitoreo que asegure la comparación entre los muestreos y facilite la planificación y logística de las salidas.

Considerando que los principales objetivos de la restauración es lograr el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de las algas, así como el aumento de la biodiversidad asociada, se recomienda incluir los siguientes indicadores en el protocolo de monitoreo:

- Número de Huiros transplantados que permanecen en el sustrato
- Cobertura espacial de los Huiros dentro y fuera del área de trasplante
- Crecimiento de las frondas y del disco basal
- Biodiversidad asociada al sitio de restauración

Estos son indicadores imprescindibles para el seguimiento de la restauración, pero podrían incluirse otros dependiendo de las fuentes de financiamiento y el apoyo científico/técnico. En este sentido se sugiere la instalación de sensores y/o monitoreo de las variables ambientales como temperatura, salinidad, oxígeno y pH, así como el apoyo de especialistas en el análisis biológico de los muestreos.



Como el proceso de restauración se caracteriza por la participación de la comunidad local, es ideal que los monitoreos sean realizados por personas del mismo “grupo de monitores”, sin embargo, como este seguimiento es submarino, es idóneo que existan buzos locales dentro de este grupo que sean capacitados para continuar el monitoreo de los sitios. También se puede incluir en este monitoreo las observaciones realizadas por personas que habitan y trabajan en la costa, tales como detección de varazones de algas, avistamiento de especies claves que se asocian a los Huiros (ej. chungungos y aves), extracción pesquera de algas, marejadas, eventos especiales como blooms de microalgas o aluviones que cambian la turbidez del agua.

Foto 30 / Monitoreo de los Huiros transplantados. Se observa un caso de ejemplar depredado por caracoles y otro en buen estado de crecimiento. Ambos presentan puestas de huevos de Calamar | © Mauricio Altamirano

La metodología de monitoreo será muy similar a la de prospección de los sitios (ver sección 2.3), ya que los datos obtenidos en esa etapa, servirán como línea base para el seguimiento del proceso. La diferencia de estos monitoreos es que se requiere evaluar los trasplantes, por lo que deben incluirse los siguientes pasos:

- Contar bloques o rocas con algas trasplantadas, que deben estar previamente etiquetados. Realizar un conteo general y registrar los bloques que no tengan algas y anotar el código de la etiqueta.
- De la totalidad de bloques se puede muestrear al azar solo una parte (ej. 50%).
- Registrar la etiqueta del bloque y medir el largo de la fronda y diámetro del disco de fijación (grampón).
- Registrar el estado de las algas según parámetros pre definidos (Sano-Pobre-Deteriorado-Mal).
- Tomar fotos por bloque marcado (base con etiqueta legible, alga en su totalidad, detalles de biodiversidad y definir otras).

Luego de obtener todos los registros es necesario sistematizar toda la información y realizar el análisis de las fotografías con ayuda de un(a) experto(a). Para saber si se produjo un cambio en la Biodiversidad del sitio de restauración, se debe identificar y contar cada especie presente en un cuadrante, con lo que se puede obtener el número promedio de cada organismo en el área restaurada. Con este dato se puede calcular un índice de diversidad, por ejemplo el índice de Shannon (H') que es una medida de diversidad biológica que tiene en cuenta tanto la riqueza de especies (número de especies presentes) como su abundancia relativa (proporciones de individuos de cada especie). Su fórmula es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \ln (p_i))$$

Donde S es el número de especies en el área y p_i es la proporción de individuos de la especie i ($p_i = \text{número de individuos de la especie i} / \text{número de individuos de todas las especies}$). Un índice más alto significa una mayor biodiversidad y si es mayor que 3 significa que hay una alta biodiversidad.

De esta forma se puede obtener el índice para el mismo sitio antes de la restauración (prospección) y después de la misma, así como la comparación entre los distintos sitios de trasplante y el sitio de referencia donde está el bosque de Huíros sano. En la Figura 12 se presenta algunos resultados obtenidos de las pruebas de restauración, en que se observa que el sitio trasplantado (AMERB) aumenta su diversidad luego del trasplante, con valores incluso mayores que el bosque de referencia en invierno.

ÍNDICE DE SHANNON

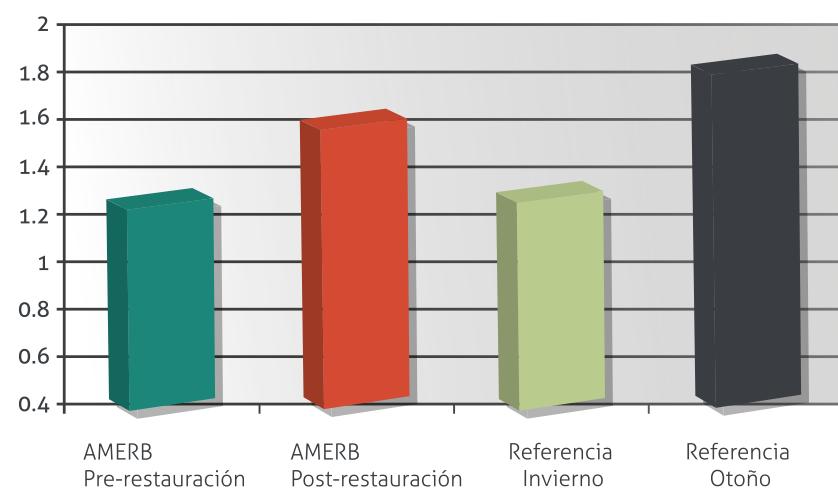


Figura 12 / índice de diversidad de Shannon obtenidos desde las pruebas de restauración realizadas en Bahía Coliumo.

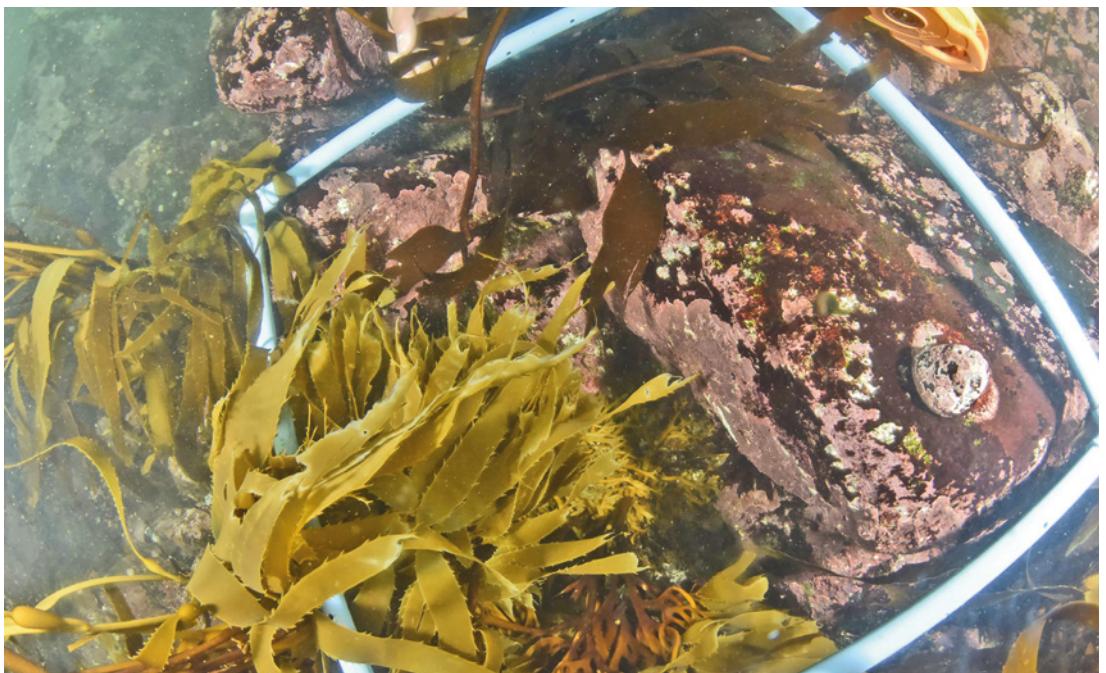
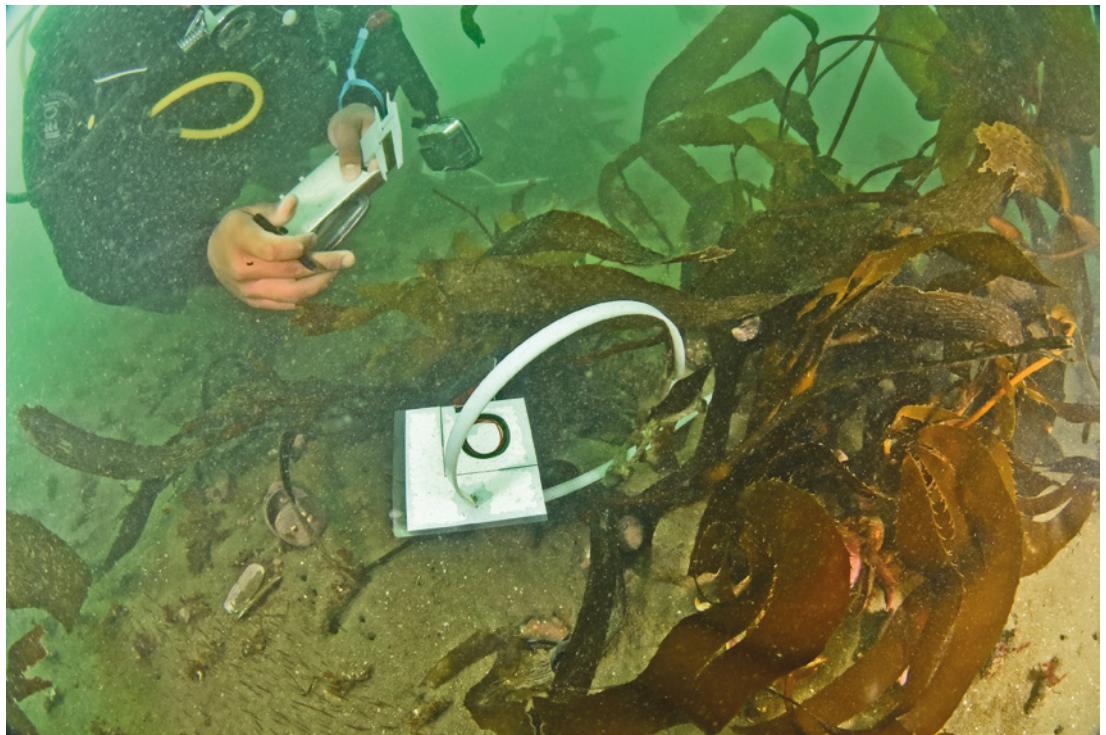


Foto 31 / Buzos monitoreando los Huiros trasplantados en el sitio de estauración | © Mauricio Altamirano



Foto 32 / Especies que pueden encontrarse en los bosques de Huiros | © Mauricio Altamirano



Foto 33 / Jornada participativa de poda de huiros de las líneas de captación natural usadas para los trasplantes

2.6 EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS DE RESTAURACIÓN Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN

Con la información obtenida desde los monitoreos post-restauración se podrá evaluar el éxito de las pruebas piloto, considerando para ello dos preguntas fundamentales: i) ¿Se lograron los objetivos? y ii) ¿Se alcanzaron las metas? (SER 2004). Con este análisis se podrá determinar si la técnica utilizada fue apropiada o bien adecuar la metodología para volver a ejecutar otra prueba de trasplante hasta lograr los resultados esperados. Generalmente las primeras pruebas no son exitosas y no hay que decepcionarse por ello, ya que al comienzo del proceso estamos aprendiendo del sistema y es casi imposible tener todas las variables controladas.

Incluimos aquí algunos factores y recomendaciones que son importantes de considerar en el caso de la costa de Chile centro-sur:

- Las algas son de crecimiento estacional, por lo que hay que adecuar el periodo de la captación de plántulas y trasplante de juveniles a esta dinámica. La captación natural en cultivo comprende entre septiembre y noviembre, mientras que los trasplantes se deberían realizar en diciembre y enero.

- En zonas con sedimento, usar sustratos artificiales pero tener en cuenta las corrientes del lugar que pueden desplazar este sustrato.

- En zonas con sustrato rocoso, identificar y seleccionar un sustrato libre de competidores como las algas del césped (turf algae), las algas crustosas u otra vida marina (por ejemplo, tunicados, briozoos, esponjas).

- Evaluar bien la presencia de pastoreadores (herbívoros depredadores) y si son muchos, realizar una extracción de ellos o instalar alguna protección alrededor de las algas.

- En el caso que no se puedan eliminar los pastoreadores, se puede implementar la técnica de líneas de cultivo con Huiros, fijadas cerca del fondo, ya que de esta forma los animales no pueden alcanzar las algas.

- Para asegurar el éxito de la restauración, utilizar plántulas que provengan idealmente de bosques de Huiros cercanos, ya que están adaptados genéticamente al ambiente local.

- Tener en cuenta la densidad de algas trasplantadas, asegurando que sea un número suficientemente alto para la sostenibilidad del bosque.

- Disponer las algas suficientemente cerca pero no demasiado para no impedir el paso de la luz.

- Escoger sitios con menor exposición a las olas.

2.7 SOSTENIBILIDAD DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN

Como se puede apreciar desde todas las etapas expuestas anteriormente, la restauración de Huiros es un proceso de largo plazo que requiere de varios años para poder ver los resultados esperados, especialmente en el caso de este tipo de algas que poseen un ciclo de vida estacional, por lo que es necesario esperar al menos un año para evaluar las pruebas y adaptar la metodología. Por ello, se recomienda un plazo de al menos dos años para las primeras pruebas y luego dos o tres años para la restauración propiamente tal (que abarque una mayor superficie). Considerando además que este proceso de restauración requiere contar con la participación e involucramiento de parte de la comunidad desde el comienzo de su diseño y planificación, es idóneo que existan programas estatales que incentiven y financien este tipo de iniciativas, ya que sus resultados no generan beneficios a nivel individual, sino que al colectivo y a las futuras generaciones.

Este tipo de “programas de restauración comunitaria de Huiros” podría además incluir un programa de monitoreo participativo local (FAO y EULA, 2021) que esté apoyado por centros de investigación, universidades y/o consultoras y que cuente con un financiamiento permanente, con lo que se podría incluir indicadores de tipo social y económicos para evaluar los cambios en los servicios ecosistémicos que produce la recuperación de los bosques de Huiros. Este tipo de programas podrían transformarse así, en oportunidades de vinculación real entre ciencia y sociedad, generando espacios para la investigación, formación de profesionales, educación de niños(as) y jóvenes y el involucramiento concreto de las comunidades en acciones de protección y cuidado del ambiente.



Foto 34 / Caminata comunitaria de reconocimiento de los bosques de Huiros en la costa de Coliumo | Jorge Espinoza Lagos.

3. CONSIDERACIONES ANTES DE EMPRENDER UN PROCESO DE RESTAURACIÓN ACTIVA

Si bien las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbNs) se están potenciando para mitigar y adaptarnos a los efectos del cambio climático, es necesario considerar al menos cuatro criterios para seleccionar y priorizar estas soluciones: (i) el tamaño del potencial de mitigación (ej. cuánto CO₂ se captura); (ii) el horizonte de tiempo del potencial de mitigación; (iii) la rentabilidad y (iv) los beneficios colaterales que ofrecen. Al tomar estos criterios en cuenta, se ha observado que las SbNs de Protección son las primeras que deberían implementarse debido a que pueden ofrecer una alta mitigación por hectárea que puede llevarse a cabo rápidamente y a un costo comparativamente menor, así como múltiples beneficios colaterales (Cook-Patton et al., 2021).

En el caso de los bosques submarinos, se deberían implementar primero medidas de protección (restauración pasiva) tales como la creación de áreas protegidas y la regulación/ manejo de la extracción de algas y de los recursos asociados a ellas. Esto es fundamental, considerando que la restauración activa es un proceso costoso y los cambios ambientales que afectan y disminuyen las algas son difíciles de revertir.

En este sentido, es necesario destacar que actualmente Chile es el primer país cosechador de algas desde el ambiente natural con una cosecha de 288.486 toneladas (año 2019, UNEP 2023) y esta producción ha incrementado en la última década, poniendo en peligro los bosques que se encuentran a lo largo de toda la costa



y que sostienen la red alimenticia costera. Esto se traduce en una amenaza para la sostenibilidad de estos ecosistemas y para los múltiples servicios ecosistémicos que proporcionan. Sin embargo, hasta la fecha solo existen regulaciones y manejo en la zona norte del país, conseguidos luego de que casi desaparecieran los Huiros de la costa. En el centro y sur de Chile no existe por el momento ninguna normativa que regule la extracción de las algas desde el intermareal y tampoco hay áreas marinas costeras protegidas (en el caso del Biobío), por lo que los bosques están en peligro de desaparecer y con ello la sostenibilidad de la pesca artesanal.

Ante esto es urgente establecer medidas de manejo y protección efectivas y que contemplen en su diseño e implementación, la participación de personas y organizaciones vinculadas a la actividad pesquera, recolección de orilla, alquerías, comunidades costeras, así como a científicos e instituciones públicas y privadas que posean experiencia y relación con estos ecosistemas. Esto se puede lograr mediante un proceso de gobernanza participativa que

Foto 35 / Conversatorio "Experiencias comunitarias de cuidado de bosques submarinos" realizado en la Universidad de Concepción (mayo 2023)

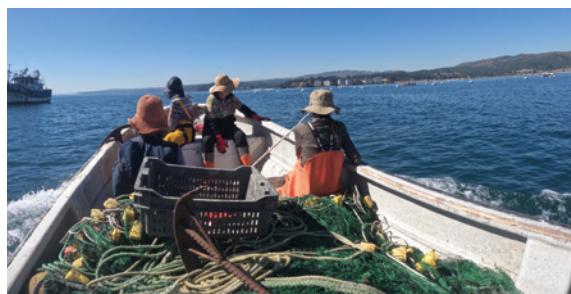
se entiende como una alianza entre dos o más actores de distintos sectores de la sociedad para el desarrollo de una iniciativa colaborativa, donde se reparten las responsabilidades y funciones para alcanzar un objetivo consensuado (cogobernanza, Flores 2019).

Este proceso de gobernanza permite empoderar y concientizar a las comunidades para el cuidado y manejo sustentable de los ecosistemas costeros locales, siendo para ello fundamental el involucramiento de los establecimientos educacionales ya que son las y los niños(as) quienes serán mayormente afectados si desaparecen o se dañan los bosques y sus recursos, por lo que es clave que participen activamente en su protección.

Por último, es relevante destacar que en estos procesos de gobernanza local y en las acciones de restauración de los bosques submarinos participa generalmente una parte de la comunidad local, junto a personas y organizaciones afines que poseen el interés en la temática, pero es clave generar instancias de participación para involucrar a actores locales, cuidando siempre que las metodologías sean lo más inclusivas y respetuosas con las necesidades, intereses y opiniones de las personas de la comunidad.



Foto 36 / Conversatorio "Experiencias comunitarias de cuidado de bosques submarinos" realizado en la Universidad de Concepción (mayo 2023)





4. GLOSARIO PARA LA RESTAURACIÓN

Acidificación del océano: Es el proceso por el cual la absorción de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico por el agua del mar reduce su pH, volviéndolo más ácido.

Algas pardas: son un tipo de alga marina, incluidas en el reino Protista (clase Phaeophyceae) por lo que no son plantas. Se caracterizan por su color marrón e incluyen especies como el kelp y el sargazo, que habitan típicamente en aguas frías y templadas.

Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB): es un régimen de acceso que asigna derechos de explotación exclusiva a organizaciones de pescadores artesanales, mediante un plan de manejo y explotación basado en la conservación de los recursos bentónicos presentes en sectores geográficos previamente delimitados.

Área Marina Protegida (AMP): Son áreas delimitadas y definidas geográficamente cuya administración y regulación permiten alcanzar objetivos específicos de conservación y/o preservación.

Biodiversidad: es la variedad y abundancia de seres vivos en un ecosistema, incluyendo diversidad genética, de especies y de hábitats.

Cambio climático: cambio a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra, causado principalmente por el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto principalmente de la actividad humana. Esto provoca un aumento en la temperatura global, cambios en los patrones de precipitación, eventos climáticos extremos y otros impactos ambientales

Ciencia ciudadana: es una forma de investigación científica en la que el público general colabora con científicos para recopilar datos, realizar experimentos o analizar información, contribuyendo así al avance del conocimiento científico.

Ciencia comunitaria: es la ciencia que implica la participación activa de la comunidad en la investigación científica, donde miembros no profesionales colaboran con científicos en la recolección y análisis de datos.

Clima: se refiere al patrón de condiciones atmosféricas a largo plazo, como la temperatura, la humedad, la precipitación y el viento, en una región o área geográfica determinada.

Co-diseño: es la colaboración de diferentes partes (Ciencia, comunidad, instituciones, privados, etc) que están interesadas en trabajar de manera colaborativa para abordar las soluciones de un problema.

Comunidad: es un grupo de individuos que comparten intereses, valores o características similares, interactuando y colaborando dentro de un entorno específico.

Conservación ambiental: es el conjunto de acciones dirigidas a preservar y proteger la biodiversidad, los recursos naturales y los ecosistemas, promoviendo su uso sostenible y minimizando la degradación. Tiende a abordar aspectos más amplios y a largo plazo de la gestión de recursos naturales, incluyendo la restauración de hábitats y la protección de especies en peligro de extinción.

Conocimiento: es la comprensión, información o habilidades adquiridas a través del estudio, la experiencia o la educación, que permite entender y resolver problemas en diversas áreas.

Cuadrante: es un área rectangular o marco cuadrado que se utiliza en ecología como medida estándar para estudiar la distribución y abundancia de algún elemento u organismos.

Depredador Tope: Es una especie que se ubica en la cima de la red alimenticia. No tiene depredadores en su entorno

Disco Secchi: es un instrumento que sirve para medir la profundidad hasta la cual penetra la luz en la columna de agua. Es de forma redonda y de color blanco y negro.

Ecosistema: es un nivel de organización biológico que está formado por el ambiente y una comunidad de organismos que interactúan y se influyen entre sí. Por ejemplo: bosques tropicales, arrecifes de coral, humedales, bosques de algas, etc, ecosistema marino, terrestre.

Entrevista semi-estructurada: es una técnica de investigación que combina preguntas predefinidas con la flexibilidad para explorar temas adicionales, permitiendo una conversación más abierta y profunda.

Estresor ambiental: es cualquier agente o factor físico, -químico, biológico o social que causa un cambio o perturbación en el ambiente natural, pudiendo afectar negativamente a los ecosistemas y las especies que los habitan.

Equilibrio ecológico: es la estabilidad dinámica de un ecosistema donde las poblaciones de organismos los recursos están en armonía, manteniendo el funcionamiento saludable del medio ambiente.

Fotosíntesis: proceso mediante el cual las plantas, algas y ciertas bacterias convierten la luz solar, el dióxido de carbono y el agua en energía química, produciendo oxígeno como subproducto.

Gobernanza: se refiere al proceso de gestión, toma de decisiones y control en organizaciones, comunidades o sistemas, abarcando aspectos políticos, económicos y sociales para lograr objetivos específicos.

Gobernanza participativa: implica la inclusión activa de ciudadanos, grupos comunitarios y partes interesadas en el proceso de toma de decisiones políticas y administrativas, fomentando la colaboración y la transparencia.

Intermareal: es la zona costera que queda entre las mareas más altas y más bajas, donde los organismos enfrentan cambios constantes en la exposición al agua.

Metabolismo: es el conjunto de procesos químicos en un organismo para mantener la vida. Incluye la producción de energía, la síntesis y degradación de compuestos, regulados para mantener el equilibrio interno.

Mitigación: acciones o estrategias destinadas a reducir o prevenir los impactos negativos de un riesgo o amenaza.

Monitoreo: es el proceso de observación y registro sistemático de datos sobre un fenómeno específico, como el medio ambiente, la salud o el rendimiento de un sistema

Monitoreo participativo local: implica la colaboración activa de la comunidad en la recopilación, análisis y uso de datos para abordar problemas o gestionar recursos de manera conjunta.

Parasitismo: es una relación simbiótica en la que un organismo (parásito) se beneficia a expensas de otro organismo (huésped), causándole daño o perjudicando de alguna manera.

Perennes: describe plantas que viven durante más de dos años, manteniendo hojas o estructuras vegetativas durante todo el año o en ciclos anuales recurrentes.

Productor primario: organismo que produce su propio alimento a través de la fotosíntesis o la quimiosíntesis, siendo la base de la cadena alimentaria, como las plantas, algas y algunas bacterias.

Propágulo: es una estructura de reproducción, como una semilla, espora o esqueje, que permite la propagación y dispersión de plantas u organismos similares.

Prospección: es la búsqueda y exploración de algún área en particular con el objetivo de descubrir o encontrar recursos naturales, ambientes aptos para una restauración (en este caso). Contempla metodologías que son definidas con anterioridad con el equipo a cargo.

Protección ambiental: medidas y acciones tomadas para preservar, conservar y restaurar los recursos naturales y los ecosistemas, con el objetivo de minimizar el impacto humano negativo.

Saberes: se refiere a los conocimientos, habilidades y experiencias acumuladas por una persona o comunidad, transmitidas a través de la enseñanza, la práctica y la tradición. Son dinámicos y pueden desaparecer o crearse unos nuevos.

Simbiosis: es una relación biológica entre dos organismos de diferentes especies que viven juntos y se benefician mutuamente, o al menos uno de ellos se beneficia.

Socio-ecología: es el estudio de las interacciones e interdependencias entre sistemas sociales y ecológicos, permitiendo entender las dinámicas sociales y cómo éstas interactúan con el medio ambiente.

Sostenibilidad: se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, equilibrando aspectos económicos, sociales y ambientales.

Submareal: zona marina situada debajo del nivel de marea baja, donde los organismos están siempre sumergidos y no experimentan cambios en la exposición al agua.

SUBPESCA: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Institución que regula y administra la actividad pesquera y de acuicultura.

<https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-538.html>

Sustentabilidad: se refiere a la capacidad de mantener y preservar los recursos naturales y el medio ambiente a lo largo del tiempo, asegurando el bienestar presente y futuro de las sociedades.

Tiempo (meteorología): se refiere a las condiciones atmosféricas a corto plazo, como la temperatura, la humedad, la precipitación, el viento y la presión atmosférica en un lugar específico.

Trama trófica: ó "Red Alimenticia" es un nivel de organización de las diferentes relaciones alimenticias que ocurren en un ecosistema. En ella se produce una transferencia de energía entre los diferentes niveles tróficos, los cuales se dividen en productores primarios (fotosintetizadores), productores secundarios (herbívoros), productores terciarios (carnívoros) y descomponedores.

Transdisciplina: es la integración de los conocimientos de diferentes disciplinas, incluyendo el conocimiento local para colaborar de manera conjunta frente a la solución de alguna problemática ambiental y/o social.

Transecto: es una técnica de observación que sirve para recoger datos desde el ambiente. Es una línea recta o ruta (real o imaginaria) utilizada en ecología para estudiar y muestrear diferentes hábitats o comunidades.

5. REFERENCIAS

1. Cook-Patton S., Drever C.R., Griscom B.W, Hamrick K., Hardman H., Kroeger T., Pacheco P., Raghav S., Stevenson M., Webb Ch., Yeo S., Ellis P. 2021. Protect, manage and then restore lands for climate mitigation. *Nature Climate Change* 11, 1027-1034.
<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01198-0>
2. Eger, A. M., Layton, C., McHugh, T. A, Gleason, M., Eddy, N. 2022a. Kelp Restoration Guidebook: Lessons Learned from Kelp Projects Around the World. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
3. Eger, A.M., Marzinelli, E.M., Christie, H., Fagerli, C.W., Fujita, D., Gonzalez, A.P., Hong, S.W., Kim, J.H., Lee, L.C., McHugh, T.A., Nishihara, G.N., Tatsumi, M., Steinberg, P.D., Vergés, A. 2022b, Global kelp forest restoration: past lessons, present status, and future directions. *Biol Rev*, 97: 1449-1475. <https://doi.org/10.1111/brv.12850>
4. Elias, M., Kandel, M., Mansourian, S., Meinzen-Dick, R., Crossland, M., Joshi, D., Winowiecki, L. 2021. Ten people-centered rules for socially sustainable ecosystem restoration. *Restoration Ecology*, e13574.
5. FAO y Centro-EULA. 2021. Manual para un sistema de monitoreo ambiental participativo, que mejore la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuáticas en Chile. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.4060/cb3579es>
6. Flores M.A. 2019. Experiencias de gobernanza comunitaria de Infraestructura Verde Urbana en Chile: Un análisis de los factores claves de éxito. Memoria para optar al título de Geografía, Universidad de Chile, Santiago-Chile. 70 pp.
7. Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decleer, K., Dixon, K.W. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration (2nd ed.). *Restoration Ecology* 27 (S1): S1-S46.
8. González A.V., Santelices B. 2017. Frequency of chimerism in populations of the kelp *Lessonia spicata* in central Chile. *PLoS ONE* 12(2): e0169182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169182>
9. Mola, I., de Torre, R., Sopeña, A. 2018. Guía práctica para la restauración ecológica. Fundación Biodiversidad, Ministerio para la Transición Ecológica, 2018
10. Leal, P., Roleda, M., Fernandez, P., Nitschke, U., Hurd, C. 2021. Reproductive phenology and morphology of *Macrocystis pyrifera* (laminariales, ochrophyta) from southern New Zealand in relation to wave exposure. *Journal of Phycology* 57(5). DOI: 10.1111/jpy.13190
11. McDonald T., Gann G.D., Jonson J., Dixon K.W. 2016. International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration (SER), Washington, D.C.

12. Mora-Soto, A., Palacios, M., Macaya, E., Gómez, I., Huovinen, P., Pérez-Matus, A., Young, M., Golding, N., Toro, M., Yaqub, M., Macias-Fauria, M. 2020. A High-Resolution Global Map of Giant Kelp (*Macrocystis pyrifera*) Forests and Intertidal Green Algae (*Ulvophyceae*) with Sentinel-2 Imagery. *Remote sensing* 12, 694. doi:10.3390/rs12040694

13. Saavedra S, Henríquez L, Leal P, Galleguillos F, Cook S, Cárcamo F. 2019 - Cultivo de Macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile. Convenio de Desempeño, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Instituto de Fomento Pesquero. 106 pp

14. Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

15. United Nations Environment Programme 2023. Into the Blue: Securing a Sustainable Future for Kelp Forests.



Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad de Concepción

Para más información
VISÍTANOS
WWW.BOSQUEHUIRO.CL
 @BOSQUE_HUIRO





Los bosques de Huiros están disminuyendo principalmente por efecto del cambio climático y la sobreexplotación.

48%

En Chile, se extrae el 48% de la cosecha mundial de algas. Se utiliza principalmente el método del Barreto para su extracción.



El Barreto es una técnica en que se despega el disco del huiro completo de la roca usando una barreta o herramienta de metal. Con esto, se generan grandes parches sin algas y sin la fauna asociada a estas algas.