

Guía metodológica para el desarrollo de iniciativas de restauración de humedales

con énfasis en la recuperación
de sus servicios ecosistémicos



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Guía metodológica para el desarrollo de iniciativas de restauración de humedales

con énfasis en la recuperación
de sus servicios ecosistémicos



**GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO
DE INICIATIVAS DE RESTAURACIÓN DE HUMEDALES
CON ÉNFASIS EN LA RECUPERACIÓN
DE SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

ENERO 2025

Elaboración de contenido:

Jimena Ibarra Cariola

Lorena Flores Toro

Colaboradores:

Juan Antonio Delgado Saez

Edición:

Dino Figueroa Guajardo

Sergio Sairafi Bazan

Diseño:

Ariel Ulagnero

Fotografías:

Loreto Álvarez, pág. 26

Lorena Flores-Toro, págs. 37, 57, 58, 59, 77

José Gaete, pág. 9

Cyntia Mizobe, portada, págs. 6, 21, 40, 52, 53, 73, 99

Katherin Solis-Lufí, págs. 4, 5, 11, 23

Carolina Vega, págs. 103, 123, 128

Proyecto GEF/SEC ID: 9766 Humedales Costeros. Este material ha sido desarrollado como parte de las acciones del Proyecto GEF Humedales Costeros para mejorar el estado ecológico y de conservación de los ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile, a través de la promoción de un manejo sustentable. Incorporando y/o mejorando la gestión de humedales costeros, para su conservación y recuperación o mantención de los servicios ecosistémicos que proveen, reduciendo también las amenazas y presiones sobre los humedales costeros y su cuenca aportante que soportan las actividades humanas de importancia local.

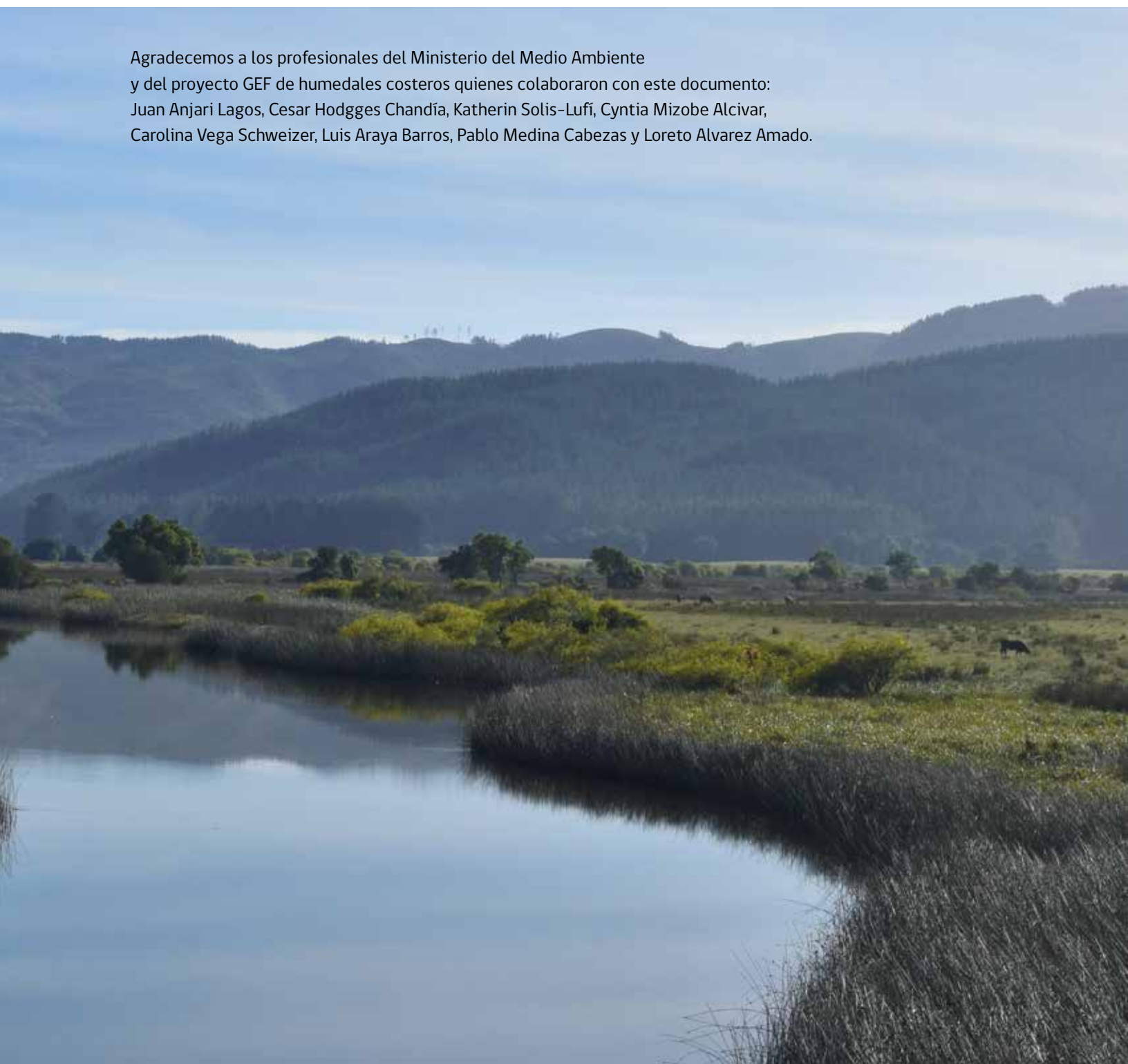
Se autoriza la reproducción parcial de los contenidos de la presente publicación para los efectos de su utilización a título de cita o con fines de enseñanza e investigación, siempre citando la fuente correspondiente, título y autor.

Cita:

MMA-ONU Medio Ambiente (2025) Guía metodológica para el desarrollo de iniciativas de restauración de humedales con énfasis en la recuperación de sus servicios ecosistémicos. Elaborado por Ibarra-Cariola, Jimena. & Lorena Flores-Toro, mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centrosur de Chile". 128 pp.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesionales del Ministerio del Medio Ambiente y del proyecto GEF de humedales costeros quienes colaboraron con este documento: Juan Anjari Lagos, Cesar Hodgges Chandía, Katherin Solis-Lufí, Cyntia Mizobe Alcivar, Carolina Vega Schweizer, Luis Araya Barros, Pablo Medina Cabezas y Loreto Alvarez Amado.





Índice de Contenidos

I. Presentación	9
II. Introducción y contexto.....	11
1. Principios de la restauración ecológica	12
2. Tipos de estrategias de restauración ecológica.....	13
3. Restauración y servicios ecosistémicos (SSEE)	16
4. Objetivos de restauración.....	18
5. Objetivos y alcances de la guía	20
6. Tipos de humedales que serán abordados	20
III. Elementos a incorporar en los proyectos de restauración	23
1. Etapa planificación y diseño	25
1.1 Evaluación del contexto.....	25
1.1.1. Evaluación previa del humedal a restaurar	25
1.1.2. Enfoque participativo	26
1.1.3. Análisis de contexto territorial.....	29
1.1.4. Caracterización.....	30
1.1.5. Identificación de factores de degradación	36
1.1.6. Diagnóstico ecológico	39
1.1.6.1. Procesos y funciones del ecosistema	39
1.1.6.2. Identificación de SSEE	44
1.2. Identificación del marco legal y normativo.....	48
1.3. Planificación de acciones de restauración y diseño del programa de seguimiento	55
1.3.1. Selección de sitios a restaurar	55
1.3.2. Selección de ecosistema de referencia.....	56
1.3.3. Metas y objetivos de la restauración	60

1.3.4. Definición medidas/acciones de restauración.....	62
1.3.5. Diseño plan de seguimiento y gestión adaptativa.....	67
1.3.6. Difusión.....	70
1.3.7. Presupuesto	70
2. Etapa implementación.....	71
2.1 Implementación de acciones o medidas de restauración.....	72
2.1.1. Estuarios.....	72
2.1.2. Lagunas costeras o albuferas.....	76
2.1.3. Ecosistemas ribereños	81
2.1.4. Lagos y lagunas interiores.....	85
2.1.5. Turberas.....	88
2.1.6. Bofedales y vegas.....	92
2.1.7. Pitranos (bosques pantanosos).....	95
3. Monitoreo y evaluación.....	98
3.1. Implementar el plan de seguimiento.....	98
3.2. Evaluar el éxito de la restauración	99
IV. Fondos disponibles para financiar proyectos de restauración	103
V. Glosario	106
VI. Bibliografía	110
VII. Anexos	123



I. Presentación

En el contexto de los múltiples desafíos que enfrenta Chile en materia de conservación de los ecosistemas, especialmente frente al cambio climático, la restauración de los humedales emerge como una estrategia fundamental para salvaguardar la biodiversidad y mejorar el bienestar de las comunidades. Estos espacios, reconocidos por su alto valor ecológico y por los múltiples beneficios que brindan a la sociedad, se encuentran bajo intensa presión por las actividades humanas y amenazados por el cambio climático a nivel global, degradándose a un ritmo alarmante. Aun así, representan una oportunidad para la recuperación de servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación de inundaciones, el resguardo de la biodiversidad, la seguridad hídrica y la captura de carbono.

La publicación del Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030 ha reforzado la importancia de la conservación y restauración del paisaje, entre ellos los humedales, como vía esencial para lograr el desarrollo sostenible de las comunidades rurales y urbanas. Este plan destaca que la restauración habilita la provisión de alimentos, medicinas, energía y recursos genéticos; permite la regulación del agua y el clima; recupera y mantiene la biodiversidad; favorece espacios de salud física y mental; y actúa como agente relevante de acción climática, contribuyendo así al bienestar y la calidad de vida de las personas.

En el año 2019, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) dio inicio al Proyecto GEFSEC ID: 9766, *"Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportantes, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad"* (GEF humedales costeros), con el fin de "mejorar el estado ecológico y de conservación de ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile de alto valor ecológico, incluyendo los humedales y sus cuencas adyacentes". En el marco de esta iniciativa, se ha reconocido la necesidad de contar con una guía que oriente la elaboración de proyectos de restauración de humedales en el territorio nacional.

Para el Ministerio del Medio Ambiente, disponer de un documento que reúna lineamientos técnicos y metodológicos de restauración ecológica y criterios de evaluación, resulta esencial para el éxito de la recuperación de los humedales. La restauración de humedales no solo puede recuperar y mejorar los beneficios sociales y ambientales, sino que el valor total de los beneficios que se derivan de un humedal restaurado puede ser a menudo varias veces superior al costo de la restauración cuando a ello se suma el valor de los beneficios

perdidos por causa de la degradación (Alexander & McInne, 2012), y por lo tanto contar con herramientas que permita alinear esfuerzos de distintos sectores –gobierno, comunidad científica, sociedad civil y sector privado– en torno a la recuperación y conservación de estos valiosos ecosistemas resulta clave.

Mediante esta guía se busca apoyar el diseño, implementación y seguimiento de iniciativas de restauración de humedales y sus servicios ecosistémicos. Está dirigida a las personas y organizaciones de índole público o privado interesadas en restaurar humedales, quienes podrán obtener los lineamientos metodológicos necesarios para desarrollar proyectos de restauración ecológica. Se espera que este documento facilite la colaboración entre diversos actores y permita avanzar en la conservación de los humedales y los múltiples beneficios que proveen a la sociedad.



II. Introducción y Contexto

Acorde para la Sociedad de Restauración Ecológica (SER), la restauración ecológica (RE) se define como el proceso de asistir el restablecimiento de los ecosistemas dañados, degradados o destruidos por diferentes disturbios naturales y antrópicos (SER, 2004). La restauración ecológica aspira a llevar a un ecosistema degradado a una trayectoria de recuperación que permita la adaptación a los cambios locales y globales, así como la persistencia y evolución de las especies que lo componen (Gann *et al.*, 2019). Mediante la RE se busca recuperar la estructura (las relaciones entre los componentes y su entorno), dinámica (conjunto de cambios y procesos naturales que ocurren a lo largo del tiempo) y funcionalidad (estabilidad de los procesos internos e interacciones que permiten que el ecosistema se mantenga en el tiempo) del ecosistema, la disponibilidad del ambiente físico para sustentar la biota y la conectividad con el paisaje aledaño, recuperando con ello el flujo de servicios ecosistémicos que proporcionan a la sociedad.

Para el caso específico de los humedales, la Convención de Ramsar utilizan el término “restauración” en su sentido amplio, que incluye tanto los proyectos que promueven un regreso a la situación original como los proyectos que mejoran las funciones de los humedales sin promover necesariamente un regreso a la situación anterior a la perturbación (Manual de Ramsar N°19).

En Chile, a través de la publicación del Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021–2030¹, la restauración ecológica de los humedales cobra relevancia, toda vez que estos ecosistemas brindan servicios ecosistémicos esenciales a las comunidades locales, a pesar de encontrarse en una situación de vulnerabilidad alta por el cambio climático y las presiones antrópicas (Minagri *et al.*, 2021).

Por lo tanto, la restauración de humedales destruidos o degradados representa una oportunidad valiosa para la sociedad de recuperar y mejorar los beneficios para la salud y el bienestar humano, incluida la reducción del riesgo provocado por las tormentas y otros fenómenos extremos, una mayor seguridad de alimentos y agua, hábitat para la biota, retención de carbono y la capacidad para mitigar el cambio climático y adaptarse a él. El valor total de los beneficios que se derivan de un humedal restaurado puede ser a

¹ <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/Plan-Nacional-de-Restauracion-de-Paisajes-2021-2030.pdf>

menudo varias veces superior al costo de la restauración cuando a ello se suma el valor de los beneficios perdidos por causa de la degradación (Alexander y McInnes, 2012), o costo evitado (lo que no se ha perdido como consecuencia de haber restaurado el ecosistema).

En este marco, el Proyecto GEF humedales costeros ha visto la necesidad de contar con una guía metodológica que apoye la elaboración de iniciativas de restauración de humedales a lo largo del territorio nacional, a modo de permitir avanzar en la recuperación de estos ecosistemas y con ello, la provisión de los servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad.

1. Principios de la restauración ecológica

La Restauración Ecológica (RE) tiene un papel activador, iniciando o acelerando procesos que facilitan la recuperación del ecosistema, teniendo en cuenta su propia capacidad de estabilización y autorregulación a corto, medio y largo plazo (Mola *et al.*, 2018). La Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) define ocho principios que fundamentan la restauración ecológica que pueden ser revisados en detalle en la segunda edición de Los Principios y Estándares Internacionales para la Práctica de la Restauración Ecológica (Gann *et al.*, 2019), los cuales se resumen a continuación:

Principios y estándares para la restauración ecológica

1. La RE involucra a las partes interesadas, y buscan activamente su participación directa para brindar beneficios mutuos tanto a la naturaleza como a la sociedad.
2. La RE hace uso de muchos tipos de conocimiento, que pueden provenir de conocimiento ecológico tradicional, local o de los descubrimientos científicos, y ha de tener un enfoque multidisciplinario.
3. La práctica de la RE se sustenta en la información de los ecosistemas de referencia nativos, al tiempo que considera el cambio ambiental.
4. La RE apoya los procesos de recuperación de los ecosistemas y busca una intervención mínima, identificando los procesos ecológicos clave que rigen el funcionamiento del ecosistema. Al actuar sobre estos procesos se desencadena la expresión de la memoria ecológica y se activa la capacidad de auto-regeneración de los ecosistemas (Mola *et al.*, 2018).
5. La recuperación de los ecosistemas se evalúa en función de objetivos y metas claras, utilizando indicadores medibles tanto ecológicos como sociales.
6. La RE busca el nivel más alto de recuperación posible; la recuperación, ya sea completa o parcial, toma tiempo y puede ser lenta, por lo que se debe adoptar una política de mejoramiento continuo, sustentada en un monitoreo sólido.
7. La RE gana valor acumulado cuando se aplica a grandes escalas; muchos procesos ecosistémicos operan a escalas espaciales más grandes, como a nivel de cuenca, por lo que es requerido ampliar las acciones de restauración para abordar algunas necesidades ecológicas y de sostenibilidad global.
8. La RE es parte de un continuo de actividades recuperativas, siendo una de las muchas estrategias que pueden, en diversos grados, contribuir a la conservación de la biodiversidad, aumentar el secuestro de carbono y la prestación de SSEE; además, puede mejorar la salud, el bienestar y los medios de vida humanos, así como las conexiones humanas positivas con la naturaleza.

2. Tipos de estrategias de restauración ecológica

Si bien en literatura se reconocen distintos tipos de estrategias de restauración ecológica, para efectos de esta guía se clasificarán mediante el reconocimiento de dos grupos principales: Restauración pasiva (definida por Gann *et al.*, 2019) como regeneración natural o espontánea) y Restauración activa (o asistida), las cuales se describen a continuación:

I.

Restauración ecológica pasiva (restauración espontánea)

La restauración ecológica pasiva es el proceso de recuperación de un ecosistema (en este caso el humedal) mediante el control de las presiones o amenazas que han causado su degradación, permitiendo que el propio ecosistema, de manera natural se recupere por sí mismo. Este tipo de restauración busca la intervención mínima, es decir realizar el mínimo de acciones posibles para que el ecosistema (los procesos afectados) se recuperen de manera natural.

Por tanto, la restauración pasiva se enfoca en recuperar un ecosistema mediante la eliminación de los factores de degradación que le impiden o dificultan su regeneración natural. Como veremos más adelante en esta guía, para restaurar un ecosistema se requiere como primer paso, realizar un diagnóstico del estado actual, la identificación de los procesos afectados y a partir de ello definir las acciones a ser implementadas, siendo como primera elección la restauración pasiva.

II.

Restauración ecológica activa (restauración asistida).

La restauración ecológica activa es el proceso que pretende rescatar las funciones y características de los ecosistemas mediante la intervención humana directa, promoviendo el desarrollo de los procesos de recuperación en aquellos humedales que perdieron sus mecanismos naturales de recuperación porque fueron alterados o destruidos.

Dentro de esta tipología activa, también existen otro tipo de acciones que si bien es cierto no corresponden estrictamente a una restauración completa del ecosistema, son acciones que permiten recuperar características naturales de estos para el bienestar humano. Entre las más comunes se encuentran:

- **Rehabilitación:** Se refiere a la recuperación de la funcionalidad del ecosistema (ver recuadro 1) sin recuperar completamente su estructura, utilizando incluso especies inexistentes en el ecosistema previo a la perturbación, debiendo no obstante ser autosostenible y prestar servicios ecosistémicos. En general es una restauración ecológica parcial de las características naturales del ecosistema, que no alcanza el punto de recuperación total (acorde a la referencia), aun cuando en un futuro podría alcanzarlo.
- **Reemplazo o Reclamación (cambio de uso útil):** La degradación del ecosistema original es de tal magnitud que es prácticamente imposible asistir a su recuperación hacia el ecosistema de referencia original. Este caso es frecuente en los espacios afectados por minería y otras actividades extractivas (áridos, por ejemplo), donde se ha originado una

nueva geomorfología. El ecosistema degradado no puede ser reestablecido ni en su estructura ni en su funcionalidad original, por lo que la intervención se orienta a obtener un nuevo ecosistema, aprovechando esta nueva situación de partida. Son ejemplos de reclamación la transformación de un vertedero en un parque urbano, o la transformación de canteras de áridos o caliza en humedales para la provisión de hábitat para fauna (p. ej. Humedal La Chanta, Comunidad de Madrid, España²)

- **Remediación:** Consiste específicamente en limpiar el humedal de sustancias contaminantes o potencialmente contaminantes que hayan sido vertidas en él. Se puede realizar a través de fitorremediación, por ejemplo, que consiste en utilizar plantas, hongos o algas para descontaminar el agua y suelos colindantes al humedal, entre otras técnicas.

En la Figura 1 se esquematiza los distintos tipos de restauración acorde a su trayectoria ecológica hacia el ecosistema de referencia. Tanto la restauración activa como pasiva buscan alcanzar la restauración total respecto al ecosistema de referencia. Si la restauración es parcial (aborda algunos elementos de ecosistema) se habla de rehabilitación. La selección del tipo de restauración a utilizar en los proyectos dependerá de las características del área a ser restaurada, el diagnóstico del estado del ecosistema y las demandas sociales asociadas, entre otros factores.

2 Humedal La Chanta.
https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/la_chanta.2023.v3.pdf

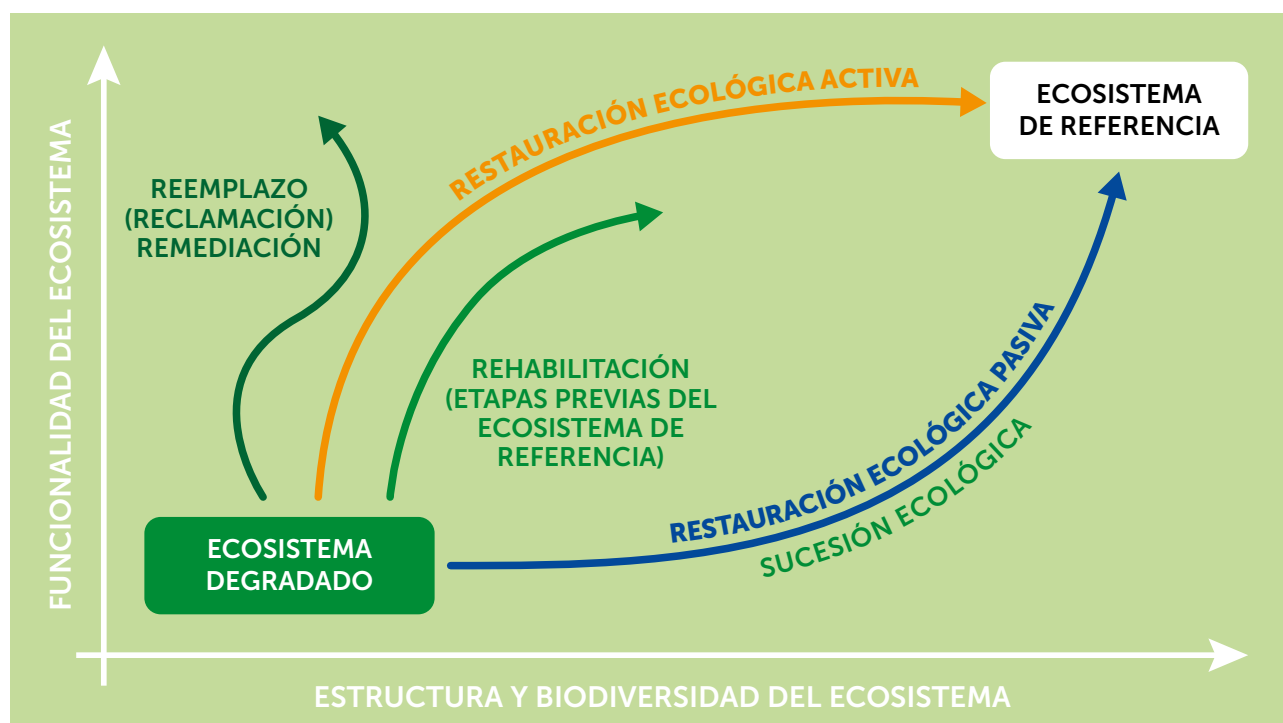


Figura 1. Diferentes trayectorias en el proceso de restauración de un ecosistema degradado. Fuente: Adaptado de Mola *et al.* (2018).

La elección de Restauración Ecológica activa o pasiva depende del diagnóstico ecológico del espacio, considerando las opciones más realistas y viables en el plazo de tiempo disponible, y desde un punto de vista ambiental, económico, social y científico-técnico. En la práctica, la restauración activa solo es recomendable cuando el grado de deterioro del ecosistema se encuentra por debajo del umbral que permite que su memoria ecológica se ponga en funcionamiento de forma natural (Mola *et al.*, 2018), ver recuadro 1.

RECUADRO 1. Funcionalidad del ecosistema

La funcionalidad del ecosistema corresponde a la capacidad que tiene el ecosistema de mantener sus funciones ecológicas y procesos claves (Mola *et al.*, 2008). Hobbs y Harrys (2001) postulan que en general los sistemas pueden mantenerse en distintos niveles de funcionalidad, existiendo barreras (umbrales) de restauración que dificultan que el sistema regrese a un estado menos degradado por sí solo. Acorde a los autores estas barreras serían de dos tipos: una causado por interacciones bióticas (p. ej. competencia producida por el ingreso de especies exóticas) y la otra por limitaciones abióticas (p. ej. condiciones físicas o químicas modificadas). El tipo de restauración necesaria dependerá si estas barreras se han cruzado o no (Figura 2).

Por lo tanto, el éxito de la restauración dependerá en gran medida de la correcta identificación del estado del ecosistema en relación con estos umbrales. Si el sistema se ha degradado principalmente debido a cambios bióticos (p. ej. como cambios en la composición de la vegetación inducidos por el pastoreo), las acciones de restauración deben centrarse en eliminar el/los factores/es bióticos que causan la degradación (p. ej., el animal de pastoreo) y facilitar la recuperación del componente biótico afectado (p. ej., replantar especies deseadas). En cambio, si el sistema se ha degradado debido a cambios en las características abióticas (como la erosión del suelo o la contaminación), las acciones de restauración deben centrarse primero en eliminar el factor que genera la degradación (amenaza) y reparar el entorno físico y/o químico. En este caso no tiene sentido centrarse en la manipulación biótica sin antes abordar los problemas abióticos (Hobbs y Harrys, 2001).

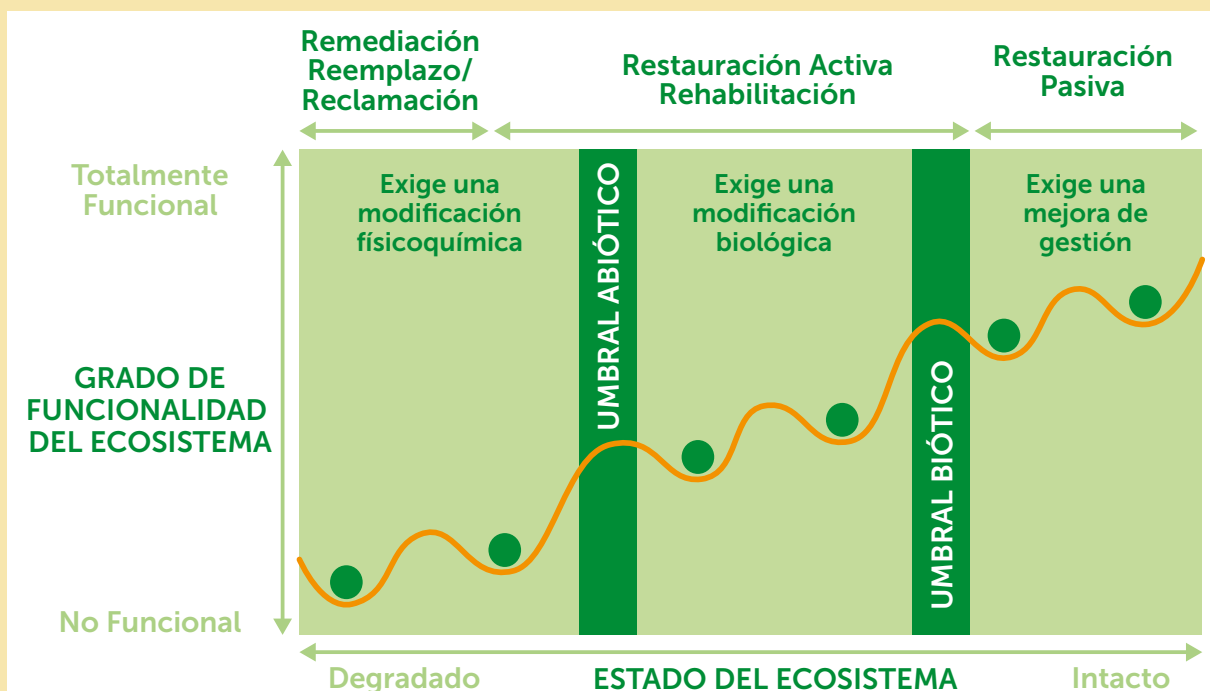


Figura 2. La restauración como proceso. Se muestran los umbrales en los que el ecosistema normalmente no es capaz de recuperarse por sí solo (umbrales biótico y abiótico) y tipos de estrategias de restauración comunes para cada caso. La línea naranja representa la evolución del ecosistema hacia un grado totalmente funcional y un estado intacto. Los círculos representan puntos de estabilidad donde un ecosistema puede permanecer estable, o cambiar (positivamente, por restauración, o negativamente, por degradación) hacia grados de funcionalidad ecosistémica mayor o menor. Fuente: Adaptado de Mola *et al.*, 2008.

3. Restauración y Servicios Ecosistémicos (SSEE)

Los SSEE se definen como las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano (Ley N°21.600/2023³) y se originan de la interacción entre los sistemas naturales y la sociedad. En esta interacción, los distintos procesos y funciones ecológicas de los sistemas naturales generan el potencial y la disponibilidad de servicios, mientras que la sociedad, por diversos motivos, generan una demanda y uso de este potencial, para beneficio propio y de su grupo social (ONU-MMA, 2024). Por tanto, sin la presencia de seres humanos, solo se habla de procesos y funciones ecológicas, no SSEE (Barkmann *et al.*, 2008).

Si bien a partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) han existido distintas clasificaciones de los SSEE, la Agencia Europea del Ambiente define la “Clasificación común internacional de servicios ecosistémicos” o CICES en sus siglas en inglés, mediante tres niveles principales (no excluyentes entre ellos dado que un SSEE puede ser clasificado en más de una categoría), los cuales son reconocidas por el Ministerio del Medio Ambiente y que por tanto serán las utilizadas en esta guía (definiciones extraídas de ONU-MMA, 2024):

- **Servicios de provisión o abastecimiento**, entendidos como los consumidos directamente por grupos humanos, como agua, alimentos, fibras, madera, entre otros. Por ejemplo, la provisión de agua para el riego, forraje para el ganado, obtención de fibras naturales en especial de la “tatora” (*Typha* spp.), históricamente usada para la construcción y artesanías, entre otros.
- **Servicios de regulación y mantenimiento** son aquellos que afectan al clima, inundaciones, enfermedades, depuración de desechos y/o calidad del agua, entendidos como los que sustentan el ambiente en el cual las personas viven. Por ejemplo, el reabastecimiento de aguas subterráneas, control de inundaciones, estabilización de la costa y las riberas y protección contra tormentas, almacenamiento/ secuestro del carbono, etc.
- **Servicios culturales** son aquellos que generan beneficios recreacionales, estéticos y espirituales a la sociedad. También se clasifican aquí las posibilidades de investigación, el sentido de pertenencia, la cohesión social. Por ejemplo, el desarrollo de actividades de estudio de la naturaleza, educación ambiental, paseos, pesca con fines recreativos, turismo de intereses especiales como el avistamiento de aves, entre otros.

La generación de SSEE depende del estado del ecosistema. El uso excesivo de un servicio puede afectar el funcionamiento ecológico, disminuyendo su disponibilidad y/o calidad, así como también afectar la generación de otros servicios del mismo ecosistema (ONU-MMA, 2024). Existen múltiples factores que pueden afectar la capacidad de los ecosistemas de ofrecer servicios. A estos factores se les llama impulsores de cambio o factores de degradación y pueden ser locales (cambio uso del suelo, expansión urbana, industrialización, entre otros) o globales (cambio climático, especies exóticas invasoras). En la figura 3 (adaptada de ONU-MMA, 2024) se esquematiza cómo los impulsores de cambio locales y globales interactúan y afectan los sistemas ecológicos a múltiple escala (individuos, poblaciones y especies, así como a los procesos y propiedades de los ecosistemas) y consecuentemente el flujo de servicios a la sociedad.

³ Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas N° 21.600/2023, Art 3°, N°30



Figura 3. Marco conceptual de SSEE. Se representa los distintos flujos de interacción entre el sistema ecológico y la producción de SSEE, influenciado por los impulsores de cambio, lo que resulta en proporcionar bienestar humano. La gestión de los ecosistema puede influir sobre la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios, y moderar o exacerbar el efecto de los impulsores de cambio y el cambio climático. Fuente: Adaptado de ONU-MMA (2024)

Las comunidades biológicas diversas y los ecosistemas funcionales son fundamentales para mantener los servicios ecosistémicos (Walter *et al.*, 2005). Los ecosistemas de humedales representan el 40,6% del valor total de los servicios ecosistémicos globales (Xu *et al.*, 2020), sin embargo, son reconocidos como ecosistemas altamente amenazados. Acorde a la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Walter *et al.*, 2005), los principales impulsores de cambio o forzantes que afectan los humedales a nivel mundial (incluida la pérdida de especies o la reducción de las poblaciones en estos sistemas), han sido el crecimiento demográfico y el creciente desarrollo económico. Los principales impulsores directos de la degradación y pérdida de SSEE incluyen, el desarrollo de infraestructura, la conversión de tierras (p. ej. cambio de uso de suelo), la extracción de agua, la contaminación, la sobreexplotación y la introducción de especies exóticas invasoras (Walter *et al.*, 2005).

Entre los principales SSEE que proveen los humedales, destaca la provisión de alimentos, abastecimiento de agua; la purificación del agua y tratamiento de residuos, el control biológico de plagas y enfermedades, la regulación del clima (secuestro de carbono) y mitigación de efectos del cambio climático (control inundaciones y efecto de marejadas), así como la provisión de espacio para esparcimiento y recreación, entre otros (Walter *et al.*, 2005; SEA, 2023).

ONU-MMA. 2004⁴ propone un listado de los principales SSEE que prestan los humedales según tipología (provisión, regulación y culturales), los cuales se presentan en Tabla 1.

⁴ Guía para la Comprensión de los Servicios ecosistémicos que prestan los Humedales y la Importancia de Múltiples Perspectivas de Valoración. <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/10/guia-SERVICIOS-ECOSISTEMICOS-prensa.pdf>

Tabla 1. Servicios ecosistémicos proporcionados por humedales. Extraído de ONU-MMA, 2024.

Clasificación	Servicios ecosistémicos
Provisión	Alimentos y fibras
	Agua fresca
	Combustible
	Recursos genéticos
	Recursos ornamentales
Regulación	Purificación del agua y tratamiento de residuos
	Regulación hídrica y control de inundaciones
	Regulación climática
	Control biológico
	Control de la erosión
	Polinización
	Mantenimiento de la calidad del aire
	Reducción de riesgos de desastres
Culturales	Recreación y ecoturismo
	Beneficios estéticos
	Beneficios educativos
	Inspiración
	Sentido de lugar
	Cohesión social

4. Objetivos de restauración

A través de la restauración ecológica se busca recuperar la funcionalidad de los ecosistemas y con ello la provisión de SSEE.

Un objetivo principal de los proyectos de recuperación de humedales es restaurar y mejorar los beneficios de los humedales mediante el restablecimiento de los procesos ecológicos naturales (Walter *et al.*, 2005), de los cuales dependen las funciones del ecosistema. Tal como vimos en la figura 3 existe una interrelación entre las características de los ecosistemas de humedales (incluyendo su biodiversidad, funciones, así como las causas de su degradación) que permite la provisión de SSEE.

Meli *et al.* (2013) ejemplifica, esta dependencia en ecosistemas ribereños, explicando que, entre otros, la vegetación de ribera es clave para las funciones geomorfológicas y ecológicas del río al controlar la deposición y erosión de sedimentos y al soportar numerosas funciones que tienen efectos dentro y fuera del sitio donde ocurren. Estas funciones incluyen: la estabilización

de los márgenes del río, la deposición de sedimentos, la provisión de hojarasca y madera de gran tamaño hacia los cuerpos de agua, las que ejercen una influencia substancial en la complejidad del cauce y las características del hábitat para la fauna íctica. Además, retienen y reciclan nutrientes, modifican las condiciones micro-climáticas y sostienen una amplia red trófica que es la base para la sostenibilidad de diversos ensamblajes de fauna acuática y terrestre (Figura 4).

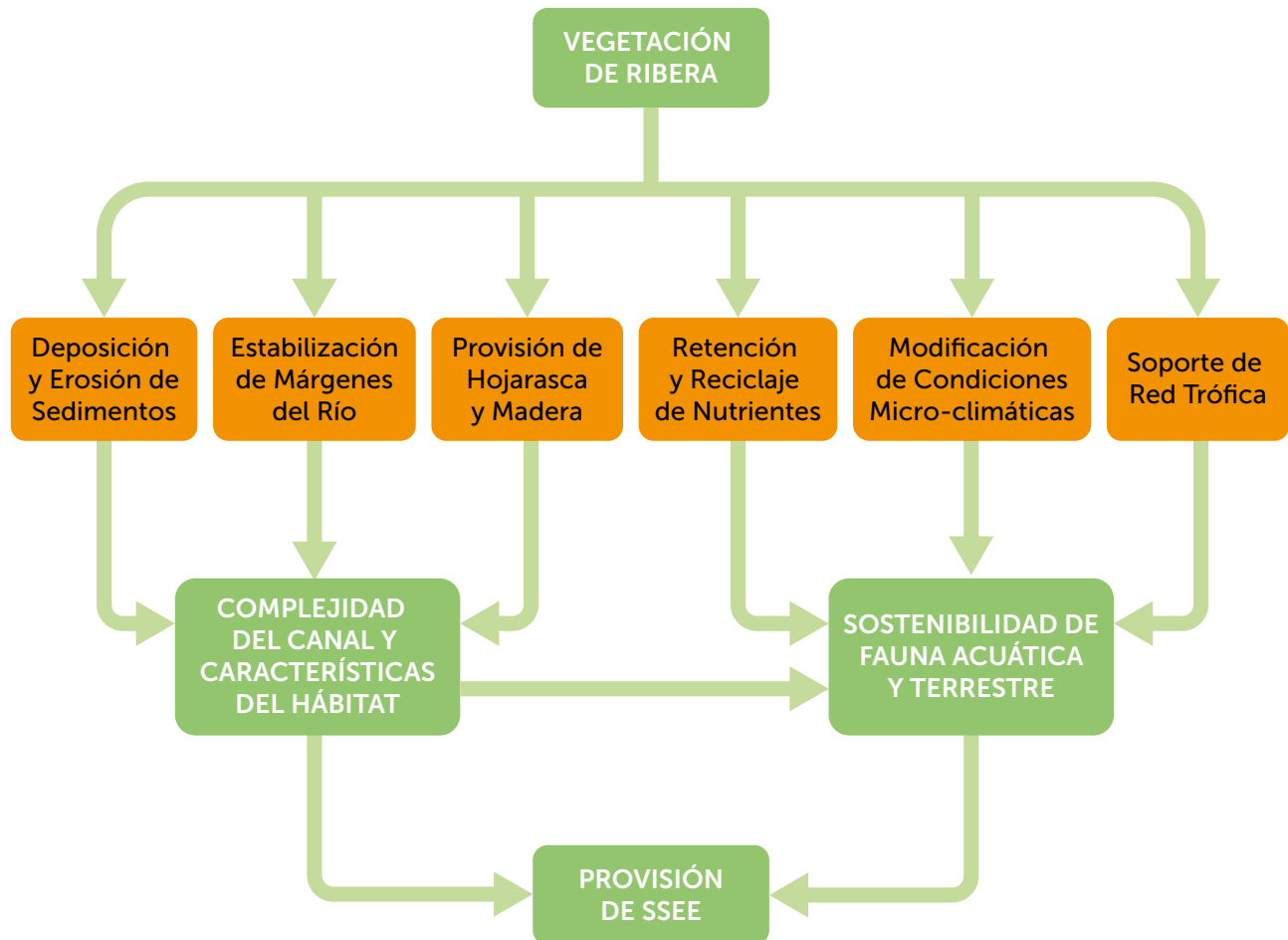


Figura 4. Funciones del ecosistema ribereño mediados por la vegetación ribereña y su relación con la provisión de SSEE. Fuente: Elaboración propia.

Acorde a lo anterior, la provisión de SSEE depende de manera directa del mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas (Meli *et al.*, 2013). Por tanto, resulta conveniente que los proyectos de restauración consideren una correcta identificación de los procesos ecológicos que se encuentran afectados (bloqueados), a modo de definir acciones que permitan desbloquear dichos procesos (a distintas escalas, desde paisaje a microambiente) y propiciar el (auto)establecimiento de comunidades que proporcionen servicios ecosistémicos y con ello la recuperación del ecosistema.

A través de esta guía se buscará entregar lineamientos para abordar la restauración de los humedales y sus servicios ecosistémicos, reconociendo la complejidad de los sistemas socio-ecológicos, a modo de permitir avanzar en iniciativas de restauración que reconozcan los usos y necesidades que la sociedad demanda de los humedales, facilitando de esta manera que las acciones de restauración sean sostenibles, participativas y efectivas a largo plazo.

5. Objetivos y alcances de la guía

Esta guía se presenta como una herramienta que permita facilitar el diseño, implementación y seguimiento de iniciativas de restauración de humedales y sus servicios ecosistémicos. Está dirigida a las personas y organizaciones de índole público o privado interesadas en restaurar humedales, quienes podrán obtener los lineamientos metodológicos necesarios para desarrollar proyectos de restauración ecológica.

6. Tipos de humedales que serán abordados

Los humedales son ecosistemas acuáticos que sostienen una rica biodiversidad y proveen importantes elementos para la vida. Pese a ello, son ecosistemas altamente vulnerables, particularmente frente a factores de amenaza como las prácticas no sustentables y el cambio climático. Los humedales en Chile se caracterizan por su singularidad, belleza y fragilidad, además, por presentar una biodiversidad con alto valor para la conservación. Esto se debe no solo a la diversa composición de especies que pueden alojar, sino también a los procesos ecosistémicos que resultan de la interacción con los componentes abióticos.

Acorde a la legislación chilena, y en línea con lo definido por la Convención sobre los Humedales Ramsar⁵, los humedales se definen como *“extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros.”* (Ley SBAP 21.600⁶ de 2023).

Las variadas condiciones climáticas y geológicas de Chile permiten la existencia de ocho zonas biogeográficas según la clasificación de regímenes hídricos propuesta por Santibañez *et al.* (2008), la cual evoluciona desde una condición desértica de Copiapó al norte y templada mediterránea costera en la zona central, hasta una hiperhúmeda en el extremo sur (MMA-ONU Medio Ambiente, 2022). Estas condiciones determinan que en Chile se identifiquen distintos tipos de humedales entre los que se reconocen:

- **Humedales marinos costeros:** estuarios, lagos y lagunas salobres o salinas, sedimentos intermareales, praderas de pastos marinos, marismas de marea, entre otros.
- **Humedales continentales:** cuerpos lacustres, palustres (bosques pantanosos, turberas, vegas, bofedales), ecosistemas ribereños permanentes y estacionales, salares, entre otros.
- **Humedales artificiales:** Salinas, tranques, embalses.

⁵ <https://www.ramsar.org/es>

⁶ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1195666>

⁷ <https://simbio.mma.gob.cl/Humedales/IndexInventario>

A la fecha, el Ministerio del Medio Ambiente, ha catastrado más de 70 mil humedales, que comprenden una superficie aproximada de 5,6 millones de hectáreas, lo que representa cerca del 7,4% del territorio nacional. Para conocer más sobre la clasificación de humedales del Inventario Nacional de Humedales de Chile, puede visitar la plataforma del Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad (SIMBIO⁷) del Ministerio del Medio Ambiente.

Conocer correctamente el tipo de humedal que se desea restaurar es esencial para comprender los procesos ecológicos que determinan el funcionamiento del ecosistema, y la evaluación de su condición respecto al ecosistema de referencia, lo cual permitirá definir las acciones más adecuadas a implementar en los proyectos de restauración. Para los propósitos de esta guía, se proponen acciones dirigidas a los siguientes tipos de humedales naturales (pero que no excluye la posibilidad que se sean implementados en otros tipos de humedales):



- **Estuarios:** Corresponden a desembocaduras de ríos o esteros, que cuentan con una comunicación permanente o estacional con el mar. Se caracterizan porque son influenciados por la marea y existe un marcado gradiente salino (desde una condición marina en la desembocadura a una condición dulce aguas arriba).
- **Lagunas Costeras o Albuferas:** Normalmente se asocian a estuarios, que por diversos procesos naturales o antrópicos quedaron desconectados. La salinidad es homogénea en todo el cuerpo de agua, pero experimenta cambios durante el tiempo.
- **Ribereños:** Ecosistemas de aguas corrientes tales como ríos y esteros permanentes y estacionales.
- **Lagos y lagunas Interiores:** Cuerpos de agua permanentes o estacionales, separados del mar y cuyo aporte de agua proviene de la escorrentía de un río, arroyos, del deshielo de glaciares, por la infiltración (proveniente del manto freático) o bien por la lluvia.
- **Turberas:** Tipo de humedal que se caracteriza por la producción de turba (material orgánico semidescompuesto), y que contiene en su superficie especies vegetales, principalmente el musgo *Sphagnum magellanicum* ("musgo pompón"), con los que se conecta funcionalmente.
- **Bofedales:** Tipo de humedal con un microrrelieve marcadamente ondulado y cubierto de vegetación en "cojines", de baja altura y alta densidad. Poseen un suelo de perfil profundo,

8 Guía para la Comprensión de los Servicios ecosistémicos que prestan los Humedales y la Importancia de Múltiples Perspectivas de Valoración. <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/10/guia-SERVICIOS-ECOSISTEMICOS-prensa.pdf>

9 Humedales continentales de infiltración A y B son aquellos en los que las aguas subterráneas juegan un papel fundamental en la alimentación del humedal por medio de la recarga de agua desde el acuífero hacia el humedal.

con alta concentración de materia orgánica. Generalmente se encuentran irrigados por una red intrincada de cursos de agua superficiales permanentes.

- **Vegas:** Tipo de humedal ubicados en terrenos planos o fondos de valle, cubierto de vegetación herbácea densa, alimentados por cursos de agua en algunos casos superficiales y en otros por afloramientos locales de vertientes.

Cabe indicar que, si bien esta guía reconoce la clasificación de humedales del Inventario Nacional de Humedales de Chile, los lineamientos presentados en este documento son igualmente pertinentes en el marco de otras clasificaciones tal como la utilizada en la “Guía SEA de Área de Influencia en Humedales en el SEIA”⁸ (SEA, 2023), la cual recomienda el uso de la clasificación de ecotipos de humedales desarrollada por CONAMA y CEA (2006). Esta agrupa los humedales según los procesos biológicos, geoquímicos y físicos principales, que les confieren tanto amenazas como formas de manejo similares (SEA, 2023) y cuya clasificación se presenta en tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de humedales por ecotipo. Se resalta en negrita los humedales a ser abordados en esta guía según clasificación del Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Modificado de SEA (2023).

Ecotipo	Clase	Proceso determinante	Nombre común en Chile (ejemplos)
Humedales costeros	Intrusión salina	Determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales	Lagos costeros, lagunas costeras, marismas, estuarios y deltas
Humedal continental	Evaporación	Resulta de la interacción entre el espejo de agua y la temperatura del aire	Salares, bofedales , “puquios” o manantiales
	Infiltración (A) ⁹	Resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas	Hualves, pitrantos, ñadis, charcos, pantanos de agua dulce
	Infiltración saturado (B)		Mallines, turberas
	Escorrentía	Resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, precipitaciones y pendiente del terreno	Ríos, lagos , esteros, arroyos, pajonales hídricos
	Afloramientos subterráneos	Alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas	Praderas andinas, ciénagas, vegas, bofedales
	Ácidos orgánicos	Indica el ingreso de ácidos húmicos y fúlvicos desde la cuenca de avenamiento	Vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno
	Isoterma 0°C	Indica el congelamiento temporal del agua superficial	



III. Elementos a Incorporar en los Proyectos de Restauración

Basándose en los principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica de la SER (Gann *et al.*, 2019), el desarrollo e implementación de proyectos de restauración en humedales, debe considerar el cumplimiento de las siguientes etapas:

- A. Planificación y diseño:** Incluye un diagnóstico del ecosistema y la evaluación del estado actual, identificación de las causas de degradación, los procesos ecológicos alterados que se requieren restaurar y establecimiento de objetivos claros. Un correcto diagnóstico del contexto territorial y situación actual en la que se encuentra el humedal permitirá determinar adecuadamente la necesidad de implementar acciones de restauración y su priorización.
- B. Implementación:** Se deben aplicar técnicas apropiadas de restauración que pueden incluir el control de las amenazas a modo de permitir una restauración pasiva del humedal, así como técnicas de restauración activa, que incluye la revegetación, manejo de especies invasoras, restauración de suelos y de hidrología, entre otras.
- C. Monitoreo y evaluación:** Es un componente crucial para medir el éxito de la restauración, identificar problemas y ajustar las estrategias a seguir bajo un marco de gestión adaptativa. Para ello resulta clave definir correctamente durante el diseño del proyecto, los indicadores de éxito que permitan verificar el cumplimiento de los objetivos planeados en el corto, mediano y largo plazo.

Es recomendable considerar acciones de mantenimiento a largo plazo (p. ej. mantener cercado de exclusión de ganado en buen estado), a modo de prevenir impactos nocivos, realizando monitoreo posterior a la finalización del proyecto, para evitar el retroceso a un estado degradado. Esta etapa debe estar idealmente integrada en las operaciones de la organización gestora, trabajando en colaboración con las partes interesadas según sea necesario a modo de permitir su continuidad en el tiempo.

La restauración ecológica, además, debe ser planificada en un marco de gestión adaptativa, que permiten marcar fases en las que se debe medir la evolución del ecosistema y así, en caso de producirse desviaciones respecto a los objetivos iniciales previstos, se pueden reorientar las medidas y acciones de restauración o incluso los objetivos. Esta labor de continuo seguimiento y evaluación del desarrollo del proyecto permite manejar la incertidumbre derivada de sistemas ecológicamente complejos, adaptando el proyecto en todo momento hacia las metas de restauración (Mola *et al.*, 2018).

En la Figura 5 se esquematizan las distintas etapas que considera la elaboración de un proyecto de restauración.

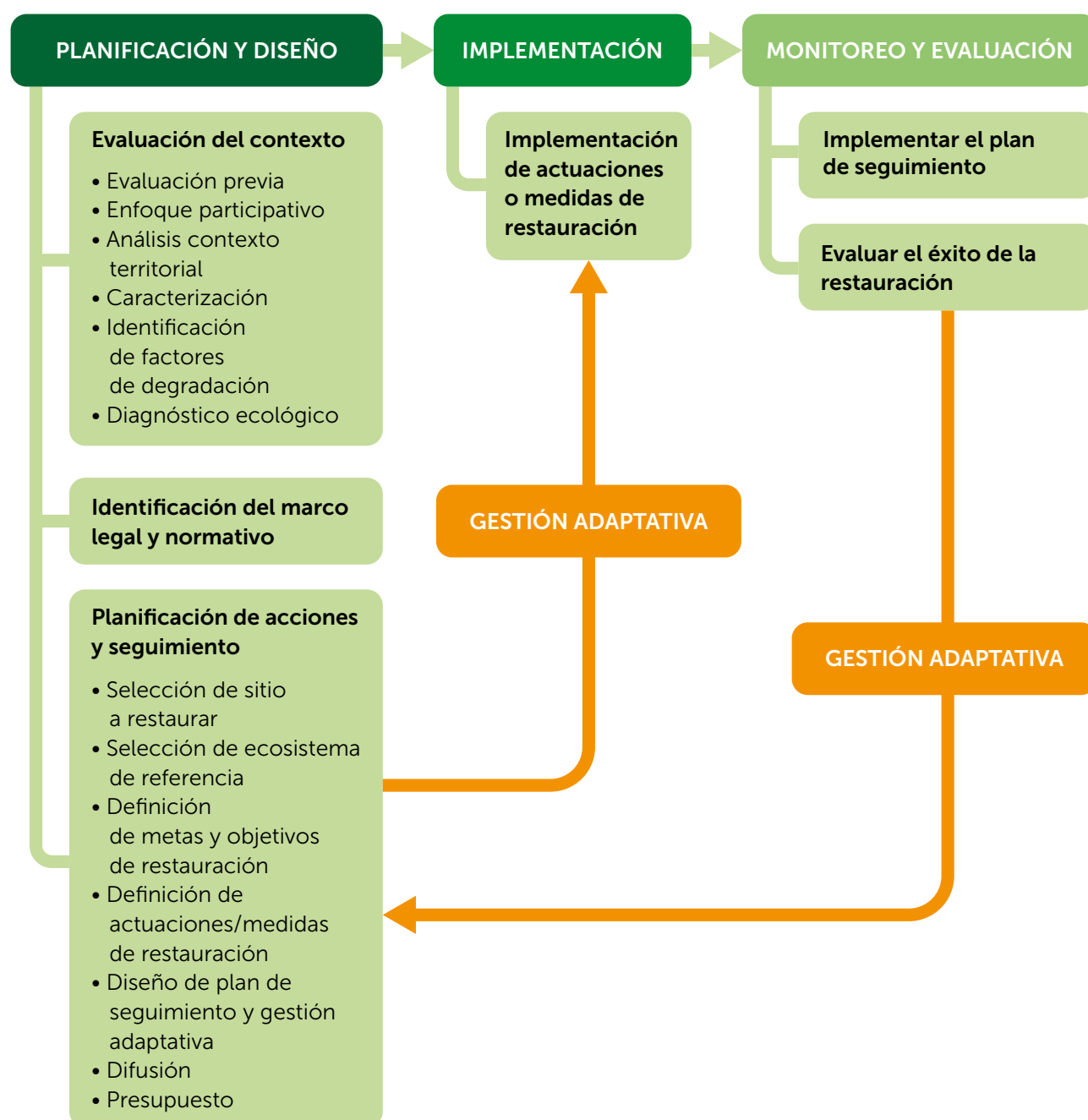


Figura 5. tapas para la elaboración de un proyecto de restauración. Fuente: Elaboración propia.

1. Etapa Planificación y Diseño

Durante la planificación y diseño del proyecto se busca establecer los elementos que permitirán sustentar las acciones de restauración y con ello facilitar el éxito de la iniciativa a largo plazo.

1.1

Evaluación del contexto

Esta etapa busca conocer el estado inicial del área a restaurar, elemento que permitirá definir la necesidad de restauración en el marco del contexto territorial en el cual se emplaza el humedal.

Para la evaluación del contexto se recomienda abordar los siguientes elementos.

1.1.1. Evaluación previa del humedal a restaurar

La mayoría de los proyectos de restauración ecológica en Chile se planifican teniendo definido previamente el sitio a restaurar, sin embargo, para asegurar el éxito se sugiere que antes de elaborar el proyecto de restauración se evalúe su sostenibilidad considerando las restricciones ambientales, las características socioeconómicas y las necesidades de restauración de los procesos y funciones del humedal.

Para evaluar previamente los proyectos en relación con su utilidad y viabilidad, es importante formular, las siguientes preguntas orientadoras que permitirán determinar la pertinencia de ejecutar el proyecto de restauración (adaptación del anexo de la Resolución RAMSAR VII.17):

¿Se conseguirán beneficios ambientales?, por ejemplo; mejoramiento del suministro y la calidad del agua (menor eutrofización), conservación de los recursos de agua potable y de la biodiversidad, mejor manejo/gestión de los “recursos hídricos”, control de crecidas, entre otras.

Si la respuesta es sí, se debe evaluar la necesidad de valorizar los SSEE que provee el humedal (p. ej. realizar una ponderación cualitativa en conjunto con los actores involucrados) a modo de establecer luego de implementado el proyecto el éxito en términos de ganancia de beneficios ambientales. En la etapa de monitoreo y seguimiento se deberá incluir un indicador adecuado. Para conocer distintas metodologías respecto a la valorización de SSEE puede utilizar como apoyo la Guía para la Comprensión de los Servicios Ecosistémicos que prestan los Humedales y la Importancia de Múltiples Perspectivas de Valoración¹⁰.

¿Cuál es la eficacia del proyecto en función de los costos?, debe procurarse que los costos de las acciones de restauración sean, en la medida de lo posible, bajos y que, posteriormente, los costos de mantenimiento también sean reducidos o, mejor aún, nulos. Las inversiones y los cambios deben ser sostenibles a largo plazo y sus resultados no han de ser sólo temporales.

¿Cuál es la situación actual de la zona con respecto al uso de la tierra y el ordenamiento territorial vigente? Es importante tener certezas del régimen de propiedad del lugar y de las normas urbanísticas de ocupación del territorio que le son aplicables, ello a modo de definir las acciones más adecuadas acorde a la realidad actual del territorio.

10 <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/10/guia-SERVICIOS-ECOSISTemicos-prensa.pdf>

1.1.2. Enfoque participativo

Los Principios Internacionales y Estándares para la Práctica de la Restauración Ecológica (Gann *et al.*, 2019), que representan una síntesis de los principios y conceptos presentados en los documentos fundacionales de la SER, la literatura científica y la experiencia de los practicantes de la restauración, señalan dentro de sus ocho principios, como el número uno que: **“La restauración ecológica involucra a las partes interesadas”**. De acuerdo con este Principio, la presente guía promueve la construcción de proyectos de restauración de humedales con enfoque participativo, lo que involucra un rol social activo no solo de las comunidades locales, ya sean rurales, indígenas, o urbanas, sino también de la comunidad científica, organizaciones sociales sin fines de lucro, propietarios de los terrenos aledaños a la intervención que se pretende realizar, gobierno local y todos quienes viven o trabajan dentro o cerca de los sitios de restauración y tengan interés en los valores ecológicos y los servicios ecosistémicos proporcionados por el ecosistema a restaurar.



Adicionalmente hay que tener en consideración que, de existir en el área a restaurar Humedales Urbanos (Ley 21.202/2020) declarados por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) o Áreas Protegidas (AP) y de contar los respectivos Planes de Gestión de Humedales o Planes de Manejo del AP, los proyectos de restauración podrán considerar en el enfoque participativo, las gobernanzas definidas en dichos Planes, así como las instancias de participación local existentes (p. ej. Comité Comunal de Humedales Urbanos).

Es importante que las partes interesadas participen activamente en todas las etapas del proyecto, especialmente en la definición durante el desarrollo del proyecto de la visión, los objetivos, las metas y los métodos de implementación y monitoreo. Se busca establecer un compromiso de las partes interesadas el cual debe continuar a lo largo del proyecto para ayudar a satisfacer las expectativas sociales, desarrollar capacidades, el sentido de pertenencia, y mantener el apoyo a la iniciativa. La construcción colaborativa del diálogo y la confianza entre todas las partes promueve el respeto de los diferentes puntos de vista y tipos de conocimiento y mantiene el interés y el compromiso

durante todas las fases del proyecto. Esta colaboración puede conducir a una toma de decisiones locales más rápida y eficaz, en particular cuando se aplican enfoques de monitoreo participativo o colaborativo (Gann *et al.*, 2019).

Metodológicamente se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

a) Elaborar un listado de actores o partes interesadas.

Este listado es una herramienta que permite identificar claramente a las personas de la comunidad local, organizaciones sociales, propietarios, académicos, empresarios, y toda persona o institución que manifieste interés en participar en la restauración ecológica del

humedal. Es importante indicar además en el listado, la relación del actor con el humedal y el interés que lo mueve a participar del proceso. De este modo se puede tener claro desde un inicio qué motiva a la comunidad a restaurar el humedal.

b) Recopilar información de la comunidad local.

Dependiendo de los niveles de participación y de los actores, se pueden implementar diferentes métodos de recolección de información con el fin de reunir datos específicos, tales como usos históricos de recursos del humedal por parte de la comunidad local, intervenciones pasadas y presentes del ecosistema, cambios de flora y fauna observados en el tiempo, etc.

Los métodos más comunes para la recopilación de datos, y que se sugiere usar en esta guía, son la realización de encuestas y entrevistas, ambas permiten recopilar antecedentes específicos y también las problemáticas y necesidades de la comunidad local, y de esta forma alcanzar de manera efectiva el propósito del proceso participativo.

c) Convocar a la comunidad local y partes interesadas a charlas, conversatorios, y/o talleres de difusión.

Estas actividades se deben realizar con el fin de instaurar una conciencia ambiental en la población, dando énfasis del por qué cuidar los humedales, resaltar la importancia de los servicios ecosistémicos que nos proveen, su uso razonado y su significación como sustento, en definitiva, lograr una comprensión trascendental colectiva de la necesidad de restaurar el humedal.

d) Construir colectivamente el proyecto de restauración ecológica del humedal.

Es importante señalar, que el enfoque participativo que se persigue en la presente guía se fundamenta en involucrar a las comunidades locales en el proyecto de restauración ecológica respetando sus ideas y opiniones con el objetivo de co-construir junto a todas las partes interesadas el proyecto de restauración ecológica del humedal.

Para ello se debe considerar la realización de talleres de trabajo con las partes interesadas orientados a fortalecer el diagnóstico, definir la visión, los objetos, los objetivos, las metas y los métodos de implementación y monitoreo del proyecto de restauración ecológica, todo esto en el marco de su realidad social, económica, legal y cultural. Así mismo, cada proyecto de restauración ecológica obedece a realidades, circunstancias y actores únicos, por lo que las metodologías para el enfoque participativo planteado es sólo una sugerencia, pues cada profesional de la restauración deberá definir cómo proceder según la realidad de cada proyecto.

A modo de abordar las cuatro acciones recomendadas se sugiere utilizar los criterios para el involucramiento de los participantes de la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM), la cual se basa en la relación del actor con el proyecto y con el territorio. Esta metodología identifica involucrados primarios (o directos), involucrados secundarios (o indirectos) y grupos con algún interés; según el grado de interés de los actores respecto a los recursos que provee el área a restaurar o los beneficios de la restauración. La información de cada actor puede ser sintetizada según ejemplo de Tabla 3.

Luego de la clasificación de los actores, se construirá un mapa donde se visualice el tipo de relación que existe entre ellos y con el territorio.

En la figura 6, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el World Resources Institute (WRI) (2014) identifican los tres tipos de participantes, según su relación con el recurso que provee el paisaje forestal y su nivel de involucramiento.



Figura 6. Grupos típicos de participantes pertinentes, acorde a metodología ROAM. Fuente: Modificado de UICN y WRI (2014).

Tabla 3. Ejemplo de sistematización de información de actores clave. Fuente: Modificado de Fotosíntesis (2023).

Nombre	Teléfono	e-mail	Institución o sector al que pertenece	Cargo / ocupación	Interés	Tipo de participante	Iniciativas de protección, restauración o manejo sustentable locales que conozca

Una vez definido los involucrados se identifica el papel potencial que cumplen en el proyecto de restauración y se les involucra en las distintas etapas del proyecto (diagnóstico, definir la visión, los objetivos, las metas y los métodos de implementación y monitoreo entre otros), asegurando una participación equilibrada de actores a modo que la evaluación garantice un análisis rico en conocimientos y experiencias y tome en cuenta los puntos de vista de dichos actores sobre el impacto potencial de la Restauración en sus medios de vida e intereses (UICN y WRI, 2014).

Para conocer más respecto a la metodología ROAM puede revisar el documento “Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM)”
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-030-Es.pdf>

RECUADRO 2.

Técnicas comunes utilizadas para facilitar la participación ciudadana

Existen diversas técnicas participativas posibles de realizar en los talleres a lo largo del desarrollo del proyecto, entre las que destaca:

- **Mapeo participativo:** procedimiento permite recoger información sobre el territorio y diagnosticar un aspecto concreto del mismo, localizar necesidades de intervención, puntos de interés, etc. Los participantes de manera individual o en subgrupos, utilizando puntos adhesivos o rotuladores, identifican sobre un mapa los elementos a mapear los cuales dependerán de los objetivos de la actividad (p. ej. Identificación de zonas ambientalmente relevantes) permitiendo visibilizar los saberes de la comunidad sobre el territorio.
- **Punto focal:** Esta metodología permite identificar y priorizar acciones clave mediante un proceso de votación y consenso. Cada miembro del grupo escribe sus propuestas de manera individual, luego se realiza una votación en la que cada participante utiliza puntos adhesivos para votar por las propuestas que considera más importantes. Este proceso permite identificar rápidamente las propuestas prioritarias basadas en el consenso del grupo.
- **Café mundial ("World Café"):** es una técnica de conversación estructurada diseñada para facilitar discusiones interactivas en grupos pequeños. Los participantes se dividen en mesas y discuten preguntas específicas relacionadas con el tema del taller. Después de un tiempo determinado, los participantes cambian de mesa, mientras un "anfitrión" permanece para resumir las discusiones anteriores y facilitar la continuación del diálogo.

Todas las técnicas tienen una aplicación variable y flexible, son contextualizadas pudiendo ser adaptadas en función del tipo de grupo, de las necesidades del momento, de cómo se establezca el trabajo y de los objetivos marcados.

Más información sobre metodologías para participación ciudadana puede consultar en <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Metodologica-de-EA-para-el-CC.pdf>

1.1.3. Análisis de contexto territorial

Esta etapa busca analizar el contexto donde se emplaza el humedal a ser restaurado, ello dado que el proyecto y el compromiso de las partes interesadas dependen de los objetivos y prioridades de conservación, sostenibilidad local, regional y planificación espacial. Para ello se debe considerar los siguientes elementos que permitirán fortalecer los pasos posteriores como son el diagnóstico del ecosistema.

a) Identificación del humedal y/o área de acción del proyecto, en relación con el paisaje que lo rodea, atendiendo las diferentes escalas espaciales. Para ello se debe considerar la construcción de:

i. Plano de situación, que permite visualizar el contexto territorial en el cual se enmarca el área de acción del proyecto a escala geopolítica (comunal, provincial y regional) como se puede ver en la Figura 7.

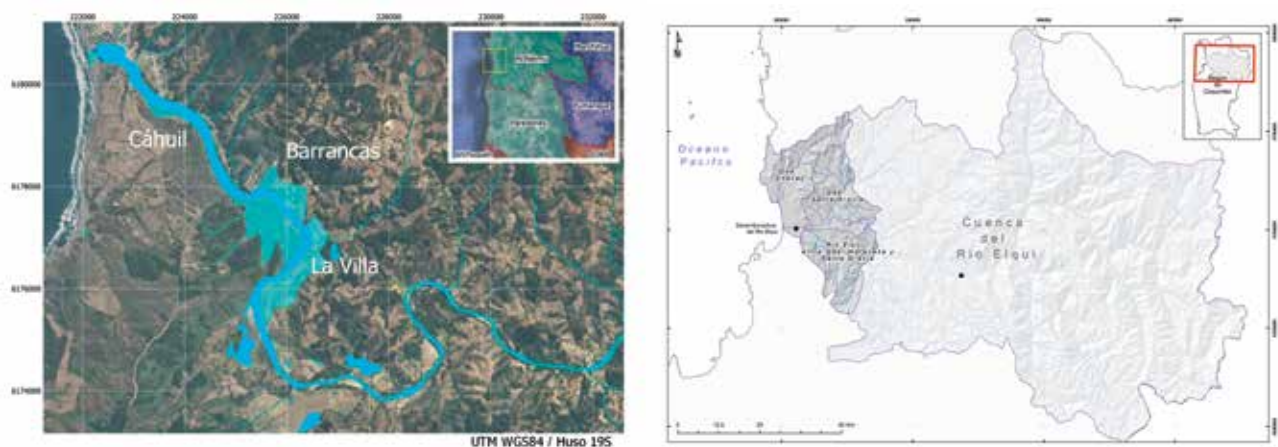


Figura 7. Planos de situación de los humedales Cahuil, en la región de O'Higgins (izquierda) y Humedal Río Elqui, en la región de Coquimbo (derecha). Si bien ambos casos presentan distintas escalas, los mapas permiten identificar el contexto territorial en el cual se emplaza el humedal objeto del proyecto de restauración. Fuente: Extraídos de Photosíntesis (2021b) y Tabilo *et al.* (2021)

ii. Plano de localización, que considera el contexto local en el cual se enmarca el proyecto, incluyendo elementos tales como red de carreteras y accesos al área del proyecto, infraestructura y/o zonas urbanas asociadas, áreas de conservación existentes (Áreas Protegidas, Sitios Prioritarios, Humedales Urbanos, etc.). Resulta oportuno considerar en esta etapa, la identificación de redes de conexión a servicios básicos (p. ej. red eléctrica, sanitaria) ello acode a las necesidades del proyecto y las posibles acciones que se pretendan implementar y sus requerimientos, por ejemplo, planificar la instalación de infraestructura que apoye el turismo (centros de interpretación) que requiera servicios básicos.

b) Identificar la existencia de otros proyectos de restauración en ejecución, o proyectados, a desarrollarse en el área de acción del proyecto, ello a modo de evaluar la complementariedad de las acciones a desarrollar.

1.1.4. Caracterización

La caracterización (o línea base, entendida como la condición de un sitio al inicio del proceso de restauración) documenta las condiciones actuales del ecosistema, así como las causas, la intensidad y el alcance de la degradación, y describe los efectos de la degradación en la biota y el medio ambiente físico en relación con los seis atributos claves o elementos constituyentes del ecosistema: ausencia de amenazas, la composición de especies, la estructura de la comunidad, las condiciones físicas, las funciones del ecosistema y los intercambios externos (Gann *et al.*, 2009).

En esta etapa se identifica el tipo de ecosistema a ser restaurado desde el punto de vista de, al menos cuatro aspectos: ecológico, paisajístico, usos del suelo y socioeconómico, generando cartografías por cada temática lo cual permitirá nutrir el diagnóstico del estado del ecosistema en etapas posteriores. Para la caracterización se podrán considerar entre otros:

a) Clima y meteorología.

b) Edafología, geología y geomorfología.

c) Hidrología, hidrogeología. Características hidrológicas regionales actuales incluyendo eventos de inundación típicos y extremo, así como las fuentes primarias de agua para el humedal. Interacción humedal-acuífero y balance hídrico.

d) Caracterización del ecosistema acuático.

- Físico/Química de las aguas. En especial, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos y amonio, conductividad y transparencia o sólidos en suspensión.
- Comunidades vegetales. fitoplancton, perifiton (fitobentos), macrófitas (hidrófitas, helófitas)¹¹. Composición, sus especies características, origen biogeográfico (introducida/nativa/endémica), estado de conservación de las macrófitas según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE)¹² del MMA y la estructura de las comunidades.
- Comunidades animales. Fauna acuática (zooplancton, macroinvertebrados bentónicos, peces, anfibios, aves acuáticas, mamíferos acuáticos). Identificación de especies clave dentro de la comunidad, abundancia y su estado de conservación de acuerdo con el RCE del MMA.

e) Caracterización del hábitat terrestre circundante a distintas escalas. Comunidades vegetales y fauna terrestre asociada al humedal. Esta información resulta importante dado que los factores generadores de impacto pueden estar a distintas escalas por lo que las acciones no se restringen exclusivamente al área del humedal. Por ejemplo, para la restauración del humedal de Mantagua las acciones de restauración de este humedal se centraron en recuperar la vegetación boscosa nativa del estero y quebradas aportantes al humedal, considerando la posición que ocupa el humedal en la cuenca (figura 8). El alcance de esta caracterización deberá ser evaluado acorde a las características de cada proyecto y los factores de amenaza identificados que afectan el humedal.

¹¹ En la guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos (apartado 5.3) se encuentra disponible una caracterización la vegetación típica de humedales según zona biogeográfica. Información disponible en https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/GUIA_HUMEDALES_2022_BAJA.pdf

¹² <https://clasificacion.especies.mma.gob.cl/>



Figura 8. Esquema de la cuenca del humedal costero de Mantagua. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (2024).del proyecto de restauración.

f) Paisaje y hábitat prioritario. Identificación de la existencia de áreas de alimentación, reproducción y desove, áreas de refugio, sitios de migración, entre otros dependiendo del ecosistema y la escala de análisis. Se debe realizar un mapeo de áreas importantes para la biodiversidad asociadas al área de estudio, para lo que se podrá considerar la existencia de Sitios Prioritarios, Áreas Protegidas, Humedales Urbanos, Reservas de la Biósfera, entre otros.

El levantamiento de esta información puede ser a través de revisión bibliográfica de publicaciones científicas y técnicas desarrolladas en el área de estudio y/o levantamiento de información en terreno.

g) Usos del suelo. Consultar los Instrumentos de Planificación Territorial (Planes Reguladores Intercomunales y Metropolitanos, Planes Reguladores Comunales, Plan Regional de Ordenamiento Territorial Regionales) y la Planificación Ecológica a escala regional y local, si es que se cuenta con ella, con la finalidad de dar coherencia a las acciones de restauración con la organización física de las actividades del territorio, y por otra parte, favorecer la restauración de humedales contribuyendo al cumplimiento de los convenios internacionales de conservación de la biodiversidad (Leyes 19.300/1994 y 21.600/2023). Esta información permitirá la construcción de la cartografía de uso de suelo para el área de estudio y su cuenca aportante.

h) Medio socioeconómico. Evaluar los usos antrópicos que se realizan en el humedal, ya sean actividades productivas o actividades *in situ* (SEA, 2016¹³). Entre las actividades productivas resulta relevante identificar aquellas que cuentan con derechos de agua otorgados (p. ej., usos agrícolas, acuícola, industrial, minero, entre otras), aquellas que implique un uso tradicional del humedal (p. ej. agricultura, ganadería, uso cultural), o aquellas cuyas obras implican modificación o alteración de alguno de los componentes del ecosistema y que puede resultar claves para abordar la restauración. Respecto a las actividades *in situ* en el humedal (p. ej. baños en balnearios, canotaje, rafting, kayak, canyoning, pesca deportiva, navegación, entre otras).

SEA (2016) propone evaluar las actividades *in situ* según los siguientes usos:

- **Estéticos:** sitios con valor paisajístico, cascadas, rápidos, saltos de agua, miradores, entre otros.
- **Recreación sin contacto directo:** aquellos en que el ser humano no toma contacto directo con el agua, pero la actividad depende de las características del humedal (p. ej. el caudal en caso de ríos).
- **Recreación con contacto directo:** aquellas actividades donde las personas entran en contacto directo con el agua (p. ej., pesca deportiva, rafting, kayak, canyoning y baño en balnearios en general, entre otras).

¹³ Para revisar la guía metodológica de caudal ambiental visite:

https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/12/19/guia_metodologica_caudal_ambiental.pdf

Se debe identificar la presencia o ausencia de actividades *in situ* según esta clasificación y caracterizar acorde a los elementos identificados en tabla 4. Se debe tener en cuenta igualmente las actividades de carácter cultural (p. ej. actividades tradicionales o religiosas). A partir de esta información se elaborará un mapa de medios socioeconómicos, que permitirá apoyar el levantamiento de información de SSEE que presta el humedal.

Tabla 4. Criterios para la caracterización de usos antrópicos del área a ser restaurada. Fuente: adaptado de SEA (2016).

Identificación y número de actores (o usuarios) que desarrollan actividades en el humedal	Actividades que estos actores desarrollan en el humedal	Infraestructura existente para actividades	Temporalidad para el desarrollo de actividades, se refiere a los meses en los cuales normalmente se lleva a cabo.	Ubicación geográfica del desarrollo de esta actividad (coordenadas, ribera para el caso de ríos), Esta información permite elaborar un mapa de áreas de usos antrópicos	Requerimientos de las actividades en términos de las características del humedal
Indicar el nombre	p. ej. turismo, transporte, recreación, actividades ceremoniales, religiosas, entre otras	p. ej. embarcaciones, pasarelas	p. ej. durante temporada estival	Indicar coordenadas	p. ej. rangos de profundidades y velocidad de corriente, tipo de sustrato, temporalidad de inundaciones, etc.

Adicionalmente a los elementos generales indicados previamente, en la etapa de caracterización, se recomienda tener en consideración elementos particulares de cada tipo de humedal y que responden a su estructura y funcionamiento, entre los que destacan los indicados en tabla 5.

Tabla 5. Elementos propios de cada tipo de humedal a ser considerados en la etapa de caracterización y ejemplos de documentos de consulta. Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de ecosistema	Elementos particulares a considerar en la caracterización
Estuarios	Resulta relevante disponer antecedentes sobre: 1) La morfología y extensión; profundidad media, longitud 2) Tipo de estuario según origen geológico 3) Interacción de mareas; cambio de salinidad en función de la intrusión salina, patrones de estratificación y mezcla (estratificación halina) 4) Hidrodinámica de la barra terminal y balance de sedimentos Documentos de consulta: Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable (Fariña y Camaño, 2012)
Lagunas Costeras o Albuferas (de intrusión salina)	Resulta relevante disponer antecedentes sobre: 1) La morfología y extensión; su forma, profundidad y superficie. Las albuferas suelen tener baja profundidad por lo que las variables climatológicas (temperatura, viento, radiación) pueden tener mayor impacto 2) Comunicación con el mar; conocer si existe una conexión permanente o intermitente con el mar, así como su periodicidad es determinante para la salinidad y otros parámetros 3) Hidrodinámica (patrones de circulación e influencia de mareas) y existencia de estratificación de la columna de agua 4) Caracterización de los sedimentos Documentos de consulta: Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable (Fariña y Camaño, 2012)

Tipo de ecosistema	Elementos particulares a considerar en la caracterización
Ribereños	Caracterización jerárquica del ecosistema a nivel de: 1) Cuenca vertiente; superficie, longitud, relieve, cobertura vegetal y uso del suelo, red de drenaje 2) Segmento fluvial, orden del segmento, longitud, rango altitudinal, pendiente, tipo de valle (p. ej. confinado, parcialmente confinado, no confinado), anchura media del valle 3) Tipo de régimen del río (nival, pluvial, nivopluvial, lacustre, efímero, intermitente, glacial, entre otros) 4) Tramo fluvial, perfil longitudinal, perfil transversal, trazado en planta del cauce 5) Hábitats fluviales, granulometría del sustrato, forma del lecho Documentos de consulta: Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile
Lagos y lagunas Interiores	Resulta relevante disponer antecedentes sobre: 1) La morfología y extensión; su forma, profundidad máxima y media, superficie 2) Zonación según profundidad: Zona litoral (área cercana a la orilla donde crecen plantas hidrófitas), zona limnética, zona profunda o afótica y zona bentónica 3) Existencia o no de estratificación estacional (epilimnio, metalimnio e hipolimnio) 4) Variación temporal de la disponibilidad de agua de estos sistemas, estimada como registros de niveles hidrométricos, superficie de espejo de agua, niveles de extracción de agua, aportes regulados de agua (CEA, 2018) y aporte de material particulado Documentos de consulta: Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile (CEA, 2018) Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central (Parra et al., 2003)
Vegas (humedales palustres)	Resulta relevante disponer antecedentes sobre: 1) Forma del terreno y pendiente, dado que las vegas (o humedales palustres) se encuentran en zonas de depresión donde se acumula el agua por escorrentía, afloramiento de aguas subterráneas o precipitación 2) Ubicación geográfica y altitud. Para vegas altoandinas (sobre 2.000 m.s.n.m. especialmente es las regiones de la macrozona norte del país) la altitud afecta la temperatura, radiación y patrones de precipitación, los que a su vez influyen en la dinámica del agua en las vegas altoandinas 3) Hidrología, régimen de alimentación (afloramiento subterráneo, o escurrimiento) y frecuencia (permanente o temporales) 4) Salinidad, especialmente en vegas altoandinas, dada la influencia de salares o afloramiento de aguas subterráneas Documentos de consulta: Guía para la Conservación y Seguimiento ambiental de Humedales andinos
Turberas	Resulta relevante disponer antecedentes sobre: 1) Tipo de turbera (Graminoides, Pulvinada o de Sphagnum) (Dominguez et al., 2021) 2) Funcionamiento hidrológico, en una turbera natural existe una relación hidrológica estricta y delicada entre la forma del cuerpo de turba, la conductividad hidráulica de la turba y la cantidad de agua que se transporta a través del cuerpo de turba Documentos de consulta: Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén

Tipo de ecosistema	Elementos particulares a considerar en la caracterización
Bofedales, vegas y pajonales hídricos.	Resulta relevante considerar que en cuencas endorreicas con presencia de salares y afloramiento de agua subterránea el diagnóstico debe evaluar la existencia de zonificación espacial en configuración “bofedal o vega - canal y laguna terminal” y su caracterización, incluido: caudal superficial, nivel freático, humedad y salinidad del suelo, área laguna terminal, altura de escurrimiento, biomasa total (Clorofila a y carbono orgánico total) (Ahumada et al., 2011) Documentos de consulta: Guía para la Conservación y Seguimiento ambiental de Humedales andinos Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)

Posibles fuentes de información a consultar.

1. Sistema Hidrométrico en Línea DGA. Datos fluviométricos (caudal, nivel y temperatura del agua), meteorológicos (precipitación, temperatura y humedad relativa del aire), calidad de agua (pH, oxígeno disuelto, turbiedad y otros), nivométricos (altura de nieve y nieve equivalente en agua), niveles y volúmenes de embalses y lagos.

<https://dga.mop.gob.cl/paginas/hidrolineasatel.aspx>

2. Estadísticas estaciones DGA. Datos fluviométricos y meteorológicos registrados en estaciones de monitoreo desde Arica a Tierra del Fuego

<https://dga.mop.gob.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx>

3. Información de monitoreo extracciones efectivas (MEE) DGA. Observatorio de monitoreo de extracciones efectivas

<https://dga.mop.gob.cl/controlExtracciones/Paginas/documentos.aspx>

4. Sistema de información y monitoreo de biodiversidad (SIMBIO) MMA. Información sobre la diversidad biológica del territorio nacional sobre ecosistemas terrestres, marinos, humedales, especies, entre otras.

<https://simbio.mma.gob.cl/>

5. Sistema de búsqueda de proyectos del Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA). SEA. Dispone de información de los proyectos aprobados que pudieran ser útiles para información de Líneas Base y conocer actividades productivas en el área de influencia (AI).

<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>

6. Información contenida en Planes de manejo de Áreas Protegidas o Planes de Gestión de Humedales Urbanos declarados por el MMA, presentes en el área a restaurar.

7. Información disponible en Plan Estratégico de Gestión Hídrica (DGA). Información disponible en <https://repositoriodirplan.mop.gob.cl/biblioteca/handle/20.500.12140/32782>

8. Red de estaciones agrometeorológicas del Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). INIA. Contiene información meteorológica de 409 estaciones (consulta nov. 2024)

<https://agrometeorologia.cl/>

1.1.5. Identificación de factores de degradación

A modo de permitir un correcto diagnóstico del ecosistema es necesario identificar y caracterizar los factores de degradación que afectan el humedal. Esta identificación permitirá evaluar los niveles de intervención que se requieren desarrollar en el área para lograr su restauración y a partir de ello definir los tipos de restauración a ser abordados en el proyecto (ver tipos de restauración ecológica, página 13).

Los factores de degradación de humedales pueden ser naturales, por ejemplo, sequía, inundaciones, deslizamientos de tierra producto de terremotos, depósito de cenizas volcánicas, entre otros, en cuyo caso la degradación es parte de un proceso climático o geológico natural. En estos casos, la necesidad de intervención humana mediante restauración activa, para reparar el daño ocasionado por estos eventos debe ser cuidadosamente justificada, dado que se trata de procesos naturales.

Sin embargo, los procesos de degradación más comunes hoy en día son antrópicos, es decir, tienen su origen en las acciones humanas sobre el ambiente (Figura 9).



Figura 9. Resumen de los factores más comunes de degradación de los humedales en Chile. Fuente: Elaboración propia.

Los factores de degradación generan alteración de la estructura abiótica y biótica del humedal. Un caso habitual de degradación se produce cuando se introducen especies foráneas que pueden alterar completamente el funcionamiento de la estructura biológica del humedal. Como, por ejemplo, la introducción de peces exóticos puede provocar un

incremento de la turbidez del agua debido a un incremento masivo de fitoplancton como consecuencia de una drástica reducción de zooplancton causada por una predación excesiva por parte de las especies introducidas.



Un factor común de degradación de los humedales es la alteración de los nutrientes y la hidrología. En el primer caso, puede ser originado por el incremento de nitrógeno (N) y fósforo (P) producto de las actividades agrícolas y/o forestales desarrolladas en las inmediaciones o en la cuenca donde se ubica el humedal, así como actividades piscícolas o fuentes difusas (p. ej. aguas residuales provenientes de viviendas). Estos aportes de N y P favorecen la eutrofización del cuerpo de agua, dando origen al incremento de las algas y disminución del oxígeno disuelto, pudiendo provocar muertes masivas de peces, malos olores y potenciar la presencia de especies invasoras que desplazan a las especies nativas debido al cambio de las condiciones del ecosistema.

Otro elemento frecuentemente alterado en humedales es la hidrología. Los humedales son comúnmente drenados, rellenados o modificados eliminando completamente, o alterando, el régimen hidrológico natural. Casos típicos son el drenado para habilitación de terrenos agrícolas o su relleno para desarrollo urbano. En estos casos, la primera acción para restaurar el humedal sería recuperar en la medida de lo posible la hidrología original bien cerrando los drenajes o eliminando la tierra vertida sobre el humedal (Moreno-Mateos, 2015).

Los proyectos de restauración deben identificar los factores de amenaza del humedal a distintas escalas (lo que podría incluir su cuenca) para ello se recomienda lo siguiente:

- **Uso de herramientas de información geográfica**, para la construcción de mapas de áreas amenazadas (Figura 10). Por ejemplo, si el humedal está rodeado de plantaciones agrícolas, o se observa erosión en la parte alta de la cuenca, es posible que el humedal se encuentre afectado por excesos de Nitrógeno y Fósforo derivados de la actividad agrícola,

y/o reciba demasiados sedimentos producto de la erosión de la cuenca, dado lo cual estas zonas se clasificarán como áreas con factor de amenaza agrícola. Para identificar cartográficamente los factores de amenaza se puede utilizar como insumo, la información de usos del suelo y medios socioeconómicos levantados durante la caracterización del humedal (página 32 de esta guía), imágenes satelitales y/o fotografías aéreas, análisis de teledetección, información de línea bases asociadas al área de estudio, proyección asociada a cambio climático¹⁴, etc.

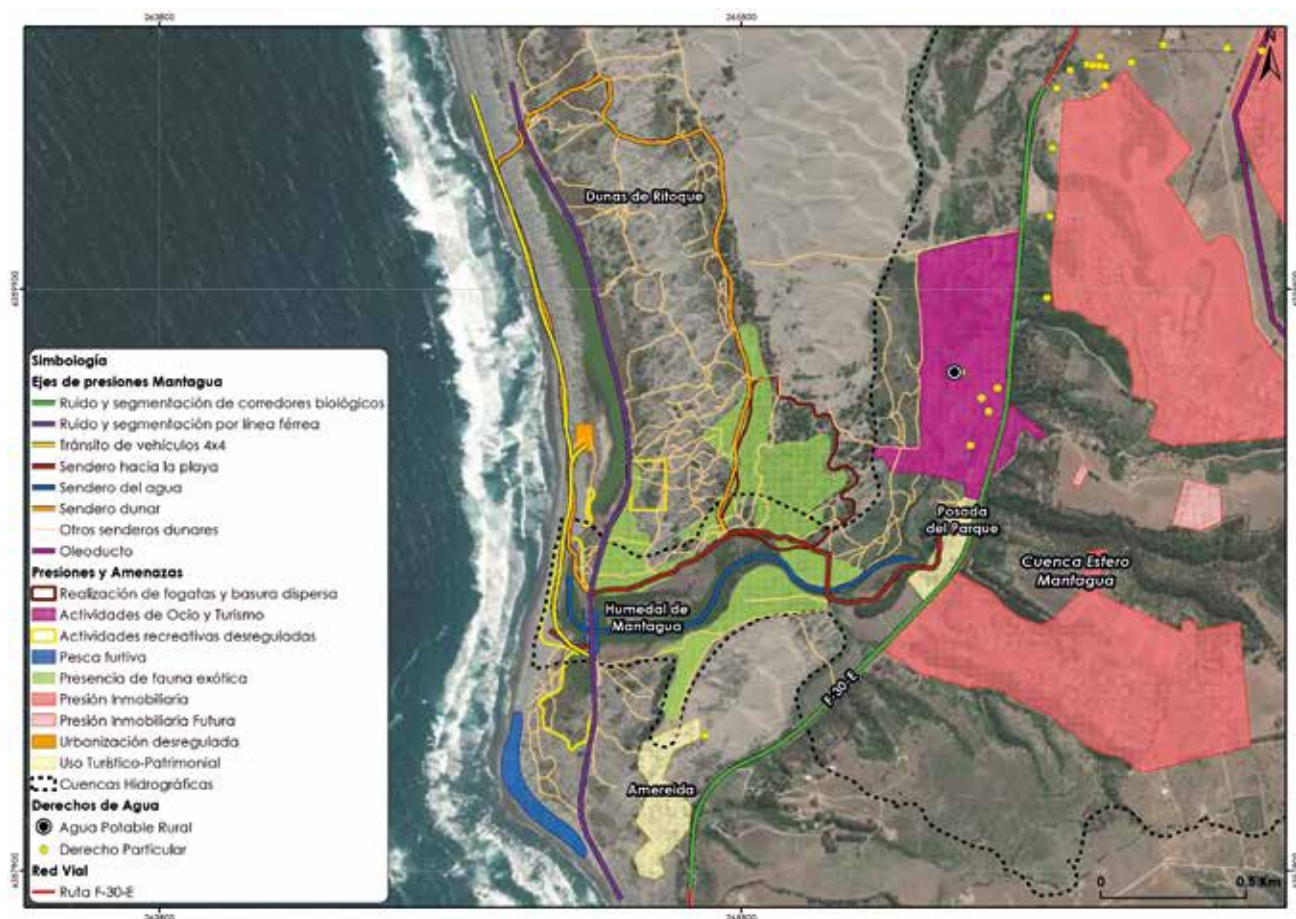


Figura 10. Presiones y amenazas sobre el humedal de Mantagua. Se demarcan los sitios donde se desarrollan actividades de ocio-turismo desregulado y los senderos que fragmentan la duna y permiten el ingreso al humedal. Fuente: Contreras-López *et al.*, 2021.

- **Visitas a terreno.** Cuando sean necesario, la información levantada en gabinete puede ser corroborada mediante observación directa en terreno. Resulta conveniente definir previamente las zonas a revisar en terreno, realizar registros fotográficos y georreferenciar las amenazas. Por ejemplo, identificar puntos de extracción ilegal de agua, vertido de aguas servidas al humedal, zonas donde se realiza caza furtiva, presencia de ganado y especies domésticas como perros y gatos, entre otras.
- **Validación de información con actores claves,** a modo de corroborar la información levantada y/o definir nuevos factores de amenaza no identificados previamente. Para esta validación se debe considerar los criterios definidos en el Enfoque participativo del proyecto de restauración (apartado 1.2 de esta guía).

1.1.6. Diagnóstico ecológico

A partir de la información recopilada en las etapas previas, corresponde realizar el diagnóstico ecológico del humedal. Ello basado en los procesos y funcionalidad del espacio a restaurar, y que incluye la identificación de bienes y servicios ecosistémicos.

1.1.6.1. Procesos y funciones del ecosistema

Como vimos anteriormente la restauración ecológica busca la recuperación de los procesos ecológicos¹⁵, los cuales permiten el desarrollo de las funciones del ecosistema¹⁶ y a su vez la provisión de SSEE. En Figura 11 se esquematiza y ejemplifica la relación entre los factores de degradación, que impactan los componentes del ecosistema, los cuales determinan los procesos ecológicos (a distintas escalas) y las funciones del ecosistema. Son las funciones que al ser aprovechadas por las personas se reconceptualizan como "bienes o servicios ecosistémicos" (De Groot *et al.*, 2002).

Durante el diagnóstico, resulta clave definir el/los procesos ecológicos que se encuentran afectados (bloqueados), y las funciones afectadas, para que este modo priorizar las acciones de restauración más adecuadas.

15 Resultado de interacciones complejas entre los componentes bióticos (organismos vivos) y abióticos (químicos y físicos) de los ecosistemas a través de las fuerzas impulsoras universales de la materia y la energía (De Groot, 1992).

16 Capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, directa o indirectamente (De Groot, 1992).

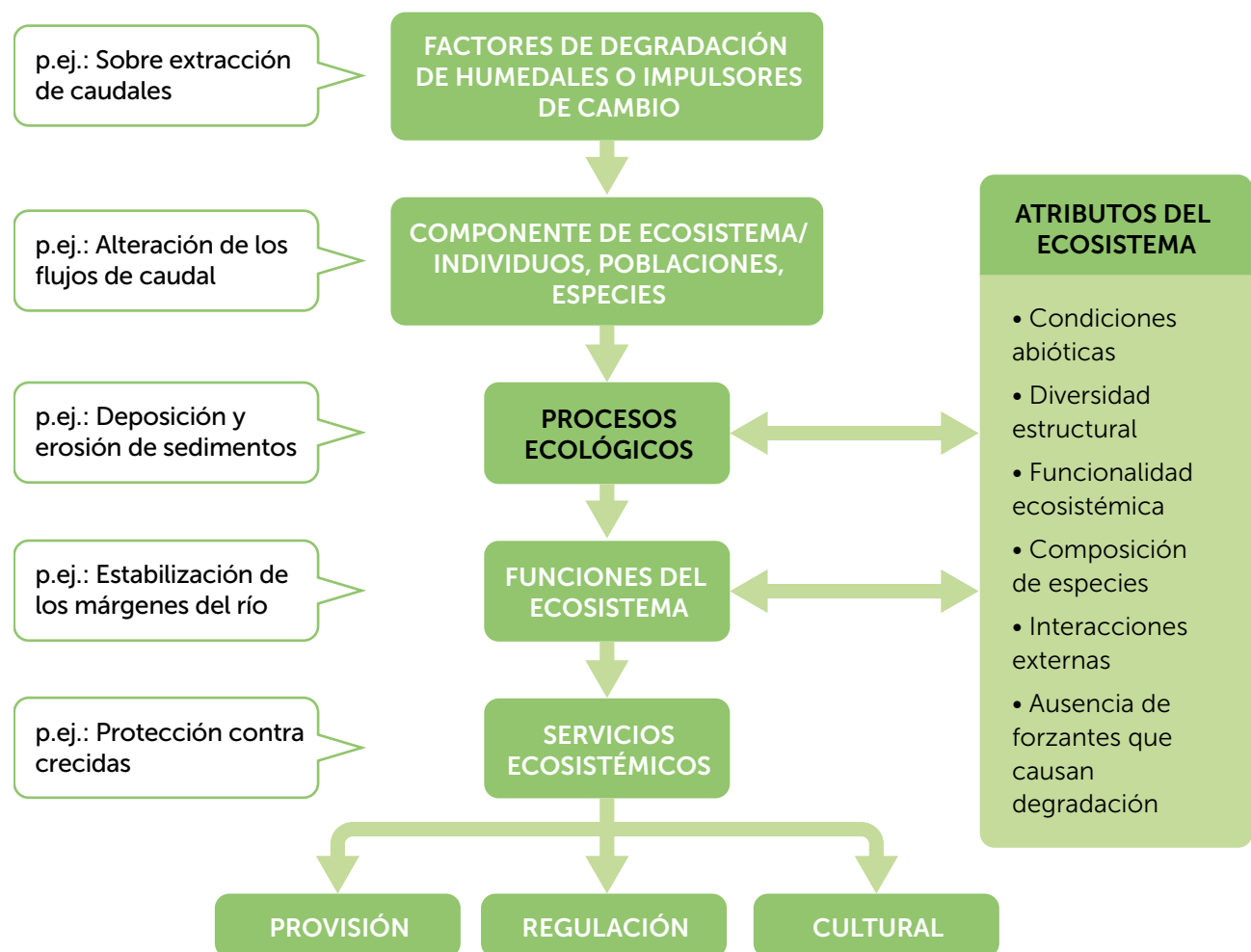


Figura 11. Relación entre los factores de degradación, procesos ecológicos y la provisión de SSEE. Se indican en columna de la izquierda algunos ejemplos asociados a ecosistema fluvial. Se destacan los atributos del ecosistema (Gann *et al.*, 2019) que se deben considerar para el análisis del estado ecológico. Fuente: Elaboración propia.

RECUADRO 3. Tipos de procesos ecológicos

Mola *et al.* (2008) presentan 5 tipos de procesos ecológicos claves a considerar en la restauración de ecosistemas:

1. Procesos de colonización implicados en la llegada y establecimiento de seres vivos a nuevos hábitats.
2. Procesos de polinización y dispersión de propágulos, frutos y semillas mediante vectores físicos o biológicos, claves en la dinámica de las comunidades vegetales.
3. Procesos erosivos relacionados con el desgaste y destrucción de suelos y de rocas de la superficie terrestre.
4. Procesos hidromorfológicos que permiten el equilibrio entre los flujos de materia y energía, y que son imprescindibles para el mantenimiento del ecosistema.
5. Procesos de reciclado de nutrientes en los que se produce un intercambio y transformación entre la materia orgánica e inorgánica. Acá se incluye el rol de la biota en el ciclado de nutrientes

La evaluación de la funcionalidad del ecosistema (ver Recuadro 1), se puede estimar a partir del nivel de degradación de los procesos y funciones del humedal, lo que condicionará su capacidad de auto-recuperación y, por ende, la magnitud y características de las acciones a ejecutar. Mola *et al.* (2008) recomiendan el uso de tablas resumen en las que se indiquen los procesos clave del ecosistema. En este análisis se podrán identificar las causas y efectos de la degradación sobre la función del ecosistema identificada y se le asignará un grado de degradación, facilitando el desarrollo y visualización del diagnóstico (Tabla 6).



Adicionalmente, el diagnóstico del estado del ecosistema puede ser abordado mediante índices específicos para cada tipología de humedal. Un ejemplo para ríos es la utilización del Riparian Quality Index (RQI)¹⁷ (González y Jalón, 2011) que permite caracterizar y evaluar las condiciones ambientales de zonas de ribera en relación con atributos estructurales y de composición del ecosistema.

¹⁷ <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-30-2-p-235.pdf>

Tabla 6. Ejemplo de resumen de procesos identificados, causas, efectos y grado de degradación
Fuente: Adaptado de Mola *et al.* (2008). Se entiende por grado de degradación Nulo: no se evidencia degradación; Bajo: el control de la degradación requiere restauración pasiva; Medio: la degradación es a nivel de factores biótico del humedal y su control requiere restauración activa; Alto: la degradación es a nivel de factor abiótico del humedal y su control requiere restauración activa, Muy Alto: la restauración a un estado previo a la degradación no es posible (o se debe optar por reclamación) o requiere acciones/recursos económica y/o socialmente no abordables en las condiciones actuales.

Factor de degradación / Impulsor de cambio	Impacto (sobre componente del ecosistema / Individuos, poblaciones, especies)	Proceso	Función afectada	Efecto de la degradación (sobre la función del ecosistema)	Indicador	Grado de degradación o estado del proceso
Extracción de caudales	Alteración de los flujos de caudal	Proceso hidrogeomorfológico p. ej. Deposición de sedimentos y erosión	Estabilización del lecho del río y riberas	Incisión del lecho del río y desconexión con valle de inundación	Cambio en la profundidad del lecho del río	4. Muy alto 3. Alto 2. Medio 1. Bajo 0. Nulo
			Provisión de hábitat	Pérdida de hábitat para reproducción de anfibios	Cobertura de vegetación hidrófita adecuada para reproducción de anfibios	
		Procesos de polinización y dispersión p. ej. Capacidad del caudal de transportar semillas	Dispersión de semillas mediante el agua	Pérdida de vegetación de ribera	Composición de especies de ribera	

La construcción de la tabla anterior puede ser apoyada mediante la información generada por De Groot *et al.* (2002), quien presenta una visión general de las principales funciones de los ecosistemas, bienes y servicios que pueden atribuirse a los ecosistemas naturales y a sus estructuras y procesos ecológicos asociados (Tabla 7).

Tabla 7. Funciones del ecosistema, procesos y ejemplo de SSEE. Fuente: Modificado de Groot *et al.*, 2002 acorde a los objetivos de esta guía.

Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Ejemplos de Servicios ecosistémicos
Funciones que permiten el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y sistemas de soporte vital.		
1. Regulación atmosférica	Papel de los ecosistemas en los ciclos biogeoquímicos (por ejemplo, balance de CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc.)	1.1 Protección frente a radiación ultravioleta (UVb) mediante O ₃
		1.2 Mantenimiento de la (buena) calidad del aire
		1.3 Influencia en el clima (véase también función 2)
2. Regulación del clima	Influencia de la cobertura terrestre y de los procesos mediados biológicamente (por ejemplo, la producción de dimetilsulfuro (DMS) ayuda a producir nubes e influye en el clima	Mantenimiento de un clima favorable (temperatura, precipitaciones, etc.) para, por ejemplo, la habitación humana, la salud y el cultivo
3. Prevención de perturbaciones	Influencia de la estructura del ecosistema en la atenuación de las perturbaciones ambientales	3.1 Protección contra temporales (por ejemplo mediante lagunas costeras) 3.2 Prevención de inundaciones (por ejemplo, mediante vegetación hidrófita y bosques de ribera)
4. Regulación del agua	Función de la cobertura terrestre en la regulación de la escorrentía y la descarga de los ríos	4.1 Drenaje y riego natural 4.2 Medio de transporte
5. Abastecimiento de agua	Filtración, retención y almacenamiento de agua dulce (por ejemplo, en acuíferos)	Suministro de agua para uso consuntivo (por ejemplo, potable, riego y uso industrial)
6. Retención del suelo	Papel de la matriz de raíces de la vegetación y de la biota del suelo en la retención del suelo	6.1 Mantenimiento de tierras cultivables. 6.2 Prevención de daños por erosión/sedimentación
7. Formación del suelo	Meteorización de rocas, acumulación de materia orgánica	7.1 Mantenimiento de la productividad en tierras cultivables 7.2 Mantenimiento de suelos naturales productivos

Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Ejemplos de Servicios ecosistémicos
8. Regulación de nutrientes	Papel de la biota en el almacenamiento y reciclaje de nutrientes (por ejemplo, N, P y S)	Mantenimiento de suelos sanos y ecosistemas productivos
9. Tratamiento de residuos	Papel de la vegetación y la biota en la eliminación o descomposición de nutrientes	9.1 Control de la contaminación / desintoxicación 9.2 Filtrado de partículas de polvo 9.3 Reducción de la contaminación acústica
10. Polinización	Papel de la biota en el movimiento de los gametos florales	10.1 Polinización de especies vegetales silvestres 10.2 Polinización de cultivos
11. Control biológico	Control poblacional a través de relaciones trófico-dinámicas	Control de plagas y enfermedades.

Funciones que permiten proporcionar hábitat (espacio habitable adecuado) para especies de plantas y animales silvestres.

12. Función de refugio	Espacio habitable adecuado para plantas y animales silvestres.	Mantenimiento de especies utilizadas como fuentes de alimento
13. Función de guardería	Hábitat adecuado para la reproducción	13.1 Caza, recolección de peces, animales de caza, frutas, etc. 13.2 Educación, disfrute del paisaje

Funciones que permiten la provisión de recursos naturales

14. Alimento	Conversión de energía solar en plantas y animales comestibles	14.1 Caza, recolección de peces, animales de caza, frutas, etc 14.2 Forraje y fertilizantes (por ejemplo, pastizales, hojas, hojarasca) 14.3 Agricultura de subsistencia en pequeña escala y acuicultura
15. Materias primas	Conversión de energía solar en biomasa para la construcción humana y otros usos	15.1 Construcción y manufactura (por ejemplo, madera, pieles) 15.2 Combustible y energía (por ejemplo, leña, materia orgánica) 15.3 Otras aplicaciones (por ejemplo, atención sanitaria)
16. Recursos genéticos	Material genético y evolución en plantas y animales silvestres	Mejorar la resistencia de los cultivos a patógenos y plagas

Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Ejemplos de Servicios ecosistémicos
17. Recursos medicinales	Variedad de sustancias (bio) químicas y otros usos medicinales de la biota natural	17.1 Medicamentos y productos farmacéuticos 17.2 Modelos y herramientas químicas. 17.3 Organismos de ensayo y de prueba
18. Recursos ornamentales	Variedad de biota en ecosistemas naturales con uso (potencial) ornamental	Recursos para moda, artesanía, joyería, mascotas, culto, decoración y souvenirs (por ejemplo, pieles, plumas, orquídeas, mariposas, peces de acuario, conchas, etc.)

Funciones que brindan oportunidades para el desarrollo cognitivo

19. Información estética	Características atractivas del paisaje	Disfrute del paisaje
20. Recreación	Variedad de paisajes con usos recreativos (potenciales)	Viajes a ecosistemas naturales para ecoturismo, deportes al aire libre, etc.
21. Información cultural y artística	Variedad de características naturales con valor cultural y artístico	Utilización de la naturaleza como motivo en libros, películas, pinturas, folclore, símbolos nacionales, arquitectura, publicidad, etc.
22. Información espiritual e histórica	Variedad de características naturales con valor espiritual e histórico	Uso de la naturaleza con fines religiosos o históricos (es decir, valor patrimonial de los ecosistemas y características naturales)
23. Ciencia y educación	Variedad en la naturaleza con valor científico y educativo	Uso de sistemas naturales para excursiones escolares, etc. Uso de la naturaleza para la investigación científica

1.1.6.2. Identificación de SSEE

Una vez identificado los procesos y funciones prioritarias a ser abordados por el proyecto de restauración es necesario realizar un cruce con los posibles SSEE que estos puedan proveer. Para ello se deberá realizar la identificación de SSEE.

Para ello se deberán identificar los SSEE que provee el humedal, o proveían naturalmente previo a la degradación y es interés del proyecto y los actores involucrados, recuperar.

Existen varias propuestas conceptuales que ayudan en la identificación, clasificación y posterior valoración de SSEE. Recomendamos incorporar en el análisis el uso de herramientas cartografías del ecosistema (generada durante la etapa de caracterización) y matrices de servicios ecosistémicos.

El cruce entre los ecosistemas y los SSEE se debe realizar utilizando como respaldo información ecológica y social, en este último caso, la valoración puede ser económica (monetaria) cuando exista dependencia de recursos naturales, o de reconocimiento social (SEA, 2024) y entrega como resultado listado de SSEE y su valoración.

Para aquellos proyectos de restauración cuyo enfoque es la recuperación de los SSEE que presta el humedal (p. ej. proyectos de rehabilitación o reclamación), resulta clave identificar y definir los SSEE prioritarios del ecosistema en relación con la demanda y visión que la comunidad establezca, por lo que la participación de la comunidad es fundamental. Además, se deberá tener especial esfuerzos en la valoración de los SSEE, pudiendo ser una valoración biofísica, monetaria o sociocultural (MMA-ONU Medio Ambiente, 2024), ello a modo de establecer objetivos e indicadores acorde a los SSEE priorizados y que sean medibles y monitoreables en el tiempo.

Para profundizar respecto a técnicas de valoración de SSEE puede revisar la publicación MMA-ONU Medio Ambiente (2024) “Guía para la comprensión de los servicios ecosistémicos que prestan los Humedales y la Importancia de Múltiples Perspectivas de Valoración”, disponible en:

<https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/10/guia-SERVICIOS-ECOSISTEMICOS-prensa.pdf>.

Adicionalmente en el documento “Indicadores de servicios ecosistémicos: Una revisión y análisis de su calidad” del Ministerio del Medio Ambiente, se entrega un listado de indicadores para los siguientes SSEE:

1. Almacenamiento de agua para agua potable;
2. Purificación de agua;
3. Regulación del clima global;
4. Regulación del clima local y regional;
5. Pesca comercial;
6. Purificación y oxigenación de agua;
7. Carácter natural;
8. Carácter del paisaje;
9. Paisaje cultural;
10. Regulación hídrica.

Información que puede ser revisada en: https://www.researchgate.net/publication/308459893_Indicadores_de_servicios_ecosistemicos

A modo de facilitar la posterior generación de metas y objetivos se recomienda utilizar tablas resumen de SSEE identificados para cada proceso y función prioritaria resultante de la etapa de diagnóstico, para lo cual se podrá utilizar el siguiente ejemplo (Tabla 8).

Tabla 8. Propuesta de tabla resumen para la identificación de SSEE, procesos y funciones afectadas del ecosistema. Esta tabla es referencial. Fuente: Elaboración propia.

Proceso Priorizado	Función afectada	Efecto de la degradación (sobre la función del ecosistema)	SSEE priorizado que se ve afectado	Indicador de existencia del SSEE (puede tener expresión espacial o de biodiversidad)
Deposición de sedimentos y erosión	Estabilización del lecho del río y riberas	Incisión del lecho del río y desconexión con valle de inundación	Prevención de inundaciones	Variación de inundaciones dentro de los márgenes del valle de inundación
	Provisión de hábitat	Pérdida de hábitat para reproducción de anfibios	Provisión de hábitat para reproducción de anfibios controladores de plagas y enfermedades	Abundancia de anfibios
Capacidad del caudal de transportar semillas	Dispersión de semillas mediante el agua	Pérdida de vegetación de ribera	Prevención de daños por erosión y sedimentación	Composición de especies de ribera

A continuación, se presenta un ejemplo de identificación de SSEE para el humedal de Cáhul, la cual utilizó como modelo la adaptación de la propuesta del protocolo ECOSER (Laterra *et al.*, 2015), para la evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos. Para ello se realizó la evaluación y mapeo funcional del paisaje (en el caso de Cáhul, corresponde al humedal a distintas escalas) donde el producto generado son los mapas de Función de Ecosistemas, diferentes SSEE y sus beneficios asociados y la identificación de amenazas a la provisión de los SSEE.

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Identificación de SSEE y amenazas en el humedal de Cáhul Piloto proyecto GEF Humedales Costeros

En el marco del estudio “Delimitación del Humedal Laguna de Cáhul e identificación de áreas prioritarias a restaurar en su cuenca aportante” se realizó un mapeo de áreas importantes para la biodiversidad asociadas al Humedal Laguna de Cáhul, región de O’Higgins. Para ello se utilizó el modelo conceptual adaptado de ECOSER (Laterra *et al.*, 2015), donde las funciones ecosistémicas se integran en servicios ecosistémicos y luego en coberturas de suelo o estructuras del paisaje (matriz de transferencia). Cada función puede aportar a uno o varios SSEE, del mismo modo cada cobertura puede aportar a una o más funciones.

Una vez identificadas las áreas, se realizó una validación y rectificación de los resultados a partir de validaciones en terreno (muestreo de la fauna y flora) y talleres participativos con actores claves, quienes conformaron equipos de trabajos, en relación del actor con el proyecto (participantes primarios, secundarios y grupos de interés) y utilizando la metodología de mapeo participativo. La cartografía fue validada a través de las opiniones y

percepciones de los actores sobre el humedal en general, identificando los SSEE y amenazas, así como elementos que consideraron faltantes en la cartografía provista.

Adicionalmente, los resultados de los talleres fueron complementados con encuestas semiestructuradas generadas a los habitantes y usuarios del Humedal Laguna de Cáhuil (18 encuestados). Se pudo identificar un total 48 servicios ecosistémicos que presta el humedal y sus respectivas amenazas, los cuales se presentan a modo de ejemplo en figura 12. En tablas 9 y 10 se muestran ejemplos de tabla resumen de los SSEE identificados, lo procesos y funciones ecosistémicas e indicadores, así como la relación entre amenazas y servicios ecosistémicos.

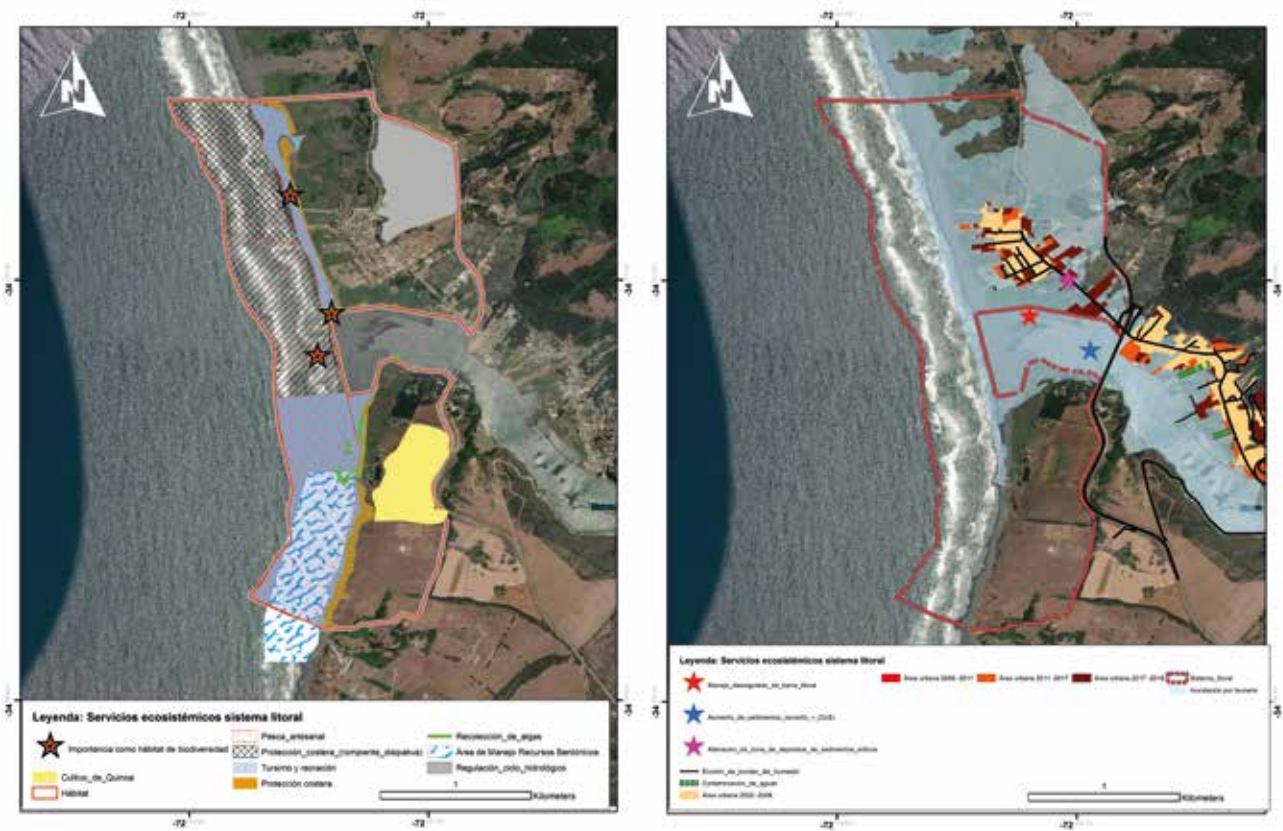


Figura 12. Servicios ecosistémicos Sistema litoral (Izquierda) y Amenazas a los servicios ecosistémicos en el sistema litoral (derecha), generado como producto del levantamiento de SSEE del humedal de Cáhuil. Fuente: Extraídos de Photosintesis (2021)

Tabla 9. Ejemplo de tabla de relación entre amenazas y servicios ecosistémicos, utilizada en el estudio del humedal de Cáhuil . Fuente: Extraído de Photosintesis (2021b)

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante
Provisión	Producción de biomasa para consumo humano	Sedimentación	Cuenca
		Contaminación de aguas	Humedal -Cuenca
		Recolección y extracción no normada y no regulada	Sistema litoral

Tabla 10. Ejemplo de tabla de descripción de los Indicadores de la Biodiversidad y los Servicios ecosistémicos utilizado en el estudio del Sistema litoral del humedal de Cahuil. Fuente. Extraído de Photosíntesis (2021)

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
Provisión	Producción de biomasa para consumo humano	Capacidad productiva del ecosistema marino costero, entendida como, producción de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos a través de los procesos de fotosíntesis o quimio síntesis. La producción primaria es el punto de partida de la circulación de energía y nutrientes a través de las cadenas tróficas.	Afloramientos rocosos	Áreas de manejo de recursos bentónicos (Extracción de recursos del mar	Choro (<i>Choromytilus chorus</i>)
			Calidad de agua	Afloramientos de roca en la rompiente (Recolección de algas)	Chasca (<i>Gelidium lingulatum</i>) Luga (<i>Gigartina skottsbergii</i>) Cochayuyo (<i>Durvillaea antártica</i>) Huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>)

Para profundizar más en la metodología utilizada para evaluar los SSEE del humedal de Cáhuil puede revisar el informe “Delimitación del Humedal Laguna de Cáhuil e identificación de áreas prioritarias a restaurar en su cuenca aportante” (Photosíntesis, 2021b) disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/05/Delimitacion-y-restauracion-humedal-Cahuil.pdf>

1.2.

Identificación del marco legal y normativo

Los proyectos de restauración ecológica de humedales deben ser consistentes, y de ser posible, ligarse a metas y políticas públicas de ámbito global que tengan relevancia local, además de atender al ordenamiento territorial vigente que se sobrepone al territorio a fin de evitar realizar acciones descoordinadas e incluso contradictorias, como, por ejemplo, restaurar un humedal en un sitio donde se instalará una represa que hará desaparecer al humedal restaurado.

También es importante conocer a los organismos del Estado, sus atribuciones (en términos de fiscalización y/o gestión) y la normativa asociada que tiene relación con la protección de los humedales, puesto que muchas veces, para restaurar un humedal basta con aplicar la normativa que permita detener la amenaza que afecta el humedal facilitando que el ecosistema pueda auto recuperarse o restaurarse de forma pasiva, sin que se requiera mayores intervenciones o grandes inversiones para su restauración.

Lo anterior se podría ejemplificar con la siguiente situación: se están vertiendo aguas servidas a un humedal, lo que ha provocado alteraciones en la trama trófica, disminución o desaparición de poblaciones de especies de flora y fauna nativas que no toleran esos niveles de contaminación biológica (p. ej. rana chilena). Al mismo tiempo, el humedal sufre de invasiones biológicas (p. ej. rana africana tiene mayor tolerancia a bajas condiciones de calidad del agua que las especies nativas), lo que ha llevado a una degradación de las condiciones naturales del humedal y pérdida de varios de sus servicios ecosistémicos. En esta situación, antes de elaborar un Proyecto de Restauración para el humedal, lo primordial es frenar el vertimiento de las aguas servidas que son en realidad el origen de toda su degradación, tema que podría ser resuelto solicitando la intervención directa del o los organismos con competencia directa de fiscalización, que para el caso del ejemplo serían la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SEREMI de Salud, Carabineros de Chile y/o Policía de Investigaciones, dependiendo de las circunstancias en que se suceden los hechos¹⁸.

Adicionalmente, conocer la normativa vigente asociada al ecosistema a restaurar permite apoyar la definición de las acciones de restauración que son posibles, o no, de realizar en el humedal, ello dado que las acciones muchas veces requieren una intervención inicial del ecosistema que puede estar ligadas a un cumplimiento normativo determinado y que debe ser identificado e incorporado en los respectivos proyectos de restauración.

A continuación, a modo de orientación, se entrega un listado con las instituciones del Estado de Chile que tienen relación directa con la fiscalización y gestión hídrica en el país (Tabla 11).

18 Para conocer la guía de denuncia de actividades que afectan humedales puede revisar en siguiente enlace: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/04/Guia-de-denuncia.pdf>

Tabla 11. Organismos del Estado de Chile relacionados con la protección de los humedales y su normativa asociada. Fuente Elaboración propia.

	Competencias	Instrumento Legal
Municipalidades	- Incluir en los Planes Reguladores Comunales, a los humedales urbanos reconociéndolos como áreas de protección de recursos de valor natural. - Elaborar planes de gestión para los humedales urbanos. - Presidir las Mesas de Gestión de humedales urbanos. - Elaborar Ordenanzas Municipales especiales para protección de humedales urbanos.	- Artículo 2.1.18 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. - Ley N° 21.202 de 2020. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Modifica diversos cuerpos legales con el Objetivo de Proteger los Humedales Urbanos.
	- Fiscalizar extracción de áridos no autorizados. - Fiscalizar abandono de animales como mascotas. - Fiscalizar quemas agrícolas y domiciliarias no autorizadas. - Fiscalizar actividades que afecten humedales urbanos reguladas por Ordenanzas Municipales	- Ley N° 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades Ordenanzas Municipales en cada Municipalidad cuando corresponda.
Ministerio de Bienes Nacionales	- Fiscalizar actividades que afectan Bienes Nacionales de uso público y terrenos fiscales. - Fiscalizar extracción de áridos no autorizados.	- Código Civil DFL N°1. Ministerio de Justicia. Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Código Civil Decreto 386 de 1981 Reglamento Orgánico del Ministerio de Bienes Nacionales.

	Competencias	Instrumento Legal
SEREMI de Salud	- Ordenar la inmediata suspensión de aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquier otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración.	- Decreto con Fuerza de Ley 725/1968 Ministerio de Salud (MINSAL). Código Sanitario.
Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP)	- El Servicio promoverá la conservación y el uso sustentable de los humedales de importancia internacional o sitios Ramsar, y considerará la dimensión ecológica, económica y social, de manera de contribuir a la protección del patrimonio ambiental nacional, regional y local, y al bienestar de las comunidades locales. - Fiscalizar y sancionar los incumplimientos en la protección de turberas	- Ley N° 21.600 de 2023 Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y El Sistema Nacional de Áreas Protegidas. - Ley N° 21.660 de 2024. MMA. Sobre protección ambiental de las turberas.
Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA)	- Pesca recreativa en otras aguas bajo protección. - Afectación de fauna y recursos hidrobiológicos.	- Ley N° 20.256 de 2008. MINECOM. Pesca Recreativa. - Decreto 430/1991 Ministerio de Economía Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley 18.892 de 1989 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura.
Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	- Caza y captura de Fauna Silvestre no hidrobiológica, cuya preservación se rige por la Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura. - Levantamiento de nidos, destrucción de madrigueras, recolección de huevos y crías de fauna nativa.	- Ley N° 19.473 de 1996. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sustituye Texto de la Ley 4.601, sobre Caza y artículo 609 del Código Civil.
	- Muertes masivas y/o cuadros clínicos masivos de enfermedades. Enfermedades de denuncia obligatoria. - Enfermedades animales transmisibles.	- Decreto RRA-16 de 1963 Ministerio de Hacienda, Sanidad y protección Animal. - Ley N° 18.755 de 1989. MINAGRI. Establece norma sobre el SAG, deroga la Ley N° 16.640 y otras disposiciones.
	- Extracción con fines productivos en el ámbito silvoagropecuario de <i>Sphagnum</i>.	- Decreto Supremo 25/2017 Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Dispone medidas para la protección del musgo <i>Sphagnum</i>.
	- Control y fiscalización de plaguicidas y fertilizantes agrícolas (uso, manejo y comercio). - Aplicación de plaguicidas no autorizados. - Aplicación de riego con purines. - Aplicación de lodos.	- Decreto Ley 3.557/1980 Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Establece disposiciones sobre Protección Agrícola.

	Competencias	Instrumento Legal
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	- Someter al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) los proyectos que afecten de alguna forma a los humedales urbanos.	- Literales p) y s) del artículo 10 de la modificada Ley N° 19.300 de 1994, sobre bases del medioambiente.
Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)	- Fiscalizar potenciales elusiones al SEIA de los proyectos listados en el art. 10 de la Ley N° 19.300/1994	- Ley N° 21.202 de 2020. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos.
	- Fiscalizar potenciales elusiones al SEIA de los proyectos listados en el art. 10 de la Ley N° 19.300/1994	- Decreto Supremo 41/2021 MMA. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Aconcagua.
	- Fiscalizar incumplimiento de Normas de Emisión de residuos líquidos hacia cuerpos de agua superficiales continentales y marinos y aguas subterráneas.	- Decreto Supremo 90/2001 MINSE-GPRES. Norma la emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. - Decreto Supremo 46/2002 MINSE-GPRES. Establece Norma de Emisión de Residuos Líquidos a aguas subterráneas.
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	- Fiscalizar la descarga de alcantarillados de empresas concesionarias. - Fiscalizar descarga de aliviaderos de tormenta. - Fiscalizar servicios sanitarios rurales. - Fiscalizar descargas de residuos líquidos de empresas de servicios sanitarios. - Control y fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios.	- Decreto 90/2001 Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. - Ley N° 20.998 de 2016. Ministerio de Obras Públicas (MOP). Regula los servicios sanitarios rurales. - Ley N° 21.075 de 2018. Ministerio de Obras Públicas (MOP). Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. - Decreto Supremo 609/1998 Ministerio de Obras Públicas. Establece Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos o sistema de alcantarillados.

	Competencias	Instrumento Legal
Dirección General de Aguas (DGA)	- Fiscalizar obras no autorizadas en cauces. - Fiscalizar modificación de cauces por extracción de áridos no autorizada, u otro. - Fiscalizar extracción no autorizada de aguas. - Controlar extracciones de aguas superficiales y subterráneas. - Aprobar bocatomas y obras provisionales en cauces naturales. - Aprobar la construcción de obras hidráulicas mayores (embalses, etc) - Proporcionar información de calidad física química y de calidad biológica de las aguas. A través de la Red Hidrométrica Nacional. - Establecer el caudal ecológico mínimo para el otorgamiento de derechos de agua.	- Decreto con Fuerza de Ley 1.122/1981 Ministerio de Justicia. Fija texto del Código de Aguas. - Decreto Supremo 50/2015 Ministerio de Obras Públicas (MOP). Aprueba Reglamento a que se refiere el artículo 295 inciso 2º, del código de aguas, estableciendo las condiciones técnicas que deberán cumplirse en el proyecto, construcción y operación de las obras hidráulicas identificadas en el artículo 294 del referido texto legal. - Decreto Supremo 203/2013 Ministerio de Obras Públicas (MOP). Aprueba Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas. - Ley N° 21.604 de 2018. Ministerio de Obras Públicas (MOP). Introduce modificaciones al marco normativo que rige las aguas en materia de fiscalización y sanciones. - Resolución DGA N° 135 (exenta) Determina obras y características que deben o no deben ser aprobadas por la Dirección General de Aguas en los términos señalados en el artículo 41 del Código de Aguas. - Decreto 14/2012 Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Aprueba Reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo.





	Competencias	Instrumento Legal
Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR)	Fiscalizar: - El tránsito de vehículos motorizados en playas. - Pesca ilegal. - Borde costero, mar, ríos y lagos navegables. - Actividades que afecten los Bienes Nacionales bajo su jurisdicción (cauces y fondos de ríos y lagos navegables por buques de más de 100 toneladas). - Ejercer la fiscalización y control de las playas y de los terrenos fiscales de playa colindantes con éstas en el mar, ríos y lagos; de las rocas, fondos de mar y porciones de agua dentro de las bahías, ríos y lagos, y a lo largo de las costas del litoral y de las islas. - Extracción de áridos no autorizada. - Caza y captura de fauna silvestre no hidrobiológica. - Levantamiento de nidos, destrucción de madrigueras, recolección de huevos y crías de fauna silvestre.	- Orden Ministerial N°2 de 1998. Ministerio de Defensa. Sobre la prohibición de ingreso y tránsito de vehículos en arenas de playa, terrenos de playa, dunas costeras y demás bienes nacionales que administra el Ministerio de Defensa. - Decreto 430 Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. - Decreto con Fuerza de Ley 340/1960 Ministerio de Defensa Nacional. Sobre concesiones marítimas. - Decreto con Fuerza de Ley 292/1953 Ministerio de Defensa Nacional. Aprueba ley orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. - Ley N°21.123 de 2018. Ministerio de Bienes Nacionales. Modifica el Código Penal y tipifica como falta el ensuciar, arrojar o abandonar basura, materiales o desechos de cualquier índole en playas, riberas de ríos o de lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad declarados bajo protección oficial. - Ley N° 19.473 de 1996. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sustituye texto de la Ley N°4.601, sobre Caza y artículo 609 del Código Civil.

	Competencias	Instrumento Legal
Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	Proveer de servicios de infraestructura hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas, esto incluye: - Obras de drenaje de aguas lluvia. - Obras de manejo de cauces (estudio, proyección, construcción y conservación de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros). - Obras de riego (construcción de nuevos embalses y su supervisión; construcción de nuevos canales de regadío y entubamiento; mejoramiento de canales y obras de arte, y la construcción de pozos, entre otros). - Indicar los deslindes de los cauces de ríos, lagos y esteros con los propietarios ribereños.	- Ley N° 19.525 de 1997. Ministerio de Obras Públicas (MOP). Regula sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. - Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas, Decreto con Fuerza de Ley 850/1997. - Decreto 95/2015 Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Aprueba nuevo reglamento de la Ley N° 18.450 de Fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje, modificada por la ley N° 20.705. - Decreto Supremo 609/1978 Ministerio de Tierras y Colonización. Fija los deslindes de los bienes nacionales de uso público.
Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Fiscalizar las prohibiciones de: - Corta, destrucción, eliminación o menoscabo de árboles y arbustos nativos ubicados a 100 metros de los humedales declarados sitios Ramsar y de aquellos que hayan sido declarados Sitios Prioritarios de Conservación por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, medidas en proyección horizontal en el plano - Corta, destrucción, eliminación o menoscabo de bosque nativo, formaciones xerofíticas, así como la corta de plantaciones forestales, "[...] con el objeto de proteger los suelos, manantiales, cuerpos y cursos naturales de agua y humedales declarados Sitios Prioritarios de conservación [...] o sitios Ramsar, en adelante "humedales", evitando su deterioro y resguardando la calidad de las aguas" (art. 1). - La descarga de aguas de lavado de equipos, maquinarias y envases que hayan contenido sustancias químicas, desechos orgánicos, productos químicos, combustibles, residuos inorgánicos tales como cables, filtros, neumáticos, baterías, en los cuerpos y cursos naturales de agua, manantiales y humedales y en las zonas de protección de exclusión de intervención aledaños a cursos naturales de agua, manantiales y humedales, y en la zona de protección de manejo limitado que corresponde al área contigua a la zona de exclusión de intervención de cuerpo de agua, manantial y cursos naturales de agua de sección de cauce mayor a 0,5 metros cuadrados.	- Ley N° 20.283 de 2008. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. - Decreto Supremo 82/2010 MINAGRI. Reglamento de Suelos, Agua y Humedales.

	Competencias	Instrumento Legal
Carabineros de Chile	Fiscalizar: - Caza y captura de fauna silvestre no hidrobiológica, levantamiento de nidos, destrucción de madrigueras, recolección de huevos y crías de fauna nativa. - Tenencia irresponsable de mascotas (p. ej. abandono de perros y gatos en humedales). - Quema no autorizada.	- Ley N° 19.473 de 1996. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sustituye texto de la Ley N° 4.601, sobre Caza y artículo 609 del Código Civil. - Ley N° 21.020 de 2017. Ministerio de Salud (MINSAL). Tenencia responsable de mascotas y animales de compañía. - Ley N° 20.283 de 2008. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.
Policía de Investigaciones	- Investigar a través de la Brigada Investigadora de Delitos Contra la Salud Pública y Medio Ambiente (BIDEMA) acciones ilícitas que atenten contra el medio ambiente y el patrimonio cultural de Chile. En relación directa con los humedales se puede mencionar: - Introducción en el mar, ríos, lagos o cualquier otro cuerpo de agua, agentes contaminantes químicos, biológicos o físicos que causen daño a los recursos hidrobiológicos. - Caza o captura ilegal de fauna silvestre. - Tenencia irresponsable de mascotas (ej. abandono de perros y gatos en humedales). - Corta ilegal de bosque nativo. - Usurpación de aguas. - Cumplimiento de Tratado Internacional CITES.	- Art. 136 de la Ley General de Pesca y Acuicultura (Texto Actualizado Incorpora Modificación Ley N° 21.651). - Ley N° 19.473 de 1996. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sustituye Texto de la Ley 4.601, sobre Caza y artículo 609 del Código Civil. - Ley N° 21.020 de 2017. Ministerio de Salud (MINSAL). Tenencia responsable de mascotas y animales de compañía. - Ley N° 20.283 de 2008. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. - Art. 459 del Código Penal. Ministerio de Justicia. - Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) Suscrita por Chile en septiembre de 1974 y sancionada como ley de la República en 1975.

1.3.

Planificación de acciones de restauración y diseño del programa de seguimiento

En este capítulo se entregarán orientaciones para definir el sitio a restaurar, el ecosistema de referencia, las metas y objetivos de restauración y las distintas opciones de acciones de restauración posibles de implementar, así como los elementos necesarios para el diseño de un programa de seguimiento.

1.3.1. Selección de sitios a restaurar

Una vez realizado el diagnóstico del ecosistema a restaurar y definidos los SSEE y procesos claves a ser restaurados se debe seleccionar las áreas donde se enfocará la restauración. Esto debe ser evaluado a distintas escalas y dependiendo de las características del proyecto. Por ejemplo, si lo que se pretende es la restauración de un tramo de río, se debe considerar que las acciones no responden necesariamente a la escala del propio tramo, sino que pueden

ser implementadas a una distancia mayor, a nivel de subcuenca o cuenca, dependiendo de la naturaleza del proceso afectado.

Adicionalmente hay que considerar que al momento de priorizar las áreas de restauración pueden existir limitantes de tipo administrativas que imposibiliten su implementación por lo cual el diseño del proyecto deberá identificar y centrar los esfuerzos de restauración en las áreas donde la acción genera mayor efecto en la restauración de los SSEE y procesos ecológicos claves.

Para ello al momento de definir las áreas prioritarias se recomienda considerar:

- i. El potencial que el área aporta a los objetivos**, p. ej. áreas particularmente relevante para la provisión de servicios ecosistémicos y procesos claves a ser recuperados.
- ii. El estado de degradación ya sea observado o esperado**, que pueda estar disminuyendo su capacidad para aportar a los objetivos de priorización. Así, un sitio con alto potencial de aporte a los objetivos (p. ej. zona que provee SSEE claves) y con un alto grado de degradación debería ser prioritario a la hora de implementar medidas de restauración, en comparación con otro sitio con bajo valor en términos de aporte a los objetivos o bajo grado de degradación.

La definición espacial de las de zonas degradadas se puede generar mediante análisis cartográfico y análisis de multicriterio, es decir un análisis geográfico para evaluar diversos criterios de solución a un determinado problema (Urbancost, 2021) y utilizando criterios que permitan discriminar zonas degradadas a restaurar. Los criterios a definir deben tener relación con los procesos ecológicos y la provisión de SSEE claves, identificados durante la etapa de diagnóstico (apartado 1.1.6, página 39 de la guía) especialmente con aquellos definidos con un grado de degradación “Muy Alto” a “Medio” dependiendo de las características de cada humedal y proyecto.

1.3.2. Selección de ecosistema de referencia

Un ecosistema de referencia es un ecosistema natural que se encuentra en buen estado de conservación, que cuenta con las características originales propias, que se esperan recuperar en el área degradada. De no existir en la realidad, se puede construir un modelo conceptual del ecosistema de referencia de acuerdo con información bibliográfica, relatos, fotografías, o construyéndolo en base a los servicios ecosistémicos que se espera que el humedal provea. El ecosistema de referencia se usa para establecer metas y planear un proyecto de restauración, y más adelante, para evaluarlo (SER, 2006).

Antes de emprender cualquier tipo de acción de restauración es necesario identificar el o los ecosistemas(s) nativo(s) que servirá(n) para desarrollar modelos de referencia, para planificar y comunicar una visión compartida de los objetos y objetivos del proyecto. Los modelos de referencia deben basarse en ecosistemas específicos del mundo real que son los objetos de las actividades de conservación y restauración (p. ej. lagunas, turberas, bofedales, etc.). De manera óptima, el modelo de referencia describe la condición aproximada en la que estaría el sitio si no hubiese ocurrido la degradación. Esta condición no es necesariamente la misma que la del estado histórico, ya que considera la capacidad inherente de los ecosistemas para cambiar en respuesta a condiciones cambiantes (Gann *et al.*, 2019).

La elección del referente depende del estado del ecosistema o espacio a restaurar. En figura 13 se presentan tres enfoques para la definición del ecosistema de referencia basado en el estado de conservación del ecosistema a restaurar y la disponibilidad de información.



Figura 13. Tipos de ecosistemas de referencia según estado de degradación del ecosistema a restaurar (ver explicación en el texto). Fuente: Elaboración propia.

1.- Es posible que una proporción del ecosistema a restaurar permanezca intacta, o tenga zonas menos degradada, en este caso, estas áreas servirán de ecosistema de referencia.



Figura 14. Laguna con fragmentos de bosque nativo original en la comuna de Santo Domingo, Chile. Al fondo a la derecha se observa una plantación de especies exóticas, y al fondo a la izquierda las riberas completamente desprovistas de vegetación boscosa. En este caso, el ecosistema de referencia que debiese ser usado como modelo para restaurar el bosque nativo que rodea a esta laguna, es el fragmento de bosque esclerófilo costero original que aún persiste y que se observa en el primer plano de la fotografía. Fuente: Imagen registro propio.

2.- El ecosistema está totalmente degradado, pero existe información previa al deterioro. En este caso se debe construir un modelo teórico del ecosistema de referencia recopilando información proveniente de variadas fuentes: estudios de líneas de base de la biota y descripciones ecológicas elaboradas antes del daño del humedal y que pueden encontrarse en tesis o trabajos de titulación de universidades, o en los registros públicos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Otras fuentes de información pueden ser los registros de herbarios, museos y plataformas en línea que registran y divulgan datos de distribución de la biodiversidad (p. ej. inaturalist Chile). Otras fuentes de información pueden ser fotografías históricas y recientes tanto aéreas como terrestres, la consulta al histórico Google Earth. Finalmente, son también valiosos los registros históricos e historias orales de personas familiarizadas con el sitio del proyecto antes de su degradación actual¹⁹ (SER 2006).

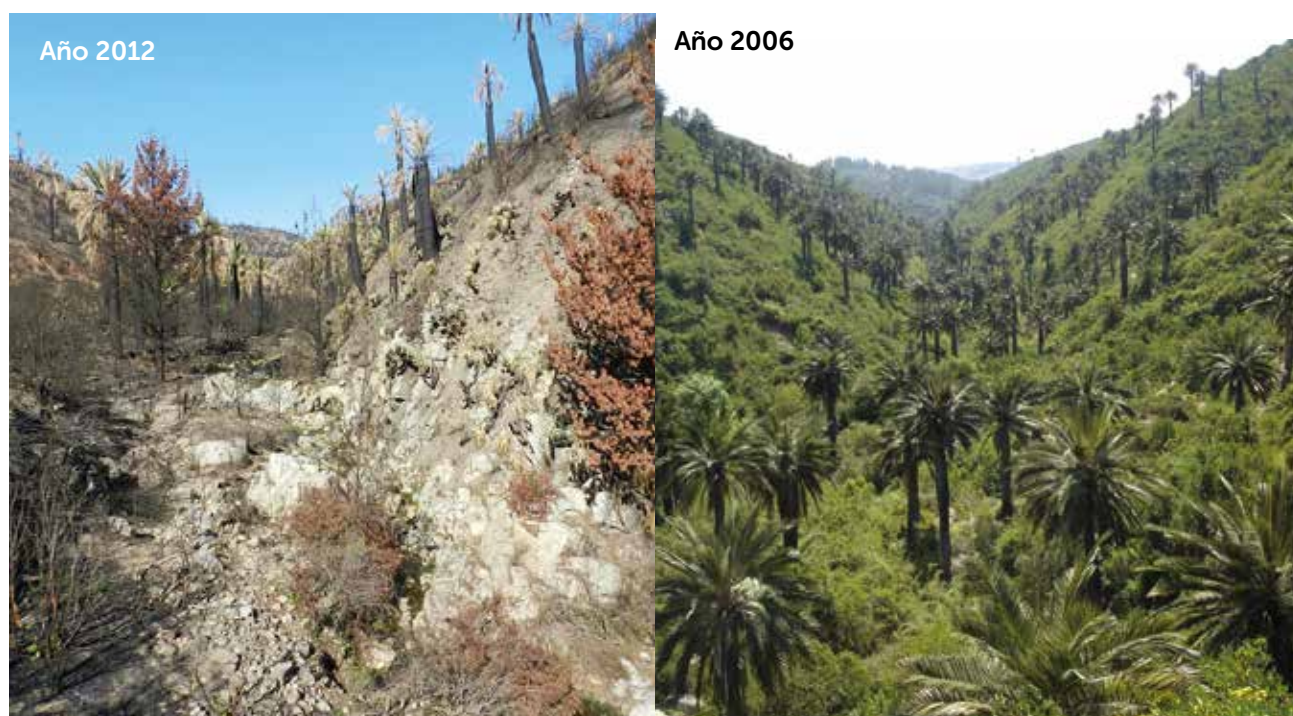


Figura 15. Ejemplo de área natural degradada por incendio forestal en la comuna de Viña del Mar, Chile. La imagen de la izquierda muestra la situación de degradación ecosistémica en la que quedó una quebrada post incendio forestal, y a la derecha, una imagen de la misma quebrada registrada previamente al incendio, producto de estudios científicos realizados en el área. En este caso el ecosistema de referencia se genera a partir de registros fotográficos y la documentación previa del área. Fuente: Imágenes registro propio.

3.- El ecosistema está totalmente degradado, y no existe información de las condiciones previas a su deterioro. En este caso, el modelo teórico se recopila usando uno o varios sitios ubicados en otro lugar, pero que reúna(n) condiciones ecológicas similares en cuanto a altitud, exposición, suelos, entre otras, y lo más cercano geográficamente posible al ecosistema a restaurar. Aquí se recomienda complementar con información bibliográfica proveniente de Estudios Fitosociológicos que se hayan realizado en áreas cercanas, puesto que estos estudios detallan minuciosa y exhaustivamente la composición florística de las comunidades vegetales (asociaciones) y describen sus trayectorias sucesionales, con lo cual son muy útiles para interpretar la condición original y los estadios de degradación de un paisaje vegetal.

¹⁹ El utilizar relatos es importante tener en cuenta el "Síndrome de la referencia cambiante" (Pauly. 1995) que propone que la referencia de lo que entendemos como "natural" o "naturaleza bien conservada" está condicionada por la memoria de las personas.



Figura 15. Sector completamente degradado y rodeado de vegetación boscosa de especies exóticas en la comuna de El Tabo, Chile. El área no conserva elementos naturales ni cuenta con registros fotográficos o documentación respecto al ecosistema original. En este caso el modelo de ecosistema de referencia debe elaborarse en base a datos provenientes de otros sectores dentro de la misma comuna, pero que aún conserven condiciones más naturales. Fuente: Imagen registro propio.

Qué atributos debe tener un ecosistema de referencia?

Gann *et al.* (2019) explica que es importante que los modelos de referencia se basen en atributos específicos del ecosistema que deben recuperarse y que consideren tanto la complejidad ecológica como los cambios temporales (es decir, las dinámicas sucesionales o de equilibrio del ecosistema). Para ello propone seis atributos claves del ecosistema de referencia, que en su conjunto contribuyen a la integridad global, y que por tanto deben ser considerados al momento de desarrollar un proyecto de restauración (Tabla 12).

20 Acorde a cada tipo de ecosistema y respaldado según bibliografía

Tabla 12. Atributos del ecosistema de referencia. Fuente: Extraído de Gann *et al.* (2019).

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
Ausencia de amenazas	Las amenazas directas al ecosistema, como la sobreutilización, la contaminación o las especies invasoras están ausentes.
Condiciones físicas	Las condiciones ambientales, (incluidas las condiciones físicas-químicas del suelo y del agua, y la topografía) requeridas para mantener al ecosistema objeto están presentes.
Composición de especies	Las especies nativas características del ecosistema de referencia apropiado se encuentran presentes, mientras que las especies indeseadas están ausentes.
Diversidad estructural	Está presente una diversidad adecuada de los componentes estructurales clave, incluidos los estados demográficos, los niveles tróficos, los estratos de vegetación y la diversidad espacial de hábitats.
Funcionamiento ecosistémico	Niveles adecuados ²⁰ de crecimiento y productividad, reciclaje de nutrientes, descomposición, interacciones entre especies y tasas de disturbio
Intercambios externos	Los ecosistemas están integrados de manera adecuada en su contexto paisajístico o acuático a través de flujos e intercambios abióticos y bióticos.

Una propiedad inherente de los ecosistemas es su naturaleza dinámica, donde sus cambios a través del tiempo son resultado de factores internos (p. ej. cambios en las tasas de crecimiento poblacional) y externos (p. ej., disturbios físicos) (Gann *et al.*, 2019). Por tanto, el concepto de referencia es igualmente dinámico y comúnmente, la referencia representa un desarrollo avanzado que se encuentra en algún punto de la trayectoria ecológica deseada del ecosistema que se restaurará (SER, 2006).

Ello es especialmente relevante de considerar al momento de definir las acciones en proyectos que contemplan el restablecimiento de por ejemplo vegetación con especies de crecimiento lento o donde los procesos de sucesión ecológica son relevantes, lo que determinaría la necesidad de establecer acciones supletorias (p. ej. instalar cajas anideras de aves y otras estructuras para el enriquecimiento de la fauna silvestre) para la provisión de hábitat de especies claves, mientras no se alcance la trayectoria ecológica deseada.

1.3.3. Metas y objetivos de la restauración

La definición de metas y objetivos resulta como un producto de la identificación de procesos ecológicos, funciones y SSEE prioritarios para el área a restaurar. Por lo cual su elaboración se deberá enfocar en dichos elementos, acorde a los productos resultantes de las tablas 6, 7 y 8 de esta guía. Los objetivos se construyen a partir de él o los proceso/os afectado que fueron priorizado en el proyecto, mientras que las metas se orientan respecto a él/los SSEE que resultan como producto del proceso afectado (tabla 8).

A continuación, se listan ejemplos de objetivos posibles de definir en proyectos de restauración, para los cuales se indica entre paréntesis él/los tipos de humedales abordados por esta guía donde se aplicaría el respectivo objetivo.

- Recuperación de la conectividad longitudinal (ríos)
- Recuperación conectividad transversal (ríos)
- Recuperación conectividad vertical (ríos)
- Recuperación de flujos de sedimentación (ríos)
- Mejora de hábitats acuáticos y restablecer hábitat para la fauna silvestre (todo tipo de humedal)
- Recuperación vegetación ribereña (estuarios, ríos, lagos y lagunas interiores, lagunas costeras)
- Mejora calidad del agua (todo tipo de humedal) y reducir la concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en el agua (ríos, lagos, lagunas interiores, lagunas costeras)
- Aumentar capacidad de retención de crecidas a modo de disminución de riesgos de inundación en áreas urbanas (estuarios, ríos)
- Recuperación o aumento de la biodiversidad (todo tipo de humedal)
- Disminuir los procesos de erosión de laderas (ríos, lagos, lagunas interiores, lagunas costeras)
- Recuperar (a largo plazo) proceso de formación de turba y mantener/aumentar capacidad de almacenamiento de carbono (turberas, bofedales)
- Recuperar el nivel freático del ecosistema para restaurar su capacidad de almacenamiento y regulación hidrológica (vegas y bofedales)
- Incrementar o mantener la cobertura vegetal para proteger los suelos hídricos y humedad (vegas y bofedales)

En términos generales, las metas son definiciones formales sobre los resultados que se prevé alcanzar con el proyecto de restauración ecológica. Puede ser la reducción de una amenaza crítica, o un logro esperado. Las metas deben estar claramente integradas a los objetivos, ser medibles, con plazos de tiempo limitados, y ser específicas (Gann *et al.* 2019).

Por otra parte, los objetivos son declaraciones formales de la condición ecológica o social deseada a mediano y largo plazo, incluido el nivel de recuperación buscado. Los objetivos deben estar claramente integrados a los objetos, ser medibles, con plazos de tiempo limitados, y ser específicos (Gann *et al.*, 2019).

Un objetivo bien planteado debe cumplir con los siguientes criterios:

- **Específico:** Definido claramente para que todas las personas implicadas en el proyecto tengan la misma comprensión de lo que significan los términos del objetivo.
- **Medible:** Definible en relación con alguna escala estándar (números, porcentajes, fracciones, o estados de todo/nada).
- **Alcanzable:** Práctico y apropiado en el contexto del lugar del proyecto y en vista del contexto político, social y financiero (especialmente relevante para las metas).
- **Orientado a los resultados:** Representa los cambios necesarios en la condición del objeto de reducción de la amenaza y/o otros resultados clave esperados.
- **Limitado en el tiempo:** Alcanzable en un período de tiempo específico.

Los objetivos del proyecto se deben basar en toda la información recopilada en la etapa de diagnóstico, considerando las condiciones preexistentes del humedal y teniendo como referente las condiciones ecológicas del ecosistema de referencia.

Por su parte, la definición de metas y objetivos de restauración con enfoque en SSEE, busca la recuperación de los procesos y servicios claves de los humedales (identificados y priorizados en la etapa de diagnóstico), teniendo en cuenta los factores que conducen a la degradación y los tipos de acción requeridos para lograr la restauración de diferentes atributos.

Este enfoque reconoce la naturaleza dinámica de los ecosistemas, comprendiendo que la provisión de servicios ecosistémicos depende de los procesos y funciones de los ecosistemas (Figura 11), tal como se muestra a través del marco conceptual “Cascada de los Servicios Ecosistémicos” (CSE) de Potschin y Haines-Young (2011) que conecta lógica y sucintamente las estructuras y procesos ecosistémicos con los elementos que afectan el bienestar humano a través de una especie de “cadena de producción”. De esta manera, la CSE demuestra que se requieren estructuras funcionales de un ecosistema para la generación de servicios ecosistémicos y de los consiguientes beneficios asociados a ellos (MMA, 2014).

La Restauración ecológica bajo el enfoque convencional se centra en la recuperación de la estructura y funciones de los ecosistemas buscando recrear ecosistemas con propiedades que fueron características del sistema en algún momento del pasado. Sin embargo, bajo el enfoque de servicios ecosistémicos se busca obtener ecosistemas funcionales que presten

SSEE a la sociedad, ello como parte de un acuerdo científico-social. A continuación, se presenta un ejemplo de metas y objetivos con enfoque de Servicios Ecosistémicos.

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Ejemplo de enfoque de servicios ecosistémicos proyecto "restauración ecológica de lago interior eutrofizado"

Servicio ecosistémico que recuperar: Recreación y Turismo (de tipo cultural).

Meta: En un plazo de 10 años se recuperan las condiciones ambientales del lago a niveles que permitan el uso recreacional de la población acorde a la normativa ambiental vigente.

Objetivo 1: Disminuir al menos en un 60% la acumulación de biomasa vegetal en el espejo de agua, dragando anualmente el sedimento acumulado en dos sectores específicos, con mayor contenido orgánico, durante tres años consecutivos.

Objetivo 2: Disminuir en un 20% el arrastre de sedimentos al interior del lago, colocando troncos y piedras en línea al contorno del humedal, atrapando sedimentos y evitando la erosión causada por el movimiento de agua.

Objetivo 3: Evitar la erosión de las orillas del lago, plantando especies leñosas nativas, propias del lugar, en una faja de 10 m de ancho, cubriendo el 50 % de toda la orilla en un plazo de dos años contados desde el inicio del Proyecto.

1.3.4. Definición medidas/acciones de restauración

Las medidas o acciones de restauración deben ser definidas priorizando la mínima intervención en el ecosistema que permita su recuperación, dado lo cual la restauración pasiva siempre debería ser la primera opción. Sin embargo, será el diagnóstico ecológico lo que determine el nivel de intervención que se requiere (tipo de restauración) a modo de lograr activar los procesos ecológicos bloqueados y conseguir la reestructuración del sistema a través de la memoria ecológica.

Adicionalmente las actuaciones deben ser planificadas bajo un enfoque de gestión adaptativa, es decir diseñando las acciones de restauración de forma que permita aceptar o rechazar una hipótesis y estableciendo las respectivas medidas correctivas de ser necesario. Para ello resulta clave contar con un adecuado diseño experimental, a modo de determinar los factores críticos a considerar durante la implementación de las acciones y su monitoreo.

Sin embargo, las alternativas a seguir en los proyectos dependerán de las características propias de cada iniciativa. No existe una fórmula única de restaurar ecosistemas, y cada proyecto requiere tiempo para obtener los resultados esperados, por lo que la planificación de las acciones y su posterior monitoreo debe considerar una proyección temporal adecuada.

Finalmente es recomendable siempre adoptar la técnica más simple a igual resultado, considerando la hipótesis siempre de mínima intervención, entendiendo por solución más simple la que requiera menor nivel de energía (esto es menor complejidad) y más sostenible (considerando que los recursos normalmente son escasos especialmente para monitoreo y mantención).

En tabla 13 se lista ejemplos de acciones comunes en proyectos de restauración y a los objetivos que aportan.

Tabla 13. Ejemplos de acciones de restauración comunes por tipo de objetivos, para cada tipo de humedal abordado en esta guía. Se consideran los siguiente objetivos: **(1)** Recuperación conectividad longitudinal, **(2)** Recuperación conectividad transversal, **(3)** Recuperación conectividad vertical, **(4)** Recuperación de flujos de sedimentación, **(5)** Mejora de hábitats acuáticos, **(6)** Recuperación vegetación ribereña, **(7)** Mejora calidad del agua, **(8)** Aumento retención de crecidas, **(9)** Recuperación/aumento biodiversidad, **(10)** Disminución procesos erosivos de laderas, **(11)** Recuperación proceso formación de turba, **(12)** Recuperación nivel freático, **(13)** Incremento o mantención cobertura vegetal y suelo hídrico. Fuente: Elaboración propia a partir de Magdaleno (2008) y Mola *et al.* (2018).

Tipo humedal	Acciones de restauración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lagunas Costeras o Albuferas, Estuarios	Mejora de la dinámica dunar; eliminación de elementos artificiales; aumento de la anchura de playas; favorecimiento de la formación de dunas, facilitando el transporte natural de arena; suplementación de arena, otros.				•					•	•			•
Ribereño	Reintroducción de materiales vegetales en el cauce para generación de hábitats			•	•	•				•				
Ribereño	Aumento de la conectividad del cauce con la llanura de inundación y todos los espacios afectados por su dinámica (zonas inundables, terrazas, etc.)		•						•	•	•			•
Ribereño	Diversificación de las condiciones y ambientes (sinuosidad, rápido/remansos, superficial/profundo, rocoso/arenoso), creando heterogeneidad ambiental.	•	•	•	•	•	•			•	•			
Ribereño	Recuperación de granulometría del lecho, Introducción de bolos y gravas en el cauce			•	•	•				•				
Ribereño	Creación de deflectores (estructuras, generalmente triangulares, de piedras y troncos usadas para cambiar la dirección del flujo con el propósito de proteger las orillas, excavar pozas, concentrar las aguas en estiaje, o bien crear rápidos)			•	•	•	•							

Tipo humedal	Acciones de restauración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ribereño	Creación de azudes: pequeñas presas de perfil bajo, utilizadas generalmente para crear o ahondar pozas, y para recolectar y sujetar gravas para potenciar los frezaderos naturales en ríos de fuertes pendientes)			•	•	•	•		•					
Ribereño	Pasos para peces					•				•				
Ribereño	Introducción de disipadores de la energía hidráulica del río	•	•	•	•	•	•		•					
Ribereño	Técnicas de estabilización de ribera mediante: fajinas, empalizadas, esteras, entramados y estacas						•				•			
Ribereño	Técnicas de recubrimiento para facilitar la germinación de semillas en riberas: mantas orgánicas, geomallas, geotextiles y biorrollos, destinados a disminuir la erosión						•				•			
Ribereño	Técnicas mixtas de germinación y estabilización: construcción de gaviones y escolleras vegetadas, con o sin filtros o membranas.						•				•			
Ribereño	Filtros de sedimentos y sustancias químicas.				•	•		•						
Ribereño	Restitución de la vegetación original (considerando una adecuada sucesión vegetal).		•				•		•	•	•		•	•
Ribereño	Realización de avenidas controladas para simular el régimen natural.	•		•	•		•		•	•			•	•
Ribereño	Gestión ambiental de caudales (caudales ecológicos)	•				•				•				•
Ribereño, Lagunas Costeras o Albuferas	Control de procesos erosivos. Favorecimiento del depósito de sedimento y recuperación de la geomorfología natural			•	•	•	•	•	•		•			

Tipo humedal	Acciones de restauración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ribereño, Lagunas Costeras o Albuferas	Eliminación de obstáculos artificiales en el río (remoción de azudes y presas, estruvas) terraplenes y elementos artificiales en humedales costeros (favorecer mezcla de agua salina y agua dulce)	•			•				•					
Ribereño, Lagunas Costeras o Albuferas, Lagos y lagunas Interiores	Creación de bandas de vegetación ripariana que sirvan de control a la entrada de sustancias orgánicas e inorgánicas	•				•		•		•				
Ribereño, Lagunas Costeras o Albuferas, Lagos y lagunas Interiores	Estabilización de taludes y plantación de vegetación de ribera		•		•	•	•	•	•		•		•	•
Ribereño, Lagunas Costeras o Albuferas, Lagos y lagunas Interiores	Control de macrófitas (p. ej. directa por extracción o indirecta por sombreado)					•		•		•				•
Todo tipo de humedal	Recuperación del régimen hídrico (entradas y salidas de agua)	•	•	•	•	•		•		•		•	•	•
Todo tipo de humedal	Establecimiento de buffer de protección/exclusión				•	•	•	•	•	•				•
Todo tipo de humedal	Restricción/control de entrada al ganado en las zonas a ser restauradas					•				•				•
Todo tipo de humedal	Barreras naturales a la entrada de especies invasoras	•				•				•				•
Todo tipo de humedal	Creación de refugios artificiales y ambientes que favorezcan su colonización natural					•				•				

Tipo humedal	Acciones de restauración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Todo tipo de humedal	Control/eliminación de especies alóctonas e invasoras					•				•				•
Todo tipo de humedal	Construcción de instalaciones de uso público (p. ej. pasarelas, centros interpretativos, miradores, etc)					•	•			•				
Todo tipo de humedal	Revegetación (plantaciones, siembras)					•	•	•		•	•			•
Todo tipo de humedal	Introducción de especies autóctonas clave, tanto vegetales como de fauna.					•				•				
Todo tipo de humedal	Reperfilado del relieve para conseguir formas compatibles con el entorno. Diseño y construcción de una adecuada red de drenaje.		•			•	•	•			•	•		•
Todo tipo de humedal	Mejoras edáficas de suelo degradado en ribera a modo de permitir revegetación, adición controlada de enmiendas (añadir materia orgánica, extendidos de tierra vegetal, etc.).					•	•			•				
Todo tipo de humedal	Atracción de especies del entorno (dispersores, polinizadores, etc.).					•	•			•				
Todo tipo de humedal	Gestión de las fuentes de contaminación de la cuenca							•		•				
Todo tipo de humedal	Reorganización del uso del suelo en la cuenca fluvial, especialmente en las zonas más próximas de influencia directa del humedal.		•					•			•		•	•
Todo tipo de humedal	Instalación de infraestructuras depuradoras del agua (ej. bombas, filtros, mallas) o fomento de especies que favorecen la capacidad auto-depurativa del agua							•						

Tipo humedal	Acciones de restauración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Todo tipo de humedal	Aplicación de medidas agroecológicas para evitar la eutrofización y mejora de las prácticas silvícolas					•		•			•		•	•
Turberas	Rehumidificación de turberas y revegetación para recuperar el nivel freático y formación de turba.									•		•	•	•
Vegas y bofedales	Champeo, canalización, construcción de pequeños diques para favorecer la distribución homogénea del agua.					•				•			•	•

1.3.5. Diseño plan de seguimiento y gestión adaptativa.

El plan de seguimiento tiene como objetivo asegurar que las medidas implementadas sean efectivas a largo plazo, proporcionando un marco detallado para evaluar los progresos y realizar los ajustes necesarios. El plan debe incluir indicadores específicos para medir el éxito de cada acción de restauración, métodos claros de medición y frecuencia de monitoreo bien definida. Además, resulta adecuado establecer un programa de mantenimiento continuo para preservar y mejorar los logros alcanzados, involucrando activamente a los actores y partes interesadas de la comunidad en el proceso.

En términos generales el plan de seguimiento busca:

- Evaluar la eficacia de las actuaciones
- Conocer la evolución del ecosistema
- Mejorar las acciones en ejecución y proyectadas
- Transferir el conocimiento a otras áreas/tramos del ecosistema

Normalmente la recuperación de los procesos y estructuras de los ecosistemas son lentos, y dependen de las características propias de cada ecosistema y del tipo de acciones implementadas. Sin embargo, resulta adecuado que el seguimiento inicie tempranamente y considere una proyección temporal adecuada que permitan adoptar los ajustes necesarios ya sea en los objetivos o las medidas de restauración.

En general es recomendable que el plan de seguimiento considere un periodo mayor a tres años para que se aprecien signos de recuperación y los flujos de materia y energía se ajusten en el ecosistema restaurado (Mola *et al.*, 2018). Por lo cual, idealmente se debería considerar como mínimo un periodo de 1-5 años para evaluar el establecimiento de las actuaciones (p. ej. se evidencia la ausencia de proliferación (blooms) algal o que el flujo hídrico de bofedal se reestablece), un periodo de 5-10 años para que el ecosistema muestre indicios de recuperación de procesos ecológicos (p. ej. evidencia recuperación de hábitats estables) y más de 10 años para evaluar la recuperación del sistema.

A modo de orientar la elaboración del plan de seguimiento de las acciones de restauración, se recomienda considerar, a lo menos los elementos indicados en tabla 14.

Tabla 14. Propuesta de elementos mínimos a considerar para el desarrollo de un Plan de seguimiento de las acciones de restauración. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Acción de restauración	Indicador	Medidas/ Método	Valor/ condición inicial	Frecuencia de medición	Criterio de éxito
Se debe indicar el objetivo a alcanzar (p. ej. recuperación/aumento de la biodiversidad)	Se debe identificar las acciones a monitorear (p. ej. Creación de refugios artificiales y ambientes (núcleos de vegetación hidrófita que favorezcan la reproducción de anfibios y colonización natural)	Debe ser medible e ir en directa relación con la acción. (p. ej. Riqueza de especies de anfibios nativos y abundancia de individuos adultos)	Se debe identificar metodología a utilizar, parámetros a medir, número de sitios y la duración.	Se debe indicar el valor (puede ser % cobertura, concentración, riqueza, etc.) existente al iniciar la acción (p. ej. ausencia de presencia de anfibios nativos en el humedal, pero que si se encuentran en humedales aledaños)	Debe ser establecida acorde a las características de las actuaciones (p. ej. frecuencia adecuada al ciclo de vida de la/es especies de anfibio objetivo)	Para el cumplimiento del objetivo y en base al indicador definido (p. ej. aumento riqueza abundancia de anfibios nativos o colonización de a lo menos 1 especie de anfibio reportado en el humedal previo a su alteración)

El diseño del plan de seguimiento y evaluación debe considerar un enfoque de gestión adaptativa, estableciendo indicadores adecuados que permita aplicar medidas correctivas, en los casos que exista imprevistos (p. ej. muerte de plántulas en niveles mayores a los estimados, nuevas fuentes de perturbación, etc.) o que el ecosistema no responda acorde a lo esperado (p. ej. medida seleccionada o implementación no resultó adecuada). Se debe considerar indicadores que permitan evaluar la situación de partida (previo al desarrollo de las acciones de restauración), así como los hitos intermedios y finales, que permitan verificar la recuperación de los procesos o adaptar las acciones según la respuesta del ecosistema.

Durante la definición de indicadores se debe verificar el cumplimiento de las siguientes condicionantes:

- Deben evaluar variables indicativas de los procesos ecológicos priorizados
- Deben ser pertinentes (basados en las características de cada tipo de humedal)
- Deben estar vinculados a acciones concretas del proyecto
- El método de estimación debe ser preciso y relativamente sencillo
- El resultado del indicador debe ser fácilmente interpretable
- Su estimación debe ser técnicamente viable y con un coste económico aceptable
- Tienen que poder ser evaluados en las situaciones pre y post proyecto

En tabla 15 se presentan ejemplos de indicadores para algunas de las actuaciones propuestas en tabla 12.

Tabla 15. Ejemplos de indicadores de seguimiento para acciones de restauración. Fuente: Elaboración propia.

Acción de restauración	Indicador ²¹
Mejora de la dinámica dunar; favorecimiento de la formación de dunas, facilitando el transporte natural de arena	Incremento en la superficie dunar estabilizada (% de reducción en la erosión) Abundancia y diversidad de especies vegetales pioneras Variación en la altura o movilidad de las dunas (medida por topografía)
Diversificación de condiciones y ambientes en el cauce	Incremento en la heterogeneidad del hábitat (% de nuevos hábitats creados) Secuencia de mesohábitats Abundancia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores Mejora en la calidad del agua (oxígeno disuelto, turbidez)
Recuperación de la granulometría del lecho, introducción de sedimentos	Composición granulométrica en tramos representativos Estabilidad del lecho (tasa de erosión/acumulación de sedimentos) Presencia y densidad de macroinvertebrados bentónicos sensibles a la granulometría del sustrato Aumento abundancia de especies ícticas dependiente del tipo de sedimento para desove
Aumento de la conectividad del cauce con la llanura de inundación	Número de eventos de inundación natural registrados en el área restaurada Incremento en la diversidad de hábitats asociados a la llanura de inundación Recuperación de especies de flora y fauna dependientes de ciclos de inundación
Revegetación (plantaciones, siembras) para la estabilización del suelo	Tasa de germinación por unidad de tiempo Tasa de sobrevivencia por unidad de tiempo Disminución de la tasa de erosión del suelo Composición de especies en relación con el ecosistema de referencia
Control/eliminación de especies alóctonas e invasoras	Reducción del área cubierta por especies invasoras (% respecto a la línea base) Incremento en la presencia de especies nativas clave (Diversidad de especies: índices de Shannon, Simpson, etc.)Cambios en la estructura y función del ecosistema tras la intervención

Finalmente, un Plan de Seguimiento debe incluir un cronograma de implementación, cuya finalidad es asegurar la consecución y consolidación de los objetivos propuestos para la restauración. Corresponde a un proceso continuo de supervisión destinado a seguir de cerca el progreso de las actividades del proyecto, permitiendo así la actualización constante del estado y la gestión de cambios. Se sugiere utilizar como herramienta, el desarrollo de Cartas Gantt que incorpore los objetivos, diferentes acciones a implementar, proyección temporal para la ejecución de la acción y responsables.

Para profundizar en torno al diseño de Plan de seguimiento y monitoreo de humedales se recomienda revisar la guía de monitoreo de Humedales²² (ONU Medio Ambiente-MMA. 2022a).

²¹ Se proponen indicadores generales, cada proyecto deberá incluir temporalidad y tasa (p. ej. % cumplimiento) en la evaluación del indicador.

²² <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/08/Guia-Monitoreo-de-humedales-03-05-24.pdf>

1.3.6. Difusión

En el marco del enfoque participativo de cada proyecto (apartado 1.1.2., página 26) se debe mantener una continua comunicación y difusión del estado del proyecto, ello a modo de permitir la participación de los actores claves, en especial de la comunidad local que se verá beneficiada con la recuperación del humedal.

Para ello se recomienda realizar difusión a través de medios de difusión local (p. ej. radio comunitaria, canales de televisión regional, boletines locales asociados a municipios, redes sociales, letreros o paneles informativos, podcast, etc.). Independiente al medio seleccionado para realizar la difusión, el objetivo es establecer un canal de comunicación efectivo que permita mantener informada a la comunidad sobre los progresos de la restauración del humedal.

Adicionalmente, se podrán realizar actividades educativas o de concienciación, mediante senderos interpretativos, capacitaciones, charlas, participación del proyecto en jornadas ambientales asociadas a los municipios o las instancias de gobernanza relacionadas con el humedal (p. ej. Comité Comunal de Humedales Urbanos, gobernanza asociada a Planes de Manejo de Áreas Protegidas asociadas al humedal, etc.).

Para profundizar respecto a herramientas para la difusión de los proyectos de Restauración se recomienda revisar el Manual online de comunicación para investigadores de la Universidad de la Rioja España (2024) disponible en <https://comunicaciencia.unirioja.es/>.

1.3.7. Presupuesto

A modo de permitir la viabilidad económica del proyecto de restauración, resulta clave contar con un detalle presupuestario de las distintas actuaciones a implementar, así como los costos generales del proyecto. Para ello se debe considerar al menos la identificación de los siguientes elementos:

23 Partes individuales de trabajo, materiales o servicios necesarios para completar un proyecto

1. Definición de las unidades de obras²³. Se debe detallar todas las unidades de obras que se requieren desarrollar para el cumplimiento del proyecto. Considerando las distintas etapas (incluido el monitoreo), considerando al menos los siguientes elementos:

Tabla 16. Detalle definición de unidad de obra. Fuente: Elaboración propia

Etapas del proyecto / Acción	Código (correlativo)	Actividad/unidad de obra. (se debe identificar la actividad a implementar)	Objetivo del proyecto relacionado
p. ej.: Implementación /1.06 Creación de refugios artificiales y ambientes (núcleos de vegetación hidrófita) que favorezcan la reproducción de anfibios y colonización natural	p. ej.: 1.1	p. ej.: Plantación de diferentes especies hidrófitas de interés.	p. ej.: Recuperación/ aumento biodiversidad

2. Mediciones de las unidades de obra y supuestos para el dimensionamiento. Se debe describir las unidades de obra a implementar definiendo los supuestos para su implementación y cuantificarlos. En la estimación se debe considerar el valor de insumos, maquinaria, mano de obras, etc.

Tabla 17. Detalle medición unidad de obra y precios. Fuente: Elaboración propia

Código (correlativo asociado a tabla anterior)	Actividad/unidad de obra. (se debe identificar la actividad a implementar) <i>p. ej.: Plantación de diferentes especies hidrófitas de interés.</i>	Descripción (se debe detallar la unidad de obra) <i>p. ej.: Plantación de herbazales estructurales en fibra de coco y vegetado con hidrófitas desarrolladas de altura 5-10 cm.</i>	Unidad de medida <i>p. ej.: m²</i>	Cantidad o volumen a utilizar <i>p. ej.: 50</i>	Valor unitario \$	Valor total unidad de obra (cantidad o volumen X valor unitarios)

Resulta adecuado incorporar en cada ítem de unidad de obra, la temporalidad en la cual se realizará el gasto del presupuesto, ello a modo de disponer de forma precisa los respectivos pagos/desembolsos.

3. Presupuesto total del proyecto. Corresponde a tabla resumen del presupuesto total del proyecto, se debe considerar en términos generales:

- Costo material de las unidades de obras (puntos 1 y 2 previos),
- Gastos generales (administración del proyecto, servicios administrativos, etc.),
- Contingencias (% adicional para imprevistos no considerados en la planificación)
- Impuesto respectivo (IVA), ente otros.

A modo de profundizar respecto al diseño de presupuestos de proyectos se puede revisar los Requisitos Genéricos para Proyectos de Inversión, del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, disponible en https://sni.gob.cl/storage/docs/RIS_genericas_para_proyectos_de_inversion_2023.pdf

2. Etapa Implementación

La etapa de implementación incluye la ejecución de las acciones o medidas de restauración y el seguimiento de estas, en el marco del programa de monitoreo definido en la etapa de diseño. Resulta clave involucrar en la implementación a los actores locales (enfoque participativo) para lo cual se podrá privilegiar la contratación de insumos, productos y/o mano de obra local, siempre que las condiciones lo permitan.

2.1 Implementación de acciones o medidas de restauración

A continuación, se presentan ejemplos de la implementación de acciones de restauración de humedales para los seis ecosistemas priorizados: Estuarios, Lagunas Costeras o Albuferas, Ribereños, Lagos y lagunas Interiores, Turberas, Bofedales y Vegas.

2.1.1. Estuarios

Un estuario corresponde a un humedal que se forma cuando las aguas continentales de los ríos y quebradas se mezclan en su desembocadura con el agua del mar. Los estuarios y las áreas circundantes son áreas donde las aguas continentales ("aguas dulces") se mezclan gradualmente con las aguas oceánicas, determinando la existencia de amplios gradientes de salinidad, temperatura y densidad (Valdovinos y Stuardo, 1989). Sin embargo, aunque influenciados por las mareas, los estuarios pueden permanecer separados del mar, gran parte del tiempo, por una faja de arena, denominada "barra terminal".

El ambiente estuarino figura entre los más productivos en la tierra, creando cada año más materia orgánica que áreas comparables en tamaño, de bosques, prados o tierras agrícolas. Dentro y fuera de los estuarios se encuentran una gran variedad de hábitats que incluyen; aguas poco profundas, pantanos de agua dulce y agua salada, playas arenosas, bosques, dunas, entre otros. Esta variedad de hábitats estuarinos alberga una abundante y diversa vida silvestre que depende de estos hábitats estuarinos para vivir, alimentarse y reproducirse. Los estuarios proveen lugares ideales para que las aves migratorias descansen y se reabastezcan durante sus jornadas. Muchas especies de peces y crustáceos dependen de las aguas estuarinas como lugares seguros para reproducirse. A parte de servir como hábitats importantes para la vida silvestre, los estuarios también desempeñan otras funciones de alto valor; la vegetación hidrófila presente en los ambientes estuarinos filtra mucho de los contaminantes y sedimentos del agua drenada de la cuenca, esto produce agua más clara y limpia, lo cual beneficia tanto a las personas como a la vida marina. Los estuarios actúan también como amortiguadores naturales entre la tierra y el océano absorbiendo las inundaciones y disipando las marejadas, lo que protege a los organismos de tierra adentro, así como a la población, de tormentas y daños por inundaciones. Entre los beneficios culturales de los estuarios se encuentra la recreación, turismo, educación ambiental, conocimiento científico, entre otros (EPA, en línea).

Finalmente es importante destacar los beneficios económicos derivados de los estuarios que, al proveer variados recursos, permiten sostener una amplia gama de actividades económicas como la pesquería.

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Restauración de la laguna Cahuil, comuna de Pichilemu, Chile. Proyecto GEF Humedales Costeros.

- **Tipo de humedal:** Estuario, con conexión intermitente.
- **Objetivo:** Restablecer la dinámica hidrológica y sedimentaria de la desembocadura de la laguna Cahuil (estuario) a modo de mantener las condiciones adecuadas para la conservación de la biodiversidad y provisión de SSEE.
- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Regulación hídrica.
 - b. Provisión de materias primas (salineras).
 - c. Hábitat para biodiversidad (recursos genéticos).
- **Problemática abordada:** Pérdida importante de los servicios ecosistémicos del humedal.

El humedal de Cahuil se ubica en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, comuna de Pichilemu. Es un sistema que, dependiendo del régimen hidrológico del estero Nilahue, las características del oleaje y los ciclos de marea, lo que produce puede alternar entre un estuario con conexión al mar, o una laguna costera que se desconecta del mar debido a la formación de una barra de arena.



El humedal se encuentra en un clima mediterráneo de influencia costera, con un régimen hidrológico estacional caracterizado por un período lluvioso invernal y un período de sequía en verano. La precipitación que cae en la cuenca del estero Nilahue puede provocar un aumento de caudal que fluye hacia el humedal de Cahuil. En este contexto, y dependiendo de las condiciones de la barra (abierta o cerrada), el caudal del estero puede tener dos destinos; si la barra se encuentra abierta, el caudal vaciará hacia el mar. En estas condiciones de estuario existe una influencia del mar debido al ingreso de la marea, o si la barra se encuentra cerrada, el caudal acumulará en la laguna y provocará aumento de su nivel. En este caso, el nivel puede llegar a umbrales de inundación que inducen una apertura mecanizada (Photosíntesis, 2021a).

Este humedal tiene alto valor ecológico y social, con presencia de variadas funciones y servicios ecosistémicos que sustentan la economía local. Las actividades de la comunidad se centran en la extracción de sal, el turismo y extracción de recursos marinos (Photosíntesis, 2021a).

Desde el terremoto del año 2010, la percepción de la comunidad es de un cambio brusco en el estado de la laguna, que se ha reflejado en cambios en la dinámica de apertura y cierre natural de la barra. Paralelamente se ha detectado eutrofización del sistema, con aumento de la turbidez del agua y proliferación de micro y macroalgas. Por estas razones existe preocupación de la comunidad por el destino de sus fuentes de trabajo, ya que se presume posibles cambios negativos en los recursos pesqueros, lo que se acrecienta con cambios en el uso del suelo y disminución del caudal de agua dulce (Photosíntesis, 2021a). Por otro lado, por haber perdido la capacidad de abertura natural de la barra, no ingresa la

cantidad de agua de mar necesaria para el funcionamiento de las salinas, lo que ha traído como consecuencia una merma importante en la cosecha de sal y por ende en la economía local (Photosíntesis, 2021 b) y el patrimonio cultural de Cáhuil.

Luego de estudios detallados de la problemática, Photosíntesis (2021a, 2021b), proponen como acción prioritaria de restauración para el humedal, implementar un protocolo de apertura mecanizada de la barra terminal (Tabla 18) para intentar recuperar la dinámica hidrológica y sedimentaria, así como los servicios ecosistémicos asociados.

Tabla 18. Descripción acciones implementadas en el humedal de Cáhuil. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Elaboración protocolo de manejo de la barra. Puesta en marcha Sistema de Alerta Temprana e implementación protocolo de manejo de la barra.
Técnicas utilizadas	Valorización de los Servicios Ecosistémicos del humedal de Cáhuil. Se realizó una primera aproximación sobre la valorización económica de los SSEE que se encuentran directamente relacionados a la dinámica de la barra de arena, en el marco de la Valoración Económica Total (VET), la que se utiliza como base, para dimensionar la provisión de servicios desde los sistemas naturales hacia la sociedad y estimar los costos y beneficios ambientales que usualmente no son tomados en cuenta al tomar decisiones sobre el uso de los recursos ambientales. Elaboración del protocolo de manejo mecánico de la barra del humedal de Cáhuil. El protocolo es un procedimiento sistematizado que permite la regulación del manejo de la barra, y que éste se haga de modo informado y coordinado. Para ello, se propone una pauta de evaluación en base a umbrales variables críticas del sistema (nivel de agua, salinidad y oxígeno disuelto todos ellos medidos mediante un monitoreo continuo en línea) que determinan la activación de la apertura de la barra, permitiendo decidir bajo qué condiciones es adecuado realizarla. La construcción del protocolo se basó en el comportamiento hidrodinámico del estuario, considerando componentes de riesgo, variables socioambientales y actividades económicas susceptibles de ser impactadas. En este punto, se confeccionó un calendario sobre la estacionalidad de los servicios ecosistémicos provistos por el Humedal y su relación con la barra, lo que aportó información relevante para su manejo. El protocolo finalmente fue validado con la comunidad y actores locales relevantes del humedal. Implementación del protocolo de manejo de la barra. En el invierno de 2023, se aplicó por primera vez el protocolo de apertura mecanizada de barra considerando el sistema de alerta temprana, de forma exitosa.
Consideraciones de implementación	Para los monitoreos, adicionalmente al monitoreo continuo, se fomentó la participación de la comunidad mediante un monitoreo ciudadano, que pueda llevar registro de la información del humedal (ej. lectura de niveles de agua mediante regleta, y/o toma de datos con dispositivos portátiles o kit de medición). Sin perjuicio de lo anterior, es necesaria la implementación de sensores automáticos que puedan registrar las variables en forma continua las que idealmente cuenten con tecnología telemétrica para que la información sea transmitida en tiempo real y publicada en un sitio digital de libre acceso para todos los usuarios.

Acción(es) de restauración priorizada	Elaboración protocolo de manejo de la barra. Puesta en marcha Sistema de Alerta Temprana e implementación protocolo de manejo de la barra.
Indicadores de éxito	• Hidrología regulada. • Duración de fase de estuario activa post intervención de 1-2 meses continuos durante invierno o 2-3 semanas continuas en verano. • Niveles de salinidad adecuados para mantener la provisión de sal. • Niveles de oxígeno disuelto suficientes para sostener el desarrollo de la vida acuática.
Monitoreo	De acuerdo con el protocolo propuesto se considera la medición y monitoreo de las siguientes variables de estado: Nivel de agua La medición del nivel de agua es importante para evaluar las crecidas fluviales y riesgo de inundación de viviendas y salinas, por lo que es relevante contar con información regular, sobre todo en casos que se perciba incremento de caudal. El método más sencillo y de bajo costo para monitorear esta variable es mediante la instalación de Limnómetros. También puede instalarse sensores automáticos con datalogger, o sensores de presión con telemetría. Salinidad La medición de salinidad es relevante para evaluar las condiciones del estuario, en casos que ocurra un posible cierre temprano de la barra y donde su grado de salinidad sea bajo, lo que puede dificultar o impedir el desarrollo adecuado de la actividad salinera e influir en los ciclos naturales de las especies claves (p. ej. peces). El método más sencillo para monitorear esta variable es usando un densímetro de vidrio, que dependiendo de su flotabilidad entrega lectura de rango de densidad, útil para estimar valor aproximado de salinidad. Otro instrumento más preciso es el probador de salinidad, que entrega valores de salinidad precisos, pero requiere de soluciones de calibración. Un tercer métodos más complejos, que requieren de personal técnico, son el uso de multiparámetro, un equipo portátil que entrega datos de alta precisión. Finalmente, también puede instalar en el sitio de monitoreo un sensor automático con datalogger que permite hacer un registro de forma continua (método utilizado en Cahuil). Oxígeno disuelto Con el fin de mantener condiciones de habitabilidad para la biodiversidad, es importante evaluar la posible disminución de oxígeno disuelto (que puede determinar la generación de hipoxia y/o anoxia en el ecosistema) que puede ser de riesgo para la vida acuática. El método más básico para monitorear esta variable es usando un kit químico para oxígeno disuelto, el cual igualmente se utiliza en el marco de los monitoreos ciudadanos. Otro método es usando un Medidor Portátil para Oxígeno Disuelto, que tiene una sensibilidad y precisión mayor; sin embargo, requiere calibraciones continuas y mantenimiento. Finalmente, igual que en el caso anterior, puede usarse instrumentos de alta precisión como un Multiparámetro, o instalarse un Sensor automático con datalogger (método utilizado en Cahuil).

Acción(es) de restauración priorizada	Elaboración protocolo de manejo de la barra. Puesta en marcha Sistema de Alerta Temprana e implementación protocolo de manejo de la barra.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas: Fotosíntesis (2021a) Fotosíntesis (2021b) Fotosíntesis (2021c) Fotosíntesis (2021d)

2.1.2. Lagunas costeras o albuferas

Las lagunas costeras son ecosistemas complejos con un equilibrio natural frágil entre los ecosistemas terrestres y oceánicos adyacentes. El agua dulce y nutrientes entran a la laguna a través de las aguas de escorrentía o el flujo de aguas subterráneas, por lo que la degradación ambiental de la cuenca que alberga a la laguna puede alterar fácilmente este equilibrio natural (Gattenlöhner *et al.*, 2004).

Entre estos factores de degradación ambiental de origen antrópico más frecuentes en nuestro país se encuentran los incendios forestales y el reemplazo de vegetación nativa por plantaciones agrícolas, forestales y/o urbanizaciones, lo que ha generado cambios abruptos en la estructura, composición y procesos de los ecosistemas naturales, en especial los humedales costeros que no solo son el receptáculo de una serie de elementos productos de la degradación de la cuenca, como por ejemplo el incremento considerable de sedimentos debido a la erosión posterior a los incendios forestales, o la contaminación química difusa proveniente de actividades agroforestales y pecuarias, sino también ven afectada su hidrología ya sea por disminución de los flujos hídricos de la cuenca, o por la excesiva sedimentación que puede llegar a sepultar un humedal en los casos más severos.

El aporte de sedimentos en los humedales puede reducirse, según Lindig-Cisneros y Zedler (2005), incorporando a la restauración del humedal la recuperación o restauración de las partes altas de las cuencas, a través de la creación de una cubierta vegetal preferentemente con especies nativas del área.

Por otra parte, existen estudios científicos realizados en diversas cuencas de varias regiones de Chile, que muestran una disminución de la provisión de agua en las cuencas cubiertas por plantaciones forestales de especies exóticas (Lara *et al.*, 2009, 2013, Little *et al.*, 2009).

En consecuencia, promover la restauración de la vegetación natural de forma activa, desde las pequeñas cuencas a la escala de paisaje, que involucre la plantación directa de las especies nativas, y en paralelo mantener el control de las especies exóticas invasoras (p. ej. eucalipto), es esencial para asegurar la provisión de agua como servicio ecosistémico (Lara *et al.*, 2013).

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Restauración del humedal costero de Mantagua, comuna de Quintero, Chile. Proyecto GEF Humedales Costeros.

- **Tipo de humedal:** Albúfera (laguna costera)
- **Objetivo:** Contribuir al incremento del flujo hídrico en la(s) cuenca(s) aportante(s) que provee(n) de agua a la albúfera.

- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Provisión de agua fresca
 - b. Captura y almacenamiento de carbono
 - c. Beneficios estéticos (belleza escénica)
 - d. Hábitat para la biodiversidad (recursos genéticos)
- **Problemática abordada:** Disminución del flujo hidrológico de los esteros aportantes al humedal costero de Mantagua.

El humedal de Mantagua se ubica en el litoral central de la región de Valparaíso, en la cuenca costera Pucalán-Quintero, que integra una serie de subcuencas costeras conectadas a un estero principal. El humedal se forma en la desembocadura por las aguas del estero Mantagua que recibe como afluente al estero Quintero (Malacara) y el estero Mantagua, así como también aportes de las quebradas que bajan desde los relieves y terrazas costeras (Portal y Leiva, 2022).



El humedal se compone por un estuario de barra cerrada que los lugareños denominan “laguna” y que se conecta con el mar solo durante las crecidas del estero, y la albufera o “laguna chica” que se ubica paralela a la línea de costa y se comunica a través de drenajes estacionales con el estuario del estero Mantagua (Flores *et al.*, 2022).

Las quebradas aledañas a los cursos primarios y secundarios de la cuenca, aun albergan fragmentos del bosque nativo original de tipo esclerófilo costero, en diferentes estados de degradación (Flores, 2022). Estas quebradas son las primeras en recibir la influencia de la humedad del mar por lo que forman parte de microcuencas de captación en donde las aguas superficiales del área de captación drenan a las zonas bajas brindando variados servicios ecosistémicos: captación de agua e infiltración de acuíferos menores, aporte de agua para consumo humano y ganado en norias y vertientes, e irrigación de pequeños cultivos en su parte baja (Contreras *et al.*, 2021). También proveen refugio y alimento para una variada fauna nativa (Ibañez y Sepúlveda, 2022a, 2022b).

No obstante lo anterior, todo el entorno del humedal y la subcuenca se encuentra ampliamente fragmentada (por parcelaciones y caminos) y ambientalmente degradada, por lo que Contreras *et al.* (2021), luego de un estudio detallado, proponen como acciones prioritarias de restauración para el humedal de Mantagua reforestar las quebradas y las riberas de los cursos de agua, propiciando el recambio de especies introducidas por especies nativas, y reemplazar las plantaciones de especies exóticas (introducidas) por bosque nativo, acorde a los elementos descritos en Tabla 19.

Tabla 19. Descripción acciones implementadas en el humedal Mantagua. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Restablecimiento de la vegetación terrestre nativa original en áreas degradadas de quebradas aportantes a la laguna costera.
Técnicas utilizadas	Plantación en núcleos y habilitación de hábitat para fauna silvestre: La plantación en núcleos es una técnica de restauración ecológica que consiste en plantar árboles, arbustos y herbáceas en grupos o islas, imitando la regeneración natural de los bosques. Para el caso de Mantagua, se trabajó en dos sectores (en la ribera del estero Mantagua, y en una quebrada aportante cercana a la desembocadura, y se consideraron para la restauración especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Para el caso de la ribera del estero Mantagua, las acciones de restauración se iniciaron con la eliminación de la vegetación exótica compuesta por especies invasoras, tales como <i>Rubus ulmifolius</i> (zarzamora), <i>Acacia dealbata</i> (aromos), <i>Myoporum laetum</i> (mioporos), entre otras). Posteriormente se preparó el suelo y se plantaron dos núcleos de restauración ecológica abarcando 661 m² en total, con especies autóctonas (nativas y endémicas), en base al ecosistema de referencia, correspondiente a un bosque de Belloto del norte (<i>Beilschmiedia miersii</i>) muy cercano al sitio a restaurar. Para el segundo caso, en la quebrada aportante, se implementaron cinco núcleos de vegetación sumando 500 m² en total, en sectores sin vegetación boscosa, pero inmersos en los restos de una plantación de eucaliptos establecida hace más de 50 años en el lugar. En este caso los ecosistemas de referencia fueron el bosque y matorral esclerófilo de Peumo (<i>Cryptocarya alba</i>) y Boldo (<i>Peumus boldus</i>) para el fondo de quebrada y laderas de umbría, y el matorral costero, más xerofítico para laderas más soleadas. Aquí se busca a largo plazo ir reemplazando de forma gradual la plantación de eucalipto por bosque nativo. En las dos locaciones se realizaron estudios previos de las condiciones químicas y físicas del suelo, lo que permitió preparar el terreno antes de las plantaciones; descompactando en forma manual para su aireación e incorporando materia orgánica (compost) para mejorar los niveles de nitrógeno disponible y el intercambio catiónico, también se incorporaron fertilizantes y enmiendas adecuados en las ahoyaduras. Finalmente, posterior a la plantación se agregó mulch para evitar que el suelo quedara expuesto evitando así una posible erosión y una mejor retención de la humedad promoviendo la proliferación de la vida biológica del suelo.

Acción(es) de restauración priorizada	Restablecimiento de la vegetación terrestre nativa original en áreas degradadas de quebradas aportantes a la laguna costera.
Técnicas utilizadas (cont.)	Para asegurar la sobrevivencia de las plantas durante el período de establecimiento del ecosistema, se instalaron sistemas de riego por goteo automático en los núcleos de restauración (5 litros por semana por planta), los que operarán durante los dos o tres primeros años, dependiendo de los resultados del monitoreo que se ejecutará. En síntesis, en los núcleos de restauración se han plantado más de mil plantas; arbóreas, arbustivas, trepadoras y herbáceas, representando a más de treinta especies autóctonas (nativas y endémicas) presentes en los ecosistemas de referencia usados como modelos de restauración. Entre las acciones directamente relacionadas con la adaptación del hábitat a las necesidades de la fauna silvestre, se instalaron en las inmediaciones de los núcleos una serie de estructuras diseñadas para mejorar su bienestar, reducir el esfuerzo de búsqueda al proporcionar lugares para detectar alimento, dispersar semillas, refugiarse y anidar. Se destaca la instalación de casas anideras para rapaces nocturnas y para aves passeriformes, pircas de piedras para el establecimiento de insectos, arácnidos, lagartijas y micromamíferos, también se instalaron casas refugio para murciélagos, comederos para aves rapaces, perchas para aves rapaces y tocones para aves passeriformes que facilitan su descanso al tiempo que promueve la restauración de la vegetación de forma pasiva a través de la zoocoría.
Consideraciones de implementación	En los casos donde hay plantaciones de especies exóticas que se requiere cortar para restaurar el bosque nativo original, se debe considerar la elaboración de un Plan de Manejo Forestal que debe ser elaborado por un ingeniero forestal, y ser presentado a la autoridad competente (CONAF) para obtener la autorización de corta de la plantación. En los casos donde el terreno a restaurar presenta deterioro severo, se debe considerar la implementación de obras de conservación de aguas y suelos (OCAS) dirigidas especialmente a controlar la erosión y acumular el caudal máximo de los flujos hídricos, por ejemplo, fajinas, zanjas de infiltración, gaviones, entre otras, como preámbulo a la plantación de las especies autóctonas.
Indicadores de éxito	• Flujo de agua hacia el humedal. • Aumento de la biomasa y complejidad estructural del ecosistema nativo restaurado. • Reclutamiento de fauna nativa.
Monitoreo	Nivel freático En este caso en particular, ni el nivel freático, ni el caudal del estero Mantagua, ni las dimensiones del espejo de agua podrían tomarse directamente como indicador del éxito de las medidas de restauración implementadas aguas arriba, porque al estar inserto el humedal en una verdadera matriz de diferentes usos (Contreras <i>et al.</i>, 2021), se vuelve imposible controlar las extracciones ilegales de agua que pudieran ocurrir eventualmente, y modificar sustancialmente los resultados esperados. Sin embargo, en caso de necesitar monitorear el nivel freático, consultar la experiencia de Restauración de Bofedales, donde se aplicó este monitoreo.

Acción(es) de restauración priorizada	Restablecimiento de la vegetación terrestre nativa original en áreas degradadas de quebradas aportantes a la laguna costera.
Monitoreo (cont.)	Prendimiento Se entiende por prendimiento, la facultad de una planta de sobrevivir al trasplante y luego adaptarse a las condiciones del medio. Se evaluó el porcentaje de prendimiento de todas las especies leñosas plantadas en los núcleos de restauración. Esto se monitoreó una vez al mes, los cuatro primeros meses de la plantación. Se requirió de un 100% de prendimiento. En caso de haber muerto alguna planta se disponía de otras para replantar en su lugar. Sobrevivencia Se entiende por sobrevivencia a la capacidad de la planta para permanecer en el medio posterior al prendimiento. Se evaluará el porcentaje de sobrevivencia de todas las especies leñosas plantadas en los núcleos de restauración. La frecuencia de monitoreo será anual, en el mes de abril. Se requerirá de un 90% de sobrevivencia. En caso contrario, se realizará replante durante los tres primeros años. En años posteriores, la necesidad de replante será evaluada por el equipo técnico a cargo de los monitoreos. Estructura vertical y horizontal Para esto se deben elaborar perfiles verticales y horizontales en cada núcleo de restauración. Se espera que, al transcurrir los años, el ecosistema gane biomasa y complejidad estructural, lo que se vería reflejado en aumentos de la cobertura del dosel, la altura de las especies, y los diámetros de sus fustes. Debiera haber estratos bien diferenciados, y nuevas especies nativas incorporadas de forma natural. El monitoreo se realizará a los 10 y 20 años de iniciada la restauración. Composición florística y cobertura del estrato herbáceo Para monitorear estos dos parámetros, composición y cobertura vegetal, se aplica el método Point Quadrat, que tiene como base el recuento de especies registradas a lo largo de un transecto. Para poder determinar si realmente ocurren cambios en la composición y cobertura vegetal a medida que transcurren los años, se marcarán los puntos de inicio y final de los transectos con estacas georreferenciadas, de modo de asegurar que siempre se monitoreará en el mismo transecto. Este monitoreo será anual, en primavera y siempre en la misma fecha. Fauna silvestre Es importante documentar la ocupación de las estructuras para la fauna a lo largo del tiempo para recopilar información valiosa sobre las diversas especies que las utilizan, así como su frecuencia y estacionalidad. Se sugiere llevar a cabo monitoreos quincenales y mensuales por medio de formularios tipo planillas. Estas, constan de información como fecha, condición climática, datos de la persona que realiza el monitoreo, información de la fauna observada, estado de la estructura (en caso de que haya que repararla), recomendaciones, entre otros. Para mayores detalles del método y las planillas, consultar MMA – ONU Medio Ambiente (2024c)

Acción(es) de restauración priorizada	Restablecimiento de la vegetación terrestre nativa original en áreas degradadas de quebradas aportantes a la laguna costera.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: Francke <i>et al.</i> (2009) Gómez García (2008) MMA – ONU Medio Ambiente (2023) MMA – ONU Medio Ambiente (2024b) MMA – ONU Medio Ambiente (2024c) Perret <i>et al.</i> (2011) Perret <i>et al.</i> (2000) SEREMI del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío (2020) Steubing <i>et al.</i> (2002)

2.1.3. Ecosistemas ribereños

Los ríos son corredores naturales de gran importancia hidrológica y ecológica en el paisaje. Por ellos discurren las aguas superficiales, gran cantidad de sedimentos y sales disueltas, y en ellos viven numerosas comunidades biológicas que mantienen interrelaciones muy diversas con el medio físico, configurando así los ecosistemas fluviales (González del Tánago y García de Jalón, 2008).

La restauración de ríos es una rama neurálgica de la restauración ecológica, siendo especialmente desarrollada en EE.UU., Australia y Europa. Sin embargo, a nivel latinoamericano, son muy pocos los casos y proyectos que se conocen cuyo objetivo principal sea la restauración de ríos, y Chile no es la excepción. Lo anterior, a pesar del alto grado de degradación de ríos a nivel nacional (García, 2019).

La restauración de los ríos es necesaria no sólo para mejorar su funcionamiento ecológico y las formas y comunidades biológicas primitivas del cauce y sus riberas, sino también para garantizar el aprovechamiento de sus recursos, disminuir el riesgo hidrológico de las avenidas y recuperar su belleza y capacidad de evocación, estas últimas necesarias para el desarrollo de la creatividad intelectual y artística de las personas (González del Tánago y García de Jalón, 2008).

Como cada río es una realidad distinta, no hay soluciones universales y por eso existen diversos tipos de actuaciones para favorecer su restauración, dependiendo del tipo de proceso que se quiera restaurar. Por ejemplo, si se pretende recuperar conectividad longitudinal, permitiendo la migración natural de la biota, una técnica a utilizar sería instalar pasajes para peces, o la eliminación de las barreras que interrumpen la continuidad en el eje del cauce; remover diques, o incluso el desmantelamiento de represas. Pero si se pretende recuperar la hidrología y reducir el abastecimiento de sedimentos para mejorar la calidad de las aguas, o proveer caudales adecuados para la biota acuática y hábitat, algunas técnicas a utilizar podrían ser el establecimiento de bandas de vegetación de ribera en los bordes de los cauces cuyas principales funciones son retener nutrientes y otras sustancias procedentes de terrenos agrícolas (p. ej. agroquímicos) o de escorrentías de infraestructuras (actuando como filtros verdes de depuración) y retener sedimentos. Si se pretende recuperar tramos urbanos, en estos casos es posible conseguir mejoras en los procesos y funciones naturales

de los ecosistemas por ejemplo, facilitando que exista diversidad de micro-hábitats y zonas de refugio para diferentes especies de vertebrados e invertebrados. Igualmente, potenciando la vegetación de las márgenes y el uso de especies autóctonas que imiten en la mayor medida posible la comunidad vegetal que existiría en el estado natural, también se puede modificar la infraestructura urbana reduciendo superficies impermeables, entre otras (Fundación Nueva Cultura del Agua, en línea; Roni y Becchie, 2013).

La restauración de las riberas fluviales como elemento clave, tanto de la estructura como del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, constituye, en la actualidad, uno de los principales objetivos de la gestión de ríos debido a la preocupación creciente por la avanzada y extendida degradación de los ríos y riberas, así como por el conocimiento de los bienes y servicios que pueden ofrecer (mejora de la calidad y cantidad de agua, protección más adecuada frente a las avenidas y a la erosión, conservación de la biodiversidad, espacios naturales de expansión y recreo, etc. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2008).

De acuerdo con lo anterior, se presenta un ejemplo de restauración de ribera de un tramo del río Elqui, en la comuna de Coquimbo, Chile.

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Restauración de tramos de ribera del río Elqui afectada por actividades antrópicas, comuna de La Serena, Chile. Proyecto GEF Humedales Costeros

- **Tipo de humedal:** Ribereño
- **Objetivo:** Recuperar la estructura, conectividad y funcionalidad de las comunidades vegetales ribereñas nativas y su fauna asociada.
- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Captura y almacenamiento de carbono
 - b. Recreación y Turismo
 - c. Beneficios estéticos (belleza escénica)
 - d. Hábitat para biodiversidad (recursos genéticos)
- **Problemática abordada:** Degradación y pérdida de hábitats de flora y fauna en las riberas del humedal producto de actividades antrópicas diversas, en especial la disposición de escombros y residuos domiciliarios.

La cuenca hidrográfica del río Elqui se ubica en la zona norte de la Región de Coquimbo, en el límite entre el clima desértico del norte de Chile y el clima semiárido de Chile central. Esta cuenca origina un valle fluvial transversal desde cordillera a mar, denominado Valle del Elqui, que en su parte más alta existen varias cimas que superan los 5000 msnm. El río Elqui se forma por la confluencia de los ríos Turbio y Claro, aguas arriba de la localidad de Rivadavia (850 msnm). Desde su origen hasta su desembocadura, el cauce del río Elqui presenta 75 km de longitud, y atraviesa tres comunas: Paihuano, Vicuña y La Serena (MMA - ONU, en línea).

En 2022 el Ministerio del Medio Ambiente, reconoció como humedal urbano el tramo final de la cuenca del río Elqui, uno de los tres ecosistemas fluviales principales de la región de Coquimbo, con una superficie aproximada de 492,8 hectáreas. Es un humedal costero, estuarino, ribereño y palustre, inserto en la zona urbana y rural de la comuna de La Serena, reconocido como una zona de alto endemismo, riqueza y diversidad de especies de fauna vertebrada albergando algunas especies en categoría de conservación acorde al Reglamento

de Clasificación de Especies del MMA de Chile. Este humedal además provee servicios ecosistémicos culturales relacionadas al desarrollo de actividades de educación ambiental y recreación a la comunidad de ciudad de La Serena, así como prácticas tradicionales asociadas al pueblo Diaguita. No obstante, es un ecosistema con altos niveles de amenaza, se encuentra afectado principalmente por rellenos del área producto de la urbanización sobre el humedal y en zonas aledañas. Asimismo, sus riberas han sido utilizadas como zona de disposición de escombros y residuos domiciliarios (Res. Ex. 833/2022 MMA).

De acuerdo con lo anterior, Tabilo *et al.* (2021), luego de un estudio detallado, proponen una serie de acciones de restauración priorizando cinco sectores del humedal urbano Río Elqui, enfocándose especialmente en la restauración de sus riberas, acorde a los elementos descritos en Tabla 20.

Tabla 20. Descripción acciones implementadas en humedal Río Elqui. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Remoción de escombros y basura domiciliaria. Recuperación de geoformas. Restitución de la vegetación original (considerando una adecuada sucesión vegetacional). Facilitar la recolonización de la fauna nativa. Control de la especie exótica invasora <i>Mesembryanthemum crystallinum</i>
Técnicas utilizadas	Operativos de limpieza en las riberas del río Elqui. Con la colaboración del Departamento de Aseo y Ornato de la I. Municipalidad de La Serena, se retiraron escombros y residuos provenientes de la construcción y demolición, usando maquinaria adecuada, y luego transportando el material a sitios habilitados por la municipalidad para tales efectos. La extracción escombros se realizó durante dos meses, extrayendo 148,3 toneladas. Posteriormente, se realizaron junto a la comunidad diversas jornadas de recogida manual de residuos visibles, como plásticos, bolsas de plástico, mangueras y otros residuos de construcción, contando con la colaboración de camiones recolectores de basura dispuestos por la Municipalidad. Reperfilado del relieve para conseguir formas compatibles con el entorno. Usando ortofotos se pudo determinar el relieve original del borde del río en el sector a restaurar, luego, usando maquinaria adecuada se procedió a restablecer la topografía plana del lugar, eliminando los montículos que se habían formado producto de depósitos antiguos de materiales de desechos de la construcción. Revegetación de la ribera usando método Miyawaki. Antes de la plantación el suelo se preparó incorporando materia orgánica (compost y fibra de coco) y un facilitador de la aireación (perlita). Luego se procedió a plantar especies nativas características del lugar, en núcleos pequeños de alta densidad, para acelerar su crecimiento y obtener las coberturas, estructura y composiciones florísticas propias y adecuadas de cada una de las diferentes fajas de vegetación ribereña.

Acción(es) de restauración priorizada	Remoción de escombros y basura domiciliaria. Recuperación de geoformas. Restitución de la vegetación original (considerando una adecuada sucesión vegetacional). Facilitar la recolonización de la fauna nativa. Control de la especie exótica invasora <i>Mesembryanthemum crystallinum</i>
Técnicas utilizadas (cont.)	Refugios artificiales para fauna Se construyeron e instalaron en los sitios de restauración, cajas nido y perchas de cacería para aves rapaces, guaridas artificiales para murciélagos, pircas de piedras para reptiles, insectos y otros invertebrados, hotel de insectos para atraer abejas nativas (solitarias y eusociales) y refugios para arácnidos.
Consideraciones de implementación	La implementación de un proyecto de esta envergadura y situado en un área urbana requiere para su planificación e implementación no solo de la participación de las comunidades aledañas y actores interesados (p. ej. turismo) en el humedal, sino también del involucramiento del municipio, las empresas privadas (p. ej. Áridos Aricer), servicios públicos, y los propietarios de los terrenos colindantes al río. Sin esta gobernanza, es prácticamente imposible que el proyecto de restauración pueda ser diseñado y ejecutado.
Indicadores de éxito	Aumento en la composición y cobertura de especies vegetales nativas y endémicas, por sobre las adventicias (introducidas) en las fajas de vegetación de la ribera. Reclutamiento de fauna nativa. Cambios de paisaje mediante ortofotos del área.
Monitoreo	A la fecha se han realizado monitoreos de flora en la primavera de 2023 y en el verano y otoño de 2024, usando la técnica de transectos fijos en sentido transversal al río. Detalles de técnicas para el muestreo y análisis de flora y vegetación se encuentra en las fuentes de consulta indicadas abajo. Desde la plantación e implementación de estructuras de enriquecimiento de fauna, se ha realizado un monitoreo mensual de la ocupación de la fauna y de la sobrevivencia de las plantas. Asimismo, se desarrolló un Programa de Restauración en el marco del Plan de Gestión del Humedal, acordado por los actores que harán monitoreo de las acciones realizadas. El programa define los indicadores de seguimiento y éxito de la restauración, junto con el método, responsables y temporalidad. Es importante documentar la ocupación de las estructuras para la fauna a lo largo del tiempo para recopilar información valiosa sobre las diversas especies que las utilizan, así como su frecuencia y estacionalidad. Para más detalles de las metodologías de monitoreo usada, consultar MMA – ONU (2025).
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: Compodon et al. (2022) Comín (2014) Confederación Hidrográfica del Segura (2008) González del Tánago y García de Jalón (2008) MMA – ONU Medio Ambiente (2025)

2.1.4. Lagos y lagunas interiores

En todo el mundo, los lagos de agua dulce y salada están sometidos a una presión cada vez mayor debido a una combinación de las consecuencias del cambio en el uso del suelo, la contaminación por escorrentía de fertilizantes y efluentes industriales y el aumento de las temperaturas. Muchos lagos están reduciéndose, lo que afecta negativamente a las personas, los medios de subsistencia y el medio ambiente local. De acuerdo con lo anterior, la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente adoptó en marzo de 2022 una resolución sobre la gestión sostenible de los lagos. Se trata de la primera resolución dedicada específicamente a los lagos. (ONU, en línea), y solicita a todos los miembros proteger, conservar, restaurar y garantizar el uso sostenible de los lagos (PNUMA 2022).

Uno de los grandes problemas ambientales que enfrentan los lagos es la eutrofización, y el principal efecto de la eutrofización en estos sistemas es la formación de floraciones o "blooms" de microalgas producidas principalmente por los grupos *Cyanophyceae* (cianobacterias), *Dinophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cryptophyceae*, *Chrysophyceae*, *Euglenophyceae* y *Bacillariophyceae*. Estas floraciones producen cambios en la red trófica y la productividad de los lagos, disminución de la transparencia del agua, disminución de la diversidad de especies, cambios en la red trófica, por la pérdida del hábitat (disminución en la transparencia del agua). A su vez, estos cambios generan una disminución del valor estético y paisajístico de los ecosistemas (por cambios en su coloración, acumulaciones de biomasa y mal olor), lo que afecta la calidad del agua impidiendo su utilización para la natación, navegación y demás actividades acuáticas. Específicamente, las floraciones de cianobacterias pueden producir toxinas con propiedades hepatotóxicas, neurotóxicas o dermatotóxicas que afectan la salud humana y animal (Almanza *et al.*, 2016).

De acuerdo a Zambrano (2003), la gran mayoría de los esfuerzos de restauración en los lagos están dedicados a disminuir algunos químicos disueltos en el agua y cantidades de bacterias patógenas.

Un paso paralelo a la reducción de contaminantes ha sido el de tratar de aminorar la cantidad de fitoplancton en el agua evitando los "blooms" o florecimientos de algas reduciendo uno de los recursos primordiales del fitoplancton: la cantidad de nutrientes en el agua, en particular el fósforo. Similar a lo que pasa con los fertilizantes en los cultivos, el fósforo en el agua ayuda a crecer al fitoplancton, lo cual pone el agua verde en horas o días. La forma de reducir la concentración de fósforo en el agua es a base de precipitadores, lo cual fue popular para restaurar lagos en la década de los setenta y a la fecha se sigue utilizando. Sin embargo, cuentan con el defecto de que es necesario repetirlo constantemente. Otro elemento que se utiliza para mejorar el balance químico en la columna de agua es el de poner grandes bombas de circulación de agua para oxigenarla, el mismo principio que se utiliza en las peceras. Este tipo de soluciones es muy útil para lagos pequeños de zonas urbanas, pero no es práctico poner muchas bombas en lagos de gran tamaño (Zambrano, 2003).

Finalmente, si no se pueden reducir el ingreso de nutrientes al lago, o no se puede precipitar el fósforo o inyectar oxígeno al sistema, el florecimiento de algas puede ser controlado bajo ciertas condiciones, con la instalación de barreras geotextiles, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Respuesta temprana al fenómeno de “Blooms” que afecta el turismo y la calidad de vida en el lago Rapel, comuna de Las Cabras, Chile

- **Tipo de humedal:** Lago artificial (embalse).
- **Objetivo:** Prevenir el florecimiento de algas tóxicas y su descomposición en los espacios habilitados para el turismo; balnearios y camping.
- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Agua fresca (calidad del agua).
 - b. Recreación y Turismo.
 - c. Beneficios estéticos.
 - d. Hábitat para biodiversidad (recursos genéticos).
- **Problemática abordada:** Los florecimientos de algas cianobacterias denominado “blooms” en el lago Rapel generan un fuerte impacto en la actividad turística y recreativa en el embalse, destruyendo el sustento de la población local y el turismo regional.

El Lago Rapel es un embalse artificial que fue creado en 1968, con una capacidad de 695 millones de m³ para generación de energía eléctrica, en la zona central de Chile, en él desembocan dos subcuencas agrícolas importantes; Cachapoal y Tinguiririca.

Este cuerpo de agua ha presentado eventos de florecimiento de algas por décadas, con un intenso desarrollo en algunas bahías, durante ciertos períodos de primavera y verano.

El florecimiento de algas cianobacterias en el lago Rapel denominado “blooms de algas” obedece a la alta concentración de nutrientes que este alberga, lo cual en ciertas condiciones de temperatura y bajo una cota crítica de agua, se vuelve explosivo, enverdeciendo el agua por grandes extensiones. La superficie del Lago Rapel es del orden de 80 km² con un perímetro de 288 km. El área que se ve afectada por el bloom considerando una superficie de 50 metros desde la ribera a cada lado es de 14,4 km², lo cual representa un 18% de la superficie del lago. Dichas algas, por condiciones de viento, se desplazan rápidamente hacia las bahías y sectores de camping reproduciéndose ahí por su poca movilidad en función del bajo nivel de agua. Pasado el ciclo de biológico de las algas, éstas comienzan a descomponerse pudiendo generar toxinas peligrosas para el ser humano y una descomposición de su masa lo que trae consigo la muerte masiva de peces por falta de oxígeno en el agua, y malos olores. Lo anterior altera dramáticamente la calidad de vida de los habitantes ribereños al lago y destruye las posibilidades de desarrollar actividades turísticas, que son el sustento de gran parte de la población de la comuna de Las Cabras. Deteriorando además la imagen turística de la región que tiene entre sus principales atractivos las vistas al lago Rapel.

Frente a esta situación, diversos actores públicos y privados de la región, en 2011 tras varios episodios de contaminación por exceso de algas en el lago se organizaron en una Mesa Ambiental, la que fue reactivada en 2014, y que permitió coordinar acciones tendientes a ejecutar proyectos en beneficio de la comunidad, las actividades turísticas y el medioambiente, entre otros.

24 Se presenta este ejemplo dado que corresponde a una actuación que permite a corto plazo recuperar el SSEE turismo y recreación, sin embargo, no corresponde a una medida que permita restablecer a largo plazo la condición ambiental del ecosistema abordando los procesos y funciones alterados tal como propone esta guía. Para ello se requiere abordar la degradación del ecosistema con una mirada de cuenca. El Estado de Chile se encuentra avanzando en la generación de una Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) para la Protección de las Aguas de la Cuenca del Río Rapel mediante la cual se permitirá avanzar en la restauración del ecosistema.

Tabla 21. Descripción acciones implementadas en humedal Río Elqui. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Evitar que el florecimiento explosivo algal o blooms se desplace a las bahías y sectores de interés turístico.
Técnicas utilizadas	Instalación de barreras físicas flotantes²⁴. Estas barreras fueron instaladas en dos bahías del lago Rapel. Se trata de barreras geotextiles en cuya instalación estudios de ingeniería consideraron los tres factores que determinan la amenaza del bloom de algas; dirección de los vientos, bajo nivel de agua y temperatura. En la bahía de Vista Hermosa se instalaron 165 metros lineales de contención, mientras que en Llallauquén, 120 metros. Con esto se evitó que las algas movidas por el viento llegaran a las riberas con aguas someras, provocando enverdecimiento de las aguas, anoxia, mortandad de peces y emanación de malos olores. Implementación de un sistema de alerta temprana. A través del aporte de empresas privadas de la zona se pudo financiar la compra de boyas telemétricas que se instalaron en el sector de la represa del embalse, y en las cuencas de Alhué y Las Balsas (donde entran los ríos Cachapoal y Tinguiririca). Estos instrumentos permitieron realizar un monitoreo y enviar información respecto a nivel y temperatura del agua. Esta información fue procesada y sistematizada por un software que enviaba la correspondiente alerta cuando se superaban los parámetros establecidos por la Dirección General de Aguas (DGA) favoreciendo el florecimiento del alga. Una vez que los datos eran corroborados se alertaba a la comunidad, municipio, organizaciones y actores relevantes quienes adoptaban las medidas, como, por ejemplo, la instalación de las barreras físicas flotantes en las bahías, lo cual evitaba que el florecimiento algal o “blooms” se desplazara a los sectores de interés turístico.
Consideraciones de implementación	Es esencial realizar un trabajo de sensibilización y capacitación de la comunidad local en relación al correcto uso y mantención de las barreras, responsabilidad medioambiental y en el funcionamiento del sistema de alerta temprana.
Indicadores de éxito	Agua limpia, apta para actividades de turismo con contacto.
Monitoreo	De acuerdo al protocolo propuesto, y con el objetivo de evitar el florecimiento algal en el Lago Rapel, se implementó un sistema de monitoreo continuo y en tiempo real condiciones ambientales, hidrodinámicas y comportamiento del fitoplancton en tres sectores del lago Rapel. Calidad del agua Se instalaron tres (3) boyas con instrumentos de medición que permitan registrar en forma continua y transmitir en tiempo real la temperatura del agua y clorofila a de fitoplancton (con sensor fluorómetro). Una de las boyas además medirá parámetros meteorológicos (temperatura del aire, radiación solar, magnitud y dirección del viento). La boya que se instale en el lugar de mayor profundidad medirá la estructura térmica de la columna de agua mediante una cadena de termistores.

Acción(es) de restauración priorizada	Evitar que el florecimiento explosivo algal o blooms se desplace a las bahías y sectores de interés turístico.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: Centro de Ecología Aplicada, CEA (2017)

2.1.5. Turberas

Las turberas son un tipo de humedal que se caracteriza por la producción de turba y que contiene en su superficie especies vegetales con los que se conecta funcionalmente (Ley sobre protección ambiental de las turberas, N°21.606/2024). Son ecosistemas en los que, en condiciones de suelo permanentemente saturado de agua y una proporción muy baja de oxígeno, los organismos (principalmente vegetal) no se descomponen completamente. El material semidescompuesto se acumula en forma de capas de “turba” que con el tiempo pueden alcanzar muchos metros de espesor (Convención sobre los humedales, 2021b).

La mitad de los humedales del mundo son turberas, que representan el 3% de la superficie terrestre. Proporcionan muchos servicios esenciales de los ecosistemas, regulando el ciclo del agua, depurando el agua, reducen la escala y mitigan los efectos de las inundaciones y las sequías, preservan la diversidad biológica y también almacenan más carbono durante más tiempo que cualquier otro ecosistema del mundo pudiendo contribuir a hacer frente al cambio climático (Convención sobre los humedales, 2021b; UNEP, 2019). En Chile, las turberas almacenan aproximadamente cinco veces más carbono que toda la biomasa aérea de los bosques. Como consecuencia, las turberas han surgido como posibles soluciones basadas en la naturaleza para abordar el calentamiento global (Riquelme del Río *et al.* 2024).

A nivel nacional, reconociendo la importancia de estos humedales, en marzo del 2024, El Ministerio del Medio Ambiente de Chile, promulgó la Ley N°21.660²⁵ Sobre Protección Ambiental de las Turberas, que tiene por objetivo la protección de las turberas, como reservas estratégicas para la mitigación y adaptación al cambio climático; equilibrio y regulación hídrica; conservación biodiversidad, y múltiples servicios ecosistémicos. Esta ley prohíbe la extracción de turba en todo el territorio nacional, y establece que el manejo sustentable de la cubierta vegetal de las turberas de musgo *Sphagnum magellanicum* puede ser autorizado por medio de un plan de manejo que asegure que no se modifique de manera permanente la estructura y funciones de la turbera.

A nivel internacional, las 172 Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (RAMSAR) han reconocido la necesidad de restaurar las turberas degradadas (Convención sobre los humedales, 2021b).

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Restauración de turbera mediante rehumidificación y revegetación

Tipo de humedal: Turbera de *Sphagnum*

Objetivo: Restablecer el régimen hidrológico de la turbera.

SSEE potencial a ser recuperado.

a. Captura y almacenamiento de carbono.

b. Hábitat para biodiversidad (recursos genéticos).

Problemática abordada: Degradación y desecamiento de la turbera.

25 Ley 21.660 de 2024 sobre protección ambiental de las turberas <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1202472>

Las turberas son un componente importante del ciclo global del carbono, y son el mayor reservorio de carbono en la biosfera por lo que contribuyen a mitigar el cambio climático mundial mediante el secuestro de carbono (UNEP, 2019; Yu, 2011). Sin embargo, las turberas drenadas, tanto las que están en uso como aquellas que han sido abandonadas en un estado degradado, causan una mayor pérdida de servicios de los ecosistemas y más daños ambientales por unidad de superficie que cualquier otro ecosistema terrestre, son fuentes importantes de gases de efecto invernadero (GEI) y contribuyen al calentamiento global. Se calcula que las emisiones de gases de efecto invernadero anuales procedentes de las turberas drenadas (por oxidación microbiana e incendios de turba) son responsables de aproximadamente el 4% de las emisiones antropogénicas mundiales (Convención sobre los humedales, 2021a y 2021b).

La mayor parte de la degradación de las turberas se debe al drenaje para su uso en cultivos, pastoreo, silvicultura, instalaciones de infraestructura y en Chile, especialmente para la extracción del musgo *Sphagnum* spp. (conocido localmente como “pompón”), utilizado como sustrato en el cultivo de hortalizas y flores, siendo frecuente su exportación en grandes cantidades a países como Estados Unidos, Japón, y otros, donde además se les da variados usos.

La rehumidificación de las turberas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es una importante estrategia de mitigación del cambio climático, y el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París 2015, que requiere la rehumidificación de prácticamente todas las turberas drenadas, lo que supone más de 50 millones de hectáreas en total en todo el mundo. En general, la rehumidificación de las turberas drenadas tiene un impacto neto muy positivo para el clima, aun cuando haya inicialmente grandes emisiones de metano. Además, existen técnicas de manejo para reducir sustancialmente estas emisiones de metano (Convención sobre los humedales, 2021b).

Existen estudios que han demostrado más allá de toda duda que una turbera restaurada desde 15 años, puede volver a capturar y secuestrar carbono (Nugent *et al.*, 2018).

Tabla 22. Descripción acciones implementadas en humedal Río Elqui. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Obstrucción de los canales de drenaje para rehumidificación y reintroducción activa de especies vegetales propias de la turbera.
Técnicas utilizadas	Rehumidificación de turberas y revegetación mediante la técnica de transferencia de capas de musgo. La rehumidificación de turberas es una técnica usada para la restauración del régimen hidrológico y consiste en la elevación del nivel freático medio anual hasta aproximadamente la superficie de la turba. Esto se logra bloqueando las estructuras de drenaje (zanjas, canales, cárcavas) y —si esto no es suficiente para restablecer niveles de agua altos y estables— construyendo/facilitando estructuras de superficie (diques, montículos, entre otros) para ralentizar el flujo de salida del agua superficial y crear una reserva de agua para las estaciones secas por encima de la superficie de la turba. El bloqueo de los canales de drenaje eleva el nivel freático y permite que la turbera se vuelva a humedecer por completo, lo cual es esencial para el crecimiento del musgo <i>Sphagnum</i> (“pompón”) y otras plantas de la turbera.

Acción(es) de restauración priorizada	Obstrucción de los canales de drenaje para rehumificación y reintroducción activa de especies vegetales propias de la turbera.
Técnicas utilizadas (cont.)	Revegetación mediante la técnica de transferencia de capas de musgo. Los musgos, principalmente <i>Sphagnum</i> spp., son la especie clave en la restauración de las turberas. Permiten el restablecimiento de una alfombra de musgo capaz de iniciar mecanismos de autorregulación y, en última instancia, restaurar la función de acumulación de turba. Sin embargo, tienen grandes dificultades para restablecerse espontáneamente en turberas naturales, drenadas y rehumidificadas. Una técnica probada es la transferir capas vivas de musgo provenientes de otra turbera, o de la misma, pero de un sector en buenas condiciones. Al planificar el trabajo se debe evaluar la cantidad de material vegetal requerido del sitio donante en función de la superficie de los sectores para restaurar, considerando que se requiere aplicar solo una fina capa de musgo distribuida uniformemente en la superficie, pues aquellas zonas que queden descubiertas permanecerán así por mucho tiempo. Acorde a la guía metodológica para regeneración del musgo <i>Sphagnum</i> (León et al., 2024) para la regeneración es posible utilizar hebras picadas del musgo de 2 a 4 cm de largo y cubrir el parche con malla Raschel, lo que permitirá una regeneración más rápida. Adicionalmente la citada guía indica que es posible utilizar para la restauración el “método de la semilla” el cual consiste en utilizar los residuos de limpieza del musgo que se comercializa que corresponden a pequeños fragmentos de musgo los que se esparcen al voleo en el área a ser restaurada.
Consideraciones de implementación	Es importante no olvidar que el musgo <i>Sphagnum</i> spp. y otros musgos obtienen agua por acción capilar o por precipitación, por lo tanto, los fragmentos idealmente deben estar en contacto directo con el sustrato turboso para tener un mejor acceso al agua, por otra parte, los fragmentos enterrados bajo una capa demasiado gruesa de material vegetal tendrán luz deficiente retardando su crecimiento.
Indicadores de éxito	• Nivel freático. • Captura de carbono. • Cobertura de vegetación propia de la turbera.
Monitoreo	Nivel freático Se mide usando piezómetros de tubo abierto manuales o automáticos. También se puede implementar un sencillo método para registrar las variaciones del nivel de la napa freática, instalando tubos de PVC de 1 m de largo y al menos 50 mm de diámetro, con una tapa. El tubo se perfora en el tercio inferior (altura aproximada de 35 cm) con taladro y broca de 8 mm. Las perforaciones se hacen en 4 costados (en cruz) dejando entre una perforación y la siguiente en la misma fila entre 10 y 15cm, para permitir el ingreso del agua. Se cubre la zona perforada con una media o malla fina para que solo ingrese agua al tubo y no restos de turba u otras plantas. Estos tubos se dejan instalados en lugares representativos de la turbera en restauración en cuanto a humedad. Dejar al menos un tubo sobre un cojín de musgo y otro sobre un lugar plano. Mientras más tubos se instalen, en diferentes lugares se obtendrá mejores registros. El número depende del tamaño y la heterogeneidad de la turbera.

Acción(es) de restauración priorizada	Obstrucción de los canales de drenaje para rehumificación y reintroducción activa de especies vegetales propias de la turbera.
Monitoreo (cont.)	Se debe realizar mediciones mensuales de la distancia entre el agua y el extremo del tubo que está en la superficie, notando de ese modo las variaciones sufridas por el nivel de la napa. Emisiones de gases de efecto invernadero. Para esto Chile cuenta con una red de monitoreo de gases de efecto invernadero mediante la instalación de torres “Eddy Covariance”, que miden el intercambio de dióxido de carbono entre los ecosistemas y la atmósfera, lo que permite saber si un ecosistema es fuente o sumidero de carbono, información relevante ante la situación actual de crisis climática. Dos de estas torres fueron instaladas en 2013 en Chiloé para monitorear bosque y turbera, y en 2022 se instalaron dos de estas torres en Isla Navarino para monitorear el comportamiento de las turberas de la región de Magallanes. Recientemente Thalasso <i>et al.</i> (2023) introdujeron una nueva herramienta para detectar emisiones de gases de efecto invernadero en turberas de Magallanes, mediante el uso de un instrumento portátil denominado “skirt chamber”, se trata de una cámara de rápida instalación en la turbera, mínima invasividad y que permite medir las variaciones de emisión de GEI, utilizando un analizador de gases portátil con alta precisión. Cobertura de vegetación Se debe monitorear los cambios en la cobertura y composición florística de la turbera para comprobar la efectividad de las medidas de restauración para la vegetación. Para esto se puede establecer transectos lineales, antes del inicio de la restauración. El número de transectos, su distribución y longitud dependerá del área a restaurar, de los sectores donde específicamente se requiere aumentar la cobertura de vegetación. La cobertura y composición florística se pueden evaluar mediante la metodología de Point-Quadrat (puntos de intercepto). También se pueden monitorear estas variables usando medios digitales, tomando fotografías para documentar y describir el alcance de la cobertura de especies de plantas. Después, estas fotografías pueden ser analizadas utilizando el software Fiji. Acorde a León <i>et al.</i> (2024) es recomendable que cada tres a seis meses se monitoree la evolución de la restauración considerando que comenzarán a aparecer las cabezas del musgo (capítulos) a más tardar a los 3 meses desde la reintroducción.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: Convención sobre los humedales (2021a) Convención sobre los humedales (2021b) Délano (2013) Gómez García (2008) Kozulin (2010) Nugent <i>et al.</i> (2018) Quinty <i>et al.</i> (2020) Riquelme del Río <i>et al.</i> (2024) Thalasso <i>et al.</i> (2023) León <i>et al.</i> (2024)

2.1.6. Bofedales y Vegas

Los bofedales andinos y vegas son uno de los recursos naturales más importantes que tienen las comunidades indígenas del norte de Chile. Estos humedales proporcionan el alimento necesario para el ganado de camélidos como llamas y alpacas, y el sustento de la vida silvestre en general (Gonnet *et al.*, 2024).

Es común encontrar en zonas de humedales altoandinos sobrepastoreo con reemplazo de animales nativos, que causan compactación de suelos, erosión; y, en consecuencia, pérdida de agua (Ochoa-Sánchez *et al.*, 2021).

Los primeros síntomas de estrés o afectación de los bofedales y vegas es la desecación de sectores más elevados y/o en sus bordes externos, disminuyendo allí la cobertura de agua en el suelo. Un balance hídrico negativo (disminución del aporte de agua y/o incremento de la descarga) produce, por un lado, desecación de las plantas y, por otro, incremento de la costra de sal que se manifiesta en superficie. Así, se desencadenan procesos sinérgicos que terminan por provocar mortandad de plantas. El suelo pierde la sujeción de las raíces de las plantas y de la cobertura vegetal, quedando vulnerable a la erosión por el agua y por el viento. Esto se ve acentuado cuando hay pérdida de suelo y de los niveles del relieve que modifica los cauces del agua y cambia la red de drenajes del bofedal y de las vegas (Gonnet *et al.*, 2016).

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Restauración de bofedales y vegas en base a técnicas ancestrales

- **Tipo de humedal:** Bofedal y Vega
- **Objetivo:** Recuperar el nivel freático del ecosistema para restaurar su capacidad de almacenamiento y regulación hidrológica.
- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Control de la erosión.
 - b. Regulación hídrica y control de inundaciones.
- **Problemática abordada:** Erosión y desecamiento de bofedales.

Entre los más importantes servicios ecosistémicos de los humedales altoandinos están la provisión de agua, alimentos, pastos para ganadería y recursos energéticos para las comunidades andinas (Ochoa-Sánchez *et al.*, 2021).

Las consecuencias inmediatas del deterioro y de la pérdida de bofedales son la disminución de la producción vegetal y la reducción de la superficie y fragmentación de los parches forrajeros o potreros, aislándolos más entre sí, tanto para la ganadería como para la vida silvestre y la biodiversidad natural. Se pierde suelo por erosión y falta de arraigo de la cobertura vegetal y se alteran las tasas de los procesos del ecosistema relacionados con el ciclo del agua en las cuencas, muchos de ellos aún no estudiados ni dimensionados. Además, un gran volumen de toda esa materia orgánica en descomposición es emitida a la atmósfera, contribuyendo con los gases no deseados del efecto invernadero sobre el planeta (Gonnet *et al.*, 2016). Para abordar esta problemática en la restauración se consideran a los elementos descritos en Tabla 23.

Tabla 23. Descripción acciones de restauración en base a técnicas ancestrales. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Construcción de pequeños diques e incremento o mantención de la cobertura vegetal para proteger los suelos y el rendimiento del agua en bofedales y vegas.
Técnicas utilizadas	Técnicas ancestrales de champeo, canalización, construcción de pequeños diques. La mayoría de las técnicas tradicionales de manejo de humedales se basan en la manipulación de champas, es decir, unidades pequeñas y manejables de estos humedales que pueden ser transplantadas en sectores para su rebrote, formación de diques y/o canalizaciones del agua. Las champas son pequeñas porciones funcionales del ecosistema del humedal; conteniendo suelo, plantas y gran diversidad de órganos de propagación de las plantas como semillas, bulbos y rizomas. La palabra “champa” proviene del quéchua y hace alusión a la maraña de plantas y raíces extraídas en una porción de suelo. Este mismo término es actualmente utilizado en español, ya que no existiría una palabra para mencionar este concepto en esta lengua. El manejo tradicional consiste en distribuir el agua, manejando el microrelieve. Cuando se precisa canalizar agua, se extraen esas champas que luego son utilizadas como barreras vegetales donde es necesario formar diques. Si es preciso hacer diques sin formar canales, las champas son extraídas de sitios estresados donde la supervivencia de las plantas se ha visto comprometida por factores como erosión, desecamiento, sobrepastoreo, etc. Los diques y canales tienen como finalidad reducir la velocidad de escorrentía del agua y distribuirla por una mayor superficie en el bofedal. El efecto de distribuir más homogéneamente al agua se nota inmediatamente; primero, al lavarse las sales de la costra superficial, y luego al hidratar el sistema, tanto en superficie como de manera sub-superficial. El agua, de esta manera, corre más lentamente por una mayor superficie del bofedal manejado. Incrementa la infiltración, lo que hidrata el suelo. La mayor hidratación del subsuelo del bofedal reduce el efecto de la oscilación entre períodos más secos y más húmedos sobre la vega. Es decir, esta humectación del subsuelo inmediato de la vega sirve de reserva de agua, mitigando los efectos de los períodos secos. La saturación del suelo también posibilita mantener un mayor caudal en superficie posible de ser manejado en su distribución con los trabajos de champeo. Otros manejos están destinados a destapar vertientes en caso de que sean taponados con crecimientos exagerados de las plantas que se desarrollan en su entorno. Esas champas extraídas también son utilizadas en la distribución del agua. El conocimiento tradicional de los bofedales y vegas por las culturas andinas y su manejo conservativo durante milenios ha preservado estos humedales estratégicos para el desarrollo humano y hábitat de la biodiversidad natural. La salud de estos ambientes, de la mano de las culturas andinas, ha trascendido los diferentes periodos climáticos a lo largo de milenios (Gonnet <i>et al.</i>, 2016).

Acción(es) de restauración priorizada	Construcción de pequeños diques e incremento o mantención de la cobertura vegetal para proteger los suelos y el rendimiento del agua en bofedales y vegas.
Consideraciones de implementación	Los materiales para construcción de los diques deben ser naturales, de preferencia suelo, piedras y vegetación proveniente del propio bofedal o vega.
Indicadores de éxito	• Nivel freático. • Cobertura de vegetación autóctona del bofedal/vega.
Monitoreo	Nivel freático Se debe evaluar el nivel freático antes y después de la restauración. Para ello, se instalan pozos de 1 m o más de profundidad en época seca y húmeda idealmente, en los que se mide el nivel freático un año antes de la instalación de diques (línea base) y luego se vuelve a medir después de la restauración en la misma época. Los pozos se pueden distribuir en transectos perpendiculares a los drenajes. Adicionalmente se pueden instalar sensores de nivel automáticos que registran alturas cada 5 minutos. Con los datos de los sensores automáticos, se calcula la constante del tiempo de recesión del nivel freático en períodos secos posteriores a eventos de lluvia, con base en el modelo del reservorio lineal (Buytaert <i>et al.</i>, 2004). Este análisis en períodos secos después de eventos de lluvia permite analizar el comportamiento de la capacidad de retención del humedal, y tiene la ventaja de ser teóricamente independiente del nivel freático inicial. Vegetación Se debe evaluar los cambios en la cobertura y composición florística del bofedal para comprobar la efectividad de las medidas de restauración para la vegetación. Para esto se puede establecer transectos lineales, antes del inicio de la restauración. El número de transectos, su distribución y longitud dependerá del área a restaurar, de los sectores donde específicamente se requiere aumentar la cobertura de vegetación. En estos transectos, por tanto, se debe estimar la riqueza, abundancia, diversidad, dominancia, cobertura y composición florística mediante alguna metodología, como por ejemplo el método de Point-Quadrat (puntos de intercepto). Después de la restauración, se deben monitorear anualmente los mismos transectos, usando exactamente la misma metodología para registrar los cambios en composición y cobertura vegetal.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: Araníbar <i>et al.</i> (2009) Gonnet <i>et al.</i> (2016) Gonnet <i>et al.</i> (2024) Martos-Rosillo y Durán (2022) Ochoa-Sánchez <i>et al.</i> (2021) Steubing <i>et al.</i> (2002) Gómez García (2008)

2.1.7. Pitrantos (bosques pantanosos)

Los bosques pantanosos, conocidos como "pitrantos" o "hualves", son formaciones forestales únicas en Chile que originalmente se encontraban desde Coquimbo hasta la Isla Grande de Chiloé (Gerding, 2010). Este tipo de bosque está compuesto principalmente por Mirtáceas, siendo sus mayores representantes la Pitra (*Myrceugenia exsucca*) y el Temu (*Blepharocalyx cruckshanksii*), en especial para la región de La Araucanía en el sector Mahuidanchi-Lastarria (Hauenstein *et al.*, 2014). Debido a los niveles estacionarios o permanentes del recurso hídrico que alberga este ecosistema durante el año, su estructura ecológica y funciones ambientales lo convierten en un refugio importante para flora y fauna asociadas tanto para hábitat pantanoso como completamente acuáticos, siendo claves para la reproducción y nidificación de muchas especies, entre ellas, el Huillín o nutria de río, actualmente clasificada en peligro de extinción. Del mismo modo, la acción antrópica condiciona la provisión de servicios para el bienestar humano, tanto en su componente tangible e intangible, ya que, a pesar de su importancia estos bosques son intervenidos a través del drenaje de sus suelos, la tala y el roce a fuego, con el objeto de obtener suelos aptos para la agricultura y la reforestación con especies exóticas (Hauenstein *et al.*, 2005).

Sin embargo, en la actualidad, solo se pueden hallar como pequeños remanentes en algunas áreas de la zona austral de Chile. Estos bosques son uno de los hábitats naturales más amenazados del país y, además de albergar una gran diversidad de especies y poseer un alto valor estético, desempeñan una función crucial en la protección del suelo y el equilibrio hídrico (Gerding, 2010).

Los suelos cubiertos por pitranto tienen una abundancia de raíces muy finas que forman una red que acumula grandes cantidades de agua y carbono. Estudios recientes sobre la capacidad de captura de carbono de estos suelos han determinado reservas de carbono orgánico total de 269,9 Mg de C_{org} ha⁻¹ medido en pitranto del humedal de Queule, región de La Araucanía (Araya, 2023). Es como una esponja compuesta por raíces, materia orgánica y sedimentos, que tarda cientos de años en formarse. Estos suelos tienen una enorme capacidad de absorber agua, la cual fluye lentamente a través del pitranto como si fuera un río subterráneo que a veces emerge a la superficie.

Restauración de pitranto en el humedal del río Queule en la costa de la región de la Araucanía Chile. Proyecto GEF Humedales Costeros

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

- **Tipo de humedal:** Bosque pantanoso.
- **Objetivo:** Establecer un piloto de restauración de un bosque pantanoso en el sector Puralaco, considerando aspectos socio-ecológicos que permitan recuperar el bosque y sus servicios.
- **SSEE potencial a ser recuperado:**
 - a. Regulación hídrica y control de inundaciones.
 - b. Hábitat para biodiversidad (recursos genéticos).
- **Problemática abordada:** Pérdida de cobertura vegetal.

Cuando los terrenos con pitrantos son despejados y se destinan a cultivos o praderas, se pierde la capa orgánica que estructuraba y sostenía el suelo. Al romperse la red de raíces, el

suelo queda expuesto a la erosión, y las lluvias y el escurrimiento del agua lo lavan y arrastran fácilmente. Como resultado, los terrenos pierden su fertilidad y tienden a convertirse en áreas estériles. Los suelos de pitranto son extremadamente vulnerables al ganado. Al estar saturados de agua y ser blandos, las pezuñas de los animales de pastoreo destruyen tanto las partes aéreas como las raíces de las plantas. Esto provoca la pérdida de la vegetación superficial y aumenta la erosión, con las partículas de suelo siendo arrastradas por las corrientes durante las épocas de inundación. Esto se evidencia al observar acumulaciones de suelo alrededor de los árboles restantes, donde las pisadas del ganado han compactado y erosionado el suelo aledaño de manera continua año tras año. Al compactarse, el suelo reduce su porosidad, disminuyendo su capacidad de almacenar agua e infiltrar, lo que hace que estas áreas se saturen e inunden más rápidamente.

Para abordar esta problemática en la restauración se consideran a los elementos descritos en Tabla 24.

Tabla 24. Descripción acciones de restauración en bosque pantanoso. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.

Acción(es) de restauración priorizada	Descripción acciones de restauración en bosque pantanoso. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.
Técnicas utilizadas	Instalación de cercos de exclusión de ganado. La presencia de animales cercanos a relictos de bosque nativo es un factor que dificulta la propagación del bosque, por efecto del ramoneo de brotes y de plántulas nuevas. Los cercos de exclusión constituyen la mejor opción para impedir el acceso del ganado hacia el área del pitranto. La implementación de esta medida mantendrá esta amenaza controlada permitiendo la propagación del bosque de pitranto. Para ello, se construyó un cerco a base de polines de madera y alambre púa cubriendo una superficie total de 2 hectáreas de acceso hacia el pitranto. El perímetro de cercado lineal fue de 720 m aprox. Reforestación con especies nativas propias del pitranto. Para la plantación se consideraron las siguientes especificaciones técnicas: • El rodal por reforestar fue demarcado. • Se realizó una limpieza de malezas en el sector de plantación, a objeto de eliminar las especies arbustivas invasoras (<i>Rubus ulmifolius</i>, <i>Ulex europaeus</i>, <i>Rosa eglanteria</i>). • La preparación de suelos se realizó mediante la confección de casillas en forma mecanizada de 40x40 cm. con una profundidad mínima de 40 cm. • Se utilizaron plantas de las especies Arrayán (<i>Luma apiculata</i>), Boldo (<i>Peumus boldus</i>), Chilco (<i>Fuchsia magellanica</i>), Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>), Corcolén (<i>Azara integrifolia</i>), Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus salignus</i>), Melí (<i>Amomyrtus meli</i>), Patagua (<i>Crinodendron patagua</i>), Pelú (<i>Sophora cassioides</i>), Radal (<i>Lomatia hirsuta</i>), Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>) y Temu (<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>) con un total de 2.250 ejemplares, con una porción aérea vigorosa, un adecuado desarrollo radicular y diámetros de cuello superiores a los 3 mm. • La plantación se realizó en forma manual con un baño de inmersión previo en una solución de bioestimulante radicular.

Acción(es) de restauración priorizada	Descripción acciones de restauración en bosque pantanoso. Fuente: Elaboración propia en base a fuentes de consultas.
Técnicas utilizadas	• Al momento de la plantación se aplicaron 10 gramos de fertilizante a una distancia mínima de 10 cm y una profundidad de 15 cm con posterior tapado y apisonado. • La plantación se desarrolló en núcleos, dispuestos según las condiciones de sitio (humedad, calidad de suelo, sombra, etc.). • Se considera la colocación de protectores en malla de polietileno de alta densidad con aditivo UV de 50 cm de altura, fijado al suelo mediante la instalación de 1 tutor de colihue en cada planta sostenido con dos amarras plásticas.
Consideraciones de implementación	La estrategia propuesta en base a generar núcleos de plantación para las especies canelo, temu, arrayán y pitras entre otras, que crecen en hualves o bosques pantanosos, consideró una distancia de separación menor o igual a 0,5 m. entre plantas, para simular lo que ocurre en la naturaleza, expandiendo los parches naturales con núcleos de alta densidad.
Indicadores de éxito	• Nivel freático • Cobertura de vegetación autóctona del bosque pantanoso
Monitoreo	Nivel freático Se debe evaluar el nivel freático antes y después de la restauración. Para ello, se instalan pozos de 1 m o más de profundidad en época seca (verano) y húmeda (invierno). Los pozos se pueden distribuir en transectos perpendiculares a los drenajes. Adicionalmente, se pueden instalar sensores de nivel automáticos que registran alturas cada 5 minutos (Buytaert <i>et al.</i>, 2004). Vegetación Se debe evaluar los cambios en la cobertura y composición florística del humedal para comprobar la efectividad de las medidas de restauración para la vegetación. Para esto se puede establecer transectos lineales, antes del inicio de la restauración. El número de transectos, su distribución y longitud dependerá del área a restaurar, de los sectores donde específicamente se requiere aumentar la cobertura de vegetación. En estos transectos, por tanto, se debe estimar la riqueza, abundancia, diversidad, dominancia, cobertura y composición florística mediante alguna metodología, como por ejemplo el método de Point-Quadrat (puntos de intercepto). Después de la restauración, se deben monitorear anualmente los mismos transectos, usando exactamente la misma metodología para registrar los cambios en composición y cobertura vegetal.
Fuentes de consulta	Para profundizar respecto a las técnicas señaladas y otras: • Chimney y Goforth (2006) • Hauenstein <i>et al.</i> (2014) • Insular (2024) • Richardson <i>et al.</i> (2011) • Steubing <i>et al.</i> (2002) • Zedler (2003)

3. Monitoreo y evaluación

Como vimos previamente, a través del monitoreo se busca evaluar si las acciones de restauración están funcionando o deben modificarse (en marco del enfoque adaptativo). El diseño de los esquemas de monitoreo debe realizarse en la fase de planificación del proyecto (apartado 1.3.5, pág. 67), para asegurar que los objetivos y metas del proyecto y sus indicadores seleccionados sean medibles, que el formato y la programación del monitoreo estén bien alineados y que haya detonantes claros de acciones a realizar si las metas y objetivos no se cumplen (Gann *et al.*, 2019). Además, el monitoreo de los proyectos de restauración aporta a generar aprendizaje social, dado lo cual es relevante involucrar a los actores claves del proyecto.

Acorde a Vargas Ríos (2011) existen dos tipos de monitoreos relevantes en la restauración ecológica:

- **Monitoreo de implementación o de corto plazo:** evalúa si las acciones de restauración se hicieron correctamente (según lo planificado), para ver si están logrando los objetivos esperados. Esto se logra analizando los cambios en el ecosistema una vez implementadas las acciones, en escalas pequeñas de tiempo y espacio, para ajustar rápidamente las estrategias si los resultados no son los deseados.
- **Monitoreo de efectividad, de largo plazo o del éxito de la restauración:** busca determinar si se cumplió con el objetivo último de la restauración, mediante análisis realizados a escalas espacio temporales más grandes. En este monitoreo se evalúa si los principales patrones y procesos ecológicos del ecosistema se han recuperado. La información obtenida permite además redefinir los objetivos de restauración y ajustar la estrategia.

3.1 Implementar el plan de seguimiento

El Plan de Seguimiento debe indicar claramente los parámetros a medir, número de sitios y la duración, lo anterior acorde al propósito del monitoreo, las características del área a ser muestreado (y tipo de humedal), el grupo biológico a monitorear, el acceso al lugar y a cuan representativo debe ser el estudio (MMA-ONU Medio Ambiente, 2022). Esta información debe estar incorporada de manera previa en el plan de seguimiento, sin embargo, durante la implementación es posible realizar correcciones o ajustes metodológicos los que deberán estar claramente justificados e incorporados en el plan de seguimiento.

Se debe considerar que el monitoreo de las actuaciones de restauración puede resultar costosas y con una proyección temporal a largo plazo, por lo cual es conveniente incorporar a la ciudadanía quienes mediante acciones de ciencia ciudadana pueden apoyar el desarrollo del plan de seguimiento.

26 <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/08/Guia-Monitoreo-de-humedales-03-05-24.pdf>

Para profundizar respecto a cómo implementar el programa de monitoreo se recomienda revisar la guía para el monitoreo de humedales de MMA-ONU Medio Ambiente (2022a) disponible en: Guía de Monitoreo de Humedales²⁶.

3.2 Evaluar el éxito de la restauración

Acorde a la SER (2004), un ecosistema se considera recuperado y restaurado cuando posee suficientes recursos bióticos y abióticos para desarrollarse de manera autosuficiente, sin necesidad de ayuda externa. Ello implica que cuenta con las características necesarias para interactuar con ecosistemas vecinos (flujo y energía) y mantener su estructura y funcionamiento frente a condiciones de estrés demostrando resistencia y resiliencia a las alteraciones ambientales normales.

A modo de evaluar el estado y progreso de proyectos de restauración ecológica (grado de recuperación de un ecosistema), la SER (Gann *et al.*, 2019) propone la utilización del Sistema de las Cinco Estrellas y la Rueda de la Recuperación Ecológica.

El sistema de cinco estrellas corresponde a un esquema de puntuación que permite evaluar el grado de recuperación de un ecosistema respecto a los seis atributos claves del ecosistema (ver tabla 12. Atributos del ecosistema de referencia) los que son valorizados en una escala de 1 a 5 según los criterios presentados en tabla 25. Cabe indicar que la evaluación usando el Sistema de las Cinco Estrellas debe ser específica del sitio y la escala de cada proyecto de restauración.

Por otro lado, la Rueda de la Recuperación Ecológica corresponde a una representación visual del grado de recuperación del ecosistema, utilizando igualmente la puntuación de 5 estrella y en torno a los seis atributos del ecosistema, pero con una evaluación que se enfoca en subcategorías de atributos específicos, lo que permite un análisis detallado de los componentes del ecosistema (Figura 17). El uso de ambas herramientas puede ser de manera separada o conjunta; sin embargo, de forma conjunta permite la evaluación integral del estado de un proyecto de restauración, ello dado que el sistema de estrellas proporciona una visión general del nivel de recuperación, mientras que la rueda permite un análisis de los componentes específicos del ecosistema que requieren mayor atención.

Es preciso indicar que ya sea se utilice una o ambos métodos, la evaluación siempre se debe basar en la información levantada durante el monitoreo del ecosistema y por tanto su validez dependerá de la solidez del monitoreo. Adicionalmente dependiendo de las características del sitio a restaurar no todos los atributos deben necesariamente comenzar en 1 estrella ni lograr como objetivo final el obtener la puntuación máxima de 5 estrellas ello dado que, al compararse con la referencia, aquellos proyectos que busquen la rehabilitación del ecosistema o la recuperación de los SSEE p. ej. no lograrán obtener la máxima puntuación aun cuando los objetivos del mismo se cumplan de manera exitosa.



Tabla 25. Escala de recuperación según puntuación de 5 estrellas interpretada en el contexto de los seis atributos ecosistémicos clave. Los indicadores son genéricos y deben interpretarlos en el contexto de cada proyecto. Fuente: Modificado de Gann *et al.*, 2019.

Atributos	★	★★★	
Ausencia de amenazas	Se ha detenido el deterioro y están asegurados (o se ha avanzado en asegurar) la tenencia y/o el manejo del sitio.	Las amenazas provenientes de áreas adyacentes comienzan a ser manejadas o mitigadas.	
Condiciones físicas	Los problemas físicos y químicos graves se han remediado o se está remediando (p. ej., exceso de nitrógeno, pH alterado, alta salinidad, contaminación u otros daños al suelo o el agua).	Propiedades químicas y físicas del sustrato encaminadas correctamente respecto a los valores de referencia.	
Composición de especies	Algunas especies nativas colonizadoras presentes (p. ej., ~2% de las especies del ecosistema de referencia). y/o Amenaza in situ por especies invasoras no nativas o indeseadas moderada. Nichos de regeneración disponibles.	Establecimiento de un pequeño subconjunto de especies nativas características (p. ej., ~10% de las especies del ecosistema de referencia). y/o Amenaza in situ por especies invasoras no nativas o indeseadas de baja a moderada.	
Diversidad estructural	Uno o menos estratos biológicos están presentes y no se presenta el patrón espacial o la complejidad trófica de la comunidad en relación con el ecosistema de referencia.	Más de un estrato biológico están presentes, pero el patrón espacial y la complejidad trófica son bajos en relación con el ecosistema de referencia.	
Funcionalidad del ecosistema	Los sustratos y la hidrología se encuentran en una fase básica, pero se evidencia la capacidad de desarrollar funciones similares a las de referencia en el futuro.	Los sustratos y la hidrología muestran un potencial mejorado para una gama más amplia de funciones, incluyendo el reciclaje de nutrientes y/o la provisión de hábitats y recursos para otras especies.	
Intercambio externo	Se ha identificado el potencial para intercambios (p. ej., de especies, genes) con el paisaje o el medio acuático circundantes.	Se han concertado acuerdos para que la conectividad aumente los intercambios positivos (y minimice los negativos), a través de la cooperación con los actores interesados. Se restablecen los vínculos.	

★★★	★★★★	★★★★★
Todas las amenazas adyacentes son gestionadas o mitigadas en un grado bajo.	Todas las amenazas adyacentes son gestionadas o mitigadas en un grado intermedio.	Todas las amenazas son gestionadas o mitigadas en un grado alto.
El sustrato se ha estabilizado dentro del intervalo natural y sustenta el crecimiento de la biota nativa característica.	El sustrato se ha estabilizado dentro del intervalo natural y sustenta el crecimiento de la biota nativa característica.	El sustrato presenta características físicas y químicas muy similares a las del ecosistema de referencia, con evidencia de que puede sostener indefinidamente a las especies y los procesos
Un subconjunto de especies nativas clave (p. ej., ~25% de las especies del ecosistema de referencia) se establece en proporciones sustanciales del sitio. y/o Amenaza in situ por especies invasoras no nativas o indeseadas muy baja.	Se presenta una diversidad sustancial de la biota nativa característica (p. ej., ~60% de las especies del ecosistema de referencia) a través del sitio, que representa a una amplia diversidad de grupos de especies. y/o Amenaza in situ por especies invasoras no nativas o indeseadas muy baja.	Se presenta una alta diversidad de especies nativas características (p.ej., >80% de las especies del ecosistema de referencia), con una alta similitud al ecosistema de referencia; potencial mejorado para la recolonización de más especies nativas a lo largo del tiempo. y/o No se conocen amenazas in situ por especies indeseadas.
La mayoría de los estratos están presentes y hay algún patrón espacial y complejidad trófica en relación con el sitio de referencia.	Todos los estratos están presentes. Los patrones espaciales son evidentes y se desarrolla una complejidad trófica sustancial en relación con el ecosistema de referencia.	Todos los estratos están presentes y los patrones espaciales y la complejidad trófica son altos. El ecosistema tiene capacidad de autoorganizar una mayor complejidad y patrones espaciales muy similares a los del ecosistema de referencia.
Hay evidencia del inicio de funciones (p. ej., reciclaje de nutrientes, filtración del agua y provisión de hábitat y recursos para un conjunto de especies).	Hay evidencia sustancial del inicio de funciones y procesos clave, entre ellos la reproducción, dispersión y reclutamiento de especies nativas.	Hay evidencia considerable de que las funciones y procesos se encuentran en una trayectoria segura hacia la de la referencia y hay evidencia de la resiliencia del ecosistema, comprobada mediante el restablecimiento de regímenes de disturbio adecuados.
Los intercambios positivos entre el sitio y el entorno externo son evidentes (p. ej., más especies, flujos genéticos, etc.).	Establecimiento de un alto nivel de intercambios positivos con otros ecosistemas nativos; control de especies indeseadas y disturbios.	Hay evidencia de que los intercambios externos son muy similares a los de la referencia y los acuerdos a largo plazo de gestión integrada con un paisaje más amplio son operativos.

Para facilitar el uso del “sistema de puntuación de 5 estrellas” y la “rueda de recuperación ecológica” se pueden utilizar las matrices de ejemplo incluidas en los anexos 1 y 2 o mediante el documento de apoyo para la Evaluación del Éxito de la Restauración, disponible en <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/01/Matriz-de-evaluacion-del-exito-de-recuperacion-1.xlsx>.

²⁷ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.13035>

Adicionalmente para profundizar más sobre la metodología de evaluación de éxito de la restauración se sugiere revisar el documento “Principios y Estándares Internacionales para la Práctica de la Restauración Ecológica²⁷” (Gann et al., 2019).

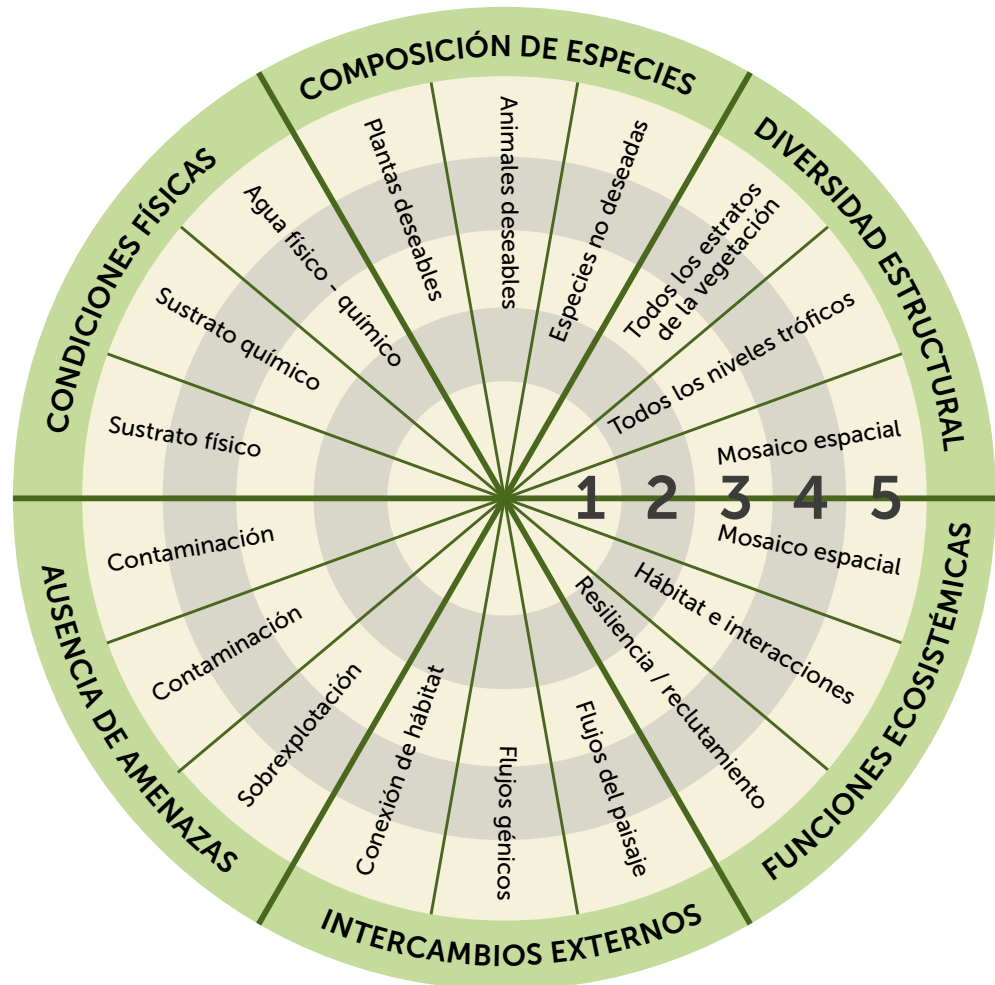


Figura 17. La Rueda de Recuperación Ecológica permite visualizar el progreso de la recuperación de los atributos del ecosistema en comparación con los de un modelo de referencia. Cada cuadro representa la puntuación del ecosistema para cada atributo según la escala de puntuación de 5 estrellas, los cuales se colorean acorde al nivel de recuperación. Cada atributo no inicia necesariamente con un valor cero o una estrella. Fuente: Extraído de Gann et al., 2019.



IV. Fondos Disponibles para Financiar Proyectos de Restauración

Esta base de datos contiene una lista de las organizaciones de los sectores público y privado que financian proyectos que promueven la conservación, el uso racional y la restauración de los humedales o invierten en dichos proyectos. No es exhaustiva y sirve de directorio para las personas que buscan posibles fuentes de financiación.

Tabla 26. Fondos nacionales e internacionales que financian iniciativas de restauración ecológica.

FONDOS NACIONALES CONCURSABLES		
Nombre del Fondo / Institución	Relación con humedales	Enlace
Fondo de Protección Ambiental (FPA)/ Ministerio del Medio Ambiente	Es un fondo para financiar total o parcialmente proyectos o actividades orientados a la protección o reparación del medio ambiente, el desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.	https://fondos.mma.gob.cl/que-es-fpa/
Plan “Siembra por Chile”: Programa de Restauración de Bosques Nativos a Gran Escala / Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Es un programa que considera acciones para iniciar procesos de restauración de bosques nativos a gran escala, priorizando zonas de conservación y protección de suelos, humedales, cabeceras de cuenca y cuerpos de agua.	https://www.conaf.cl/manejo-de-ecosistemas/bosque-nativo/plan-siembra-por-chile-programa-de-restauracion-de-bosques-nativos-a-gran-escala/

FONDOS NACIONALES CONCURSABLES

Nombre del Fondo / Institución	Relación con humedales	Enlace
Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) / Gobierno de Chile	Es un programa de inversiones públicas, a través del cual, el Gobierno central transfiere recursos a regiones para desarrollar acciones en los distintos ámbitos de desarrollo social, económico y cultural, para obtener un desarrollo territorial armónico y equitativo.	https://www.fondos.gob.cl/
Programa Concursable de Espacios Públicos / Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Es un Programa de Conservación de Parques Urbanos o la construcción de nuevos parques. Los parques urbanos ofrecen importantes servicios ecosistémicos que benefician a las personas y mejoran el medioambiente y la biodiversidad, permitiendo además afrontar de mejor manera los impactos del cambio climático.	https://www.minvu.gob.cl/beneficio/ciudad/parques-urbanos/
Concurso de Proyectos / Red de Humedales Costeros y Aves Playeras en la Costa Árida-Semiárida del Pacífico Sudamericano	Concurso bianual que financia proyectos y acciones prioritarias para proteger los humedales costeros y las aves playeras en Chile, Perú y Ecuador.	https://humedalescosteros.org/concurso/
Fondo Común / Fundación Lepe	Es un fondo concursable que tiene como objetivo potenciar proyectos socioambientales y comunitarios, que apliquen soluciones colaborativas, para regenerar los ecosistemas. agrupaciones, formales o informales que estén desarrollando proyectos liderados por la comunidad	https://www.fundacionlepe.cl/fondo-comun
Patagonia Chile/ Patagonia	Son donaciones a organizaciones para financiar proyectos que buscan proteger y restaurar bosques, ríos, mares y montañas por su importancia para las comunidades que los habitan.	https://cl.patagonia.com/pages/como-financiamos
Fondo de Humedales para el Futuro /RAMSAR	Fondo que tiene por objetivo de promover la implementación del concepto de uso racional de los humedales a través del fortalecimiento de capacidades de los países para manejar sus recursos de humedales, así como para contribuir a integrar la conservación y el manejo de los humedales en el proceso de desarrollo.	https://www.ramsar.org/es/document/fondo-de-humedales-para-el-futuro-beneficiando-el-manejo-y-la-conservacion-dehumedales-en

FONDOS NACIONALES CONCURSABLES		
Nombre del Fondo / Institución	Relación con humedales	Enlace
Grupo de Recursos Hídricos 2030	El Grupo de Recursos Hídricos 2030 es una asociación público-privada y de la sociedad civil organizada por el Grupo del Banco Mundial. La asociación apoya la colaboración a nivel de país diseñada para unir a diversos grupos con un interés común en la gestión sostenible de los recursos hídricos.	https://2030wrg.org/

V. Glosario

Convención de Ramsar

Tratado intergubernamental en el que se consagran los compromisos contraídos por sus países miembros para mantener las características ecológicas de sus Humedales de Importancia Internacional y planificar el “uso racional”, o uso sostenible, de todos los humedales situados en sus territorios.

Características ecológicas

Son la combinación de los componentes, procesos y beneficio/servicios¹ del ecosistema que caracterizan al humedal en un determinado momento.” (Ramsar Manual 19).

Cambio en las características ecológicas

Se entiende la alteración adversa, causada por la acción humana, de cualquiera de los componentes, procesos y/o beneficios/ servicios del ecosistema. (Ramsar Manual 19).

Contaminación difusa

Vertido de contaminantes en el medio ambiente provenientes de fuentes no concretas y dispersas

Cuencas endorreicas

Son aquellas cuencas cuyos ríos no desembocan directamente al mar, sino que desembocan en lagos, pantanos y son cerradas, es decir, solo tienen salida por infiltración o evaporación. Por ejemplo, el lago Chungará y el salar de Atacama.

Dinámica del ecosistema

Cambios en la composición y estructura de las comunidades biológicas asociados con el tamaño de la población, la manifestación de polimorfismo o las fases de desarrollo de los individuos de las distintas especies

Dinámica fluvial

Balance entre los procesos de erosión/transporte/sedimentación

Ecosistema

Conjunto formado por el medio físico (componentes abióticos, el biotopo), por los organismos que viven en él (componentes bióticos, la biocenosis o comunidad), y por las relaciones que se establecen entre todos sus componentes y el medio en el que viven.

Epilimnio

Masas de agua por encima de la termoclina en un cuerpo de agua estratificado.

Esclerófilo

árbol o arbusto de hoja dura. Es frecuente ver el término escrito con tilde: “esclerófilo”, lo cual es un error de prosodia muy generalizado, puesto que esclerófilo significa “amigo de lo duro” y no de “hoja dura”, como es el sentido del término esclerófilo al hacer referencia a las hojas duras del bosque mediterráneo de Chile central.

Especie Alóctona

También definida como especie exótica es una especie que no pertenece (naturalmente) al lugar en el que se encuentra.

Estructura del ecosistema

La arquitectura con respecto a los estratos vegetales, los niveles tróficos y los patrones espaciales.

Estructura de la comunidad vegetal

significa la fisonomía o arquitectura de la vegetación con respecto a la densidad, estratificación horizontal y frecuencia de distribución de las poblaciones de especies, así como los tamaños y seres vivos de los organismos que componen dichas comunidades

Eutrofización

se refiere al aporte en exceso de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente Nitrógeno (N) y Fósforo (P), en un ecosistema acuático, produciendo una proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua afectadas.

Estudio Fitosociológico

Sub-disciplina de la Ecología Vegetal, orientada a reconocer y caracterizar las comunidades vegetales de una región a partir del estudio de la ocurrencia conjunta de especies

Funcionalidad del ecosistema

Estabilidad de los procesos internos e interacciones que permiten que el ecosistema se mantenga en el tiempo

Funciones de los ecosistemas

Capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, directa o indirectamente (De Groot, 1992).

Gestión adaptativa

Proceso cíclico que implica evaluación, retroalimentación, y adaptación, según corresponda, para abordar nuevas circunstancias, ya sea conocimientos nuevos, prioridades, amenazas u oportunidades, utilizando las lecciones aprendidas para mejorar los objetivos y las acciones de Restauración.

Herbivoría

proceso por el cual animales consumen tejidos vegetales vivos (hojas, tallos, raíces o frutos). Esta interacción es asimétrica, dado que una parte se ve beneficiada (el herbívoro), mientras otra se ve perjudicada (la planta).

Hipolimnio

Masa de agua por debajo de la termoclina en un cuerpo de agua estratificado.

Humedal degradado

Humedal que producto de una alteración natural o antrópica es llevado a una simplificación o alteración en su estructura, función y composición y, a su vez, a la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Memoria ecológica

El resultado de las condiciones ambientales pasadas y la selección posterior en las poblaciones (por ej. el relieve, tipo de suelo y sus variaciones en el territorio dan lugar a combinaciones particulares de especies o ensambles). La memoria ecológica está codificada en la estructura actual de las comunidades biológicas y se refleja en la estructura genética de las especies (Thompson *et al.*, 2001).

Metalimnio

Masa de agua Intermedia en un lago estratificado, donde ocurre la termoclina.

Procesos ecológicos

Son el resultado de interacciones complejas entre los componentes bióticos (organismos vivos) y abióticos (químicos y físicos) de los ecosistemas a través de las fuerzas impulsoras universales de la materia y la energía.

Resiliencia del ecosistema

el grado, forma y ritmo de recuperación de las propiedades del ecosistema después de un disturbio antrópico o natural.

Resistencia del ecosistema

la capacidad para amortiguar disturbios y reorganizarse mientras se producen cambios, de modo que conserve un funcionamiento y estructura.

Rodal

población delimitada de árboles que poseen suficiente uniformidad fenotípica. Claramente definida

Servicios Ecosistémicos

contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano.

Trayectoria ecológica

Curso o ruta de la condición de un ecosistema (es decir, estructura y funcionamiento) a lo largo del tiempo. Esto puede implicar degradación, estasis, adaptación a condiciones ambientales variables, o respuesta a la restauración ecológica – lo que idealmente conduce a la recuperación de la integridad y la resiliencia perdidas.

UVb

Radiaciones de longitud de onda media comprendida entre los 280 y los 315 nm. Representan como máximo un 10% de las radiaciones que llegan a la superficie terrestre.

Vega altoandina

Tipo de humedal que normalmente se forma por afloramiento de nivel freático, donde los niveles de humedad del suelo son adecuados para el crecimiento de la vegetación de tipo azonal, en altitud por sobre 2.000 m.s.n.m. especialmente es las regiones de la macrozona norte del país. Presentan especies vegetales de crecimiento no cespitoso, desarrollando un césped parejo o con desarrollo de pequeños cojines herbáceos.

Zona litoral

En lagos corresponde a la región de aguas someras, con penetración de la luz hasta el fondo; ocupada típicamente por plantas enraizadas en los estanques y lagos naturales.

Zona Limnética

En lagos corresponde a la zona de agua abierta, hasta la profundidad de la penetración eficaz de la luz, llamada nivel de compensación, que es la profundidad a la que la fotosíntesis compensa justamente a la respiración. Este nivel se sitúa a la profundidad a la que la intensidad de la luz es de aproximadamente 1% de la plena intensidad de la luz solar. La comunidad de estas zonas se compone solamente de plancton, neuston y algunas veces de neuston.

Zoocoria

Distribución de las semillas o esporas mediante animales

VI. Bibliografía

Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras Leiva, M. y A. Figueroa (2011) Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos, Santiago, Chile, Ministerio del Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero y Dirección General de Aguas. Disponible en: <http://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/498> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Ahumada, M. y L. Faúndez (2009) Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT), Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/294573290_Guia_descriptiva_de_los_sistemas_vegetacionales_azonales_hidricos_terrestres_de_la_ecorregion_altiplanica_SVAHT [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Alexander, S. y R. Mc Innes (2012) The benefits of wetland restoration. Notas de información científica y técnica de Ramsar N° 4. Gland, Suiza, Secretaría de Ramsar. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/bn/bn4-sp.pdf> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Almanza, V., Parra, O., De M. Bicudo, C., González, M., Lopez, M. y R. Urrutia (2016) "Floraciones de fitoplancton y variación de la estructura comunitaria fitoplanctónica en tres lagos someros eutróficos de Chile Central". Gayana Botánica, Vol. 73(2), pp. 191-205. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432016000200191> [Consulta: 09 de diciembre de 2024].

Araya, R. y D. Messuto (2023) Humedales costeros como sumidero de Carbono Azul. Reporte Técnico. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Santiago, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Humedales-costeros-como-sumideros-de-carbono-azul.pdf>

Aranibar, D., Gonnet, J., Ramírez, W., Mamani, A., Placencia, G. y J. Salinas (2009) Buenas prácticas para un manejo sostenible de la ganadería camélida en el territorio altoandino - Guía de Campo -, Santiago, Chile, FAO y Ministerio de Agricultura. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc7979es> [Consulta: 15 de octubre de 2024].

Barkmann, J., Glenk, K., Keil, A., Leemhuis, C., Dietrich, N., Gerold, G. y R. Marggraf (2008) "Confronting unfamiliarity with ecosystem functions: The case for an ecosystem service approach to environmental valuation with stated preference methods". Ecological Economics, Vol. 65(1), pp. 48-62. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.002> [Consulta: 05 de octubre de 2024].

Bradshaw, A. D. (1987) "Restoration: An acid test for ecology", en: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D. Aber, eds., Restoration ecology: A synthetic approach to ecological. Cambridge University Press, pp. 23–29. Disponible en: <https://assets.cambridge.org/97805213/31104/sample/9780521331104ws.pdf> [Consulta: 08 de octubre de 2024].

Camprodon, J., Guardis, P. y M. Ordeix (2022) Manual técnico de conservación y restauración de ríos y riberas. LIFE ALNUS. Programa Life Naturaleza y Biodiversidad de la Unión Europea, Solsona, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8192044> [Consulta: 14 de diciembre de 2024].

Centro de Ecología Aplicada (CEA) y Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) (2006) Informe Final Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Contrato CONAMA N°31–22–001/05. Disponible en: <https://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/540> [Consulta: 12 de octubre de 2024].

Centro de Ecología Aplicada (CEA) (2017) Informe Técnico Sistema de monitoreo continuo Embalse Rapel, Región del Libertador Bernardo O´Higgins, Mesa Ambiental Embalse Rapel.

Centro de Ecología Aplicada (CEA) (2018) Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile. Fondo de investigación Pesquera y de Acuicultura FIPA de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Disponible en: https://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-95814_informe_final.pdf [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Chimney, M.J. y G. Goforth (2006) History and description of the everglades nutrientremoval project, a subtropical constructed wetland in south Florida (USA). Ecol. Eng. Vol. 27, pp. 268–278.

Comín, F. (2014) Manual de Restauración de humedales en cuencas agrícolas. Proyecto EU Life09 ENV/ES/000431 (2011–2014) "Creación y restauración de ecosistemas acuáticos para la mejora de la calidad del agua y de la biodiversidad en cuencas agrícolas". España. Los Montenegros Consejo Comarcal. Disponible en: https://forecos.cl/wp-content/uploads/2019/10/Manual_humedales.pdf [Consulta: 14 de diciembre de 2024].

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y Centro de Ecología Aplicada (CEA) (2006) Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Disponible en: <http://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/540> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Confederación Hidrográfica del Segura (2008) Restauración de Riberas. Manual para la restauración de riberas en la cuenca del río Segura. España. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Disponible en: <https://www.chsegura.es/es/cuenca/restauracion-de-rios/riberas/> [Consulta: 13 de diciembre de 2024].

Contreras-López, M., Zuleta, C., Fariña, J., Larraguibel C. y J. Salcedo (2021) Propuesta Técnica delimitación del humedal de Mantagua e identificación de áreas prioritarias a restaurar en la cuenca asociada (Piloto Región de Valparaíso). Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Viña del Mar, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/2021-05-06-Informe-03-GEF-Mantagua_revCLG_MCL-1.pdf [Consulta: 22 de octubre de 2024].

Convención sobre los Humedales (2021a) Restauración de las turberas drenadas: un paso necesario para alcanzar los objetivos climáticos mundiales. Nota sobre Políticas de Ramsar N.º 5. Gland, Suiza. Secretaría de la Convención sobre los Humedales. Disponible en: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/rpb5_restoring_drained_peatlands_s_1.pdf [Consulta: 05 de diciembre de 2024].

Convención sobre los Humedales (2021b) Directrices globales sobre la rehumidificación y restauración de las turberas. Informe Técnico de Ramsar N.º 11. Gland, Suiza. Secretaría de la Convención sobre los Humedales. Disponible en: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/rtr11_peatland_rewetting_restoration_s.pdf [Consulta: 05 de diciembre de 2024].

De Groot, R. S., Wilson, M. A. y R. M. Boumans (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological economics, Vol. 41(3), pp. 393-408. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7) [Consulta: 18 de octubre de 2024].

Délano, G. (2013) Guía de terreno: Manejo y recolección sustentable de musgo pompón (*Sphagnum magellanicum*) en turberas de la Región de Los Lagos. Proyecto FIC Universidad Santo Tomás - GORE de Los Lagos, Puerto Montt. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/fa9c1889-f8f7-48ec-bc55-feefbcb16c9e> [Consulta: 07 de diciembre de 2024].

Domínguez, E. y M.P. Martínez (2021) Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de *Sphagnum* en la región de Aysén, Coyhaique, Chile: Colección Libros INIA N° 41, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67739> [Consulta: 22 de octubre de 2024].

EPA Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (en línea) Los estuarios. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/los-estuarios> [Consulta: 08 de diciembre de 2024].

Fariña, J. M. y A. Camaño (2012) Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable, Santiago de Chile, Ediciones UC. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt15hvtx4> [Consulta: 22 de octubre de 2024].

Flores, L., Figueroa, R., Contreras-López, M. y A. Arenas (2022) "El humedal de Mantagua. Importancia de su conservación", en: L. Flores, M. Contreras-López, R. Figueroa, A. Arenas, eds., Humedal costero de Mantagua, un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile central. Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso, pp. 21-27. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Publicacion-Mantagua-final_baja.pdf [Consulta: 05 de octubre de 2024].

Francke, S., Vargas, R. y K. Tokugawa (2009) Manual de control de erosión, Chile. Proyecto Cuencas CONAF-JICA "Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas Degradadas de la Zona Semiárida de Chile". Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/f071292e-9c71-49c8-a62f-acca2b871085/content> [Consulta: 15 de noviembre de 2024].

Fundación Nueva Cultura del Agua (en línea) Guía Nueva Cultura del Agua. Disponible en: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/desarrollo-de-temas/114-como-abordar-un-proyecto-de-restauracion-fluvial>

Gann, G.D. y D. Lamb (2006) La restauración ecológica – un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida (versión 1.1). Society for Ecological Restoration (SER) International, Tucson, Arizona, EE.UU. y IUCN, Gland, Suiza. Disponible en: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/Global_Rationale_Spanish.pdf [Consulta: 07 de octubre de 2024].

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., Decler, K. y K.W. Dixon (2019) "International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition". Restoration Ecology, Vol. 27(S1), pp.1-46. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/rec.13035> [Consulta: 07 de octubre de 2024]

García, J (2019) "Restauración de ríos y cuencas en Chile: diagnóstico y desafíos". Revista de Derecho Administrativo Económico, N° 29, pp. 139-162. Disponible en: <https://redad.uc.cl/index.php/REDAE/article/view/2250> [Consulta: 13 de diciembre de 2024].

Gattenlöhner, U., Hammerl-Resch, M. y S. Jantschke (2004) Restauración de Humedales – Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros, Unión Europea, Global Nature Fund – Programa Life. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/263978850/restauracion-de-humedales-manejo-sostenible-de-humedales-y-lagos-someros> [Consulta: 17 de noviembre de 2024].

Gerding, V. (2010) Suelos de humedales y trumaos húmedos del sur de Chile, Reunión de Trabajo sobre Plantaciones forestales en Chiloé, con énfasis en suelos ñadi Dalcahue, 28 y 29 mayo 2010. Disponible en: <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1628> [Consulta: 07 de enero de 2025].

Gómez García, D. (2008) "Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración", en F. Fillat, R. García González, D. Gómez García, y R. Reiné, eds., Pastos del Pirineo. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/100480> [Consulta: 15 de octubre de 2024].

Gonnet J.M., López, C., Aranibar, D.E. y E. Lictevou (2016) Manual introductorio al manejo de vegas y bofedales mediante prácticas tradicionales de culturas andinas en el norte de Chile. Corporación Norte Grande. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/26592> [Consulta: 12 de noviembre de 2024].

Gonnet, J., Castro, L.F., Ramírez, W., Aranibar, D.E. y M. Del Canto Vilches (2024) Estimación de la Capacidad de Carga de Vegas y Bofedales Región de Arica y Parinacota – Región de Tarapacá en el marco de la iniciativa Más Agua "Mejoramiento de vegas y bofedales mediante técnicas de manejo tradicionales en el altiplano de Tarapacá". Corporación Norte Grande.

González del Tánago, M. y D. García de Jalón (2008) Guía metodológica para la elaboración de proyectos de restauración de ríos. España, Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/379655643> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

González del Tánago, M. y D. García de Jalón (2011) "Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones", *Limnetica*, Vol. 30(2), pp. 235-254. Disponible en: <https://limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-30-2-p-235.pdf> [Consulta: 22 de octubre de 2024].

Hauenstein, E., González, M., Peña-Cortés, F., y A. Muñoz-Pedrerros (2005) Diversidad vegetal en humedales costeros de la Región de La Araucanía. en C. Smith-Ramírez, Armesto, J. y C. Valdovinos eds., *Historia, diversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*, pp. 197-205. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., Vargas-Chacoff, L. y O. Urrutia (2014) Composición florística y evaluación de la degradación del bosque pantanoso costero de temu-pitra en la Región de La Araucanía, Chile. *Gayana Botánica*, Vol. 71(1), pp. 43-57

Ibañez, G. y J. Sepúlveda (2022a) "Aproximación a la fauna del Humedal de Mantagua", en Flores, L., Contreras-López, M., Figueroa, R. y A. Arenas, eds., *Humedal costero de Mantagua, un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile central*. Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso, pp. 133-165. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Publicacion-Mantagua-final_baja.pdf [Consulta: 05 de octubre de 2024].

Ibañez, G. y J. Sepúlveda (2022b) "Redescubriendo las aves del Humedal de Mantagua", en L. Flores, M. Contreras-López, R. Figueroa, A. Arenas, eds., *Humedal costero de Mantagua, un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile central*. Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso, pp. 167-202. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Publicacion-Mantagua-final_baja.pdf [Consulta: 05 de octubre de 2024].

Insular (2024) Informe de avance N°1 - Versión final Restauración Pitranto Puralaco-Queule. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Temuco, Chile. Ministerio del Medio Ambiente.

Kozulin, A.V., Tanovitskaya, N.I. y I.N. Vershitskaya (2010) Methodical recommendations for ecological rehabilitation of damaged mires and prevention of disturbances to the hydrological regime of mire ecosystems in the process of drainage. Belarus: Scientific and Practical Center for Bio Resources - Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus. Disponible en: http://content-ext.undp.org/aplaws_publications/2944594/Belarus_guidebook_%20peatland_restoration.pdf [Consulta: 05 de diciembre de 2024].

Lara A., Little, C., Urrutia, R., McPhee, J., Álvarez-Garretón, C., Oyarzún, C., Soto, D., Donoso, P., Nahuelhual, L., Pino, M. y I. Arismendi (2009) "Assessment of Ecosystem Services as an Opportunity for the Conservation and Management of Native Forest in Chile". *Forest Ecology and Management*, 258, pp. 415-424. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222109613_Assessment_of_Ecosystem_Services_as_an_Opportunity_for_the_Conservation_and_Management_of_Native_Forests_in_Chile [Consulta: 12 de noviembre de 2024].

Lara, A., Little, C., González, M.E. y D. Lobos (2013) "Restauración de bosques nativos para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en el centro-sur de Chile: desde las pequeñas cuencas a la escala de paisaje", en A. Lara, P. Laterra, R. Manson, y G. Barrantes, eds., Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe. Valdivia, Chile. Red ProAgua CYTED, Imprenta América, pp. 59-80. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305335460_Servicios_Ecosistemas_Hidricos_Estudios_de_Caso_en_America_Latina_y_El_Caribe [Consulta: 05 de noviembre de 2024].

Laterra, P., Barral, P., Carmona, A. y L. Nahuelhual (2015) ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial, San Luis, Argentina, Ediciones INTA. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/290964970> [Consulta: 23 de octubre de 2024].

Legg, C.J. y L. Nagy (2006) "Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time". J Environ Manage, Vol. 78(2), pp.194-199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.016> [Consulta: 25 de noviembre de 2024].

León, C.; A. Benítez; E. Leiva; M. Zúñiga & J. Herrera. 2024. Guía metodológica para regeneración del musgo Sphagnum. Universidad Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile. 110 páginas. Disponible en: https://turberas.cl/wp-content/uploads/2024/08/guia_regeneracion_sphagnum_ubo.pdf [Consulta: 01 de diciembre de 2024].

Ley 19.300/1994. Ley sobre bases generales del medio ambiente, promulgada el 01 de marzo de 1994, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile.

Ley 21.600/2023. Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, promulgada el 21 de agosto de 2023. Ministerio del Medio Ambiente, Chile.

Lindig-Cisneros, R. y J.B. Zedler (2005) "La Restauración de Humedales", en O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara, eds., Temas sobre restauración ecológica, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología U.S. Fish and Wildlife Service Unidos para la Conservación A.C, pp. 201-213. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Marquez-Huitzil/publication/319174095_Temas_sobre_Restauracion_ecologica/links/604f9a14458515e8344a4bbe/Temas-sobre-Restauracion-ecologica.pdf [Consulta: 05 de noviembre de 2024].

Little, C., Lara, A., McPhee, J., y R. Urrutia (2009) "Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile". Journal of Hydrology, Vol. 374, pp. 162-170. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.011> [Consulta: 15 de noviembre de 2024].

López-Barrera, F. y A. Ortega-Pieck (2015) Restauración de ecosistemas y servicios ambientales. Lección 1.5. Diplomado en línea. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Instituto de Ecología A.C. y El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR de México.

Magdaleno, F. (2008) Principios y técnicas de restauración fluvial. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CEDEX). Ministerio de Fomento. España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mites/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/voluntariado-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad/fmadaleno_principiosrestauracion_tcm30-169645.pdf [Consulta: 03 de diciembre de 2024].

Martos-Rosillo, S. y Durán, J.J. (Eds.) (2022) Siembra y Cosecha de Agua en Iberoamérica. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Disponible en: <https://intercoonec.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Siembra%20y%20Cosecha%20del%20Agua-Enero%202023.pdf> [Consulta: 15 de octubre de 2024].

Meli, P., Benayas J.M., Carabias J., Ruiz L. y M. Martínez-Ramos (2013) "Restauración de los ecosistemas ribereños y sus servicios ecosistémicos: meta-análisis global y un estudio de caso en Chiapas, México", en A. Lara, P. Laterra, R. Manson, y G. Barrantes, eds., Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe. Valdivia, Chile. Red ProAgua CYTED, Imprenta América, pp. 39-57. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Paula-Meli/publication/263304689> [Consulta: 03 de octubre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2014) Propuesta sobre marco conceptual, definición y clasificación de servicios ecosistémicos para el ministerio del medio ambiente, Santiago, Chile, División de información y economía ambiental Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Versión 1. Disponible en https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/Propuesta-Marco-Conceptual-Definicion-y-Clasificacion-de-Servicios-Ecosistemicos_V1.0_Alta.pdf [Consulta: 10 de octubre de 2024].

Ministerio de Agricultura (MINAGRI) - Corporación Nacional Forestal (CONAF) - Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2021) Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Santiago, Chile. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/Plan-Nacional-de-Restauracion-de-Paisajes-2021-2030.pdf> [Consulta: 03 de octubre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (en línea) Síntesis información de línea base para el humedal de la desembocadura del río Elqui, comuna de la Serena, región de Coquimbo. Chile. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Humedal-Desembocadura-del-r%C3%ADo-Elqui.pdf> [Consulta: 14 de diciembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2022) Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborado por EDAFICA Suelos y Medio Ambiente. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile", Santiago, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/GUIA-HUMEDALES_2022_BAJA.pdf [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2022a) Guía de monitoreo de humedales. Elaborada por María Jesús Suazo Silva. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile". Santiago, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/08/Guia-Monitoreo-de-Humedales.pdf> [Consulta: 12 de noviembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2023) Informe final Propuesta Técnica: Piloto de Restauración Ecológica subcuenca humedal Mantagua. Elaborado por ALTOVERDE Paisajismo. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”, Viña del Mar, Chile. Ministerio del Medio Ambiente.

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2024) Guía para la Comprensión de los Servicios Ecosistémicos que prestan los Humedales y la Importancia de Múltiples Perspectivas de Valoración. Elaborado por Cerda, C., Bidegain, I., Valdés, A., Ocampo-Melgar, A., Fuentes, J. P., & Guerrero-Gatica, M. Universidad de Chile. mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”, Santiago, Chile. Ministerio del medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/10/guia-SERVICIOS-ECOSISTEMICOS-prensa.pdf> [Consulta: 22 de diciembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2024a) ¿Quieres saber más sobre las acciones de restauración en el humedal de Mantagua?. Elaborado por C. Mizobe y T. Valdés. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona Centro-Sur de Chile”, Viña del Mar, Chile, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/12/Mantagua-Pilotos-de-Restauracion-Ecologica.pdf> [Consulta: 25 de noviembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2024b) Informe Final implementación de núcleos de restauración ecológica en quebrada de la subcuenca aportante al Humedal de Mantagua. Elaborado por la Consultora Altoverde Paisajismo. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”, Viña del Mar, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/07/Informe-final-consultoria-nucleos-de-restauracion-Mantagua.pdf> [Consulta: 15 de noviembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2024c) Informe Final Plan Piloto de Enriquecimiento Ambiental enfocado en Fauna Silvestre: Restauración Ecológica subcuenca humedal Mantagua. Elaborado por Ngen Ambiental. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”. Viña del Mar, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/07/Informe-Estructuras-Fauna_Ngen-Ambiental.pdf [Consulta: 15 de noviembre de 2024].

Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente (MMA-ONU) (2025) Técnicas para la recuperación de humedales degradados: demostración en el humedal urbano río Elqui, La Serena, Región de Coquimbo, Chile. Elaborado por ECOTERRA ONG. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”. La Serena, Chile. Ministerio del Medio Ambiente.

Mola, I., Sopena, A. y R. De Torre (2018) Guía Práctica de Restauración Ecológica, Madrid, España. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. Disponible en: <https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/content/guia-practica-de-restauracion-ecologica> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Moreno-Mateos, D. (2015) Restauración de humedales continentales. Lección 3.2. Diplomado en línea. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Instituto de Ecología A.C. y El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR de México.

Nugent, K., Strachan, I.B., Strack, M., Roulet, N.T. y L. Rochefort (2018) "Multi-year net ecosystem carbon balance of a restored peatland reveals a return to carbon sink". *Global Change Biology* 24 (12), pp. 5751-5768. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14449> [Consulta: 06 de diciembre de 2024].

Ochoa-Sánchez, A., Suárez Robalino, E., Ochoa-Tocachi, B., Calle, T., Fuentes, P., De Bièvre, B., Vera, A. y M. Torres (2021) Buenas prácticas en conservación y restauración de humedales altoandinos. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/357658702_Buenas_Practicas_para_Conservacion_y_Restauracion_de_Humedales_Altoandinos [Consulta: 15 de octubre de 2024].

ONU Programa para el Medio Ambiente (en línea) Puntos clave de la resolución mundial sobre la gestión sostenible de los lagos. Disponible en: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/puntos-clave-de-la-resolucion-mundial-sobre-la-gestion-sostenible> [Consulta: 09 de diciembre de 2024].

Parra, O. Valdovinos, C., Urrutia R., Cisternas, M., Habit E. y M. Mardones (2003) Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central. *Limnetica* 22(1-2): 51-83 (2003). Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-22-1-p-51.pdf>

Pauly, D. (1995) "Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries". *Trends in ecology and evolution*, Vol. 10(10), pp. 430. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89171-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89171-5) [Consulta: 28 de noviembre de 2024].

Perret, S., Gacitúa, S. y J. Montenegro (2011) Manual 44: Técnicas de cosecha de aguas lluvia y conservación de suelos para la oasisificación del norte Chileno, La Serena, Chile, INFOR. Disponible en: <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/19095> [Consulta: 17 de noviembre de 2024].

Perret, S., Wrann, J y F. Andrade (2000) Manual 25: Aplicación de técnicas de captación de aguas lluvia en predios de secano para forestación, Santiago, Chile, INFOR. Disponible en: <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/6661> [Consulta: 15 de noviembre de 2024].

Photosíntesis (2021a) Propuesta integral de protocolo de apertura mecanizada de la barra terminal para el humedal cáhuil. Proyecto GEFSEC ID: 9766 "Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad". Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/propuesta-integral-de-protocolo-de-apertura-mecanizada-de-la-barra-terminal-para-el-humedal-de-cahuil/> [Consulta: 03 de diciembre de 2024].

Photosíntesis (2021b) Propuesta de delimitación del Humedal Laguna de Cáhuil e Identificación de áreas prioritarias a restaurar en su cuenca aportante. Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <https://gefhumedales.mma.gob.cl/delimitacion-del-humedal-laguna-de-cahuil-e-identificacion-de-areas-prioritarias-a-restaurar-en-su-cuenca-aportante/> [Consulta: 09 de octubre de 2024].

Photosíntesis (2021c) Valorización económica de los servicios ecosistémicos del humedal laguna de cáhuil. Proyecto GEFSEC ID: 9766 "Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad". Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/propuesta-integral-de-protocolo-de-apertura-mecanizada-de-la-barra-terminal-para-el-humedal-de-cahuil/> [Consulta: 03 de diciembre de 2024].

Photosíntesis (2021d) Propuesta integral de protocolo de apertura mecanizada de la barra terminal para el humedal cáhuil - Recomendaciones de Implementación de Monitoreo de Variables de Estado. Proyecto GEFSEC ID: 9766 "Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad". Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/propuesta-integral-de-protocolo-de-apertura-mecanizada-de-la-barra-terminal-para-el-humedal-de-cahuil/> [Consulta: 03 de diciembre de 2024].

Portal, ME. y K. Leiva (2022) "La cuenca superior del sistema Humedal de Mantagua", en: Flores, L., Contreras-López, M., Figueroa, R. y A. Arenas, eds., Humedal costero de Mantagua, un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile central. Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso, pp. 49-76. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Publicacion-Mantagua-final_baja.pdf [Consulta: 05 de octubre de 2024].

Potschin, M. B. y R.H. Haines-Young (2011) "Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. Progress in Physical Geography". Earth and Environment, 35(5), pp. 575-594. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0309133311423172> [Consulta: 04 de octubre de 2024].

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2022) "Gestión sostenible de los lagos", Resolución 4, Quinto período de sesiones, Nairobi. Disponible en: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/k22/006/74/pdf/k2200674.pdf> [Consulta: 09 de diciembre de 2024].

Quinty, F., LeBlanc M.C. y L. Rochefort (2020) Guide de restauration des tourbières - Préparation du site et remouillage. GRET, CSPMA et APHQ, Québec, Québec. Disponible en: https://tourbehorticoles.com/wp-content/uploads/2021/09/Guide_4.2_Preparation_site_et_remouillage_FR.pdf [Consulta: 04 de diciembre de 2024].

Resolución RAMSAR VII.17 (1999) "Los pueblos y los humedales: un nexo vital", 7a Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), San José, Costa Rica. Disponible en: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/key_res_vii.17s.pdf [Consulta: 08 de octubre de 2024].

Resolución Exenta 833 (2022) Ministerio del Medio Ambiente reconoce de oficio humedal urbano Río Elqui, Altovalsol a Desembocadura, 25 de julio de 2022. Disponible en: <https://sistemahumedales.mma.gob.cl/OficioHU/DetailsPublico/34> [Consulta: 14 de diciembre de 2024].

Riquelme del Río, B., Sepulveda-Jauregui, A., Salas-Rabaza, J., Mackenzie, R. y F. Thalasso (2024) "Fine-Scale Spatial Variability of Greenhouse Gas Emissions From a Subantarctic Peatland Bog", *Environmental Science & Technology*, Vol. 58(17), pp. 7393–7402. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.3c10746> [Consulta: 06 de diciembre de 2024].

Roni, P. y T. Becchie (2013) *Stream and Watershed Restoration: A Guide to Restoring Riverine Processes and Habitats*. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Disponible en: [DOI:10.1002/9781118406618](https://doi.org/10.1002/9781118406618) [Consulta: 14 de diciembre de 2024].

Secretaría de la Convención de Ramsar (2010) *Cómo abordar la modificación de las características ecológicas de los humedales: Cómo abordar la modificación de las características ecológicas de los Sitios Ramsar y otros humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 19.* Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-19sp.pdf> [Consulta: 10 de octubre de 2024].

Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío, Gobierno Regional de Biobío (2020) *Manual de técnicas básicas de restauración de ecosistemas forestales a escala de paisaje*, Chile. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/10/Manual-Proyecto-Cayumanque.pdf> [Consulta: 17 de noviembre de 2024].

Servicio de Evaluación Ambiental SEA (2016) *Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA*. Santiago, Chile. Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/12/19/guia_metodologica_caudal_ambiental.pdf [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Servicio de Evaluación Ambiental SEA (2023) *Guía área de influencia en humedales en el SEIA*. Santiago, Chile. Disponible en: <https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/03/29/Guia-AI-Humedales-SEIA-2023.pdf> [Consulta: 04 de octubre de 2024].

Servicio de Evaluación Ambiental SEA (2024) *Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres*. Santiago, Chile. Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/08/23/G_Met_Descripcion%20ecosistemas%20terrestres_2024.pdf [Consulta: 04 de octubre de 2024].

Society for Ecological Restoration (SER) Science and Policy Working Group (2004) *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration. Disponible en: <https://www.ser.org/page/serdocuments> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

Steubing, L.R., Godoy, R. y M. Alberdi (2002) Métodos de ecología vegetal. Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

Tabilo, E., Vargas, S., Casale, J. y C. Chávez (2021) Identificación de Áreas Prioritarias de Restauración del Humedal Desembocadura del Río Elqui y sus Subcuencas Aportantes, Región de Coquimbo. Proyecto GEF Humedales Costeros, ONU Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/documentos_pilotos/identificacion-y-priorizacion-de-areas-de-restauracion-ecologica-para-el-humedal-desembocadura-del-rio-elqui-y-sus-subcuencas-aportantes-region-de-coquimbo-2/ [Consulta: 09 de octubre de 2024].

Thalasso, F., Riquelme, B., Gómez, A., Mackenzie, R., Aguirre, F. J., Hoyos-Santillan, J., Rozzi, R., and Sepulveda-Jauregui, A (2023) "Technical note: Skirt chamber – an open dynamic method for the rapid and minimally intrusive measurement of greenhouse gas emissions from peatlands", Biogeosciences, Vol. 20, pp. 3737–3749. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/bg-20-3737-2023> [Consulta: 05 de diciembre de 2024].

Thompson, J.N., Reichman, O. J., Morin, P. J., Polis, G. A., Power, M. E., Sterner, R. W., y Strauss, S. Y. (2001) "Frontiers of Ecology: As ecological research enters a new era of collaboration, integration, and technological sophistication, four frontiers seem paramount for understanding how biological and physical processes interact over multiple spatial and temporal scales to shape the earth's biodiversity", BioScience, Vol. 51(1), pp.15–24. Disponible en: <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/1/15/251842> [Consulta: 19 de octubre de 2024].

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y World Resources Institute (WRI) (2014) Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Gland, Suiza, UICN. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-030-Es.pdf> [Consulta: 07 de octubre de 2024].

United Nations Environment Programme (2019) Conservation and Sustainable Management of Peatlands. Resolution 4/16 adopted by the United Nations Environment Assembly on 15 March 2019. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/30675> [Consulta: 05 de diciembre de 2024].

Urbancost (2022) Definición de límites e identificación de áreas prioritarias a restaurar del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, Región del Biobío. Proyecto GEF Humedales Costeros, ONU Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://gefhumedales.mma.gob.cl/documentos_pilotos/definicion-de-limites-e-identificacion-de-areas-prioritarias-a-restaurar-del-sistema-humedal-rocuant-andalien-vasco-da-gama-paicavi-tucapel-bajo-comunas-de-concepcion-hualpen-talcahuano-y/ [Consulta: 10 de octubre de 2024].

Valdovinos, J. & C. Stuardo (1989) Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. Ambiente Desarrollo, Vol. 5, pp. 107–115.

Vargas Ríos, O. (2011) Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. Acta biológica colombiana, 16(2), 221–246.

Vitt, D. y J.S. Bhatti (2012) Restoration and Reclamation of Boreal Ecosystems: Attaining Sustainable Development, Cambridge University Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139059152> [Consulta: 04 de diciembre de 2024].

Walter, R., Mooney, H., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. y K. Chopra (2005) Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis, Washington, D.C, Island Press. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297563785_Millennium_Ecosystem_Assessment_Ecosystems_and_human_well-being_synthesis [Consulta: 03 de octubre de 2024].

Xu, X., Chen, M., Yang, G., Jiang, B. y J. Zhang (2020) “Wetland ecosystem services research: A critical review”. Global Ecology and Conservation, 22, e01027. Disponible en <https://sci-hub.se/downloads/2020-07-11/a4ee/xu2020.pdf> [Consulta: 10 de octubre de 2024].

Yoccoz N. G., J. D. Nichols y T. Boulinier (2001) “Monitoring of biological diversity in space and time”. Trends in Ecology and Evolution, Vol. 16(8), pp. 446–453. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222516057_Monitoring_of_biological_diversity_in_space_and_time [Consulta: 16 de noviembre de 2024].

Yu, Z. (2011) “Holocene carbon flux histories of the world’s peatlands: Global carbon cycle implications”. Holocene, Vol. 21(5), pp. 761–774. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0959683610386982> [Consulta: 06 de diciembre de 2024].

Zambrano, L. (2003) “La restauración de ríos y lagos”. Ciencias, Vol. 78, pp. 37–43. Disponible en: <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/72/CNS07205.pdf> [Consulta: 09 de diciembre de 2024].

Zedler, J.B. (2003) Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. Front. Ecol. Environ. Vol.1, pp. 65–72.

VII. Anexos

ANEXO 1.

Ejemplo de matriz de evaluación del éxito de la restauración basado en el Sistema de cinco estrellas.

Tabla 1. Matriz de evaluación. Fuente: Adaptado de Gann et al., 2019

ATRIBUTO DEL ECOSISTEMA (Acorde a las definiciones de la Tabla 12)	NIVEL RECUPERACIÓN (1-5) (La evaluación se debe basar en los criterios de la Tabla 25)	EVIDENCIA DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN (Se debe incluir indicadores de éxito considerados y nivel de cumplimiento)
1. Ausencia de amenazas		
2. Condiciones del medio físico		
3. Composición de especies		
4. Diversidad estructural		
5. Funcionamiento del ecosistema		
6. Intercambios externos		

ANEXO 2.

Ejemplo de matriz de evaluación del éxito de la restauración basado en el Sistema de la Rueda de la Recuperación.

La valoración del nivel de recuperación se realiza para cada categoría considerando el nivel de similitud con el ecosistema de referencia:

- **Valor 1:** El ecosistema muestra recuperación mínima y baja similitud al ecosistema de referencia;
- **Valor 2:** Se observan mejoras iniciales, pero aún es posible identificar limitaciones respecto a la referencia;
- **Valor 3:** La recuperación es moderada con notables avances respecto a la referencia
- **Valor 4:** Se observa una alta similitud con el ecosistema de referencia, con la mayoría de las funciones ecológicas restablecidas;
- **Valor 5:** Recuperación completa, donde el ecosistema es autosuficiente y funcionalmente equivalente al de referencia.

Tabla 1. Matriz de evaluación. Fuente: Adaptado de Gann *et al.*, 2019

ATRIBUTO (Acorde a las definiciones de la Tabla 12)	CATEGORÍA DEL ATRIBUTO	NIVEL DE RECUPERACIÓN (1-5)	EVIDENCIA DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN (Se debe incluir indicadores de éxito considerados y nivel de cumplimiento)	EJEMPLOS DE INDICADORES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN EL MONITOREO PARA EVALUAR CADA ATRIBUTO
1. Ausencia de amenazas	Sobreexplotación			Control de actividades que generan eutrofización (p. ej. medida por la reducción de floraciones algales) Disminución de amenazas (p. ej. vertimientos ilegales o extracción excesiva de agua)
	Especies invasoras			Porcentaje de reducción de especies invasoras acuáticas (% de cobertura o biomasa eliminada)
	Contaminación			Mejora en calidad del agua (concentraciones de nitratos, fosfatos, metales pesados)

ATRIBUTO (Acorde a las definiciones de la Tabla 12)	CATEGORÍA DEL ATRIBUTO	NIVEL DE RECUPERACIÓN (1-5)	EVIDENCIA DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN (Se debe incluir indicadores de éxito considerados y nivel de cumplimiento)	EJEMPLOS DE INDICADORES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN EL MONITOREO PARA EVALUAR CADA ATRIBUTO
2. Condiciones del medio físico	Condiciones físicas del sustrato			<i>Incremento en la retención hídrica del suelo (capacidad de almacenamiento) Estabilidad geomorfológica del cauce o del lecho acuático (control de erosión y sedimentación)</i>
	Condiciones químicas del sustrato			<i>Reducción de carga de contaminantes del suelo</i>
	Condiciones físico-químicas del agua			<i>Variación en la calidad del agua (pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez)</i>
3. Composición de especies	Plantas deseables			<i>Diversidad específica de la biota (índices de diversidad como Shannon o Simpson) Proporción de especies nativas respecto al total Presencia de especies objetivo reintroducidas o protegidas</i>
	Animales deseables			<i>Abundancia de especies clave indicadoras de calidad del agua (macroinvertebrados sensibles como efemerópteros, plecópteros y tricópteros) Diversidad específica de la biota (índices de diversidad como Shannon o Simpson) Proporción de especies nativas respecto al total Presencia de especies objetivo, reintroducidas o protegidas</i>
	Especies no deseables			<i>Porcentaje de reducción de especies invasoras acuáticas (% de cobertura o biomasa eliminada).</i>

ATRIBUTO (Acorde a las definiciones de la Tabla 12)	CATEGORÍA DEL ATRIBUTO	NIVEL DE RECUPERACIÓN (1-5)	EVIDENCIA DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN (Se debe incluir indicadores de éxito considerados y nivel de cumplimiento)	EJEMPLOS DE INDICADORES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN EL MONITOREO PARA EVALUAR CADA ATRIBUTO
4. Diversidad estructural	Todos los estratos están presentes			<i>Incremento en la cobertura de vegetación acuática y ribereña (helofitas, plantas flotantes y sumergidas)</i>
	Todos los niveles tróficos			<i>Aumento presencia de refugios o áreas críticas para fauna acuática (raíces sumergidas, troncos, vegetación densa) Aumento de gradientes de profundidad y características del lecho (presencia de materiales diversos como grava, arena y limo)</i>
	Mosaico espacial			<i>Aumento heterogeneidad de hábitats acuáticos (variedad de microhábitats como pozas, rápidos, áreas someras, vegetación ribereña).</i>
5. Funcionamiento del ecosistema	Productividad, reciclaje			<i>Tasa de reciclaje de nutrientes (medida de nitrógeno y fósforo asimilados en el ecosistema) Productividad primaria (biomasa macrófitas o vegetación acuática)</i>
	Hábitat e interacciones			<i>Conectividad hídrica entre áreas del ecosistema (carga y descarga natural de agua en cuerpos interconectados)</i>
	Resiliencia, reclutamiento			<i>Variación en la red trófica (número de niveles tróficos, presencia de depredadores tope).</i>

ATRIBUTO (Acorde a las definiciones de la Tabla 12)	CATEGORÍA DEL ATRIBUTO	NIVEL DE RECUPERACIÓN (1-5)	EVIDENCIA DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN (Se debe incluir indicadores de éxito considerados y nivel de cumplimiento)	EJEMPLOS DE INDICADORES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN EL MONITOREO PARA EVALUAR CADA ATRIBUTO
6. Intercambios externos	Flujos en el paisaje			<i>Conectividad del río con la llanura de inundación (% de áreas conectadas durante eventos de crecida) Flujo de nutrientes desde y hacia el ecosistema acuático (intercambio de materia orgánica en zonas inundables)</i>
	Flujos génicos			<i>Movilidad de especies entre parches o cuerpos de agua conectados (ej. seguimiento de peces o anfibios migratorios).</i>
	Conexión entre hábitats			<i>Recuperación del régimen hidrológico natural (caudales estacionales, amplitud de variación de niveles de agua) Evaluación de corredores ecológicos asociados a fauna dependiente del agua (aves acuáticas, reptiles, mamíferos semiacuáticos)</i>



En el contexto de los múltiples desafíos que enfrenta Chile en materia de conservación de los ecosistemas, especialmente frente al cambio climático, la restauración de los humedales emerge como una estrategia fundamental para salvaguardar la biodiversidad y mejorar el bienestar de las comunidades.

Para el Ministerio del Medio Ambiente, disponer de un documento que reúna lineamientos técnicos y metodológicos de restauración ecológica y criterios de evaluación, resulta esencial para el éxito de la recuperación de los humedales.

Mediante esta guía se busca apoyar el diseño, implementación y seguimiento de iniciativas de restauración de humedales y sus servicios ecosistémicos.

