



TODOS
POR
CHILE

MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE MONITOREO EN HUMEDALES

INSERTOS EN EL SISTEMA NACIONAL
DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
DEL ESTADO DE CHILE

República de Chile

Ministerio de Agricultura
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado

Aarón Cavieres C.
Director Ejecutivo
Corporación Nacional Forestal

Fernando Aizman S.
Gerente de Áreas Silvestres Protegidas

Moisés Grimberg P.
Jefe Departamento de Conservación de la
Diversidad Biológica

El presente manual forma parte el proyecto "Fortalecimiento de capacidades institucionales en torno al monitoreo de humedales al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado", el que ha sido financiado por el Fondo Humedales para el Futuro (FHF) de la Convención de Ramsar, organización a la cual CONAF agradece.

Rodrigo Cádiz C.
Diseñador Gráfico
Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas

© 2016 Santiago de Chile

ISBN 978-956-7669-55-4

Primera Edición
500 ejemplares. Septiembre de 2016

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente y de cualquier forma, sólo para propósitos educativos y no comerciales, mencionando la fuente de origen.

Citar como: "CONAF - Universidad de Chile. 2016. Manual para el establecimiento de programas de monitoreo en humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile. Zamorano, C.; de la Maza, M.; y López, M. (editores). Santiago, Chile. 134 p."



MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE MONITOREO EN HUMEDALES INSERTOS EN EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE



MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE MONITOREO EN HUMEDALES INSERTOS EN
EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL
ESTADO DE CHILE

Editores

Catalina Zamorano B.

Ingeniera Agrónoma, Departamento
Conservación de la Diversidad Biológica,
Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas, CONAF.

Mariano de la Maza M.

Biólogo, MSc, Departamento Planificación
y Desarrollo, Gerencia de Áreas Silvestres
Protegidas, CONAF.

Matilde López M.

Bióloga, Dra., MSc, en Ecología-Limnología,
Facultad De Ciencias Forestales y de la
Conservación de la Naturaleza, Universidad De
Chile.

Autores

Catalina Zamorano B.

Ingeniera Agrónoma, Departamento
Conservación de la Diversidad Biológica,
Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas, CONAF.

Mariano de la Maza M.

Biólogo, MSc, Departamento Planificación
y Desarrollo, Gerencia de Áreas Silvestres
Protegidas, CONAF.

Matilde López M.

Bióloga, Dra., MSc, en Ecología-Limnología,
Facultad De Ciencias Forestales y de la
Conservación de la Naturaleza, Universidad De
Chile.

Oscar Fernández P.

Ingeniero Forestal, experto en Prevención de
Riesgos, Facultad De Ciencias Forestales y de
la Conservación de la Naturaleza, Universidad
De Chile.

Jorge Machuca S.

Ingeniero Forestal, Facultad De Ciencias
Forestales y de la Conservación de la
Naturaleza, Universidad De Chile.

Gabriel Marianjel D.

Licenciado Ciencias Forestales, Facultad De
Ciencias Forestales y de la Conservación de la
Naturaleza, Universidad De Chile.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras y autores del presente manual, desean agradecer especialmente a los siguientes funcionarios y funcionarias de CONAF por todos los valiosos aportes que entregaron tanto en la elaboración de este documento como en el desarrollo del proyecto: Cyntia Mizobe, Homero Gallardo, Javiera Meza, Alexis Villa, Luis González, Gumercindo Concha, Guillermo Reyes, Ana Hinojosa, Alberto Bordeu, Marcia Ricchi, Andrea Bahamondes y Carlos Peña.

PRÓLOGO

El monitoreo de ecosistemas acuáticos o humedales nos permite entender y relacionar los efectos del entorno sobre ciertos parámetros del ecosistema, tener un registro sistemático en el tiempo, tomar decisiones y medidas de gestión frente a los cambios que se detectan. En un escenario de cambio climático global y alta demanda por el recurso hídrico, el monitoreo se constituye en una herramienta fundamental para la gestión en conservación dentro de las unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Los humedales son ecosistemas de gran relevancia a nivel nacional y mundial. Mantienen una gran diversidad de plantas, animales y microorganismos, siendo hábitats muy importantes para la alimentación y reproducción de peces, aves y anfibios, entre otros. Por lo tanto su gestión, ha sido parte constitutiva de las estrategias de conservación que ha implementado la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en el SNASPE.

Debido a lo anterior, CONAF ha realizado en conjunto a la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Universidad de Chile, un esfuerzo importante para fortalecer las capacidades institucionales para el monitoreo de estos ecosistemas, el cual se enmarca dentro del programa institucional *"Generación de capacidades técnicas para la planificación de áreas silvestres protegidas del Estado y gestión en conservación de la biodiversidad"*.

Esperamos que este manual, junto con el entrenamiento, equipamiento institucional y articulación con la academia, nos permita contribuir de manera significativa al mejoramiento de la gestión institucional para la conservación efectiva de estos ecosistemas relevantes presentes en el SNASPE y en beneficio de toda la sociedad.

Fernando Aizman S.

Gerente de Áreas Silvestres Protegidas

PRESENTACIÓN

El presente manual ha sido elaborado conjuntamente por la Corporación Nacional Forestal y la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, de la Universidad de Chile, con el apoyo financiero de la Secretaría de la Convención de Ramsar, a través del Fondo de Humedales para el Futuro.

Este documento es parte del Proyecto *"Fortalecimiento de capacidades institucionales en torno al monitoreo de humedales al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)"*, el cual está en proceso de ejecución desde finales del año 2014.

Se trata de un instrumento metodológico para el monitoreo de humedales al interior del SNASPE y ha sido validado en un taller nacional, realizado en conjunto con los representantes regionales y nacionales de CONAF, quienes son los responsables operativos de gestionar el monitoreo en humedales insertos en el SNASPE. A través de este instrumento, CONAF pretende avanzar y apoyar la protección efectiva de los humedales insertos en el SNASPE, tendiente a la instalación de procesos de monitoreo de los mismos, para llegar a contar con un registro en el tiempo, de variables que den cuenta del estado de su "salud". Es un instrumento general de orientación, de impulso inicial al interior de CONAF, que necesitará de adaptaciones acordes con la realidad local de cada humedal priorizado a monitorear dentro de la diversidad de casos existentes en el SNASPE.

Este manual, y el proyecto en su conjunto, pretende ser una iniciativa de vanguardia en el seguimiento del estado de los humedales insertos en el SNASPE, contribuyendo a su conservación, y generando además, un mayor conocimiento en el personal institucional sobre la temática de los humedales en su medio, para que a partir de allí, surjan en el tiempo nuevas iniciativas, no sólo al interior de CONAF, sino también para ejecutarlas con o en apoyo a otros actores locales, provinciales o regionales con competencia en el recurso hídrico vinculado al SNASPE.

TABLA DE CONTENIDO

I GENERALIDADES SOBRE LOS HUMEDALES		11
1	¿Qué son los humedales?	13
2	Tipos de humedales	13
3	Amenazas sobre los humedales	17
II CONTEXTO INSTITUCIONAL ASOCIADO AL MONITOREO DE HUMEDALES		21
1	La Dirección General de Aguas y el monitoreo de la calidad de aguas en Chile	24
2	Las normas de calidad de aguas en Chile	26
3	El monitoreo de humedales, bajo el marco de la Convención sobre los Humedales	28
III EL MONITOREO DE HUMEDALES EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO		31
1	Conceptos generales sobre el monitoreo de humedales	33
2	Programa de monitoreo de un humedal	35
ETAPA 1: La planificación del programa de monitoreo		37
ETAPA 1.1	Contexto y generalidades del humedal	37
ETAPA 1.2	Definición de los atributos ecológicos clave del humedal	37
ETAPA 1.3	Definición de los indicadores	38
ETAPA 1.4	Análisis de la integridad del humedal	39
ETAPA 1.5	Definición de los objetivos de conservación	40
ETAPA 1.6	Identificación de amenazas y resultados esperados	41
ETAPA 1.7	Definición de las metodologías a utilizar en el monitoreo de objetivos y metas	44

ETAPA 2: La implementación del programa de monitoreo	44
ETAPA 3: El seguimiento y la evaluación del programa de monitoreo	45

IV CASO DE ESTUDIO PARA EL MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE: HUMEDAL LAGUNA HERMOSA, RESERVA NACIONAL ISLA MOCHA.		49
1	Contexto y generalidades del humedal “Laguna Hermosa”	51
2	Identificación de atributos ecológicos clave del humedal, y de sus indicadores	51
3	Análisis de integridad del humedal para cada indicador	53
4	Definición de los objetivos de conservación del humedal “Laguna Hermosa”	55
5	Identificación de amenazas directas y sus factores contribuyentes	55
6	Identificación de posibles estrategias de manejo	56
7	Descripción de la cadena de resultados para reducir una amenaza	56
8	Definición de la meta asociada a la reducción de la amenaza	57
9	Plan anual para el monitoreo del humedal	57
10	Seguimiento y evaluación del programa de monitoreo	57
11	Planillas de registro de datos	59

V VARIABLES MÍNIMAS A MEDIR EN EL MONITOREO DE HUMEDALES EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE		61
1	Variables Físico-químicas	63
1.1	Temperatura	65
1.2	pH	67
1.3	Conductividad eléctrica	69
1.4	Oxígeno disuelto	70
1.5	Transparencia y turbiedad	71
1.6	Color del agua	73
2	Variables Biológicas	75
2.1	Macroinvertebrados	75
2.2	Vegetación acuática o macrófitas	81
2.3	Avifauna	86

VI BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	91
VII GLOSARIO	97
VIII ANEXOS	103

Anexo 1:	Sistema de clasificación sobre tipos de humedales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006)	105
Anexo 2:	Clasificación de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres (Ahumada y Faúndez, 2009)	108
Anexo 3:	Estaciones de la red de control de calidad de aguas de la Dirección General de Aguas, presentes en el SNASPE (septiembre, 2015)	109
Anexo 4:	Características ecológicas de los humedales, según Ramsar	116
Anexo 5:	Proceso que sigue el establecimiento de un programa de monitoreo en un humedal (Manual Ramsar N° 18)	118
Anexo 6:	Ejemplos de macroinvertebrados representativos de Chile, de acuerdo a los taxa “clase” y/u “orden”, para distintos niveles de tolerancia a la contaminación (según clasificación de Barría y Boré, 1979).	119
Anexo 7:	Ficha de registro, Monitoreo de humedales en el SNASPE	121

CAPÍTULO I

GENERALIDADES SOBRE LOS HUMEDALES

I. GENERALIDADES SOBRE LOS HUMEDALES

1. ¿QUÉ SON LOS HUMEDALES?

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). Para el concepto de humedal se han elaborado numerosas definiciones, aunque se ha llegado al consenso de que este tipo de ecosistema corresponde a la zona de transición entre ambientes húmedos y ambientes generalmente secos, presentando características de ambos, por lo cual no pueden ser clasificados categóricamente como acuáticos ni terrestres (Lugo, citado por Correa-Araneda, 2011).

La Convención sobre los Humedales los define como *“extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobre o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”*.

Existe una amplia variedad de definiciones sobre humedales, sin embargo, dada la diversidad de ecosistemas de humedales que resguarda CONAF, a través de las 101 áreas silvestres áreas protegidas que están bajo su administración, la definición que adopta es aquella que se señala en la Convención de Ramsar.

2. TIPOS DE HUMEDALES

Para los fines del presente manual y su aplicabilidad, se incluyen algunas clasificaciones internacionalmente reconocidas, y otras más específicas, sobre ecosistemas presentes en Chile.

La primera clasificación a señalar es aquella que plantea la Convención de Ramsar, que ha adoptado un Sistema Ramsar de Clasificación de Tipos de Humedales, que incluye 42 tipos, agrupados en tres grandes categorías: **humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales** (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). La lista completa de estos 42 tipos se muestra en el Anexo 1.

Asimismo, otro importante sistema de clasificación es el de Cowardin, que define cinco grandes sistemas (marino, estuarino, fluvial, lacustre y palustre) bajo una estructura jerárquica (Cowardin et al., 1979, citado por Abarca, 2007). Esta clasificación también es reconocida por la Convención de Ramsar (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). Esta estructura jerárquica va de acuerdo a las siguientes definiciones:

- a) **Sistema marino:** Océano abierto sobre la plataforma continental.
- b) **Sistema estuarino:** Ambiente mareal, profundo o somero, con acceso al mar de manera esporádica o parcialmente obstruido, y que por lo menos ocasionalmente recibe escurrimientos de agua dulce.

- c) **Sistema Fluvial.** Ambiente contenido dentro de un canal más o menos profundo, con dos condiciones: la salinidad no debe exceder 0.5 ppm y no incluye humedales dominados por árboles, arbustos o emergentes perennes.
- d) **Sistema Lacustre.** Humedal situado en una depresión topográfica (canal o depresión represada), cuya vegetación arbórea, arbustiva o de emergentes perennes no cubra más del 30% del área, y que tenga una superficie total mayor a 8 hectáreas. Se incluyen en esta categoría los menores de 8 ha, cuando la parte más profunda exceda los 2 m (durante el período de aguas más bajas) o cuando exista un litoral activo formado por el oleaje como límite del humedal.
- e) **Sistema Palustre.** Humedal que no recibe la influencia de las mareas, dominado por árboles, arbustos y/o emergentes perennes. También se incluyen en esta categoría los humedales que no tienen una cubierta de vegetación como la descrita, pero que presentan todas las siguientes características: su área es menor de 8 ha, la profundidad mayor es menor de 2 m, no tienen un litoral activo formado por el oleaje y su afectación por el régimen de mareas no debe producir una salinidad mayor a 0.5 ppm.

Aparte de los sistemas arriba mencionados, que incluyen de manera general a lagos, lagunas, ríos y desembocaduras al mar, en Chile existen algunos humedales particulares que es importante destacar en el presente manual, dado que también están presentes en las áreas silvestres protegidas. Algunos de ellos son los humedales característicos de la ecorregión altiplánica de Chile (altiplano y puna

sobre los 4.000 msnm)¹. Resulta de interés esta clasificación porque está relacionada con la presencia de vegetación que sigue patrones de distribución azonal, condición ésta que se relaciona con el suministro hídrico estable y/o permanente y que varía de acuerdo a las características de las especies que componen dicha vegetación. El Servicio Agrícola y Ganadero definió una clasificación que denominó "Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres" (Ahumada y Faúndez, 2009). Esta clasificación considera la interacción de elementos como la dependencia de humedad del sitio (vegetación hidrófila a halófila) y la presencia de afloramientos salinos sobre la superficie de las plantas que componen la formación vegetacional dominante y el sustrato que lo acompaña. En base a estos dos criterios, los tipos vegetacionales definidos corresponden a:

- **Bofedales (salinos/no salinos):** Son sectores en los que hay niveles de humedad permanente en el suelo, desde capacidad de campo a sobresaturado y que espacialmente se ubican en torno a los cursos de aguas corrientes o lagunas con renovación de aguas y los suelos se caracterizan por presentar altos porcentajes de materia orgánica. Las especies vegetales que los componen presentan crecimiento en cojines en forma semiglobosa, originando cuerpos compactos. Asimismo, entre los cojines es posible encontrar especies que crecen formando césped corto.
- **Pajonales hídricos (salinos/no salinos):** Se trata de sectores que presentan una mayor concentración de sales en la superficie y los niveles freáticos son "medios" a "altos" y el suelo tiene un contenido de materia orgánica "medio" a "bajo". Las especies

vegetales que los constituyen tienen un crecimiento cespitoso con desarrollo de follaje aéreo alto (mayor a 40 cm. de altura), conformando penachos herbáceos de tamaño medio a grande.

- **Vegas (salinas/no salinas):** Son sectores con niveles freáticos superficiales a sub-superficiales, pudiendo o no presentarse niveles de saturación y el contenido de materia orgánica del suelo es "medio" a "bajo", presentándose en este último caso, mayor afloramiento salino. Las especies que los componen presentan crecimiento rizomatoso, desarrollando un césped parejo o con desarrollo de pequeños cojines herbáceos, menores a 40 cm. de altura de follaje.

En el Anexo 2, se pueden observar datos complementarios sobre la clasificación de "Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres", plateada por Ahumada y Faúndez.

Complementariamente, la Dirección General de Aguas (DGA), considera las "vegas y bofedales" en su conjunto, y las define como formaciones vegetales que se establecen en un ambiente edáfico, principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente, presentando una gran diversidad biológica respecto del entorno. En el país existe una serie de vegas y bofedales que están protegidos por ley, a través del Código de Aguas.

Otro grupo importante de humedales, particularmente en el sur de Chile, son los que se mencionan a continuación, los que no forman parte de una clasificación como tal, aunque en general, todos ellos están asociados a condiciones de suelo determinadas y en zonas con alta pluviosidad:

- **Turbera:** Es un tipo de humedal, en el cual se produce y acumula materia orgánica de origen vegetal en forma de turba. Las turberas se originan cuando el material orgánico depositado excede al descompuesto en una laguna o pantano. De esta manera, la laguna o pantano puede terminar por rellenarse de material orgánico. Luego, parte considerable de la turbera pierde contacto con el agua de escurrimiento (por ejemplo, aguas superficiales o subterráneas), por lo que pasan a abastecerse principalmente de agua de lluvia (Domínguez y Bahamonde, 2012)
- **Humedales asociados a suelos ñadi:** La palabra "ñadi" es un término indígena que significa "pantano de temporada" (Meyer, citado por Teuber, 1996). Son suelos derivados de cenizas volcánicas sedimentadas sobre arenas y/o gravas, en superficies planas o casi planas del valle central en el sur de Chile. Permanecen entre cuatro y ocho meses saturados de agua, generalmente entre mayo y septiembre, por el lento drenaje horizontal (dada la topografía plana) y la limitada o nula percolación vertical (por la cementación de arenas y/o gravas). Las condiciones de saturación de agua prolongada causan una alta acumulación de materia orgánica en el suelo superior, debido a que la hojarasca y los desechos orgánicos de la exuberante vegetación que crece sobre ellos se descomponen lentamente, especialmente en la época cuando el suelo está saturado de agua y durante la cual no se permite su oxigenación adecuada, limitando la actividad biológica. La vegetación nativa de los suelos ñadi es heterogénea y discontinua, pero en ellos se presentan especies que aceptan suelos excesivamente húmedos en

¹Ecorregión altiplánica o de Estepa Altoandina, Subregión del Altiplano y de la Puna, según Gajardo, 1994.

invierno, dando origen a un tipo de bosque perennifolio (Schlatter y Schlatter, 2004).

- **Mallín.** La palabra “mallín” es un término indígena (mapudungun) que significa “aguazal” o “bajos aguachentos”. Los mallines se originan en sectores topográficos hundidos, ya sea en terrenos planos o inclinados. Por su condición topográfica, en el invierno o en la época de lluvias, existe una acumulación de agua, con impedimento de su salida en sentido horizontal y vertical, debido a un sustrato geológico impermeable en el subsuelo. Estos ambientes presentan una napa freática superficial, en al menos una porción importante de su superficie. En ellos se desarrolla una vegetación exuberante, de especies tolerantes a un suelo saturado de agua, dando origen a suelos muy ricos en materia orgánica. La vegetación asociada a este tipo de humedal varía de acuerdo a su ubicación geográfica y al grado de saturación de agua (Schlatter y Schlatter, 2004).
- **Hualves, hualhues o pitrantos:** Nombre que se le da a humedales boscosos presentes en el sur de Chile. Los humedales boscosos son aquellos de agua dulce, localizados en áreas naturalmente inundadas o saturadas, que sustentan vegetación boscosa hidrófila. Estos ambientes pueden presentar inundación permanente o temporal, dependiendo de un conjunto de procesos microclimáticos, biológicos y edafológicos. Su vegetación, del tipo hidrófila boscosa, es dominada por especies de la familia Myrtaceae. Tanto el comportamiento hídrico como la estructura vegetacional destacan dentro de los aspectos que determinan directamente las características físico-químicas del

agua y los patrones de distribución de las comunidades biológicas (Correa-Araneda, et al. 2011)

Por otra parte, en un estudio realizado por CONAMA-CEA (2006), se plantea un sistema de clasificación para humedales chilenos, basados en sus características funcionales y estructurales, para lo cual se definen unidades de análisis, denominadas ecotipos. En base a esto, cada ecotipo corresponde a una familia de humedales, que comparten propiedades, atributos y amenazas similares. Este sistema de clasificación se basa en la relación que existe entre la cuenca y las condiciones climáticas locales, las que en definitiva, inciden en las características estructurales y funcionales de los humedales. El sistema identifica tres grandes familias de humedales (marinos, costeros y continentales) y clases, que corresponden a procesos que determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas de los humedales. Los procesos, cuya incidencia varía de acuerdo a cada clase, y la define, son los siguientes:

- **Evaporación:** Proceso que resulta de la interacción entre la precipitación y la temperatura del aire.
- **Infiltración:** Proceso que resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas.
- **Escorrentía:** Proceso que resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, las precipitaciones y la pendiente del terreno.
- **Intrusión salina:** Proceso que determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales.
- **Afloramientos subterráneos:** Alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas.

Las cuencas que este estudio considera son aquellas que aborda en otro estudio, denominado “Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales” (SAG-CEA, 2006). En el mismo, se categorizan los siguientes humedales: Humedales en cuencas exorreicas costeras, ríos en cuencas exorreicas andinas, lagos en cuencas exorreicas andinas y bofedales y vegas en cuencas endorreicas.

3. AMENAZAS SOBRE LOS HUMEDALES

Los humedales proporcionan una amplia gama de servicios de los ecosistemas², que contribuyen al bienestar humano, como suministro directo de peces y fibras, abastecimiento y purificación del agua, regulación del clima, control de las inundaciones, protección de las costas, oportunidades de recreación y, cada vez más, el turismo. Sin embargo, en contraposición con el bienestar humano que los humedales generan, su degradación y desaparición ocurre más rápidamente que aquella que experimentan otros ecosistemas en el mundo. De igual manera, el estado de las especies presentes en los humedales costeros y de agua dulce presenta un deterioro más rápido que el de aquellas presentes en otros ecosistemas.

En ese sentido, el informe “Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y agua”, preparado en el marco de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), señala que la degradación y desaparición de humedales continentales y de especies asociadas a ellos han sido provocadas fundamentalmente por el desarrollo de infraestructuras (como presas, terraplenes y diques), la conversión del suelo a otros usos, las extracciones de agua, la contaminación, la recolección excesiva y la introducción de especies exóticas invasoras.

²Servicios de los ecosistemas: Son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005)

Asimismo, el estudio señala que se prevé que el cambio climático global y la carga de nutrientes se conviertan en crecientes e importantes generadores de cambio en los humedales en el mundo, en los próximos 50 años.

Dicho estudio, entre otros aspectos, plantea como causas o generadores de la degradación y pérdida de humedales, los siguientes fenómenos:

- **La tala y el drenaje**, con frecuencia, utilizados para la expansión de la agricultura, sumados al aumento en la **extracción de agua dulce**, son las principales causas de pérdida y degradación de humedales continentales como ciénagas, pantanos, ríos y cuerpos de agua de llanuras de inundación asociadas, reduciendo drásticamente el hábitat de organismos acuáticos silvestres.
- **La expansión agrícola**, que a menudo se logra con la conversión de sistemas hídricos naturales, reduce la biodiversidad acuática y las funciones naturales de control de inundaciones, e incrementa la salinidad de los suelos, a través de la evaporación. Cuando se la acompaña con un uso intensivo de **agroquímicos**, los efectos de la contaminación fuera del área pueden ser considerables.
- **La introducción de especies exóticas invasoras** es considerada en la actualidad como una causa importante de extinción local de especies nativas de agua dulce.
- **La infraestructura** de caminos y para el control de inundaciones, a menudo interrumpe la conectividad

de humedales, perturba el hábitat acuático, reduce la función de los humedales de eliminar contaminantes y de absorber las aguas de las inundaciones, y potencialmente, incrementa las pérdidas cuando ocurren grandes inundaciones. Los humedales costeros, representan importantes rutas migratorias de vida silvestre, los que al ser fragmentados o interrumpidos, ponen en peligro a muchas especies y provocan la pérdida de otras.

- **Las represas**, que interrumpen la conectividad de los sistemas fluviales, afectan con ello el desove y la migración de peces.
- **La canalización y el dragado de los ríos** para la navegación, reducen los hábitats ribereños y alteran los patrones de las inundaciones.
- **La contaminación** urbana e industrial, cuando se vierte sin tratamiento en medios acuáticos, reduce la calidad de las aguas, afectando la diversidad y abundancia de organismos acuáticos, así como la salud humana.

Respecto de las especies que dependen de los humedales, el mismo estudio señala que son cada vez mayores las evidencias de una amplia, rápida y continua disminución de muchas poblaciones de especies. Se ha recopilado información acerca del estado y tendencias de especies en algunos grupos dependientes de humedales continentales, incluyendo moluscos, anfibios, peces, aves acuáticas y algunos mamíferos que dependen del agua, que muestra claras disminuciones.

CONAF administra las áreas silvestres protegidas del Estado de Chile, y su objetivo principal es la conservación y la mantención de la diversidad de especies y ecosistemas representativos del país, incluyendo un importante número de humedales de diversos tipos. En ese sentido, una proporción importante del esfuerzo institucional está asociado al control, disminución y/o eliminación de las amenazas que afectan a estos ecosistemas. Esto se basa en el supuesto de la práctica de la conservación biológica, que señala que solamente si se logra mantener controladas o disminuir las amenazas que afectan a los ecosistemas, como los humedales y las especies asociadas a éstos, es posible mantener dichos ecosistemas saludables y de esta forma, asegurar la mantención de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos que dependen de la existencia de un humedal en buen estado.

La diversidad y/o envergadura de las amenazas que podrían incidir o pueden estar incidiendo de forma directa o indirecta sobre humedales insertos en áreas silvestres protegidas del Estado de Chile, a partir de los fenómenos antes enunciados, escapan a los fines del presente manual. No obstante, se señalan para tener presente que es necesario tener una mirada amplia sobre la diversidad de situaciones que pueden estar afectando estos ecosistemas.

En el caso de la detección de algún tipo de fenómeno irregular en un humedal en particular, como primera aproximación sobre lo que pudiera estar ocurriendo en él, la presencia de **signos de contaminación** es información de utilidad. Estos corresponden a manifestaciones que se perciben a través de la observación. Las causas de su ocurrencia pueden ser diversas, por ejemplo, puede tratarse de signos de contaminación provenientes de vertidos puntuales en el agua, o de otros signos “no

puntuales”, que forman parte de lo que se llama la “contaminación difusa”, que ingresan al agua desde cualquier punto en las zonas ribereñas del humedal, y provienen generalmente, de la actividad agrícola y ganadera desarrollada en la periferia del humedal, o de extracciones de agua para propósitos hidroeléctricos y/o mineros, que provocan cambios en el perímetro mojado del humedal.

Los signos de contaminación corresponden a una serie de características peculiares, evidentes, que sirven para interpretar un rango de valoración con respecto a efectos que produce la contaminación de un humedal. Entre ellos se encuentran, la producción de olores desagradables, la desaparición de aves emblemáticas en un cuerpo de agua (expresado en un porcentaje importante de desaparición), la contaminación visual debido al vertido de desechos domiciliarios, entre otros. Estos signos de contaminación son importantes como primeras aproximaciones para poner atención ante un posible fenómeno de contaminación que pudiese estar afectando las condiciones ecológicas de un humedal. A partir de estos signos, y para determinar las reales causas que están detrás de lo que se percibe inicialmente, es necesario realizar estudios científicos sistemáticos en el tiempo, que permitan analizar las condiciones ecológicas del humedal, monitorearlas y tomar las medidas pertinentes.

De manera general y sólo a modo de referencia, la Tabla 1 señala una clasificación de grandes grupos de contaminantes, los que si bien pueden afectar en un amplio espectro de realidades o ámbitos, también podrían incidir en humedales que se encuentran en un área silvestre protegida. Como grandes grupos de contaminantes a considerar, se encuentran aquellos que surgen a partir del desagüe de aguas residuales domésticas, de productos

de desechos industriales y de actividades agrícolas. Para el caso del presente manual, son especialmente importantes de resaltar aquellos contaminantes que afectan a recursos vivos, aunque en la tabla también se expresan los efectos de éstos sobre la salud humana, el riego, la industria y la recreación. Respecto de las aguas residuales domésticas, es relevante el daño que pueden causar éstas a los recursos vivos cuando se generan procesos de eutrofización y otros afines. En relación a los desechos industriales, efectos negativos sobre los recursos vivos son aquellos causados particularmente por metales pesados, los desperdicios de la fabricación de pasta de celulosa y papel, los plaguicidas, los detergentes y el calor por el aumento de la temperatura en el agua. La actividad agrícola contamina humedales, a partir de del uso de abonos y plaguicidas. Asimismo, además de los efectos de estos contaminantes sobre los humedales y seres vivos asociados a ellos, de una u otra manera, también pueden llegar a representar un peligro para la salud y bienestar del ser humano.

En los sucesivos capítulos del presente manual, se entregan indicaciones que, junto con la observación basada en los signos de contaminación, facilitarán al personal de CONAF contar con herramientas mínimas para la detección de posibles cambios en las condiciones ecológicas de un humedal en particular, todo esto como parte que un programa de monitoreo continuo llevado a cabo en éste.

Tabla 1. Clasificación de contaminantes y sus posibles efectos sobre humedales y actividades humanas relacionadas.

Principales tipos de contaminantes		Efectos sobre humedales y actividades humanas			
		Daños a los recursos vivos	Peligros para la salud humana	Impedimentos para riego e industria	Reducción de los lugares de recreación
Desagüe de aguas residuales domésticas (incluyendo los desperdicios de la elaboración de alimentos), en el entorno del área silvestre protegida	Microbiana directa	-	XX	-	X
	Microbiana indirecta	-	XX	X	-
	Eutrofización y procesos afines	XX	XX	X	XX
Productos de desechos industriales en el entorno del área silvestre protegida	Metales pesados	X	XX	X	-
	Petroquímicos	-	X	X	-
	Aceites, etc.	-	-	X	XX
	Desperdicios de la fabricación de pasta de celulosa y papel	XX	-	-	X
	Plaguicidas	X	XX	-	-
	Detergentes	X	-	-	X
	Objetos sólidos	-	-	X	X
Actividad agrícola en entorno del área silvestre protegida	Abonos	X	X	-	-
	Plaguicidas	X	XX	-	-

NOTA: Los símbolos X y XX asociados a cada tipo de contaminante, representan la importancia relativa de éste ante los efectos que generan, según sea el ámbito. El símbolo XX corresponde a aquel efecto más grave causado por un tipo de contaminante frente a otros efectos (X) o en ausencia de éstos (-) (Castillo y Sancha, adaptado, 1999).

CAPÍTULO II

CONTEXTO INSTITUCIONAL ASOCIADO AL MONITOREO DE HUMEDALES

Vista panorámica del Salar de Tara (Sitio Ramsar), con presencia de flamencos, Reserva Nacional Los Flamencos, Región de Antofagasta

II. CONTEXTO INSTITUCIONAL ASOCIADO AL MONITOREO DE HUMEDALES

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), ha mantenido un trabajo constante, de décadas, en torno a todos los ecosistemas insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Se incluyen en este sistema, las categorías de Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales, y excepcionalmente, algunos Santuarios de la Naturaleza bajo la administración de CONAF. En ese sentido, en todas estas categorías, los humedales representan importantes ecosistemas a proteger y conservar. Como muestra de ello, en su trayectoria en pro de la conservación, CONAF desde el año 1981 ha asumido la responsabilidad de manejar Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar) vinculados a áreas silvestres protegidas. En la actualidad, CONAF maneja el 75% de los Sitios Ramsar con que cuenta Chile.

Asimismo, desde el año 2010, CONAF dispone de un Programa Nacional para la Conservación de Humedales al interior del SNASPE, que se implementa año tras año, ajustándose a la realidad específica de cada área silvestre protegida. A través de este instrumento de planificación general, CONAF formaliza las posibilidades de protección y conservación de los humedales insertos en los territorios bajo su responsabilidad. Específicamente, en lo que a monitoreo de humedales se refiere, uno de los objetivos específicos de este programa corresponde a "Fortalecer la investigación y el conocimiento en torno a los humedales del SNASPE". A partir de este objetivo, emana una línea de acción particular denominada "Formular, ejecutar y evaluar monitoreos

biológicos y de carácter físico químico en los humedales del SNASPE". Estas indicaciones son el marco institucional que sustenta el accionar en torno a necesidades relativas al monitoreo y evaluación de humedales del SNASPE.

En relación a acciones de monitoreo de humedales, CONAF posee cierta experiencia en torno a humedales altoandinos, en aquellas regiones del país con presencia de dichos ecosistemas al interior de áreas silvestres protegidas, en colaboración con el sector minero que se desempeña en torno a esos territorios, siguiendo la legislación ambiental vigente. No obstante, habida consideración de la gran cobertura territorial que abarca el SNASPE, los esfuerzos institucionales desplegados en el ámbito del monitoreo de humedales son insuficientes, tanto humanos como materiales.

En el país, paulatinamente se han ido generando estudios y herramientas de apoyo para avanzar en procesos vinculados con el monitoreo de humedales. Algunos organismos de Estado han cumplido un rol importante en este sentido, en particular, la Dirección General de Aguas (DGA), que es el organismo competente para la legislación de los recursos hídricos en el país, y el Ministerio de Medio Ambiente, como ente coordinador del Comité Nacional de Humedales, en el marco de la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile y de la Ley de Medio Ambiente chilena (ley 19.300).

Para los fines del presente manual, la experiencia y la labor que realiza la Dirección General de



Figura 1. Monitoreo de aves en el humedal “Laguna Quilleihue”, Parque Nacional Villarrica, Región de La Araucanía
(foto de Sr. Felix Ledesma)

Aguas (DGA) en torno a la medición y el control de la calidad del agua en Chile, se entregan algunos aspectos relacionados con su gestión en la siguiente sección, los que representan un aporte para los futuros monitoreos que CONAF realice en humedales del SNASPE.

1. LA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS Y EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUAS EN CHILE

Chile, a través de la Dirección General de Aguas (DGA), cuenta con una red de control de calidad de aguas superficiales continentales. El control e investigación de la calidad de aguas responde a las atribuciones, funciones y obligaciones de este organismo, establecidas en el artículo 299 del Código de Aguas de Chile, en especial en lo referente a la investigación y medición del recurso (MOP-DGA-Infraeco, 2014)

La Dirección General de Aguas, por medio del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, tiene a su cargo la función de proponer y desarrollar las políticas sobre conservación y protección de los recursos hídricos y coordinar las funciones que correspondan en estas materias, a los distintos organismos y servicios públicos. Asimismo, tiene a su cargo la ejecución y control de la calidad de los recursos hídricos, mediante la operación de una red de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, con el objetivo de caracterizar la calidad del recurso hídrico, a partir de sus parámetros físico-químicos.

Esta red de calidad de aguas incluye un total de 829 estaciones de monitoreo, distribuidas a lo largo del país. Para estos efectos, se cuenta además con un Laboratorio Ambiental encargado de los análisis de muestras de aguas.

Entre los parámetros que permiten evaluar la calidad del agua, están aquellos que se miden en terreno, tales como la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica, y otros que se analizan en laboratorio, como el Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Zinc, Calcio, Cloruro, Magnesio, Potasio, Sodio, Sulfato, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Clorofila “a”, Boro, Sílice, Fosfato y Nitrógeno. (MOP-DGA, 2016)

El objetivo fundamental de esta red es generar información pública y sistemática, que caracterice la calidad de los recursos hídricos, para mejorar el conocimiento de las cuencas hidrográficas, conocer su evolución en el tiempo, y formular recomendaciones para la conservación y protección de estos recursos. Dentro de sus objetivos específicos están los siguientes:

- Caracterizar las aguas superficiales y aguas subterráneas, en términos de su calidad.
- Conformar una Red de observación y una Red de Impacto, coherentes con los usos y características del territorio donde se insertan.
- Promover el desarrollo de instrumentos de gestión de la calidad de las aguas, específicamente, de Normas Secundarias de Calidad Ambiental, permitiendo su verificación mediante estaciones que conformen una Red de Control.

Para el conjunto de aguas consideradas en esta red, la DGA dispone de un Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos,

el que aborda directamente un programa de monitoreo, tanto para aguas superficiales como subterráneas. En dicho instrumento, se establecen las pautas básicas generales que se deben cumplir para la obtención de información en la medición de la calidad de aguas, entre otros aspectos. Asimismo, la institución cuenta con manuales específicos, tanto para el uso y calibración de los equipos como para el personal que es usuario de éstos.

Para la serie de datos obtenidos cada cuatro meses en la Red, en cada una de las estaciones estos siguen un proceso que comienza con la toma de muestras de agua, para posteriormente ser enviadas al Laboratorio Ambiental de la DGA, donde son analizadas y posteriormente publicadas. Gran parte de la información es obtenida a través de esas muestras. No obstante, hay algunos parámetros que son medidos “*in situ*”, a saber: Temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Esta labor, la DGA la realiza con personal, instrumental y transporte institucional.

Forman parte de esta red de monitoreo, 126 estaciones que se encuentran dentro áreas silvestres protegidas del Estado (ver la lista en el Anexo 3). De allí, la importancia de mantener y fortalecer el trabajo conjunto entre CONAF y la DGA, aunando esfuerzos para aprovechar la experiencia y el conocimiento en torno a los recursos hídricos y la conservación. Para estas áreas y en general, para todas aquellas que forman parte de la red de monitoreo, la DGA tienen un sistema Web disponible para la consulta ciudadana. Se trata del Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA), cuyo acceso en línea es <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>.

2. LAS NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS EN CHILE

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente¹ establece en su artículo 32, la existencia de dos tipos de normas de calidad ambiental: primarias y secundarias. Las normas primarias de calidad ambiental, son aquellas normas de calidad ambiental que tienen como objetivo proteger la salud de la población humana dentro del territorio nacional; mientras, las normas secundaria de calidad ambiental, tienen por objetivo proteger o conservar el medio ambiente o la naturaleza y son de carácter local y no necesariamente nacional (<http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-42153.html>). Todas ellas se crean a través de un decreto supremo. A modo de ejemplo de una norma primaria, existe la norma de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo, creada a través del DS 143, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2009).

En las normas secundarias de calidad ambiental, se establecen valores de concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (<http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/Norma/IndexCalidad>).

Particularmente, para el caso de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de Chile, se han creado las siguientes, a través de decreto supremo (DS):

- DS 1, 2015, Ministerio de Medio Ambiente. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Valdivia (Regiones de La Araucanía y Los Ríos).
- DS 9, 2015, Ministerio de Medio Ambiente. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Biobío (regiones Biobío y La Araucanía).
- DS 53, 2014, Ministerio de Medio Ambiente. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Maipo (Región Metropolitana).
- DS 19, 2013, Ministerio de Medio Ambiente. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica (Región de La Araucanía).
- DS 12, 2009, Ministerio de Medio Ambiente. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue (Región de Los Lagos).
- DS 75, 2009, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Serrano (Región de Magallanes).

Las normas secundarias para calidad de aguas, se establecen para conservar y proteger un humedal en particular o determinadas cuencas que contienen uno o más humedales relevantes. Por esa razón, la dificultad de establecer parámetros estandarizados para medir determinado humedal. El Ministerio de Medio Ambiente, define prioridades de ecosistemas a resguardar, a través de sus políticas y planes. Actualmente, se encuentran en proceso de elaboración las normas secundarias para las cuencas de los ríos Mataquito, Elqui, Rapel, Aconcagua y Huasco (Ministerio de Medio Ambiente, 2016).

Por otra parte, en el año 1978, el Ministerio de Obras Públicas, a través del Decreto Supremo N°867, dio carácter oficial a la norma técnica N° 1333, elaborada por el Instituto Nacional de Normalización (INN), que se refiere a calidad de aguas para los siguientes usos: agua para consumo humano, de animales, riego, recreación y estética, vida acuática, entre otros. No obstante, ésta es una norma técnica dirigida a ámbitos productivos, sobre valores estándares

que se adoptan y tiene obligatoriedad ante aquellas situaciones que ameritan la competencia del Ministerio de Obras Públicas. Esto, no necesariamente se corresponde con la adopción valores ecológicamente aceptables, por lo que en el presente manual esta información se asume sólo como un dato referencial, ya que al igual que como ocurre con las normas secundarias para calidad de aguas, será necesario establecer parámetros específicos para cada humedal a monitorear.

Es importante destacar sobre la Norma Chilena Oficial NCh1333, que al igual que todas las normas del INN, los parámetros que se logran finalmente, son consensuados previamente con diversos actores involucrados en la temática. Este modelo de construcción colectiva, representa una buena idea para construir en el tiempo, los valores máximos y mínimos aceptables de variables de calidad ambiental de aguas para humedales al interior del SNASPE. De allí la importancia de contar con antecedentes científicos interdisciplinarios, al igual que registros históricos de mediciones realizadas en humedales, que permitan definir esos umbrales.



Figura 2: Monitoreo de avifauna en el humedal "Laguna Santa Rosa", Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y humedal chileno de importancia internacional, Región de Atacama.

¹Ley N° 19.300, modificada por la Ley N° 20.417/2010, ambas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

3. EL MONITOREO DE HUMEDALES, BAJO EL MARCO DE LA CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES

La Convención sobre los Humedales o Convención de Ramsar, en Chile es ley de la República desde el año 1981. La Convención declara que los humedales cumplen funciones ecológicas fundamentales como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una fauna y flora características (artículo 3, apartado 1). En base a ello, insta a las naciones a favorecer la conservación y la protección de los humedales.

La Secretaría de la Convención de Ramsar ha elaborado una serie de documentos de apoyo para las naciones, de orientación general, sobre diversos tópicos. En el caso del monitoreo de humedales, es importante reseñar el manual N° 18, referido al manejo de humedales, tanto aquellos de importancia internacional (Sitios Ramsar) como otros humedales en los que los países deseen centrar sus esfuerzos. Contenidos importantes del manual son aquellos aspectos relacionados con las características ecológicas, la elaboración de programas de monitoreo y la evaluación del riesgo en humedales.

Para la Convención de Ramsar, las características ecológicas se constituyen a partir de la combinación de los componentes, procesos y beneficios/servicios del ecosistema, los que caracterizan al humedal en un determinado momento. Asimismo la Convención señala que los servicios a los que se refiere en esta definición, son aquellos beneficios que las personas reciben de los ecosistemas, según lo planteado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, de Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2005). En el Anexo 4, se encuentra una lista indicativa de componentes, procesos y beneficios-servicios (Ramsar, 2008).

Un “cambio en las características ecológicas” de un humedal corresponde a la “alteración adversa, causada por la acción humana, de cualquiera de los componentes, procesos y/o beneficios / servicios del ecosistema (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010). De allí la importancia de manejar los humedales, a través de un proceso de planificación, el que a su vez, incluya el monitoreo de éstos. Este proceso debe considerar varias funciones, entre ellas:

1. Definir objetivos de manejo respecto de las características ecológicas del humedal
2. Determinar los factores que afectan o que pueden afectar las características ecológicas, estableciendo prioridades de acuerdo a su nivel de importancia.
3. Identificar conflictos, para solucionar aquellos en los que es posible hacerlo, y priorizar otros en los que es necesario formalizar compromisos para abordarlos.
4. Definir las necesidades de monitoreo, lo que debiera concebirse para identificar y manejar todo cambio que ocurra en las características ecológicas del sitio.
5. Determinar y explicar qué gestión es necesaria para alcanzar los objetivos de manejo de ese humedal.
6. Mantener la continuidad tanto del manejo como del monitoreo del humedal, en forma efectiva, adaptándose al amplio espectro de factores variables que pueden afectarlo.
7. Conseguir los recursos necesarios para llevar a cabo todo ese proceso de planificación.
8. Hacer posible la comunicación entre los actores involucrados con el humedal, ya

sea que se encuentren dentro de éste o en su entorno.

9. Demostrar (rendir cuentas) que el manejo es efectivo y eficiente.
10. Asegurar el cumplimiento de políticas locales, nacionales e internacionales vinculadas a los humedales.

La labor periódica de monitoreo permitirá detectar cambios en las características ecológicas de un humedal, sean cambios actuales o potenciales. Este monitoreo se puede llevar adelante con diferentes grados de intensidad, no requiriendo automáticamente tecnologías sofisticadas o cuantiosas

inversiones. Ante la diversidad de técnicas de monitoreo, se seleccionan aquellas que mejor se ajustan a las prioridades institucionales y a los recursos que están al alcance de los gestores del humedal. Idealmente, un programa de monitoreo debe ser parte de un proceso de planificación mayor en el humedal, como por ejemplo, en el plan de manejo (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010). En el Anexo 5, se muestra una propuesta que hace la Convención para establecer un programa de monitoreo de un humedal. En el presente manual, quedan reflejadas algunas de las etapas planteadas en esa propuesta.



Figura 3: Monitoreo de variables físico-químicas y biológicas en el humedal “Laguna Matanzas”, en la Reserva Nacional El Yali y humedal chileno de importancia internacional, Región de Valparaíso.

CAPÍTULO III

EL MONITOREO DE HUMEDALES EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE



Laguna Quilleihue, Parque Nacional Villarrica, Región de La Araucanía

III. EL MONITOREO DE HUMEDALES EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE

1. CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL MONITOREO DE HUMEDALES

Los actuales cambios ambientales y el creciente número de amenazas que afectan a los ecosistemas de humedales, junto con la importancia de estos ecosistemas para la mantención de servicios ecosistémicos asociados al bienestar humano, han generado un creciente interés por el desarrollo de programas de monitoreo de humedales en Chile y el mundo. En el caso de las áreas silvestres protegidas del Estado de Chile, los humedales sustentan gran parte la diversidad biológica al interior de estas áreas y son, a su vez, clave para el sustento y desarrollo humano, tanto en zonas rurales como urbanas.

Para comenzar con la definición de monitoreo, Abarca (2007) señala algunos ejemplos de ésta, según diferentes autores, a saber:

- Spellerberg (1991), define el monitoreo como “las observaciones sistemáticas de parámetros relacionados con un problema específico, diseñadas de tal manera que nos provean información sobre las características del problema a tratar y sus cambios a lo largo del tiempo”.
- En una acepción más restringida, Shear (1995), menciona que monitoreo es la colección, análisis e interpretación rutinaria de datos físicos, químicos y biológicos en un sitio definido, a lo largo de un período dado y con una frecuencia de muestreo establecido.

- Roni (2005), define monitoreo como la evaluación sistemática de algo, con el propósito de coleccionar datos para responder a objetivos específicos.

En ecología, se usa el término monitoreo como sinónimo de las acciones para detectar un cambio en los parámetros físicos, químicos o biológicos (Abarca, 2007). Expresado de una manera más sencilla, el monitoreo es la medición de variables cualitativas o cuantitativas de interés en el tiempo, para determinar si ellas están cambiando.

El concepto de monitoreo no debe entenderse como una mera actividad repetitiva por sí sola, sino como un **proceso** con **propósitos claros** y con **mecanismos de análisis y retroalimentación** que permitan mejorar y adaptarse a las necesidades futuras (Spellerberg, citado por Abarca, 2007).

En ese sentido, el monitoreo se transforma en una herramienta que debe ser utilizada para la toma de decisiones. La Corporación Nacional Forestal lo asume como un proceso que contribuye a su misión, la de “garantizar la conservación y preservación de la representatividad de ecosistemas presentes en el país”. En este marco, no bastará simplemente con monitorear un humedal si no se ha definido **con qué propósito** se monitoreará y, según ello, **cuáles** variables serán monitoreadas, **cómo** se van a medir, **cómo** será analizada la información y, finalmente, **para qué** se va a utilizar.

En relación a las modalidades de monitoreo, para los fines del presente manual, se consideran las siguientes, de acuerdo al propósito que se persiga con él:

Vista panorámica de la Laguna Torca, con presencia de cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), en la Reserva Nacional Laguna Torca, Región del Maule

a) Monitoreo de vigilancia

También se le llama monitoreo de “signos vitales”. Con este monitoreo se responde la pregunta **¿cuál es el estado general del ecosistema?**, y su principal propósito es determinar si un ecosistema se encuentra en buena condición o no, estableciendo su estado actual y su tendencia en el tiempo. Para ello, debe definirse claramente, en lo posible basado en conocimiento científico, **cuáles serán las variables a medir** que indicarán las condiciones en las que el ecosistema se encuentra, en los ámbitos biológico, físico y químico.

Para aumentar su efectividad en la toma de decisiones, este tipo de monitoreo debe responder, además, a la pregunta **¿cuáles son las variables externas que están afectando al ecosistema?**, para lo cual se deben definir y monitorear los potenciales factores de estrés o amenazas del ecosistema (variables climáticas o actividades antrópicas que pueden afectar al ecosistema). De esta forma, al relacionar el estado del ecosistema con variables externas, se facilita el mantener una alerta temprana ante cualquier impacto negativo en el ecosistema, producto de factores externos.

Bajo este modelo de monitoreo, se definen *a priori* los límites (superior o inferior) que puede alcanzar una variable biológica, física o química en el ecosistema, para mantenerlo en la condición deseada (temperatura, pH, biodiversidad, abundancia de una especie clave, entre otros), con el fin de poder actuar y tomar decisiones de manejo en caso de que uno o más de estos límites sean superados. Los límites deben estar basados idealmente en el conocimiento científico o el análisis de expertos.

b) Monitoreo para el manejo

Este es un monitoreo con ciertos énfasis, por ello, se le llama también monitoreo “enfocado”. Este monitoreo responde la pregunta **¿están siendo efectivas las acciones de manejo implementadas?**, y su principal propósito es la evaluación del éxito de las estrategias y actividades de manejo realizadas para la conservación del ecosistema, en este caso, del humedal. Dicho monitoreo asume la existencia de una decisión de manejo del humedal, que corresponde a una acción específica que pretende generar un cambio en las condiciones del mismo, que debe ser evaluado respondiendo a la pregunta **¿hasta qué punto un programa de conservación (una estrategia determinada o un conjunto de estrategias) avanza hacia los resultados previstos?**

A modo de ejemplo, si para determinado territorio, la estrategia o acción de manejo es cerrar un sendero a orillas de una laguna, durante un período crítico de la época reproductiva de una especie en particular, para evitar de esta manera la perturbación a dicha especie y, de esta forma, aumentar su población como objetivo de conservación, el monitoreo consistirá en observar la tendencia en el tiempo de la abundancia de dicha especie, luego de implementada la estrategia (comparando con la tendencia previo a la acción). En un segundo ejemplo, si la estrategia en un territorio particular es la restauración de una ribera, con vegetación nativa, para generar un hábitat reproductivo y de alimentación para diversas especies del lugar y, de esta forma, aumentar su población (**objetivo de conservación**), el monitoreo se enfocará, por una parte, a la riqueza o abundancia

de especies vegetales nativas establecidas en la ribera y, por otra parte, a la riqueza y/o abundancia de especies relevantes para la conservación presentes en la zona restaurada.

Por otro lado, el esfuerzo puede estar dirigido a medir el cambio, no en las variables físicas, químicas y/o biológicas del humedal, sino en las amenazas que lo están afectando. Así, si la variable de interés es la calidad del agua del humedal que se ve afectada por la presencia de ganado y sus desechos, el monitoreo para la evaluación del éxito de una estrategia para disminuir esta amenaza (por ejemplo, acuerdos con ganaderos), deberá abordar primeramente los cambios en la abundancia de ganado asociado al humedal (**monitoreo de metas**) y luego, el impacto que ello tiene sobre la calidad del agua (**monitoreo de objetivos**).

Asimismo, para cualquier intervención, acción de manejo o estrategia que se realice sobre un humedal, el monitoreo para el manejo o “enfocado” debe responder a la pregunta **¿qué impactos deseados y no deseados ha causado la intervención?** Por ejemplo, si la intervención es la construcción de un sendero cercano a una laguna, el **efecto deseado** es el aumento de turistas y/o la mejor evaluación del turista respecto de la gestión del área silvestre protegida. En ese caso, el monitoreo está enfocado a conocer el número de turistas que ingresaron a esta área silvestre y/o el porcentaje de turistas que la evaluaron positivamente. El **efecto no deseado** respecto de ese mismo sendero, podría ser la disminución de la diversidad o abundancia de especies silvestres asociadas a la laguna, por tanto, el monitoreo debe estar dirigido a observar

cambios en el tiempo de la riqueza y/o abundancia de estas especies en la laguna (**monitoreo de objetivos**), luego de construido el sendero.

2. EL PROGRAMA DE MONITOREO DE UN HUMEDAL

Entender el rol del monitoreo como una herramienta para evaluar la gestión de las áreas protegidas ayuda a diseñar los programas de monitoreo. De esta forma, el esfuerzo de monitoreo no resulta en una vaga esperanza de que los datos tendrán alguna utilidad, sino que se enfoca precisamente en obtener la información necesaria para tomar decisiones (Nichols & Williams, 2006). En ese sentido, al considerar conceptualmente el monitoreo como parte de un proceso, desde la perspectiva de CONAF es necesario abordarlo bajo un conjunto de etapas y situarlo en el contexto de la planificación de la gestión de las áreas silvestres protegidas del Estado de Chile, que incluye no sólo la implementación del monitoreo en terreno, sino también otras fases previas y posteriores a ésta, vinculadas a la planificación y evaluación. Todas ellas constituyen en el presente manual, lo que se denomina “**programa de monitoreo**”.

En concordancia con lo que aplica para cada área silvestre protegida, para el monitoreo de humedales insertos en ellas se utiliza el mismo esquema de trabajo, en relación a las etapas de planificación, implementación y evaluación. La planificación del monitoreo y la evaluación de sus resultados son etapas claves para llevar adelante un buen **programa de monitoreo de humedales** en el tiempo, que permita evaluar efectivamente la gestión de los mismos en las áreas silvestres protegidas.



Figura 4: Monitoreo de lobo fino austral (*Arctocephalus australis*) y lobo común (*Otaria flavescens*), en el borde costero y rocoso del Parque Nacional Morro Moreno, Región de Antofagasta.

Todo programa de monitoreo debe ser integrado a un proceso de “manejo adaptativo”, que se define como un “proceso sistemático para mejorar continuamente las prácticas de manejo, aprendiendo de los resultados de los programas establecidos” (Bennett & Lawrence, 2002), donde el monitoreo juega un rol clave, describiendo las condiciones del ecosistema de interés, para así evaluar la necesidad de implementar estrategias o acciones de manejo, y determinar el impacto de éstas en el logro de objetivos predefinidos (CMP, 2007; Mascia *et al.*, 2014). Se trata de un tipo particular de manejo que hace énfasis en la toma de decisiones para alcanzar un objetivo de largo plazo. La toma de decisiones de manejo (implementación de estrategias o acciones de manejo), se basa en la colecta de información del sistema de manera continua (monitoreo) y en la evaluación de

cómo responde el sistema, cuando una decisión es tomada (Walters, 1986).

En ese contexto, este manual utiliza los fundamentos de manejo adaptativo para el desarrollo de programas de monitoreo dirigidos a humedales que se encuentran al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile (SNASPE), que a su vez, forman parte del monitoreo que realiza la institución en áreas silvestres protegidas, en el marco de procesos de planificación de mayor escala que se lleva en las mismas. La Figura 1 muestra las etapas que considera cada programa de monitoreo, las que se explican individualmente a continuación. En dicha figura, las flechas que conectan las etapas entre sí, indican que este programa forma parte de un ciclo continuo, de constante evaluación y perfeccionamiento.

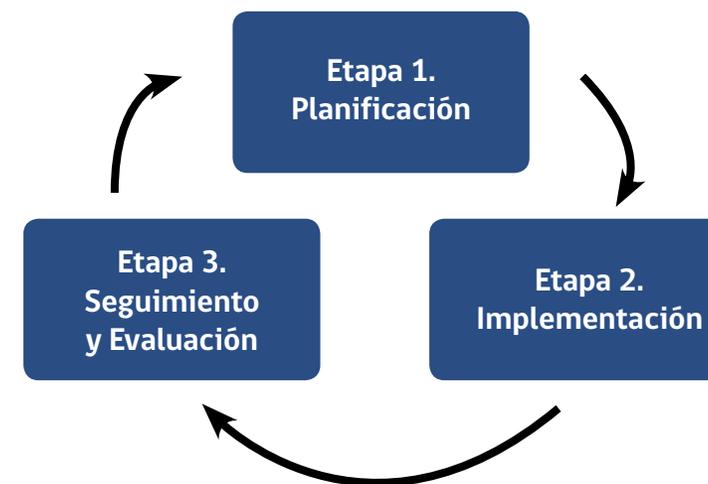


Figura 5. Etapas del programa de monitoreo en base al ciclo de manejo adaptativo de las áreas protegidas.

Cada una de las etapas es descrita a continuación y, para cada una, se identifican los productos específicos que deben incorporarse para la elaboración del Programa de Monitoreo de Humedales del SNASPE.

ETAPA 1. LA PLANIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

La planificación contempla la definición de varios elementos que dan el marco de acción para las etapas posteriores. Se incluyen en éstos los siguientes elementos: el contexto general del humedal, la definición de los objetivos de conservación a través de sus atributos ecológicos claves y de los indicadores que permiten evaluar esos atributos, la identificación de las amenazas que afectan al humedal, y por último, los resultados que se espera obtener mediante las estrategias o acciones de manejo. En la planificación deben establecerse claramente los objetivos y metas del programa de monitoreo del humedal, los que se deben evaluar en etapas posteriores.

ETAPA 1.1 Contexto general del humedal

Esta etapa corresponde a la descripción del contexto ecológico y social del humedal, que incluye un inventario base de especies, además de una descripción física, climática, ecológica, social o de otros aspectos relevantes para el humedal en particular. También es necesario determinar el área **de interés** del humedal, pudiendo ser el humedal completo o parte de éste (espejo de agua, ribera, etc.), lo que permite definir el **alcance geográfico** del programa de monitoreo. Adquiere relevancia en esta etapa, la elaboración de cartografía asociada al humedal. Asimismo, es necesario definir cuál es la **situación futura ideal** (visión) para ese ecosistema de humedal. Esta visión guía los objetivos de conservación del humedal, los cuales son evaluados mediante el programa de monitoreo.

ETAPA 1.2 Definición de atributos ecológicos clave del humedal

Los atributos ecológicos claves son aspectos de la ecología del humedal que si están presentes,

definen un estado saludable del mismo y, si faltan o están alterados, reflejan la degradación del humedal.

Para identificar los atributos ecológicos claves del humedal es de utilidad considerar tres categorías de atributos que suelen determinar individual o colectivamente la salud del mismo.

- **Tamaño:** Es una medida de la extensión del humedal (por ejemplo, superficie del espejo de agua, profundidad, etc.).
- **Condición:** Es una medida de la composición biológica o físico-química del humedal (por ejemplo, diversidad de avifauna, calidad del agua, etc.).
- **Contexto de paisaje:** Corresponde a una evaluación del ambiente del humedal (por ejemplo, conectividad con otros humedales, vegetación ribereña, etc.).

La definición de atributos ecológicos claves ayuda a seleccionar los indicadores que se debe monitorear para evaluar el estado del humedal.

ETAPA 1.3 Definición de los indicadores

Una vez identificados los atributos ecológicos clave del humedal, es necesario establecer cuál o cuáles “indicadores” ayudan a evaluar esos atributos, es decir, las variables “específicas” que se miden en el tiempo). En el Capítulo V del presente manual, se describen algunas variables biológicas y físico-químicas, que al menos deberían considerarse para evaluar el estado de los humedales del SNASPE. Es necesario aclarar que para un humedal en particular, una variable no necesariamente es un indicador como tal, pues **el indicador debe reflejar qué es lo que se mide finalmente a partir de esta variable**. Para ejemplificar esto, en el caso de la variable “avifauna”, cuya presencia podría ser

un atributo ecológico clave de un humedal, los indicadores a medir para esa variable serían la riqueza de aves, la abundancia de una especie o la densidad de una o más especies. Por otra parte, la variable “temperatura” sí puede ser un indicador del atributo ecológico clave “calidad del agua” de un humedal, pues existe una sola forma de medir la temperatura.

En otras palabras, al considerar el atributo ecológico clave “avifauna”, se podrían evaluar diversos indicadores que lo describen, tales como la riqueza de especies, la abundancia de especies (total o relativa) y/o la densidad de especies (total o relativa), entre otros. Asimismo, para el atributo ecológico clave “calidad del agua”, es posible medir indicadores como la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, entre otras (tabla 2).

De manera general, los indicadores que se definan deben contar con las siguientes características:

- **Son medibles:** Es posible registrarlos y analizarlos, en términos cuantitativos y/o cualitativos.
- **Son sensibles:** Cambian proporcionalmente en respuesta a los cambios reales, para la condición o estado del humedal que se está midiendo.
- **Son precisos:** Pueden ser definidos y comprendidos de la misma manera por todas las personas responsables de su medición y análisis.

Al contar con los indicadores de los atributos ecológicos claves, es posible continuar con el paso siguiente de la planificación, vale decir, la evaluación del estado actual del humedal y la definición del estado futuro deseado.

Tabla 2: Ejemplos de atributos ecológicos clave y algunos indicadores potenciales, de un humedal en particular.

Categoría de atributos ecológicos clave	Atributo ecológico clave	Indicador (es)
Tamaño	Área del humedal	Superficie total del espejo de agua (ha.)
Tamaño	Nivel de agua	Profundidad máxima (m)
Condición	Avifauna asociada al humedal	Riqueza (N° de especies presentes)
Condición	Calidad del agua	Temperatura, pH, conductividad eléctrica.
Contexto del paisaje	Conectividad	Distancia a cuerpo de agua más cercano (km)

ETAPA 1.4 Análisis de la integridad del humedal

Un paso clave en el manejo de áreas silvestres protegidas es tener claro lo que se está intentando lograr a través de la gestión del área (los resultados de la gestión). En particular para los humedales del SNASPE, se debe conocer el estado actual del humedal (integridad o diagnóstico), definir el estado futuro deseado, a través de objetivos de conservación, y medir su progreso, en la medida que se avanza hacia el logro de esos objetivos. Para ello, para cada uno de los “indicadores” seleccionados, se debe definir qué rango de valores se consideran adecuados para el humedal, identificando por una parte, el estado actual para cada uno de estos indicadores, y por otra parte, definiendo en qué situación se desearía que estuviera el humedal en el futuro, en relación a cada indicador representativo de los objetivos de conservación de dicho humedal.

Este diagnóstico inicial, que se realiza en el momento de comenzar a elaborar el programa de monitoreo, puede considerar datos históricos del humedal, estudios de línea base u opinión de expertos, entre otros. El diagnóstico del estado del humedal (su integridad), se genera mediante una escala de calificación, que toma en cuenta el

rango aceptable de variación de los indicadores. La escala requiere que se determinen los umbrales y se clasifiquen los valores de los indicadores de los atributos ecológicos clave, de la siguiente manera:

- **Muy Bueno:** Estado ecológicamente deseable; requiere poca intervención para el mantenimiento.
- **Bueno:** Indicador dentro del rango aceptable de variación; requiere de cierta intervención para el mantenimiento.
- **Regular:** Fuera del rango aceptable de variación; requiere de intervención humana.
- **Pobre:** La restauración es cada vez más difícil; puede resultar en la eliminación del atributo ecológico clave.

Es probable que para ciertos indicadores no sea posible identificar claramente sus respectivos rangos de valores, asociados al estado “muy bueno”, “bueno”, “regular” o “pobre”. En esos casos, se debe describir al menos, lo que se considera “bueno” y “pobre”. Asimismo, para esta calificación se pueden considerar antecedentes históricos del humedal, estudios de línea base

u opinión/juicio de expertos, entre otras. Para cada caso, es importante señalar la fuente de información que se utiliza para la elaboración de la calificación.

Con los atributos ecológicos claves y los indicadores definidos, así como la integridad del humedal analizada, es posible elaborar una tabla resumen para cada uno de estos atributos y para el o los indicadores asociados, la que contiene los siguientes parámetros: 1) los **umbrales** en los que se consideran los distintos niveles de integridad, el valor actual del indicador (aquel que se determina en el momento de la elaboración del programa de monitoreo), el estado del humedal (integridad) de acuerdo a ese valor que arroja cada uno de los indicadores tabulados, y finalmente, el estado futuro del humedal, que se desea lograr en base a cada indicador. La expresión visual de las categorías de estos umbrales, ocurre a través de la diferenciación de colores: la categoría “pobre” se expresa con color rojo; “regular”, con color amarillo; “bueno”, con color verde claro; y

“muy bueno”, con color verde oscuro. Todo esto se puede observar en la Tabla 3.

ETAPA 1.5 Definición de los objetivos de conservación

Los objetivos para la conservación del humedal, corresponden a lo que se busca lograr para él a través de su manejo y son evaluados mediante el programa de monitoreo. Los objetivos de conservación del humedal se definen en base al estado deseado de los indicadores definidos en las primeras fases de la planificación, expresadas en el ejemplo mostrado en la tabla 3. Cada uno de estos objetivos de conservación cumple con ciertas características, a saber:

- **Está vinculado al humedal:** Debe estar directamente asociado a los aspectos de importancia del humedal (atributos ecológicos clave).

- **Está orientado al impacto:** Debe representar el estado futuro deseado para el humedal.
- **Es medible:** Deber ser construido en relación a alguna escala estándar (números, porcentaje, fracciones o un estado de todo o nada).
- **Es limitado en el tiempo:** Debe ser alcanzable en un período específico de tiempo, generalmente de 5 a 10 años, pues son objetivos de mediano a largo plazo.
- **Es específico:** Debe estar claramente definido, a fin de que todas las personas que participan en cualquier etapa del programa de monitoreo (presente o en el futuro) tengan la misma comprensión de lo que significan los términos en el objetivo.

ejemplos de objetivos de conservación de humedales que cumplen con los criterios antes expuestos, podrían ser los siguientes:

- “Para el año 2020, la superficie del humedal se mantiene sobre 50 ha”
- “Para el año 2020, la riqueza promedio anual de avifauna es mayor a 20 especies”

ETAPA 1.6 Identificación de las amenazas y resultados esperados

El cumplimiento de los objetivos de conservación para el humedal depende, en gran medida, de la capacidad para controlar las amenazas que afectan sus atributos ecológicos claves. Las amenazas son actividades humanas o procesos que han causado, están causando o podrían causar la destrucción, degradación o deterioro del humedal. En otras palabras, las amenazas podrían causar cambios en las condiciones ecológicas del humedal, y por lo tanto, dificultar el cumplimiento de los objetivos de conservación propuestos. Por ello, es relevante contemplar para el proceso de planificación, la identificación de las amenazas específicas que afectan el humedal y los resultados que se espera obtener para reducir aquellas amenazas presentes, mediante las estrategias o acciones de manejo a realizar. Además, al identificar estas amenazas, a su vez es posible identificar causas o factores que contribuyen a la existencia de dichas amenazas, ya que es probable que las estrategias o acciones de manejo a implementar se enfoquen en eliminar o disminuir esos factores y no directamente en combatir la amenaza.

Es importante señalar que las estrategias forman parte de la planificación del área silvestre

Los objetivos de conservación del están directamente relacionados con los atributos ecológicos claves, a través de sus indicadores. Su redacción debe reflejar el estado futuro deseado para cada uno de los indicadores identificados. En base a esto, a partir de cada atributo ecológico clave puede desarrollarse uno o más objetivos de conservación, dependiendo del número de indicadores asociados a cada atributo. Por ejemplo, el atributo ecológico clave “calidad del agua” puede medirse mediante dos indicadores, pH y temperatura. es decir, con este atributo es posible generar dos objetivos diferentes, uno asociado al valor esperado para el indicador “pH” y otro asociado al valor esperado para el indicador “temperatura”. También es posible agrupar estos dos indicadores en un solo objetivo, por ejemplo, “Al año 2020 el humedal ha recuperado su equilibrio natural y mantiene una buena calidad del agua, con temperatura promedio de 12°C y pH entre 7,1-7,4”). Otros

Tabla 3. Ejemplo de tabla para calificación del estado actual y deseado de cada indicador, para el proceso de planificación de un humedal en particular

Categoría de atributos ecológicos clave	Atributo ecológico clave	Indicador	Calificación del Indicador*				Valor Actual del Indicador	Estado actual	Estado Deseado (Objetivo de conservación)
			Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno			
Tamaño	Área del humedal	Superficie total del espejo de agua (ha.)	<30	30-50	51-100	>100	70	Bueno	Bueno
Tamaño	Nivel de agua	Profundidad máxima (m)	<2	2-5	5-10	>10	3	Regular	Bueno
Condición	Avifauna asociada al humedal	Riqueza (N° de especies presentes)	<5	5-10	10-20	>20	14	Bueno	Muy Bueno
Condición	Calidad del agua	pH	<5,5 o >8,5	5,5-6,5 o 8-8,5	6,6-7 o 7,5-8	7,1-7,4	7,8	Bueno	Muy Bueno
Contexto del paisaje	Conectividad	Distancia a cuerpo de agua más cercano (km)	>5	3-5	1-3	<1	5,5	Pobre	Bueno

*Los valores entregados son solamente utilizados como ejemplo y no tienen relación con valores reales.

protegida en su totalidad, las que incorporan no sólo aquellas concernientes a la conservación de los humedales insertos en las mismas, sino también aquellas relativas a la conservación de especies u otros ecosistemas, y además, otros componentes asociados al área silvestre protegida, de carácter socio-cultural. Se hace esta indicación, porque en el presente manual no se detallan aspectos relacionados con el monitoreo de las acciones de manejo para la reducción de amenazas, ya que el conjunto de acciones en torno a humedales son parte del plan de manejo existente del área silvestre protegida respectiva.

En un ejemplo hipotético, un humedal podría estar amenazado por acciones humanas directas o indirectas, como la presencia de visión (especie exótica invasora), la presencia de ganado doméstico y también la presencia de turistas que perturban sitios de nidificación de aves del humedal. Si bien éstas son las amenazas directas del humedal (el fenómeno que causa un impacto negativo), hay otros factores que podrían estar causando o contribuyendo a la existencia de ellas. En el caso del ganado doméstico, su existencia podría deberse al ingreso de ganado al humedal desde un sector específico colindante con una comunidad ganadera contigua a éste. En el caso de la perturbación debida a los turistas, podría deberse a la presencia de senderos que se hayan construido en las cercanías del humedal. Entonces, con este estado de situación, habría que revertir lo que ocurre por ejemplo, con el ganado doméstico, tomando acciones de manejo o estrategias que incidan en que esta amenaza disminuya o sea controlada, para lo cual habría que actuar sobre sus posibles causas. En ese caso, para que ocurra una disminución de la abundancia del ganado doméstico en el humedal, podría limitarse el ingreso de ganado desde la comunidad ganadera al humedal, y para

ello, habría que tomar una decisión de manejo que podría ser, llevar adelante la construcción de cercos (Figura 6).

Posteriormente, para asumir la implementación de una estrategia o acción de manejo es necesario crear una **cadena de resultados** asociados a ésta, la que debe reflejar lo que se espera que ocurra una vez implementada la estrategia, hasta llegar a la disminución de la amenaza directa. Por ejemplo, si la estrategia en la cadena de resultados es “construir cercos”, como primer eslabón, se podría “evitar el ingreso de ganado desde la comunidad contigua al humedal”; como segundo eslabón, sería posible “disminuir la abundancia de ganado doméstico en el humedal”, la que en el ejemplo, se considera como amenaza directa del humedal (Figura 7).

El programa de monitoreo de un humedal busca mantener o mejorar las condiciones ecológicas del mismo, y por ello, debe establecer acciones de manejo o estrategias dirigidas a reducir las amenazas que pueden o podrían afectar esas condiciones ecológicas. Para evaluar si las amenazas han disminuido en el tiempo, el equipo planificador debe plantearse **metas** asociadas a niveles de reducción de las amenazas. Estas metas deben cumplir ciertas características, a saber:

- **Están orientadas a las amenazas:** Deben estar directamente asociadas a la reducción de alguna amenaza sobre el humedal
- **Son medibles:** Deben ser definidas en relación a alguna escala estándar (números, porcentaje, fracciones o un estado de todo o nada).

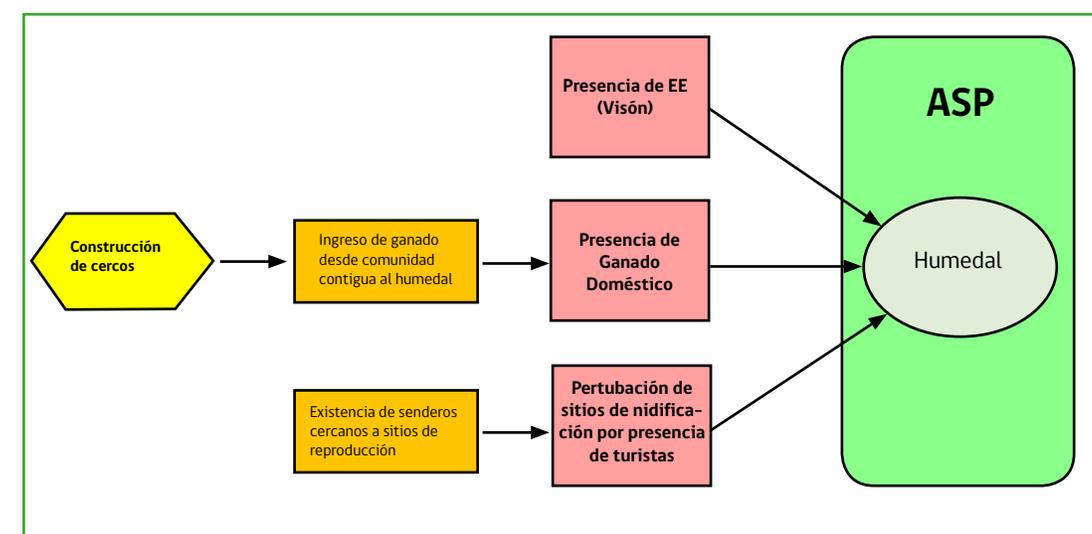


Figura 6. Ejemplo hipotético de amenazas en un humedal inserto en un área silvestre protegida: Identificación de amenazas directas (rectángulos rosados) sobre el humedal (área verde) y sus causas indirectas o factores contribuyentes (rectángulos naranjos), además de las potenciales estrategias de manejo (hexágono amarillo).

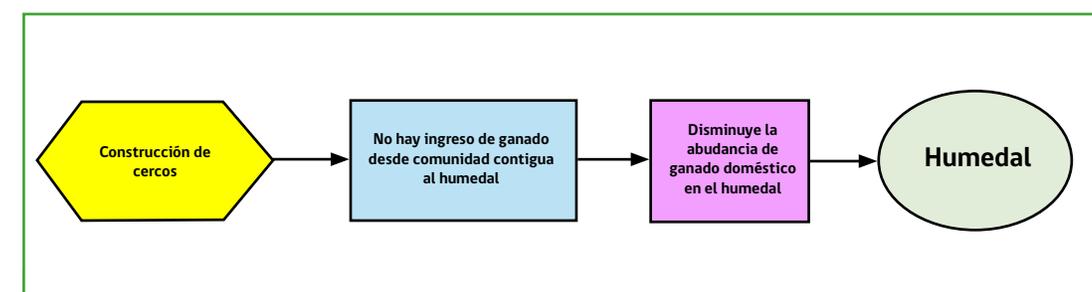


Figura 7. Ejemplo hipotético de resultados orientados a disminuir una amenaza sobre un humedal determinado: Identificación de los resultados esperados (rectángulos morados y celestes) luego de implementadas las estrategias o acciones de manejo (hexágono amarillo).

- **Son limitadas en el tiempo:** Deben ser alcanzables en un período específico de tiempo, generalmente entre 3 y 5 años (resultados de corto o mediano plazo).
- **Son específicas:** Deben estar claramente definidas, a fin de que todas las personas que participan en cualquier etapa del programa de monitoreo tengan la misma comprensión de lo que significan los términos en el objetivo, sea en el presente o en el futuro.

Algunos ejemplos de metas asociadas a amenazas que se busca reducir en el humedal, podrían ser los siguientes:

- “Para el año 2018, la abundancia de ganado en el humedal ha disminuido en un 80%”
- “Para el año 2018, la abundancia de visión en el humedal ha disminuido en un 50%”

Al igual que para la definición de indicadores asociados a los objetivos de conservación del humedal, los **indicadores asociados a las metas** de disminución de amenazas deben ser medibles, sensibles y precisos. Un ejemplo de indicador asociado a la meta para la reducción de amenazas podría ser “*Nº de individuos de ganado registrados al año*”

ETAPA 1.7 Definición de las metodologías a utilizar en el monitoreo de objetivos y metas

Una vez que se ha establecido qué es lo que se va a monitorear, asociado a los objetivos y metas definidas en las dos etapas anteriores, corresponde definir cuál es la mejor metodología para obtener la información requerida. En el capítulo V, se entregan orientaciones sobre aspectos metodológicos para la medición de algunas variables físico-químicas y biológicas que profundizan aspectos señalados en esta etapa. Definir las metodologías en esta etapa del programa de monitoreo, y no antes, permite implementar programas de monitoreo más eficientes y enfocados en los atributos de interés del humedal. En ese contexto, cualquiera de las metodologías a utilizar para medir los indicadores asociados a objetivos y metas, deben cumplir con las siguientes condiciones:

- a) **Deben ser exactas:** El método de colecta de datos debe tener poco o ningún margen de error.
- b) **Deben ser confiables:** Los resultados deben ser consistentemente repetibles (cada vez que se aplica el método produce los mismos resultados).
- c) **Deben ser costo-efectivas:** El método no debe ser muy costoso en relación a los datos que genera y a los recursos disponibles.

- d) **Deben ser viables:** El método puede ser implementado y mantenido en el tiempo por guardaparques y/o demás personal técnico de CONAF.

En síntesis, se espera como productos a lograr en la etapa de planificación, plasmados en un documento, los siguientes productos:

1. Descripción del área de trabajo (contexto y generalidades del humedal).
2. Descripción de la visión para el humedal (situación futura ideal).
3. Identificación de los atributos ecológicos claves del humedal, y de sus indicadores.
4. Elaboración de la tabla con el análisis de integridad, para cada indicador, e identificación del estado actual y el estado futuro deseado del humedal.
5. Definición de los objetivos de conservación del humedal.
6. Elaboración de un esquema con la identificación de amenazas directas y factores contribuyentes.
7. Identificación de posibles estrategias de manejo.
8. Descripción de la cadena de resultados para reducir las amenazas sobre el humedal.
9. Definición de las metas.

ETAPA 2. LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

El programa de monitoreo de cualquier humedal, para ser implementado, además de contar con los recursos humanos y financieros, requiere de un **plan de monitoreo**, el cual es un documento que describe todos los aspectos a considerar para la implementación del programa, durante el año calendario de trabajo. Esta información también se sistematiza y resume en una tabla única.

En este plan se vuelven a expresar los indicadores que se establecieron previamente, de acuerdo a cada objetivo de conservación y a las metas, planteados para el humedal y para la reducción de sus amenazas, respectivamente.

Se identifica además, la metodología a utilizar para obtener la información relacionada a cada indicador, su frecuencia y las personas responsables, tanto para la recolección de datos como para el análisis de éstos, vale decir, el equipo humano que aborda el tema en el área silvestre protegida y en la región, tanto en terreno como en gabinete. Asimismo, se explicita el presupuesto asociado a cada actividad de monitoreo (traslados, equipo necesario, viáticos, etc.).

La Tabla 4 representa un ejemplo de sistematización y resumen para presentar la implementación de un plan de monitoreo, en un humedal en particular. En la primera columna, se identifica el “componente” a monitorear, ya sea un atributo ecológico clave del humedal o una amenaza que lo afecta. En la segunda columna, se enuncia el nombre del atributo ecológico clave o la amenaza a monitorear (por ejemplo, área del humedal, presencia de ganado, entre otros). En la tercera columna, se registra el “objetivo de conservación”, para el caso de cada atributo ecológico clave (por ejemplo, “*Para el año 2020, la superficie del humedal se mantiene sobre 50 hectareas*”), o la “meta”, para el caso de una amenaza (por ejemplo, “*Para el año 2018, la abundancia de ganado en el humedal ha disminuido en un 80%*”); cada uno de ellos, respectivamente, está asociado al componente a monitorear. En la cuarta columna, se señala claramente el indicador que permite evaluar el objetivo de conservación o la meta (de la amenaza). Son ejemplos, los indicadores “*Superficie total del espejo de agua*”, expresado en hectáreas, y “*Cantidad de individuos (ganado) registrados en el año*”. En la quinta columna, se identifica la metodología específica con la cual se obtiene la información respecto del indicador, por ejemplo, la superficie se podría medir con un “*análisis de imágenes, mediante Google Earth Pro*”; la cantidad de

individuos (ganado)” podría medirse a través de “*10 cámaras trampa permanentes, con revisión cada 2 meses*”. En la sexta columna, se describe la frecuencia con la que se implementa la metodología definida previamente. Por ejemplo, si se realiza una vez al año (anual, *agosto*) o dos veces al año (estacional, *invierno-verano*). En la séptima columna, se identifican las personas responsables de implementar la metodología de monitoreo, por ejemplo, las personas encargadas a nivel regional en el ámbito de diversidad biológica, guardaparques, otros. Finalmente, en la última columna, se identifican los costos anuales asociados a la implementación de las actividades de monitoreo.

La implementación del programa de monitoreo debe incluir asimismo, la elaboración de fichas o planillas “tipo” para el registro sistemático de los datos del monitoreo. A modo referencial, en el Anexo 6, se entrega una planilla general de registro de datos, de algunas variables mínimas a considerar en cada monitoreo dentro de un humedal. La planilla debe adaptarse a la realidad de cada humedal y a los datos que vayan a colectarse.

ETAPA 3. EL SEGUIMIENTO Y LA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

Un programa de monitoreo solamente tiene sentido en la medida que la información recopilada durante su implementación posee alguna utilidad para la toma de decisiones. Esta etapa de seguimiento y evaluación maneja los datos y la información (generar archivos digitales, tablas, etc.) en la medida en que se van obteniendo, para analizarlos regularmente y de esta manera, evaluar el cumplimiento de los objetivos de conservación, para el humedal, y las metas, para las amenazas que afectan al humedal, definidos en la etapa de planificación. Puede ocurrir que al realizar la evaluación, sea necesario ajustar algunas metodologías,

Tabla 4. Ejemplo de un resumen tabulado de un plan de monitoreo de un humedal en particular

Componente	Descripción	Objetivo / Meta	Indicador	Metodología	Frecuencia	Responsables	Costos (\$CLP)
Atributo ecológico clave del humedal	Área del humedal	Para el año 2020, la superficie del humedal se mantiene sobre 50 ha	Superficie total del espejo de agua (ha.)	Análisis de imágenes mediante Google Earth Pro	Anual (Agosto)	Encargado Regional Diversidad Biológica	\$0
Atributo ecológico clave del humedal	Avifauna asociada al humedal	Para el año 2020, la riqueza promedio anual de avifauna es mayor a 20 especies	N° de especies presentes	Censo	Estacional (Enero, Abril, Julio, Octubre)	Guardaparques	\$100.000
Amenaza del humedal	Presencia de Ganado	Para el año 2018, la abundancia de ganado en el humedal ha disminuido en un 80%	Cantidad de individuos registrados en el año	10 Cámaras trampa permanentes con revisión cada 2 meses	Análisis Anual	Guardaparques / Encargado Regional Diversidad Biológica	\$1.500.000

En síntesis, se espera como productos a lograr en la etapa de implementación, plasmados en un documento, los siguientes productos:

1. Documento del plan de monitoreo, que incluye tabla síntesis.
2. Planillas de registro de datos

objetivos y/o metas, lo que se expresa en un nuevo documento de planificación, actualizado, que incluye igualmente los productos ya señalados en la etapa de planificación. De no haber cambios, es importante igualmente, actualizar dicho documento a la fecha de la evaluación.

Para diferenciar separar ambos procesos, se precisa que el **seguimiento de un programa de monitoreo** está basado principalmente en la organización y análisis sistemático de los datos obtenidos y la generación de informes asociados al programa de monitoreo. Por otra parte, la **evaluación del programa de monitoreo** se asocia al logro de los objetivos de conservación (asociados directamente a los atributos ecológicos claves del humedal) y de las metas (asociadas a la reducción de amenazas); esta evaluación incluye un análisis de la implementación del plan de monitoreo,

para permitir modificaciones del mismo, de ser necesario (por ejemplo, cambios en alguna metodología o en un indicador específico).

Realizar sistemáticamente una evaluación del proceso de monitoreo hace posible mantener una **alerta temprana efectiva** del estado general del humedal, lo que se traduce en la ejecución de un "monitoreo de vigilancia". Igualmente, esta evaluación sistemática permite determinar el **éxito de las estrategias o acciones de manejo implementadas**, lo que corresponde a estar trabajando en el "monitoreo para el manejo", lo que permite decidir la urgencia de implementar nuevas estrategias o acciones de manejo, en caso de ser necesario, y eliminar o modificar aquellas estrategias que no generan los efectos deseados.

Como se explica a comienzos del capítulo en el presente manual, el programa de monitoreo

forma parte del proceso de manejo adaptativo, y es por ello que, la etapa de seguimiento y evaluación se desarrolla de forma paralela a la implementación del monitoreo, excepto cuando se realiza la planificación e implementación por primera vez en un programa de monitoreo de un humedal en particular, donde aún no existen datos que evaluar. Es decir, la información entregada por el monitoreo es evaluada sistemáticamente, como parte del ciclo de manejo (planificación, implementación y evaluación), permitiendo un mejoramiento continuo de las etapas de planificación (por ejemplo, nuevas amenazas identificadas, modificaciones en los objetivos o metas, etc.) e implementación (por ejemplo, mejoramiento metodológico).

Para graficar y expresar de forma resumida la evaluación sobre el logro de objetivos de conservación y metas, se utiliza una tabla con un sistema de "semáforo" (Tabla 5), en la cual se da un color rojo, amarillo o verde, a cada objetivo de conservación o meta de reducción de amenazas, dependiendo del nivel de cumplimiento, a saber:

Rojo: El objetivo o meta se encuentra por debajo de lo esperado para el período de revisión.

Amarillo: El objetivo o meta se encuentra cercano a lo esperado para el período de revisión.

Verde: El objetivo o meta se encuentra dentro o por encima del rango esperado para el período de revisión.

La temporalidad de la evaluación final de cada objetivo y/o meta dependerá de los plazos estimados para su cumplimiento, por ejemplo,

el cumplimiento del objetivo "Para el año 2020, la superficie del humedal se mantiene sobre 50 hectareas", debe evaluarse el año 2020. Sin embargo, anualmente debe entregarse un informe de seguimiento que refleje el estado actual de los indicadores y los avances hacia el cumplimiento de objetivos y metas (Tabla 5). Es decir, si para el año 2018 el estado del indicador "Superficie (ha) total del espejo de agua" es mayor a 50 ha, el informe anual señalará que este indicador está dentro del estado esperado.

Para describir las tendencias de los diferentes indicadores en el tiempo y, de esta forma, identificar si se ha mejorado el estado de un atributo ecológico clave del humedal o en la disminución de alguna amenaza, debe incorporarse, para cada indicador, una tabla con los datos históricos registrados (Tabla 6).

Tabla 5. Ejemplo de seguimiento y evaluación sistemático para un programa de monitoreo de humedales.

Componente a evaluar	Descripción	Objetivo / Meta	Indicador	Estado Actual	Evaluación (Semáforo*)	Comentarios
Atributo ecológico clave del humedal	Área del humedal	Objetivo 1: Para el año 2020, la superficie del humedal se mantiene sobre 50 ha	Superficie total del espejo de agua (ha.)	65 ha		A pesar de las presiones, la superficie del humedal se mantiene en el rango esperado
Atributo ecológico clave del humedal	Avifauna asociada al humedal	Objetivo 2: Para el año 2020, la riqueza promedio anual de avifauna es mayor a 20 especies	N° de especies presentes	19		La riqueza de avifauna se ha incrementado, sin embargo aún no se registran las 20 especies.
Amenaza del humedal	Presencia de Ganado	Meta 1: Para el año 2018, la abundancia de ganado en el humedal es menos del 20% del actual (2016)	N° de individuos registrados año 2018/ N° individuos registrados año 2016 *100	60%		No ha sido posible impedir completamente el ingreso de ganado debido a la resistencia de la comunidad local

*No confundir la evaluación de los objetivos y metas por colores ("semáforo") con la evaluación del estado de sus indicadores de la etapa 1.

Tabla 6. Ejemplo de tabla de registro histórico para el indicador "Superficie total del espejo de agua (ha.)"

Año	Superficie total del espejo de agua (ha.)
2015	70
2016	70
2017	65
2018	63
2019	68
2020	60

CAPÍTULO IV

CASO DE ESTUDIO PARA EL MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE: HUMEDAL LAGUNA HERMOSA, EN LA RESERVA NACIONAL ISLA MOCHA, REGIÓN DEL BIOBÍO

IV. CASO DE ESTUDIO PARA EL MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE: HUMEDAL LAGUNA HERMOSA, EN LA RESERVA NACIONAL ISLA MOCHA, REGIÓN DEL BIOBÍO

El presente capítulo busca mostrar un ejemplo de un proceso de monitoreo llevado a cabo un humedal incierto en un área silvestre protegida, a través de su respectivo documento **"Programa de Monitoreo"**. Se trata del humedal "Laguna Hermosa", en la Reserva Nacional Isla Mocha, localizado en la Región del Biobío en Chile. Este documento es un informe global que, dependiendo del estado de avance del mismo en el tiempo, incluye las modificaciones correspondientes a las etapas de planificación, implementación y en el seguimiento y evaluación.

En ese sentido, en el humedal seleccionado como "caso de estudio", no se han realizado con anterioridad al diagnóstico que aquí se muestra, acciones de monitoreo en torno al cuerpo de agua de la laguna, aunque sí para el caso de la avifauna. Por esta razón, los antecedentes no abarcan toda la información que contendría un informe completo (análisis de viabilidad, calificación de indicadores, entre otros). En las próximas acciones previstas en el respectivo programa de monitoreo, cuando se disponga de nuevas mediciones, se podrá evaluar la condición ecológica del humedal y tomar las decisiones de manejo pertinentes, ya que será posible también comparar estados de situación de los indicadores en el tiempo.

A continuación, se muestran las secciones que forman parte del **informe sobre "PROGRAMA**

DE MONITOREO DEL HUMEDAL LAGUNA HERMOSA", realizado durante el mes de diciembre de 2015:

1. CONTEXTO Y GENERALIDADES DEL HUMEDAL "LAGUNA HERMOSA"

El humedal "Laguna Hermosa", es una laguna de formación natural que se encuentra al interior de la Reserva Nacional Isla Mocha, se localiza a 350 metros sobre el nivel del mar y está rodeada por un bosque de olivillo adulto (*Aextoxicon punctatum*). Se nutre de aguas lluvias de invierno y de la niebla que se condensa en las altas y densas copas de los árboles olivillo. En el contexto insular, este humedal es muy importante, ya que es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la población que habita la parte baja de la isla, la cual es cercana a los 800 habitantes.

Respecto a la situación futura ideal o deseable (visión) para el humedal Laguna Hermosa, en base a lo antes señalado, se aspira a lo siguiente: *"El humedal Laguna Hermosa se mantiene con su ciclo anual en el largo plazo, asegurando sus funciones ecológicas y de provisión de agua a la comunidad"*.

2. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS ECOLÓGICOS CLAVE DEL HUMEDAL, Y DE SUS INDICADORES

Se identificaron los atributos ecológicos claves para el humedal y los indicadores elegidos para cada uno ellos (Tabla 7). Se trata de indicadores sobre los cuales el equipo de la Reserva Nacional Isla Mocha está en condiciones de medir sistemáticamente.



Figura 8. Humedal “Laguna Hermosa”, en la Reserva Nacional Isla Mocha rodeada de bosque de olivillo adulto (Aextoxicon punctatum), en la Región de Biobío, (autor: Guillermo Reyes)

Tabla 7: Atributos clave del humedal Laguna Hermosa, Reserva Nacional Isla Mocha

Categoría (Tamaño; Condición; Contexto del paisaje)	Atributo clave	Indicador
Condición	Características físico-químicos del agua	PH; Conductividad eléctrica; Temperatura; Oxígeno disuelto
Condición	Riqueza y Abundancia de avifauna	N° de especies y abundancia relativa de aves en el cuerpo de agua
Condición	Riqueza y Abundancia de anfibios en borde laguna	N° de especies y abundancia relativa de anfibios en el borde de la laguna
Tamaño	Superficie cuerpo de agua	Superficie (ha)

3. ANÁLISIS DE INTEGRIDAD DEL HUMEDAL PARA CADA INDICADOR (IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y EL ESTADO FUTURO DESEADO DEL HUMEDAL)

El equipo de CONAF encargado del monitoreo del humedal Laguna Hermosa, definió los siguientes atributos ecológicos claves: características físico-químicas del agua, diversidad de abundancia de fauna en la laguna y superficie del cuerpo de agua del humedal. Logró la medición de algunos indicadores (pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto) para ser incluidos en la columna de “situación actual”, que en el caso de este humedal corresponde a la medición inicial en el proceso de monitoreo. Fue lograda a través de los análisis realizados por la Universidad de Concepción, en la Región del Biobío (septiembre

2015). Asimismo, el equipo propuso definir algunos parámetros, en el transcurso del primer año de monitoreo, para indicadores de riqueza y abundancia de avifauna y anfibios, así como para la medición de la superficie del cuerpo de agua del humedal. No obstante, CONAF pretende establecer durante el primer año de monitoreo los valores para calificar cada indicador, de acuerdo a cada categoría, así como la “calificación actual” y la “calificación deseada” para cada uno de éstos (muy bueno, bueno, regular o pobre). Ello, debido a la falta de datos a la fecha de realizar ese primer monitoreo. Toda esta información se sintetiza en la Tabla 8. En las Figuras 9 y 10, se observan guardaparques del área silvestre protegida realizando mediciones y observaciones en el humedal Laguna Hermosa.

Tabla 8. Análisis de integridad del humedal “Laguna Hermosa”

Categoría	Atributo Ecológico Clave	Indicador	Calificación del Indicador				Situación actual	Calificación actual	Calificación deseada
			Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno			
Condición	Características físico-químicas del agua	PH					5.71 *		
		Conductividad eléctrica					124.0 μS/cm*		
		Temperatura					18,4°C*		
		Oxígeno disuelto					se establecerán parámetros en monitoreo primer año		
Condición	Diversidad y Abundancia de fauna en la laguna	Riqueza y Abundancia de avifauna					se establecerán parámetros en monitoreo primer año		
		Riqueza y Abundancia de anfibios en borde laguna					se establecerán parámetros en monitoreo primer año		
Tamaño	Superficie cuerpo de agua	Superficie (ha)					se establecerán parámetros en monitoreo primer año		

*En base a medición de la Universidad de Concepción en septiembre de 2015.



Figuras 9 y 10. Personal de CONAF realizando mediciones y observaciones en el humedal “Laguna Hermosa”, en la Reserva Nacional Isla Mocha, Región de Biobío.

4. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN DEL HUMEDAL “LAGUNA HERMOSA”

Para los indicadores seleccionados se definió un objetivo, respectivamente:

- **Objetivo 1:** Para el año 2020, las características físico químicas del agua del humedal “Laguna Hermosa” se mantienen dentro de los parámetros anuales establecidas el primer año (2015).
- **Objetivo 2:** Para el año 2020, la riqueza y abundancia de anfibios en el humedal “Laguna Hermosa” se mantiene igual o superior a lo establecido el primer año (2015).
- **Objetivo 3:** Para el año 2020, la riqueza y abundancia de aves en el humedal “Laguna Hermosa” se mantiene igual o superior a lo establecido el primer año (2015).
- **Objetivo 4:** Para el año 2020, la superficie de la “Laguna Hermosa” se mantiene igual o superior a lo establecido durante el primer año (2015).

5. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS DIRECTAS Y SUS FACTORES CONTRIBUYENTES

Las amenazas directas (recuadros rosados) detectadas para el humedal “Laguna Hermosa” corresponden a la “contaminación del agua y su entorno” y la “disminución del nivel de agua debido al cambio climático”. Durante esta etapa del programa de monitoreo, la primera de las dos amenazas señaladas será la que CONAF aborde durante los primeros años. Asimismo se ha considerado que la “contaminación del agua y su entorno” está afectada por el factor contribuyente “malas prácticas de los visitantes” (recuadro anaranjado), que a su vez, se ve afectado por el factor contribuyente “existencia de un sendero de uso público destinado para recorrer la laguna”, el cual incide sólo a orillas de la laguna (ver Figura 11). Ambos factores afectan indirectamente al humedal.

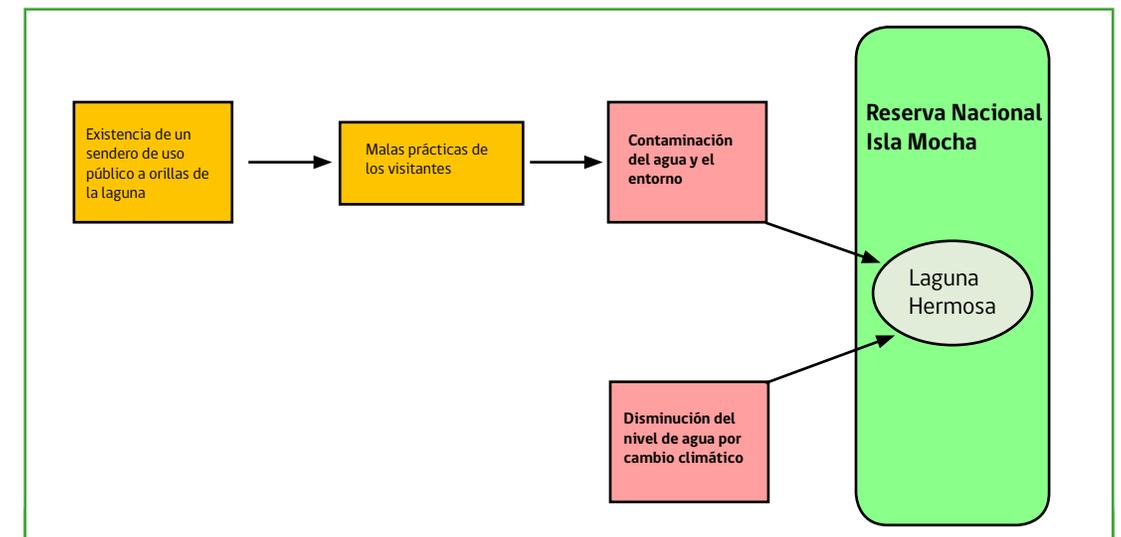


Figura 11: Expresión visual de las amenazas y factores contribuyentes que afectan el humedal laguna hermosa

6. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ESTRATEGIAS DE MANEJO

CONAF se propone focalizar sus esfuerzos de monitoreo en la amenaza “contaminación del agua y su entorno”, para evaluar su disminución en el tiempo. Para ello, se plantean dos estrategias (recuadros amarillos): una de ellas, orientada a “restringir el uso público en la laguna”, para incidir en el sendero localizado a orillas de la laguna, y la otra, relacionada con la “educación ambiental”, para generar cambios en las malas prácticas de los turistas (Figura 12).

7. DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE RESULTADOS PARA REDUCIR UNA AMENAZA

En la cadena de resultados que contribuyen a la disminución de la contaminación del agua y del entorno de la laguna”, el equipo de CONAF se plantea en primer lugar, que al restringir el uso público en la laguna (por ejemplo, a través del manejo de los horarios, de la cantidad de visitantes en un período de terminado, la modalidad de guiado, entre otras), con el tiempo el sendero disminuye o evita las malas prácticas por parte de los visitantes; en segundo lugar, que llevar adelante acciones de educación

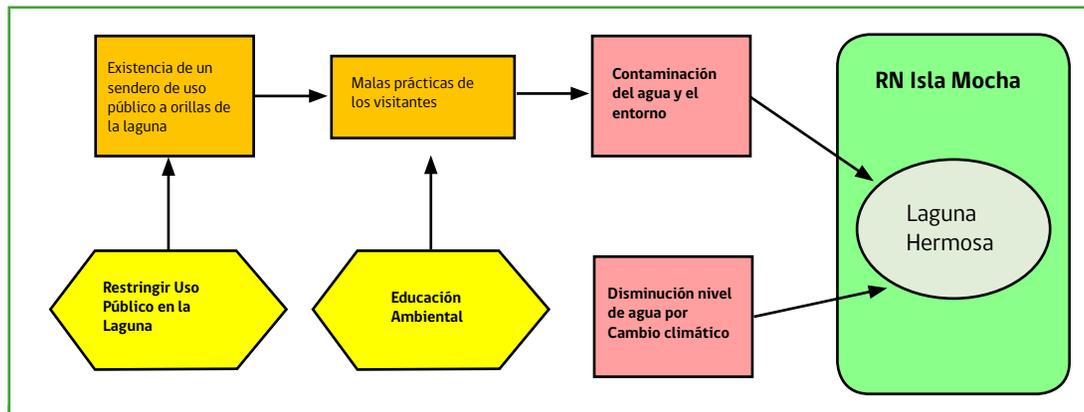


Figura 12: Expresión visual de las posibles estrategias de manejo para enfrentar la amenaza “contaminación del agua y el entorno” (específicamente, sus factores contribuyentes) sobre el humedal Laguna Hermosa

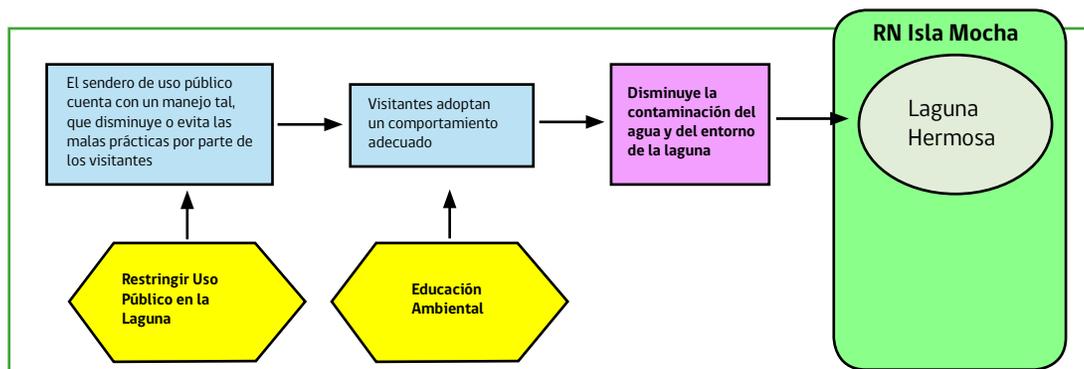


Figura 13: Cadena de resultados para la reducción de la amenaza relacionada con “contaminación del agua y su entorno”, el humedal Laguna Hermosa

ambiental inciden en la adopción de buenas prácticas por parte de los visitantes, al hacer uso del sendero de la laguna (Figura 13).

8. DEFINICIÓN DE LA META ASOCIADA A LA REDUCCIÓN DE LA AMENAZA

Se estableció una meta para el resultado final (recuadro fucsia) de la cadena anterior, asociada a la reducción de la amenaza “Disminuye la contaminación del agua y del entorno de la laguna”. Se trata de la meta:

“Al año 2018 la abundancia de basura asociada al turismo en la zona de la laguna Hermosa ha disminuido en un 90%.”

Su indicador es: Número de eventos de contaminación asociada a visitantes registrados.

9. PLAN ANUAL PARA EL MONITOREO DEL HUMEDAL

El plan anual de monitoreo, expresado en síntesis en la tabla Tabla 9, registra información relativa a los atributos ecológicos claves allí señalados, a saber: las “características físico químicas del agua”, la “diversidad y abundancia de fauna en la laguna” y la “superficie del cuerpo de agua”. Esta información está en concordancia con lo señalado anteriormente en la tabla de “integridad del humedal” (sección 3 de este capítulo). Adicionalmente, para lo que se refiere a las amenazas del humedal, el plan de monitoreo incorpora información relacionada con la “contaminación del agua y entorno del humedal”.

A partir de los atributos ecológicos claves y de la amenaza, se establecieron objetivos y meta, respectivamente. Igualmente, quedan reflejados los indicadores ya señalados para la integridad

del humedal, se señala la metodología utilizada para medir los indicadores y la frecuencia con que se medirán, los responsables de llevar adelante el monitoreo en sus diferentes etapas y finalmente, los costos asociados.

10. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

El monitoreo realizado en diciembre de 2015, se constituyó en un hito relevante para el personal de la Reserva Nacional Isla Mocha, ya que por primera vez se contaba con un instrumental específico para el monitoreo del agua para el área silvestre protegida y a propósito de este hecho, fue la primera vez en la que simultáneamente se identificaban especies circundantes. Para el equipo, ha sido un proceso de aprendizaje y de adquisición de nuevos conocimientos sobre este valioso humedal.

Por tratarse de la primera medición del proceso de monitoreo del humedal, el seguimiento y evaluación correspondiente, ocurrirá en el transcurso del año 2016, donde también se hayan calificado previamente los indicadores establecidos en la tabla 8, sobre “integridad del humedal”. Por ello, a partir de este primer monitoreo, se ha preparado una tabla de resultados de las mediciones de los indicadores, que contiene la información de referencia para las siguientes mediciones del año 2016 (tabla 10), las cuales se realizarán durante los meses de marzo, junio y septiembre. Para los años sucesivos, cada vez que corresponda hacer un monitoreo o al final del proceso anual planificado, CONAF preparará informes de seguimiento y evaluación, con sus respectivas tablas actualizadas, equivalentes a un informe como el que aquí se presenta. Toda esta información, permitirá a CONAF conocer el comportamiento anual de este humedal, lo

Tabla 9.- Resumen del plan anual de monitoreo del humedal "Laguna Hermosa, en la Reserva Nacional Isla Mocha

Componente	Descripción	Objetivo / Meta	Indicador	Metodología	Frecuencia	Responsables	Costos Anuales ¹
Atributo ecológico clave del humedal	Calidad del agua	OBJETIVO: Para el año 2020, las características físico químicas del agua del humedal, se mantienen dentro de los parámetros anuales establecidas el primer año.	pH, Conductividad eléctrica; Temperatura; Oxígeno disuelto	Uso de Equipo Medidor de pH y otros parámetros, modelo HI98194, marca Hanna ² .	Trimestral	Guardaparques: Toman los datos de terreno; Encargado/o Provincial: Hace seguimiento de la toma de datos y junto a la Encargado/o Regional y redactan un informe anual de evaluación)	120.000
Atributo ecológico clave del humedal	Diversidad y Abundancia de fauna en la laguna	OBJETIVO: Para el año 2020, la riqueza y abundancia de anfibios se mantiene igual o superior a lo establecido el primer año.	Riqueza y Abundancia de anfibios	Transectos de búsqueda de anfibios	Trimestral		50.000
Atributo ecológico clave del humedal	Superficie cuerpo de agua	OBJETIVO: Para el año 2020, la riqueza y abundancia de aves se mantiene igual o superior a lo establecido el primer año.	Riqueza y Abundancia de avifauna	Puntos de conteo	Trimestral		50.000
Atributo ecológico clave del humedal	Superficie cuerpo de agua	OBJETIVO: Para el año 2020, la superficie de la laguna se mantiene igual o superior a lo establecido durante el primer año.	Superficie (ha)	Medición en superficie de laguna en su máximo llenado	Anual	Encargado/o Regional: Analiza los resultados trimestrales y anuales, los que son enviados a los/as responsables anteriores y al Encargado/a Programa Nacional de humedales de CONAF.	50.000
Amenaza del humedal (ES una propuesta, para que los/as colegas VIII lo validen o ajusten a su realidad)	Contaminación del agua y entorno del humedal	META: Al año 2018 la abundancia de basura asociada al turismo en la zona de la laguna Hermosa ha disminuido en un 90%.	Número de "eventos" de contaminación	Registro durante patrullajes	Trimestral		40.000

¹ Los costos anuales considerados en esta tabla son sólo referenciales, ya que estos corresponden al año 2015-2016 y para ello, se asume un valor aproximado de 670 pesos/dólar.
² Este instrumento multiparamétrico, se obtuvo a través del Fondo de Humedales para el Futuro de la Convención de Ramsar, al igual que la publicación del presente manual, como parte del Proyecto "Fortalecimiento de las capacidades institucionales en torno al monitoreo de humedales al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado".

que brindará las herramientas necesarias para actuar en forma temprana al detectar cambios bruscos e inusuales en estas variables.

Los resultados del monitoreo, expresados en la tabla 10, se construyen a partir de la información entregada en aquellas etapas sobre "integridad del humedal" y " plan anual del monitoreo", respectivamente. De esta manera, en las primera y segunda columnas, se registran los resultados para los atributos ecológicos claves del humedal y la amenaza priorizada. Posteriormente, en la tercera columna, quedan explicitados los objetivos de cada atributo y la meta para la amenaza del humedal.

Las cuatro últimas columnas hacen referencia a la información lograda en la etapa de resultados, que permiten a su vez, aportar al seguimiento y evaluación del humedal. La cuarta columna enuncia los indicadores que se han medido (y que se medirán en cada sucesivo monitoreo del año); la quinta columna, reporta el valor obtenido para cada indicador; las columnas sexta y séptima, que en esta oportunidad, están vacías, corresponden al proceso analítico que deberá reflejarse para cada indicador, evaluado a través de los colores verde (sobre el objetivo o meta esperado), amarillo (cercano al objetivo o meta esperado) y rojo (bajo el objetivo o meta esperado) y sus respectivos comentarios .

11. PLANILLAS DE REGISTRO DE DATOS

La planillas que se muestran en las Figuras 14 y 15 corresponden a aquellas utilizadas por el personal de CONAF (guardaparques y/u otros técnicos) en la toma de datos, cada vez que se lleva a cabo el monitoreo en el humedal Laguna Hermosa.

Figura 14. Ficha utilizada en el primer monitoreo de aspectos físico-químicos del humedal Laguna Hermosa en la Reserva Nacional isla Mocha

Figura 15. Ficha (continuación) utilizada en el primer monitoreo de especies dentro y alrededor del humedal Laguna Hermosa, en la Reserva Nacional Isla Mocha.

Tabla 10. Resumen de resultados del monitoreo

Componente	Descripción	Objetivo / Meta	Indicador	Estado Actual (Diciembre 2015)	Evaluación (Semáforo)	Comentarios
Atributo ecológico clave del humedal	Calidad del agua	Para el año 2020, las características físico químicas del agua del humedal, se mantienen dentro de los parámetros anuales establecidas el primer año.	PH	5.55		
			Conductividad eléctrica	0.39		
			Temperatura	23,2 °C		
			Oxígeno disuelto	0.09		
Atributo ecológico clave del humedal	Diversidad y Abundancia de fauna en la laguna	Para el año 2020, la riqueza y abundancia de anfibios se mantiene igual o superior a lo establecido el primer año.	Riqueza y Abundancia de anfibios	153 individuos (especies no identificadas)		
			Riqueza y Abundancia de avifauna	4 especies(1 zorzal; 2 jilguero; 1 chucao; 6 golondrina chilena)		
Atributo ecológico clave del humedal	Superficie cuerpo de agua	Para el año 2020, la superficie de la laguna se mantiene igual o superior a lo establecido durante el primer año.	Superficie (ha)	10m ²		Este humedal es temporal, disminuyendo hasta casi dejar de existir durante los meses de verano
Amenaza del humedal	Contaminación del agua y entorno del humedal	Al año 2018 la abundancia de basura asociada al turismo en la zona de la laguna Hermosa ha disminuido en un 90%.	n° de eventos de contaminación	Baja concentración de basura		

CAPÍTULO V

VARIABLES MÍNIMAS A MEDIR EN EL MONITOREO DE HUMEDALES DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE

V. VARIABLES MÍNIMAS A MEDIR EN EL MONITOREO DE HUMEDALES DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE CHILE

Para CONAF, es una necesidad imperiosa incorporar variables de calidad de aguas en humedales insertos el SNASPE, para contribuir a la mantención y mejoramiento de las condiciones ecológicas de estos ecosistemas y asimismo, para estar alerta ante potenciales cambios de éstas. Sin embargo, la instalación de procesos asociados a estas mediciones requiere de gradualidad en el tiempo, adquisición del equipamiento y capacidades técnicas necesarias. Por estas razones, tanto la cantidad de variables incluidas a continuación, como sus interpretaciones, deben entenderse como una primera aproximación al tema, dejando abierta la posibilidad de diversificar y mejorar las variables incluidas en el presente manual, en función de las particularidades asociadas a cada una de las áreas silvestres protegidas del Estado.

Si bien existe una amplia gama de **variables físico-químicas y biológicas**, posibles de medir para contribuir a determinar las condiciones ecológicas de un humedal, tanto *in situ*, como en laboratorio, por medio de la toma de muestras, en el presente manual sólo se incluyen cuatro variables físico-químicas por considerarse relevantes y porque aportan información general de las condiciones de un ecosistema. En ese sentido, se han escogido la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto, como variables de base para construir a futuro un sistema que incluya para cada ecosistema, otras variables que entreguen información específica de cada humedal. La

justificación de esta selección de variables, tiene directa relación con la posibilidad de poder medirse *in situ*, por personal de la institución, con un mínimo de equipamiento y a un costo relativamente bajo. Por otra parte, será un gran aporte que gradualmente, con capacitaciones específicas, puedan tomarse muestras a ser analizadas en las instalaciones del área silvestre protegida, por parte del personal institucional.

1. VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS

Dentro de la columna de agua de un río o laguna, por ejemplo, se encuentran numerosas sustancias de todos los estados de la materia (sólidos, líquidos y gases). Los sólidos son principalmente sales o materia orgánica, el líquido esencial es el agua, el cual cumple la función de solvente universal, es decir, tiene la capacidad de solubilizar sólidos y gases, y por esta razón, en su mayoría están disueltos en el medio acuático. En cuanto a los gases, entre los principales se encuentran, el oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno.

En la Figura 16, se muestran estos componentes de la materia, todos ellos, inmersos en la columna de agua (altura, representada por A), como medio líquido, el agua (expresado en B); como sustancias sólidas, aquellas provenientes de sedimentos, piedras, materia vegetal y las sales (expresado en C); y, los gases que provienen de la atmósfera y del intercambio entre oxígeno y dióxido de carbono, mediante el proceso de fotosíntesis de las plantas (representado en D).

Vista panorámica del Lago Toro, en el Parque Nacional Huerquehue, Región de La Araucanía (Fotografía: Félix Ledesma)

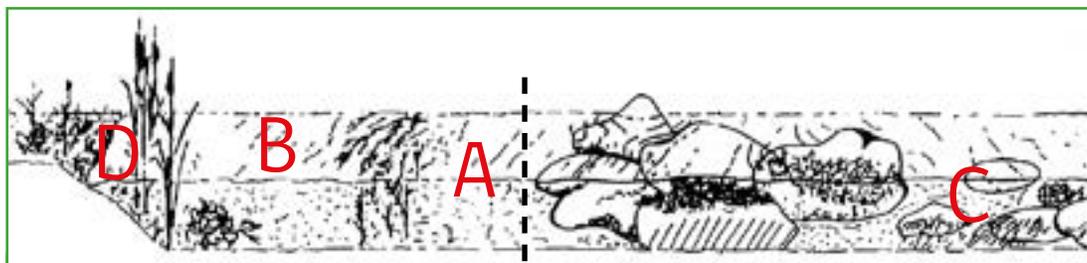


Figura 16. Vista transversal de la Columna de agua (A), y de la interacción del agua (B) con sólidos (C) y gases (D)
 (Modificado de Vidal-Abarca et al., 1994).

Las **variables físico-químicas** son aquellas que estiman la interacción en un cuerpo de agua de estos tres estados, teniendo en cuenta que están enormemente influenciados por factores ambientales externos (clima, relieve, geología, vegetación, usos del suelo, etc.), las variables pueden afectar esta interacción, favorable o desfavorablemente.

Este escenario de variables es el que determina las condiciones para la aparición, asentamiento y desarrollo de seres vivos acuáticos, los que asimismo, modifican continuamente el ambiente físico-químico del agua. Por lo tanto, queda en evidencia que los ambientes acuáticos son sumamente dinámicos y por ello, es necesario interpretar sus cambios.

En el país, no se cuenta con literatura aplicable para la diversidad de situaciones que pueden ocurrir sobre estas variables, relativas a las particularidades de las condiciones ecológicas de cada humedal, por lo tanto, en el presente manual, se dificulta contar con umbrales que abarquen rangos de valores mínimos y máximos comunes para un humedal u otro. En Chile, existen normas secundarias de calidad de aguas, específicas para ciertos humedales en los que sí se han establecido niveles máximos y mínimos de contaminación para gran cantidad de variables, no sólo físico-químicas, sino también de carácter biológico (por ejemplo, umbrales para el caso de bacterias coliformes). Asimismo,

en el país se cuenta con la norma chilena de calidad de aguas 1.333 del Instituto Nacional de Normalización (INN), cuyo énfasis se centra en aguas para riego y usos productivos relacionados, por lo tanto, no puede considerarse como parte del propósito de este manual.

Existen por otra parte, a gran escala, condiciones que caracterizan humedales de acuerdo al tipo de cuenca o sub-cuenca hidrológica a la que pertenecen. Se trata de condiciones que dan cuenta de cómo funcionan de manera global determinados humedales, a este nivel de escala. Si bien, el alcance del presente manual no es incorporar información a ese nivel, es importante destacar el estudio realizado para humedales en Chile denominado "Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales" (SAG-CEA, 2006), estudio en el cual se agrupan los humedales en cuencas exorreicas y endorreicas que los caracterizan, considerando variables físicas ambientales determinantes para su funcionamiento y de acuerdo a ellas, se propone el seguimiento ambiental respectivo.

Por todo lo antes señalado y considerando que cada ecosistema es único en su funcionamiento, en este manual, no se especifican valores ni rangos que permitan interpretar directamente los datos que arrojen mediciones de las variables físico-químicas consideradas, sino que se insta al personal responsable de la gestión de humedales presentes en áreas silvestres

protegidas, a considerar las siguientes acciones en el proceso de instalación de los programas de monitoreo respectivos:

- Recopilar toda la literatura científica y técnica existente sobre estudios realizados en el humedal a monitorear.
- Analizar información histórica registrada en las mediciones de variables físico-químicas o de otras variables, realizadas en el humedal bajo condiciones normales, ya sea por CONAF, otros organismos gubernamentales o del sector académico y de investigación.
- Establecer alianzas de distinto nivel (proyectos conjuntos, convenios, estudios, consultas, entre otros) con organismos competentes en el tema, como la Dirección General de Aguas u otros, y con instituciones académicas y/o de investigación regionales, aprovechando su experiencia en torno a la temática.
- Dar inicio a un programa de monitoreo institucional para el humedal, de real aplicación en el tiempo, entendiendo que se requerirá presupuesto para la paulatina compra de equipos para medir de variables y para mejorar las competencias del personal encargado de estas funciones.

1.1 Temperatura

La temperatura es una variable física, que permite medir las sensaciones de calor y frío. Desde un punto de vista microscópico, la temperatura se considera una representación de la energía cinética interna media de las moléculas que integran el cuerpo estudiado, en este caso el agua. Esta energía cinética se manifiesta en forma de agitación térmica, que resulta de la colisión entre las moléculas que forman el agua (ADECUA, 2008).

La temperatura del agua es una variable física intrínseca de las masas de agua profundamente sometidas a la radiación solar y las fluctuaciones climáticas de la atmósfera. Las variaciones de temperatura de un cuerpo de agua se producen estacionalmente (verano a invierno), durante el día (mañana a tarde) y en la columna de agua como tal, debido a que la parte superficial tenderá a tener mayor temperatura que la parte profunda. Este último fenómeno se conoce como **estratificación vertical de la temperatura** (Figura 17).

En cuerpos de agua lo suficientemente profundos, se presenta una mayor probabilidad de estratificación de temperaturas durante el verano, llamándosele **epilimnion** a la capa de agua superior, más cálida que la capa de abajo o **hipolimnion**, en la cual el agua tiene relativamente poco movimiento. Estas dos capas están separadas por una zona de transición llamada **metalimnion**. Mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre las capas, más difícilmente se pueden mezclar sus aguas. A medida que pasa el año y ayudadas por la acción del viento y la disminución de la temperatura, estas capas pueden llegar a circular. En algunos lagos, puede presentarse un período de estratificación más, durante el invierno, aunque en este caso la capa superior será más fría que la inferior (Abarca, 2007).

¿Por qué es importante conocer la temperatura del agua en un humedal?

La temperatura del agua puede condicionar los tres estados del medio acuático (sólido, líquido y gaseoso), y además, influencia los procesos biológicos, físicos y químicos que se llevan a cabo en el, por ende, la temperatura también tiene influencia en la concentración de muchas variables. Estos procesos están relacionados con la tasa metabólica de los organismos acuáticos, como la respiración celular y la fotosíntesis,

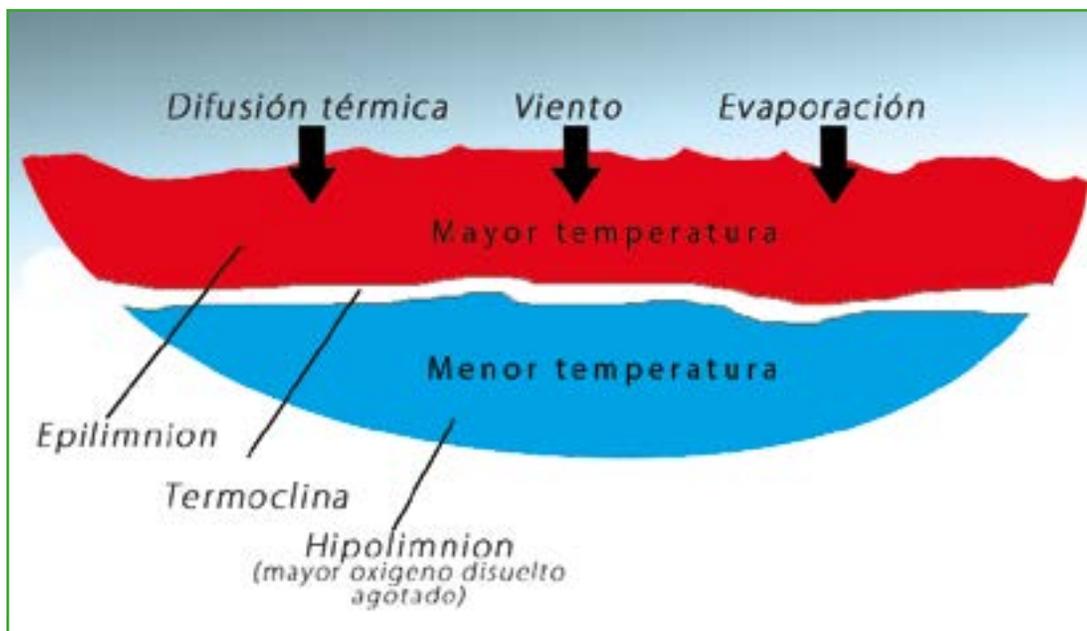


Figura 17. Estratificación vertical de la temperatura en cuerpos de agua influenciada por la difusión térmica, el viento y la evaporación del agua. La parte superficial (Epilimnion) posee mayor temperatura, la parte profunda (Hipolimnion) es de menor temperatura y el límite entre estas dos zonas se le llama Termoclina. (Modificado de <http://www.miseagrant.umich.edu>).

las tasas de crecimiento de ciertos organismos y la presencia o ausencia de determinados organismos que toleran condiciones con umbrales de temperatura variables, según sea el caso. También, estos procesos se relacionan con la solubilidad de gases como el oxígeno, que es necesario para la vida de animales y plantas acuáticas, así como con sólidos como las sales, en mayor o menor concentración. Tener presente que, en condiciones normales de un humedal, a medida que aumenta la temperatura, la solubilidad del oxígeno es menor (varios autores citados por Abarca, 2007)

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos en la temperatura del agua?**

La temperatura del agua puede disminuir o aumentar dependiendo de variables externas al cuerpo de agua (estación del año, hora del día, latitud, altitud, etc.). Un aumento de temperatura incidirá en un aumento de la evaporación y la

volatilización de sustancias desde el agua, también incidirá en la disminución de la solubilidad de muchos gases en el agua como el oxígeno, el dióxido de carbono, el nitrógeno y el metano, y por último, determinará el crecimiento de bacterias y la proliferación de algas (si es que las condiciones de nutrientes son adecuadas), lo cual llevará a cambios como por ejemplo, el aumento de la turbidez del agua.

- **¿Cómo medir la temperatura?**

Como en el monitoreo de la gran mayoría de las variables físico-químicas, el muestreo de esta variable se realiza en terreno (*in situ*). Es preferible muestrear varios puntos de temperatura en el cuerpo de agua (y en cada uno de los puntos, a varias horas del día), con el fin de obtener un valor promedio de todos los muestreos realizados en el cuerpo de agua. Las mediciones se realizan con un termómetro, conectado a un transductor digital que lee

directamente la temperatura en el agua, la cual genera resultados generalmente expresados en grados Celsius (°C). Lo aconsejable es muestrear en varios puntos accesibles en el cuerpo de agua a monitorear, dependiendo del área, longitud, anchura y profundidad que éste tenga.

1.2 pH

El pH (potencial de hidrógeno), al igual que la temperatura, es una variable importante en el monitoreo y evaluación de la calidad del agua, ya que influye en muchos procesos biológicos y químicos dentro de un cuerpo de agua y además, en todos los procesos asociados con el suministro y tratamiento del agua.

El pH es una medida del grado de acidez y alcalinidad del agua, y general, de una solución. Sus valores siguen una escala que va de 0 a 14 (es decir, desde muy ácido hasta muy alcalino), donde el valor de pH 7 representa una condición neutra (Figura 18). Por lo tanto, el índice pH indica grados de acidez, lo que en definitiva significa la cantidad relativa de iones hidrógeno en el agua.

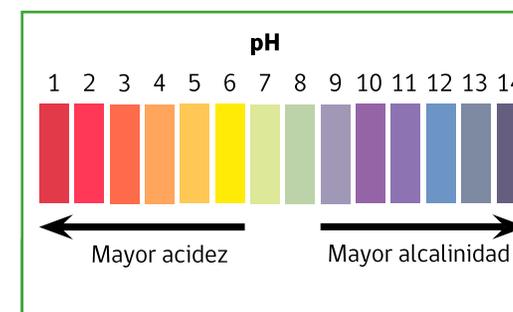


Figura 18. Escala de pH. Consta desde el valor 1 (máxima acidez, mayor contenido de iones hidrógeno) hasta el valor 14 (mínima acidez, menor contenido de iones hidrógeno en el agua). El valor 7 indica neutralidad (agua pura) (Merck, 1994).

- **¿Por qué es importante conocer el pH del agua en un humedal?**

En el caso de las aguas no contaminadas, el pH es un indicador de las clases de compuestos químicos que están presentes en el agua y su nocividad para los seres vivos. Puede indicar contenidos posibles de dióxido de carbono, carbonatos e iones de bicarbonato, así como también otros compuestos naturales, como los ácidos húmicos, que provienen de la materia orgánica en suspensión. Es importante considerar que los seres vivos en su mayoría están condicionados para habitar ambientes que presenten pH cercanos a 7, que sería un término medio entre sustancias o compuestos ácidos y básicos. Por ejemplo, la especie *Artemia salina* (camaroncito de las salmueras) es extremadamente rara en lagos muy alcalinos, sin embargo, en experimentos de laboratorio se ha comprobado que algunas cepas no logran sobrevivir en altas concentraciones de carbonatos de pH 8 a 9 (Cole y Brown, 1967).

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos en el pH del agua?**

Los cambios en el pH pueden indicar la presencia de ciertas entradas de agua (llamados también afluentes) al cuerpo de agua muestreado. Las variaciones en el pH también pueden ser causadas por los ciclos de fotosíntesis y respiración de algas en aguas eutróficas. El equilibrio entre acidez y alcalinidad natural de un cuerpo de agua puede verse afectado por entradas de agua industriales o la deposición atmosférica de sustancias productoras de ácido.

Las variaciones también se pueden deber a la estacionalidad dentro de un año. Si en invierno existen altas precipitaciones, las sales disueltas tendrán mayor solvente, y por lo tanto, el pH disminuirá, y en el verano, viceversa.

- **¿Cómo medir el pH?**

El pH debe ser determinado en terreno (*in situ*), o inmediatamente después de tomar la muestra (en el laboratorio). La medición de pH se suele realizar mediante electrodos específicos llamados pHmetros, los cuales son adecuados para su uso en el campo.

Esta variable está directamente relacionada con la temperatura del agua, por lo tanto, pH y temperatura deben ser medidas en conjunto, con el fin de hacer mediciones precisas y así, evaluar el grado de influencia entre éstos y otros factores a estudiar. Si no es posible realizar la medición de pH en el sitio de muestreo, se toman las muestras en frascos que se cierran herméticamente, sin hacer uso de preservantes, para transportarlos en un recipiente mayor hacia el laboratorio. Esta operación se realiza debido

a que la temperatura debiera permanecer constante, para impedir que el pH cambie y se altere el metabolismo de la biota confinada en el agua muestreada.

- **Interpretación de los resultados de pH**

El pH de la mayoría de las aguas naturales está entre el rango de 6.0 y 8.5. En esos niveles se desarrolla la mayoría de los seres vivos acuáticos, ya sean vegetales o animales. Los valores más bajos (ácidos) se encuentran en aguas diluidas con alto contenido de materia orgánica mientras que los valores más altos (alcalinos) ocurren en aguas eutróficas o en lagos salados. Por ejemplo, en la laguna Torca (Figura 19) el pH de los sectores ribereños eutrificados oscila entre 7,0 y 9,5 revelando el carácter básico de sus aguas (Machuca, 2015).



Figura 19: Medición de pH y otros parámetros físico-químicos en el humedal "Laguna Torca", por guardaparques responsables de la Reserva Nacional Laguna Torca, Región del Maule.

1.3 Conductividad eléctrica

La conductividad, o conductancia, es la capacidad que tiene el agua para conducir corrientes eléctricas, la cual comúnmente se mide en microsiemens (μS) dividido por centímetro (cm). También puede medirse en milisiemens (mS), medida equivalente a 1000 μS . La conductividad del agua está directamente relacionada con la cantidad de sólidos disueltos totales, que son en su mayoría sales minerales. Las cargas eléctricas son conducidas en el agua por estas sales, lo cual a su vez está ligado con la salinidad, por lo tanto, aguas con alta salinidad son siempre buenas conductoras de cargas eléctricas.

- **¿Por qué es importante conocer la conductividad del agua en un humedal?**

La conductividad del agua aporta valiosa información acerca del tipo de cuenca en donde están asentados los cuerpos de agua muestreados, esto debido a los procesos de escorrentía superficial, debido a la ocurrencia de precipitaciones, lo que permite la depositación de sales minerales provenientes de los suelos de la cuenca hasta ríos o lagunas, por lo tanto, cuencas con poca mineralización presentan lavados con pocas sales, lo que significa que los cuerpos de agua de la zona presentarán baja conductividad. Lo contrario ocurre en cuencas sedimentarias. En un humedal, la conductividad eléctrica estima el nivel de la salinidad, que a su vez, afecta la existencia de toda la biota.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos de conductividad del agua?**

La conductividad del agua, además de ser un indicador aproximado del contenido mineral cuando no se pueden utilizar fácilmente otros métodos, puede estar alertando sobre

causas como la presencia de una zona de contaminación, por ejemplo, alrededor de una descarga de efluentes (entrada de sustancias al cuerpo de agua), o el grado de influencia de las aguas de escorrentía, entre otras causas.

Variaciones importantes de conductividad también pueden ocurrir debido a la influencia marina, es decir, humedales costeros con conexión oceánica, por ejemplo, pueden presentar alta cantidad de sales, por lo que probablemente exista en estos humedales una alta conductividad cuando la marea sube durante el día. Las variaciones también se pueden deber a la estacionalidad dentro de un mismo año. Por ello, en humedales de régimen estacional, la conductividad varía mucho debido a los cambios de temperatura ambiental.

- **¿Cómo medir la conductividad?**

Se mide *in situ* con un conductímetro (electrodo selectivo acoplado a un potenciómetro), luego de colocar el electrodo directamente en el agua, se debe esperar a que la medida se estabilice, para en ese instante registrar el dato.

Si las mediciones son continuas en el tiempo, ya sea días, semanas, años, así como en varios puntos del cuerpo de agua monitoreado, se debe hacer uso de estaciones fijas, las que son particularmente útiles para estimar las variaciones temporales de sólidos disueltos totales y de sales minerales más abundantes.



Figura 20. Personal de CONAF en proceso de calibrar equipo que mide la conductividad eléctrica, entre otras variables, en taller de capacitación sobre monitoreo de humedales, realizado en la Reserva Nacional Laguna Torca, Región del Maule, mayo 2015

1.4 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua (ADECUA, 2008). El oxígeno es un elemento esencial para todas las formas de vida acuática en aguas naturales. Su concentración en el agua varía con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, la actividad fotosintética de las algas y plantas y la presión atmosférica (metros sobre el nivel del mar). El oxígeno disuelto en el agua proviene mayoritariamente desde la atmósfera, y disminuye a medida que la temperatura y la salinidad aumentan. Usualmente, las concentraciones de oxígeno disuelto se miden en ppm (partes por millón) o mg/l (miligramos/litro).

- **¿Por qué es importante conocer el oxígeno disuelto en el agua?**

Es importante porque de la cantidad de oxígeno disuelto evidencia ciertas características perceptibles del cuerpo de agua, que se pueden aproximar a una condición del estado de la calidad del agua, por ejemplo, poco oxígeno disuelto genera aguas que tienen mal olor.

Conocer el nivel de esta variable es conocer de cierta forma las condiciones de la vida acuática que se desenvuelve en el ambiente, ya que emerge de ciertos procesos bioquímicos y biológicos que ocurren en el agua y que son fundamentales para su existencia (fotosíntesis de macrófitas sumergidas, por ejemplo). Por lo tanto, la determinación de la concentración de oxígeno disuelto es una parte fundamental en una evaluación de calidad del agua, porque está

involucrado directa o indirectamente en casi todos los procesos químicos y biológicos dentro de los cuerpos de agua.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos de oxígeno disuelto?**

Las variaciones en el nivel de oxígeno disuelto pueden ocurrir por temporadas o periodos de horas en relación con la temperatura y la actividad biológica, en procesos como la fotosíntesis y la respiración. La respiración biológica, incluida la relacionada con los procesos de descomposición, reduce las concentraciones del oxígeno disuelto.

En aguas tranquilas, aparecen masas de altas y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo cual puede ocurrir perfectamente ya que las tasas de los procesos biológicos son bastante variables. Vertidos de residuos con alto contenido de materia orgánica y nutrientes pueden conducir a una disminución de las concentraciones, lo que incide en un aumento de la actividad microbiana (respiración), durante la degradación de la materia orgánica.

En casos severos de concentraciones bajas de oxígeno reducido (ya sean naturales o artificiales), se producen las llamadas condiciones anaeróbicas (es decir, en ausencia de oxígeno), sobre todo cerca de la interfaz agua-sedimento como resultado de la descomposición del material de sedimentación.

- **¿Cómo medir el oxígeno disuelto en el agua?**

La medición *in situ* del oxígeno disuelto, en general se realiza a través de instrumentos electrónicos, los que hacen uso de un lector digital unido a una sonda de oxígeno, para arrojar un valor determinado. De otra manera, la determinación de la concentración de

oxígeno disuelto en el agua, debe hacerse a través de muestras llevadas al laboratorio. Independientemente del método que se lleve a cabo y antes del momento del muestreo, se debe medir la temperatura del agua y conocer la altitud del punto de muestreo (metros sobre el nivel del mar).

La sonda antes mencionada, permite de manera rápida la determinación *in situ* del oxígeno disuelto en el agua, sin embargo debe ser recalibrada cada cierto tiempo, para mantener la precisión de la información en futuras mediciones.

Las concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 5 mg/l, pueden afectar negativamente el funcionamiento y la supervivencia de las comunidades biológicas, y por debajo de 2 mg/l, pueden conducir a la muerte de la mayoría de los peces. La medición del oxígeno disuelto se puede utilizar para indicar el grado de contaminación por materia orgánica, la destrucción de las sustancias orgánicas y el nivel de auto-purificación del agua (Allan, 1995).

1.5 Transparencia y turbiedad

En un lago o laguna, la transparencia del agua se considera que es el fenómeno mediante el cual el 100% de la luz que penetra en el agua es transmitida, ya sea hacia arriba (reflexión) o debajo de la superficie del cuerpo de agua. Está condicionada por una serie de factores, pero los principales son el tipo y la concentración de materia en suspensión (no disuelta). Esta variable esta inversamente relacionada con la turbiedad, ya que a altos niveles de transparencia se suceden bajos niveles de turbiedad (Cole, 1979).

En cuanto a la turbiedad, ésta se define como el conjunto de los sólidos suspendidos que están presentes en el agua, referidos tanto a materia orgánica como inorgánica. Se mide

en ciertas unidades denominadas “unidades nefelométricas de turbiedad” (UNT). Esta materia en suspensión consta en su mayoría de limo, arcilla, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles y organismos microscópicos. Para aceptar el tipo de materia que está en suspensión y aquella que está diluida, se acepta convencionalmente que la materia en suspensión es la fracción que no pasa a través de un filtro de 0,45 micras¹ de diámetro de poro.

- **¿Por qué es importante evaluar la transparencia del agua en un humedal?**

Si el agua es transparente, es más fácil que la luz pueda difundir en ella. La luz es esencial para la existencia de la fotosíntesis. Los cuerpos de agua con alta transparencia albergan mayor cantidad de vida vegetal sumergida, ya que existen cantidades de luz adecuadas para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis (también llamada producción primaria). Esta vida vegetal la constituyen esencialmente las plantas (en particular, las macrófitas sumergidas), las algas y el plancton vegetal (fitoplancton). Esta vida vegetal es fundamental para la aparición de seres vivos de tipo animal, para la presencia de cantidades considerables de oxígeno y es una señal de aguas de buena calidad.

En cuanto a la turbiedad, ésta incide en la visibilidad del agua, ya que está determinada por la cantidad de sólidos totales en ella. Los sólidos totales están compuestos de los sólidos disueltos y los suspendidos, y éstos últimos son los capaces de generar turbiedad en el agua, mientras que los sólidos disueltos están más relacionados con la conductividad eléctrica. La turbiedad provoca una disminución de las

¹ Una micra (o micrómetro) es una unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro. Su símbolo científico es μm .

comunidades bénticas (comunidades del fondo del cuerpo de agua), el cubrimiento de áreas de reproducción de peces y el adosamiento de nutrientes y metales pesados provenientes de rocas, vegetación y plaguicidas.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos en la transparencia del agua?**

Tanto la transparencia como la turbiedad pueden variar estacionalmente en función de la actividad biológica que se desarrolla en la columna de agua, la escorrentía superficial que lleva las partículas del suelo hacia el agua y la ocurrencia de lluvias, sean intensas lluvias en un corto periodo o prolongadas en el tiempo.

La interacción de ambas variables también indica la presencia de posibles focos de contaminación o aguas en proceso de eutrofización, donde el factor clave es la materia orgánica en suspensión, la que al descomponerse en el agua, acarrea una serie de consecuencias, entre ellas, la más importante es la disminución de las cantidades de oxígeno disuelto en el agua, ya que al existir más materia orgánica en suspensión, ésta se torna más turbia y así disminuye la entrada de luz al cuerpo de agua para iniciar el proceso de fotosíntesis en los organismos vegetales.

- **¿Cómo evaluar la transparencia?**

La transparencia puede medirse fácilmente en terreno, por lo tanto, está incluido en muchos programas de muestreo regulares para indicar el nivel de actividad biológica. Se determina a través de un disco que se introduce en el agua, unido un cable calibrado, con escala expresada en centímetros. Este disco se llama Secchi, y en la medida que se introduce en el agua, su visibilidad a través de ésta, disminuye, hasta que desaparece. La profundidad a la que desaparece, que puede ser un punto o un rango, es la profundidad de la transparencia. La

dimensión del disco Secchi es generalmente de 20-30 cm de diámetro (aunque el resultado no se ve afectado por el diámetro del disco) y tiene sectores de color blanco y negro, como se puede observar en la Figura 21.

En relación a la turbiedad, es difícil monitorearla *in situ*, debido a que se requieren análisis en



Figura 21: Disco Secchi, utilizado por la Profesora Matilde López, en taller sobre monitoreo de humedales, Reserva Nacional Laguna Torca, Región del Maule, mayo 2015.

laboratorio, mediante el almacenamiento de muestras en la oscuridad, durante no más de 24 horas y sin factores que hagan precipitar los sedimentos o variar el pH, ya que bajo esas circunstancias se pueden alterar los resultados. Además, se requiere de equipos de laboratorio costosos y de compleja manipulación e interpretación.

- **Interpretación de los resultados de transparencia**

En vista de que no hay un estudio específico acerca de la condición de transparencia en el agua, en Chile se tiende a considerar como válida la norma chilena general para múltiples usos, llamada (NCh 1.333), a pesar de que no está orientada a humedales con fines de conservación. Bajo esta norma, el rango de valores normales de turbiedad está entre 1 y 10 NTU, no existiendo una clasificación cualitativa por clase de rango de valores.

1.6 Color del agua

El color del agua, si bien es un atributo subjetivo, permite identificar signos de contaminación en los cuerpos de agua monitoreados. El color y la turbiedad en conjunto, determinan la profundidad a la que se transmite la luz en el agua y esto a su vez, indica la cantidad de productividad primaria, mediante el control de la tasa de la fotosíntesis, de los microorganismos vegetales y animales presentes.

Antes de explicar la importancia de esta variable, es preciso hacer la diferencia entre “color verdadero” y “color aparente” del agua. Mientras que el “color verdadero” sólo se puede medir en una muestra después de una filtración o centrifugación, en un laboratorio, el “color aparente” es el que se puede interpretar *in situ*, dadas las partículas en suspensión en el agua, lo cual afecta a la difusión de la luz, que puede cambiar su dirección (refracción) o ser rebotada por las partículas (reflexión).

- **¿Por qué es importante evaluar el color del agua en un humedal?**

El color del agua es siempre un buen indicador de presencia de ciertos factores biológicos, físicos o químicos, que en cierta medida pueden

provocar focos de contaminación y así, una baja en la calidad del agua. Las cantidades de sales minerales naturales y las sustancias orgánicas brindan el “color verdadero” al agua. El agua contaminada siempre presenta colores oscuros, mientras que las aguas limpias presentan colores claros.

Por otro lado, crecimientos desmedidos de comunidades biológicas específicas, tales como fitoplancton o zooplancton, también pueden influenciar el color del agua. Un color oscuro o azul-verde puede ser causado por algas verde-azules, un color amarillo-marrón, por diatomeas y colores rojos o morados, se deben a la presencia de ciertos tipos de zooplancton, como por ejemplo el género *Daphnia* u otros microcrustáceos. Se observa al microscopio en

la Figura 22 un individuo del género *Daphnia*, cuyos órganos internos muestran en color rojo antes mencionado.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios bruscos en el color del agua?**

Grandes cambios en la cantidad de nutrientes, sedimentos o materia orgánica provocan cambios en el color del agua. Asimismo, crecimientos alarmantes de microorganismos, algas, bacterias, etc., provocan también cambios en el color del agua y esto incidirá en los cambios físicos y químicos del cuerpo de agua de un humedal. También es importante tomar en cuenta la influencia climática (latitudinal), sobre cambios de color en el humedal.

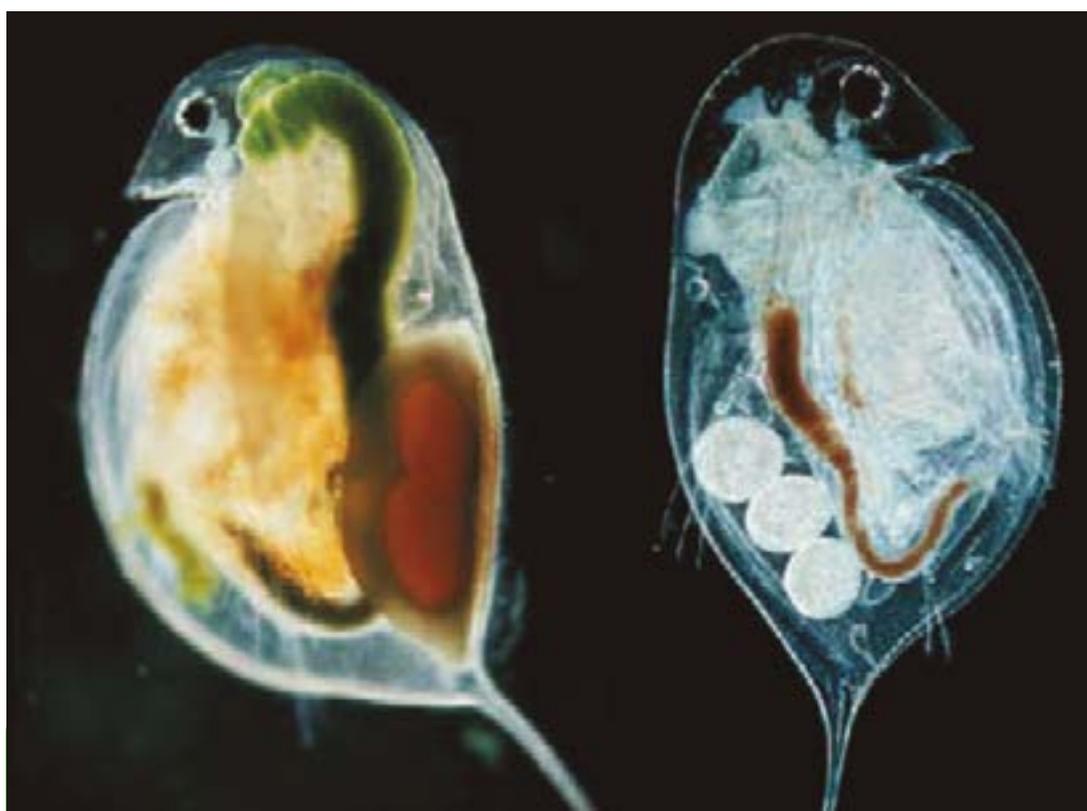


Figura 22. *Daphnia* es un género de la comunidad del zooplancton. Su hábitat es la zona superficial de cuerpos de agua y un crecimiento desmedido provoca un cambio en el color del agua (Balian et al., 2008).

- **¿Cómo evaluar el color del agua?**

El monitoreo del color del agua se realiza mediante instrumentos de laboratorio llamados colorímetros, asociados a infraestructura y reactivos muy complejos. Una evaluación rápida *in situ*, puede hacerse mediante transectos en las zonas de la orilla del cuerpo de agua y en sectores intermedios, mientras la profundidad lo permita. Se debe tener en cuenta que si se usa disco Secchi, éste mide indirectamente tanto la turbiedad (cuando desaparece el disco en el agua) como el color.

- **Interpretación de los resultados de color del agua**

En Chile, no existe legislación ni estudios acerca de valores perjudiciales de color en las aguas continentales. Sin embargo, una aproximación cualitativa podría hacerse con el disco Secchi, ya considerado para evaluar la variable “transparencia del agua”, asimilándolo a la “profundidad de transparencia”, es decir, el valor de longitud que ésta arroja como resultado. En ese sentido, en lagunas oligotróficas (con niveles normales/pobres en nutrientes), la transparencia del agua es alta, o sea, son aguas de colores claros, mientras que en lagunas eutróficas, la transparencia es baja, por lo tanto, los colores del agua son oscuros. En un medio acuoso, la luz se extingue por fenómenos de absorción y dispersión, por lo tanto, es difícil definir los cambios de color.

2. VARIABLES BIOLÓGICAS

El estudio de los humedales se centra en las variables biológicas porque son la base de la preservación y del manejo de este tipo de ecosistemas. Éstas variables son todas las características y procesos de los organismos vivos dependientes en algún grado del medio acuático, los que pueden ser desde bacterias

hasta mamíferos (Cole, 1979). La biodiversidad de estos organismos puede verse afectada por las condiciones abióticas (variables ambientales y físico-químicas), lo cual hace que algunos de ellos sólo aparezcan en ciertos tipos de humedales específicos, mientras que otros se encontrarán en una amplia gama de éstos (Brönmark y Hansson, 2005).

El uso de bioindicadores se está estableciendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua desde el punto de vista del estado ecológico. Esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos (Vázquez et al., 2006). En este sentido, los componentes macroinvertebrados bentónicos, macrófitas y aves son los que se han estudiado de mayor manera como bioindicadores de este tipo (Figuroa et al., 2007; Hauenstein, 2006; Martínez, 2005). A continuación, se describe cada uno de estos componentes en cuanto a sus características, importancia, dinámica y forma de evaluación.

2.1 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados son aquellos seres vivos que se desarrollan preferentemente en el fondo de los cuerpos de agua, llegando a alcanzar un tamaño de 3 a 5 milímetros, por lo tanto, son visibles con relativa facilidad. Se encuentran en forma abundante y con diversidad de formas de vida. Son intermediarios importantes en el procesamiento de la materia orgánica de origen vegetal (algas, macrófitos, hojas, restos de troncos, etc.) y además, son la principal fuente de alimento de los peces.

Si bien es cierto que los macroinvertebrados incluyen diversidad de seres vivos, existen algunos grupos importantes como indicadores de las condiciones ecológicas de un cuerpo de aguas. Entre ellos, se incluyen los anélidos, moluscos, crustáceos e insectos. En torno

a estos grupos, a continuación se señalan algunas características claves que permiten identificarlos visualmente, con ayuda de lupas estereoscópicas u otros implementos de microscopía.

- **Los anélidos:** Se trata de los llamados “gusanos anillados” (del latín *annellum*, “anillo”), ya que su anatomía está compuesta por segmentos que se asemejan a anillos. Este grupo incluye a los gusanos **oligoquetos** (gusanos de agua) e **hirudineos** (sanguijuelas de agua). Los primeros, se caracterizan por la presencia de un par de ramificaciones en su piel parecidos a pelos, en cada segmento, mientras que los segundos no las presentan. La mayoría de los oligoquetos se alimentan de materia orgánica en descomposición, mientras que los hirudineos son predadores o parásitos (Figura 23).



Figura 23: Anélido tipo (Marshall & Williams, 1980).

- **Los moluscos:** Se distinguen de los otros macroinvertebrados por la presencia de una concha calcárea externa, constituida de una pieza (gastropodos) o por dos piezas (bivalvos). Cada una de estas piezas se denomina “valva”. Estas valvas pueden tener formas muy diversas como espirales, conos y abanicos (Domínguez y Fernández, 2009). Ver Figura 24.



Figura 24: Gastrópoda en forma de espiral (Ramos, 2003).

- **Los crustáceos:** Estos macroinvertebrados están presentes tanto en ambientes acuáticos marinos como continentales, siendo en éste último ambiente, los macroinvertebrados de mayor tamaño. Dentro de este grupo, están los **anfipodos** (con 7 pares de patas) y los **decápodos** (con 5 pares de patas). Los crustáceos tienen diversos hábitos alimenticios, pudiendo ser herbívoros, detritívoros, carnívoros u omnívoros, lo que hace probable que puedan encontrarse en diversos tipos de hábitats (Figura 25).
- **Insectos:** Son invertebrados que poseen tres pares de patas articuladas. Es el grupo con mayor número de macroinvertebrados y el de mayor diversificación en el medio acuático (Figura 26). Están representados por

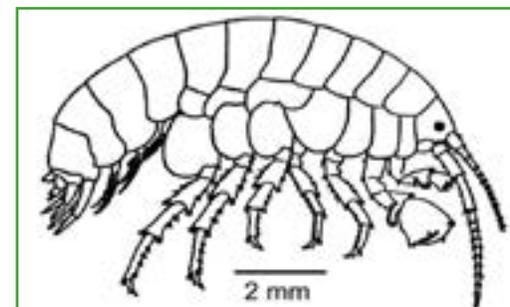


Figura 25: Esquema tipo del crustáceo *Hyallela* sp. (Väinölä et al., 2008).



Figura 26: Individuos de insecto clase *Ephemeroptera* (Fernández, 2010).

dos grandes divisiones sobre formas de vida: los holometábolos y los heterometábolos.

Los **holometábolos** son aquellos insectos que se componen de 4 etapas a lo largo de toda su vida (embrión, larva, pupa y adulto) y los **heterometábolos** se componen de 3 etapas en su vida (huevo, ninfa y adulto). Cada una de estas divisiones posee cualidades y adaptaciones bien establecidas y también define de cierta forma su estrategia evolutiva.

Dentro de la clasificación de insectos, a nivel de las categorías taxonómicas “orden” y “clase”, en el presente manual se incluyen algunos órdenes, que son de interés debido a su contribución en el monitoreo de calidad de aguas. Se trata de los órdenes tricópteros, coleópteros, dípteros, efemerópteros, plecópteros y odonatos. Estos se agrupan de acuerdo a las formas de vida, como se muestra en la Tabla 11. Información adicional para estos grupos y otros se muestra en el Anexo 7.

Tabla 11. Órdenes en cada una de las Formas de vida de clasificación más básica (Holometábolos y Heterometábolos) de macroinvertebrados.

Formas de vida	Holometábolos (4 etapas de vida)	Heterometábolos (3 etapas de vida)
Órdenes	Tricópteros	Efemerópteros
	Coleópteros	Plecópteros
	Dípteros	Odonatos

- **¿Por qué es importante conocer los macroinvertebrados en un humedal?**

Los macroinvertebrados son importantes para conocer las condiciones ecológicas de un humedal, debido a que sus adaptaciones morfológicas, su sedentarismo en los fondos de ríos, lagos y lagunas, y sus biotopos (ambientes típicos) están bien identificados, por lo que ofrecen la posibilidad de actuar como indicadores biológicos (bioindicadores). La perturbación más importante que incide en aquellos biotopos es la contaminación, factor que está directamente relacionado con la calidad del agua. Como se explica en la sección de variables físico-químicas, los ambientes menos contaminados contienen más oxígeno. Se deduce que a esos niveles de oxígeno existen solo macroinvertebrados de similares características anatómicas, lo que les permitiría sobrevivir a esos ambientes.

En el caso de los insectos, sus etapas de vida también son caracteres biológicos importantes que inciden en la caracterización de las condiciones de calidad de un ecosistema, actuando por lo tanto, como indicadores biológicos de la calidad del agua. Esto está determinado por el sedentarismo presente en algunas etapas de ciertos insectos. Algunos de ellos, en sus etapas de vida inmaduras, ya sean larvas y pupas, por ejemplo, permanecen casi siempre inmóviles en los fondos, por lo que su sensibilidad a ambientes con ciertas características es alta, es decir, se adecuan a tipos de ambiente específicos, cuya presencia o ausencia determina su valor como como indicador. Respecto de otros grupos, que no pertenecen a la categoría de insectos (moluscos, crustáceos, anélidos, etc.), en general tienen un ciclo de vida corto influenciado en alto grado por el ambiente y su conformación genética.

Al respecto, Barría y Boré (1978) proponen una clasificación de macroinvertebrados, en la mayoría de las ocasiones, a nivel de la categoría taxonómica "orden" o "clase", para cuerpos de aguas continentales de Chile, en base a la sensibilidad a la contaminación del agua en ambientes fluviales. De esa clasificación, se obtienen tres grupos de macroinvertebrados: sensibles, tolerantes y muy tolerantes a la contaminación. La mayor parte de ellos son

insectos, aunque también se encuentran grupos taxonómicos asociados a moluscos, crustáceos, anélidos y nematodos, como se observa en la Tabla 12.

En el Anexo 7, antes mencionado, se entrega una breve descripción práctica de cada uno de estos grupos, orientada a facilitar una aproximación en la identificación de estos organismos en cuerpos de agua de ambientes fluviales en áreas silvestres protegidas, para ser observados con ayuda de lupas estereoscópicas o microscopios.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios en los macroinvertebrados de un humedal?**

La presencia de macroinvertebrados en un humedal, en mayor o menor medida, incide en sus condiciones ecológicas y ello depende de una serie de factores. Entre los más importantes destacan las cantidades de oxígeno en el agua, el nivel de la temperatura de ésta y tipo de sustrato del fondo. Todos estos macroinvertebrados y sus factores determinantes podrían estar condicionados por la presencia de contaminación.

Por otra parte, desde un punto de vista alimentario, para estos organismos, si desaparece un consumidor terciario (depredador tope de

las cadenas tróficas, como por ejemplo peces y aves), se induce un cambio en la composición de las poblaciones, lo que puede o no ser causado por la contaminación. En el Anexo 7, se expone una breve reseña de los macroinvertebrados más comunes de encontrar en cuerpos de agua de Chile, bajo los criterios señalados en la Tabla 12, con el fin de ayudar en la identificación de órdenes y de esta manera, estimar una posible presencia de contaminación.

- **Interpretación de los resultados de los macroinvertebrados.**

Es posible obtener una primera aproximación sobre la identificación de macroinvertebrados que pudieran estar afectando negativamente en las condiciones ecológicas de un humedal, a partir de la clasificación de macroinvertebrados, bajo las categorías "sensibles", "tolerantes" y "muy tolerantes" a la contaminación, tal como expresa la metodología de Barría y Boré (1979), de la Tabla 12 (más detalles en el anexo 7).

Al realizar una aproximación en la identificación de macroinvertebrados en muestras colectadas en un humedal específico, siguiendo la clasificación antes mencionada, se considera en primer lugar, el conteo de individuos presentes en las muestras colectadas, que pertenecen a un grupo taxonómico determinado. Esto se expresa en porcentaje, en relación a la totalidad de individuos presentes en la cada muestra. Posteriormente, en base a la clasificación de niveles de sensibilidad a la contaminación, se reúnen estos grupos taxonómicos, y aquel grupo en el cual exista el mayor porcentaje de individuos obtenidos, determina el grado de calidad del agua, mediante rangos de "buena calidad", "regular calidad" o "pobre calidad", tal como se muestra en la Figura 27. Por ejemplo, si la mayoría de individuos colectados en la muestra corresponde a "Tolerantes a la

contaminación", es la categoría de mayor porcentaje, por ende, aquel punto muestreado en el cuerpo de agua del humedal recae a su



Figura 27. Categorías de macroinvertebrados asociadas la calidad del agua monitoreada.

vez, en la categoría "Aguas de regular calidad".

Respecto a consideraciones generales sobre las muestras a tomar *in situ*, la forma de colectar varía de sitio en sitio, ya que es posible encontrar desde aguas muy calmas con pocos obstáculos, hasta sitios con corrientes fuertes y con una alta cantidad de obstáculos para la toma de muestras, como por ejemplo, la presencia de plantas acuáticas. Lo ideal es colectar en una zona con corriente turbulenta de flujo suave.

Para el caso de cursos de agua con corriente (ríos y arroyos, entre otros), con una columna de agua inferior a 50 cm y con baja cantidad de carga inorgánica, se recomienda el uso de una red manual (red Surber), como la que se muestra en la Figura 28. En el caso de cuerpos de agua retenidos (lagos y lagunas, entre otros), se propone el uso de esta misma red manual, aunque con la consideración de que se debe hacer pasar la red a través de la vegetación, acercándose al fondo del lecho, para así llegar al hábitat de los macroinvertebrados.

Tabla 12. Categorías de sensibilidad a la contaminación de los órdenes más representativos de los ambientes acuáticos continentales (Barría y Boré, 1979).

Sensibles a la contaminación	Tolerantes a la contaminación	Muy tolerantes a la contaminación
<ul style="list-style-type: none"> • Tricópteros • Efemerópteros • Plecópteros 	<ul style="list-style-type: none"> • Dípteros • Hemípteros • Coleópteros • Anfípodos y decápodos • Odonatos (libélulas) • Gastrópodos 	<ul style="list-style-type: none"> • Oligoquetos (anélidos) • Nematodos • Hirudineos (Sanguijuelas)



Figura 28. (Izquierda): Esquema dimensional de la red Surber. La flecha indica dirección del flujo, la cual transita por este portal llegando a una malla de diámetro de por de 200 micrómetros (μ m), (1 milímetro son 1000 micrómetros) (Merrit y Cummins, 1984). (Derecha): Aplicación de la red Surber en terreno.

Tanto para aguas torrentosas como para aguas calmas, los organismos recolectados mediante redes se deben preservar en frascos plásticos, con alcohol y sin residuos de materia orgánica. Se recomienda usar pinzas para manipular a los macroinvertebrados cuando se realice el trabajo en laboratorio o en el sitio destinado para tales fines en el área silvestre protegida.

En el lugar habilitado como laboratorio, se analizan las características corporales más evidentes de los macroinvertebrados capturados, comparándose cada una de las características morfológicas (de forma) encontradas, con la clasificación de los subgrupos principales (anélidos, moluscos, crustáceos e insectos), en una identificación simple, es decir, a partir de los elementos evidentes para reconocer cada orden de bioindicadores, y por lo tanto, diferenciar unos de otros.

Las muestras recolectadas (almacenadas en los frascos de plástico con alcohol), se trasladan a capsulas de Petri graduadas (por ejemplo, con ayuda de papel milimetrado), como se indica en la Figura 29, para su posterior observación en la lupa. De esta manera, se determina el grupo al cual pertenecen los individuos obtenidos. Siguiendo esta metodología, una vez determinados en laboratorio los taxa específicos, de los individuos colectados, se procede a clasificar el nivel de calidad hídrica

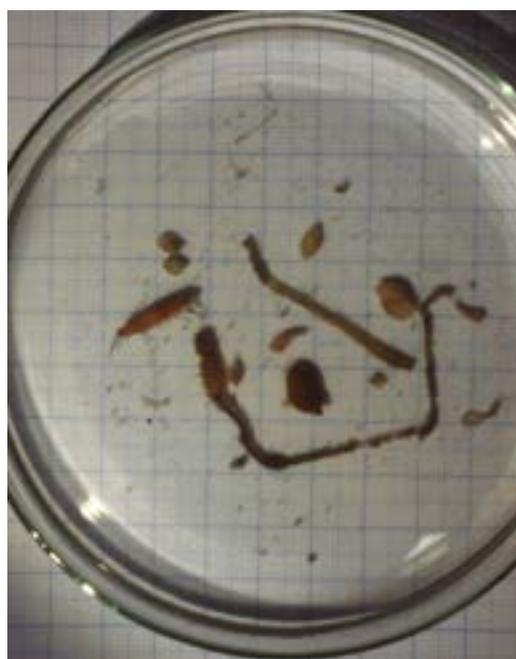


Figura 29. Muestra hidrobiológica de invertebrados bentónicos en cápsula de Petri, sobre papel milimetrado.

del cuerpo de agua muestreado, teniendo en cuenta la cantidad de individuos y la categoría a la cual pertenecen.

Es necesario tener en cuenta que los taxa analizados son "órdenes" o "clases", ya que es así como esta metodología funciona y puede ser aplicable a esta escala de análisis.

2.2 Vegetación acuática o macrófitas

Los indicadores biológicos pueden pertenecer a cualquiera de los cinco grandes reinos de los organismos vivos (mónera, protista, animales, hongos y vegetales), pero los que mejor cumplen esta función son los vegetales debido a su inmovilidad y persistencia ante perturbaciones en el medio ambiente.

En el caso de las aguas continentales, la vegetación acuática es distinta a las algas (éstas últimas pertenecen al reino protista). Las plantas acuáticas constan de tallo, raíz y hojas, se reproducen sexualmente por semillas y también vegetativamente mediante vástagos. La gran diferencia con las plantas terrestres, es que las plantas acuáticas, también llamadas macrófitas, son fisiológicamente dependientes del agua. Dependiendo de las condiciones del cuerpo de agua, ciertas plantas acuáticas pueden convertirse en malezas, generando eutroficación. El proceso de eutroficación es

la acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas y malezas (Margalef, 1977). La figura 30 muestra un ejemplo de un estero con aguas eutroficadas (color verdoso de las aguas).

Dentro de la gama de **formas de vida** de las macrófitas (ver Figura 31), se encuentran las plantas **flotantes libres superficiales**, las cuales no están adheridas al fondo del lecho y que migran a la deriva con la corriente, embancándose en tramos asociadas a otras macrófitas, rocas u otro elemento emergido; las **plantas natantes** que migran con la corriente pero sin flotar superficialmente; y las **plantas sumergidas**, que están arraigadas al fondo del lecho sin presentar partes aéreas. Las **plantas emergidas** (o también llamados helófitos o plantas palustres), son aquellas que presentan raíces en el sedimento barroso, teniendo gran parte del tallo y hojas emergidas, fuera del agua, realizando su fotosíntesis como una planta terrestre (Vila *et al.*, 2006).



Figura 30. Aguas en proceso de eutrofización en el humedal "Estero Tricao", debido a un aumento explosivo en el número de malezas y algas. (Fuente: Elaboración propia, 2009).

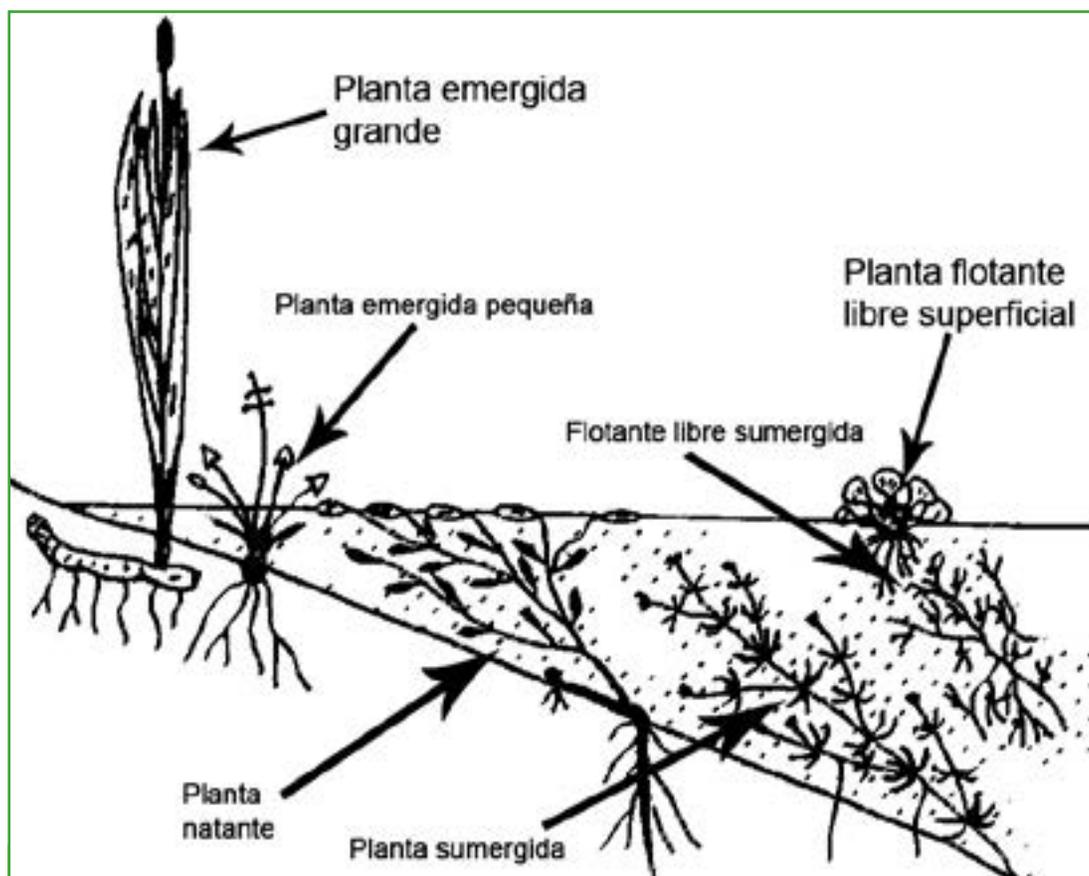


Figura 31. Formas de vida de las principales plantas acuáticas presentes en cuerpos de agua continentales (modificado de Ramírez et al., 1982).

• **¿Por qué es importante conocer la vegetación acuática en un humedal?**

El principal rol de la vegetación acuática (macrófitas) en un humedal consiste en ser la fuente de producción primaria (síntesis de materia orgánica, gracias a la fotosíntesis). Por ello, además de contribuir como alimento para especies animales, aporta oxígeno producido a partir de la fotosíntesis, proporciona refugio a otras especies y modifica el hábitat continuamente.

Las macrófitas pueden ser utilizadas como bioindicadores, debido a que presentan distintas reacciones y capacidad de adaptación, sujetas a las condiciones físico-químicas y otras

variables físicas de los cuerpos de agua en las que se encuentran.

• **¿Cuáles son las causas de los cambios en la vegetación acuática de un humedal?**

Las condiciones que influyen en el desarrollo de las macrófitas dependen de la forma de vida de las especies que conforman un humedal. Estas condiciones, principalmente son la cantidad de nutrientes disponibles en el agua (en especial nitratos y fosfatos), el nivel del agua, la presencia considerable de sedimentos, la salinidad del agua y grado de intervención humana en los bordes de ríos o lagos.

Debido a que los requerimientos de las plantas acuáticas son específicos, es difícil establecer una relación directa de manera general, o definir características ambientales en base a la presencia o ausencia de cierto tipo de vegetación acuática. Lo importante es recordar que son plantas, por lo tanto, necesitan de luz para seguir viviendo. También necesitan un soporte terrestre considerable (en este caso, sustrato de fondo acuático o sedimentación, o también agua como tal, para el caso de las plantas flotantes), así como disponibilidad de nutrientes. Esta última variable es importante porque una elevada cantidad de nutrientes en el agua puede ocasionar problemas de contaminación, debido a que provoca un crecimiento desmedido en la población de plantas (eutrofización).

• **¿Cómo evaluar la vegetación acuática?**

Las macrófitas, al ser organismos productores (que realizan fotosíntesis), no son sensibles a la contaminación en general, aunque sí son sensibles a ciertos tipos de orígenes o focos de contaminación, en particular aquellos que contienen altas concentraciones de fosfato en el agua. A diferencia de los macroinvertebrados bentónicos (aquellos que habitan el fondo del ecosistema acuático), para las macrófitas, el sustrato en el cual se encuentran no es tan importante para su alimentación, como lo es para los macroinvertebrados bentónicos. Por ello, antes de realizar monitoreos de vegetación acuática, se debe tener información preliminar básica acerca de las variables ambientales que afectan al cuerpo de agua y el tipo de contaminación que lo afecta o que potencialmente podría afectarlo. Es fundamental, el reconocimiento acabado este tipo de especies, ya que a partir de su identificación precisa es posible determinar

sus características biológicas (formas de vida, por ejemplo), y en qué grado esta información preliminar puede alterar su desarrollo y crecimiento.

Para comenzar con el reconocimiento de macrófitas, se puede realizar su colecta de manera manual, guardando muestras de éstas en bolsas plásticas, anotando fecha y hora de colecta, así como su forma de vida. Para su traslado al laboratorio, se debe procurar que las muestras no se alteren y no se descompongan. Para ello, las muestras deben ser prensadas entre hojas de papel absorbente, idealmente en el mismo lugar de colecta, para favorecer una buena desecación. También es importante cambiar el papel absorbente regularmente, para evitar aparición de hongos. Posteriormente, es importante realizar el montaje de las muestras para ir construyendo el **herbario** del humedal, ya que así se tiene un registro indicativo del lugar y también de la especie, y a su vez, puede entregar información relevante en nuevas investigaciones o estudios. Un herbario es una colección de plantas o partes de plantas, disecadas, preservadas, identificadas y acompañadas de información crítica sobre el sitio de colección, al igual que su nombre común y usos. En cuanto a la identificación de la especie, es relevante consultar a expertos o literatura relacionada. En la Figura 32, se observa un ejemplo de una especie representativa de la laguna Torca, en la Reserva Nacional Laguna Torca (Región del Maule), cuyas muestras secas y prensadas han sido colocadas sobre una lámina de cartulina y son acompañadas por una etiqueta relacionada con su colecta.

Una evaluación acabada de la vegetación acuática que se monitorea, se realiza con estudios cuantitativos, que analizan variables como la frecuencia, densidad y abundancia de esta vegetación, entre otros. Estos son



Mayoritariamente, la vegetación ribereña cumple un rol de en términos de la calidad del agua y realiza funciones importantes para dar garantía del buen estado ecológico del humedal. Las macrófitas emergentes dan estabilidad al sustrato, las macrófitas flotantes, sirven de refugio a una biota importante en la degradación de la materia orgánica, mediante sus raicillas, y las macrófitas sumergidas aportan oxígeno, el que sumado al oxígeno que proviene de la interface agua-aire, ayudan a estas plantas sumergidas a reducir también la presencia de materia orgánica en descomposición en el agua.

A modo de ejemplo, en el humedal "laguna Torca" (Reserva Nacional Laguna Torca), resalta la presencia de plantas acuáticas emergentes, como totora (*Schoenoplectus californicus*) y

vatro (*Typha angustifolia*); flotantes, como hierba de pato (*Azolla filiculoides*) y sumergidas, como pinito de agua (*Ceratophyllum demersum*). Esto puede determinar buenas condiciones de biodiversidad, ya que la existencia de diversos estratos vegetacionales asegura por ejemplo, que haya presencia de una cierta cantidad de especies de macroinvertebrados en las raíces de plantas sumergidas, flotantes o emergidas pequeñas. Asimismo, esta diversidad de estratos favorece la existencia de peces, como depredadores del grupo de macroinvertebrados y además, favorece la presencia de avifauna, como depredadores de peces, así como para su nidificación y refugio en plantas emergentes grandes o natantes (Muñoz, *et al. en Vila et al.*, 2006).



Figura 33: Monitoreo de polluelos de flamenco andino en el humedal "Laguna Puilar", Reserva Nacional Los Flamencos, al interior del Salar de Atacama, Región de Antofagasta.

los llamados **parámetros de importancia**, que representan los parámetros a escala poblacional de una zona específica de un humedal muestreado y que permite compararlo con poblaciones de otras zonas o de otros humedales (Cox, 1981). Además, la presencia de algunas macrófitas permite referir su desarrollo con concentraciones de alguna condición relativa que puede ser indeseada, como por ejemplo, se ha demostrado que la dinámica de absorción de la especie *Schoenoplectus californicus* (totora), que se encuentra anclada en el sedimento, es capaz de absorber metales pesados y poder retenerlos en su raíz (Contreras, 2006).

- **Interpretación de los resultados de la vegetación acuática**

Cuando se reconocen y evalúan muestras de especies en un humedal en particular, por tratarse de especies vegetales con condición de transición (ecotono), la interpretación se dirige a determinar la presencia/ausencia de ciertos tipos de macrófitas, dependiendo de sus formas de vida, de qué tipo de humedal se trate, así como de la latitud y altitud en que se encuentre éste. Esa presencia o ausencia, permite en diversos casos, que las macrófitas puedan servir como indicadoras de cambios que se producen a ciertas distancias del humedal, como la variación de nutrientes, tales como fosfatos o nitratos, cuyo origen se traduce en efectos visibles, como por ejemplo, el cambio de coloración de las hojas.

2.3 Avifauna

Los humedales son mundialmente reconocidos por su importancia para la conservación de la avifauna (Ramsar, 1971). Esto se debe a que proveen de sitios de reproducción, descanso, alimentación y refugio para un gran número y diversidad de aves en todo el mundo. Es así como uno de los principales objetivos de la protección de humedales en el mundo y un criterio de importancia para la designación de humedales Ramsar es la conservación de la avifauna contenida en ellos (Ramsar, 1971).

CONAF posee una amplia experiencia en el monitoreo de avifauna en diversos tipos de humedal en áreas silvestres protegidas de Chile (Amado & González, 2014; Castro, 2014; Chaves, 2014; Méndez et al., 2014; Villa, 2014; Pizarro-Gazitúa et al., 2015), logrando series de tiempo en algunos casos mayores a 30 años. Sin embargo, reconocer cuál es la función del monitoreo de avifauna en un humedal al interior de un área silvestre protegida, cuáles son las mejores metodologías para cada caso y qué conclusiones podemos sacar del monitoreo de

la avifauna, es información clave para fortalecer el monitoreo de estos ecosistemas.

- **¿Por qué es importante conocer la avifauna de un humedal?**

Existen diversas ventajas en el uso de las aves como variables indicadoras de los ecosistemas de humedales, como también algunas desventajas o precauciones (Tabla 13). Es necesario considerar ambas perspectivas durante la etapa de planificación de un programa de monitoreo de humedales.

- **¿Cuáles son las causas de los cambios en la avifauna de un humedal?**

En general, la estructura de la comunidad de aves está controlada por la disponibilidad de hábitat específico para la reproducción, así como de la disponibilidad de alimento. Cualquier factor que afecte la disponibilidad tanto de hábitat reproductivo como de alimentación, para una o más especies del humedal, provocará cambios en la abundancia de una o más especies de aves.

Tabla 13. Ventajas y desventajas o precauciones en el uso de las aves como variable indicadora.

Ventajas	Desventajas o Precauciones
<ul style="list-style-type: none"> - Poseen un alto reconocimiento y valoración social. - Existe gran disponibilidad de información respecto a la distribución, al uso de hábitat y requerimientos ambientales para diversas especies de aves. - El monitoreo de aves es relativamente simple, dada su visibilidad, abundancia y porque se encuentran disponibles protocolos estandarizados para el monitoreo de aves para diversos tipos de hábitat. - Las aves están presentes en prácticamente todos los humedales del mundo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general, existe una gran variabilidad estacional en la presencia y abundancia de aves en los ecosistemas de humedales. - La movilidad de las aves genera cierta dificultad para vincular sus causas específicas de mortalidad a las características del humedal monitoreado. - En general, la estructura de la comunidad de aves está controlada por la disponibilidad de hábitat de reproducción y/o alimentación más que por la presencia de contaminantes. Esto quiere decir que si desaparece una especie del humedal, es muy difícil asumir directamente como causa a la contaminación.

- **¿Cómo evaluar la avifauna de un humedal?**

Según los objetivos del programa de monitoreo para un determinado humedal, existen indicadores específicos que permiten evaluar la variable de avifauna, entre ellos: la presencia o ausencia de las especies, la abundancia o densidad de cada una de ellas, y su respectiva productividad. Para abordar uno o más de estos indicadores, es necesario definir el objetivo para el que se determinan, el uso que se pretende con dichos datos y las precauciones que se deben tomar en cuenta al decidir seleccionar cada uno de ellos, como se puede observar en la Tabla 14.

Asimismo, cuando se utilizan especies de **aves como especies indicadoras de los cambios ambientales**, debe asegurarse que éstas son efectivamente indicadoras del estado del humedal o de los resultados esperados para una acción de manejo. Los criterios utilizados deben

incorporar de preferencia:

- Especies especialistas de un hábitat, pues responden rápidamente a cambios en éste.
- Especies con prioridad de conservación por sus características de endemismo, estado de conservación (amenazada), o valor turístico (especie bandera).
- Especies cuyo monitoreo es relativamente simple.
- Especies cuya ecología es adecuadamente conocida, para poder diferenciar su dinámica natural de los efectos causados por factores antrópicos.
- Especies que se reproducen en el humedal, pues su presencia o abundancia no dependen de factores externos al ecosistema de interés.

Tabla 14. Indicadores adecuados para el monitoreo de aves, según los objetivos, usos y precauciones que se definan.

Indicador	Objetivo	Uso	Precauciones
Riqueza (n° de especies) y Composición (lista de especies)	Verificar el uso de un hábitat por una o más especies // Comparar la riqueza de especies y la composición de las comunidades de aves del humedal en el tiempo.	Evaluar los impactos de una amenaza o los resultados de una acción de manejo que alteran un componente específico del hábitat del humedal.	Existe la posibilidad de no detectar alguna especie durante un muestreo, aun cuando la especie esté presente, por ello, debe señalarse claramente cuál fue el esfuerzo de muestreo realizado.
Abundancia y/o densidad	Determinar tamaños poblacionales de una o más especies (totales o por unidad de área).	Comparar la abundancia o densidad de una o más especies en el tiempo (tendencia poblacional). Determinar posibles impactos externos sobre algún hábitat específico del humedal.	En general, resulta muy difícil determinar el tamaño exacto de una población (censo), por lo que se utiliza con mayor frecuencia un muestreo para determinar la abundancia relativa o densidad (n° de individuos/unidad de área).
Productividad	Determinar el número de descendientes por hembra adulta o por pareja, de una o más especies.	Evaluar si existen condiciones adecuadas para la reproducción de las especies. Es un buen indicador de éxito de la población.	Puede ser difícil de obtener para algunas especies.

Cuando no se ha definido una o más especies “indicadoras” del estado del humedal, es posible definir un hábitat de monitoreo, por ejemplo, espejo de agua, playa, duna, bofedal, etc., donde se monitorea el ensamble de aves (riqueza y composición de especies) presentes en ese hábitat específico. El requisito para implementar un monitoreo basado en el hábitat es una adecuada capacitación en la identificación y reconocimiento de las diversas especies presentes en ese hábitat.

Por otra parte, existen diferentes aproximaciones para obtener información sobre la **presencia y/o abundancia de las poblaciones** de una o más especies de avifauna presentes en un humedal. Entre ellas, se encuentran los censos, transectos y puntos de conteo. Estas

son **técnicas de monitoreo**, que deberán ser seleccionadas caso a caso, dependiendo de las características del humedal y los objetivos del monitoreo, como se puede observar en la Tabla 15. Al agrupar la información, de acuerdo a las tres técnicas de monitoreo señaladas y las aves presentes en determinados humedales, la idoneidad relativa de cada método varía. Esto se puede observar en Tabla 16.

Por último, en lo que se refiere a la **frecuencia de monitoreo** de aves en humedales, se recomienda realizar un monitoreo trimestral o estacional (verano, otoño, invierno y primavera), debido a sus características biológicas y conductuales. Un monitoreo más frecuente no es por lo general necesario, debido a la baja variación intra-estacional en la abundancia



Figura 34: Monitoreo de tagua cornuda (*Fulica cornuta*) en el humedal “Laguna Santa Rosa”, Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, Región de Atacama.

Tabla 15. Técnicas de monitoreo para determinar la presencia y/o abundancia de poblaciones de avifauna en un humedal

	Censos	Transectos	Puntos de Conteo
Características	Consiste en contar todos los individuos (de una o más especies) presentes en el humedal.	Consiste en registrar todos los individuos observados o escuchados durante un recorrido lineal (de largo y ancho predeterminado).	Busca registrar todos los individuos observados y escuchados durante un tiempo predefinido en un área predeterminada.
Objetivo	Determinar tamaño poblacional, para comparar en el tiempo.	Determinar riqueza, abundancia relativa y/o densidad de especies, para comparar en el tiempo.	Determinar riqueza, abundancia relativa y/o densidad de especies, para comparar en el tiempo.
Hábitat	Para aquellas aves de tamaño medio o grande, cuyas poblaciones se agrupan en un hábitat determinado (por ejemplo en el espejo de agua de una laguna), que posee una buena visibilidad, lo que permite detectar a todos los individuos presentes. Por esto, se recomienda solo para aves de baja movilidad que utilizan el espejo de agua de un humedal de tamaño pequeño o medio.	Para aves presentes en un hábitat abierto que permita un recorrido lineal y con buena visibilidad.	Para aves de todo tamaño que están presentes en zonas donde el recorrido lineal es difícil o existe una baja visibilidad.
Ejemplos	Cisnes, en una laguna pequeña o mediana de fácil acceso; Flamencos, en un salar.	Aves playeras en humedales costeros; aves de pastizal o matorral con buena visibilidad y de tránsito fácil.	Aves de matorral o bosque denso de baja visibilidad o tránsito difícil.

Tabla 16. Resumen de monitoreo de aves adecuado según el hábitat en el que se encuentren

Técnica de Monitoreo	Aves del espejo de agua	Aves playeras	Aves de matorral, pastizal y/o bofedal
Censo (1)	+	-	-
Transecto	-	++	++
Punto de Conteo	++	+	++

(++) Método recomendado; (+) Método utilizado en algunos casos; (-) Método no recomendado.

(1) La factibilidad de realizar un censo dependerá del tamaño del espejo de agua y la probabilidad de detectar todos los individuos presentes.

de aves. La frecuencia mínima recomendada para el monitoreo de aves es anual (siempre considerando la implementación en fechas similares).

En la evaluación sistemática, para observar cómo varía un indicador en el tiempo, ante cualquier metodología utilizada, **es muy importante** tener en consideración el esfuerzo de monitoreo (número y área cubierta por los puntos de conteo o transectos, área total cubierta durante el censo, tiempo destinado al monitoreo, etc.). Este esfuerzo debe ser siempre el mismo, de forma que los datos sean comparables en el tiempo. En caso de que el esfuerzo realizado no sea el mismo, debe quedar señalado en la descripción de la metodología utilizada, y el valor que arrojen los cálculos de ese esfuerzo realizado debe ser corregido.

El siguiente es un ejemplo para graficar lo antes mencionado: Si se realiza un monitoreo de avifauna anualmente y por un período dado de años, en base a 4 puntos de conteo, y en un año determinado se logran solamente 2 puntos de conteo, en el caso que el indicador sea la "riqueza de especies" (número de especies), no es posible simplemente sumar la riqueza en los puntos de conteo de cada año y comparar los datos entre los años, pues para el primer año se habrá hecho el doble de esfuerzo de monitoreo (4 puntos contra 2) y, por probabilidades, el número de especies total avistadas será mayor cuando existan mayores puntos de conteo (por ende un mayor esfuerzo de muestreo), aun cuando la riqueza real sea la misma o incluso menor que la del año donde hay dos puntos de conteo. En este caso, para poder comparar los datos, se debe utilizar solamente la información colectada en los idénticos puntos de conteo que se realizaron para los años en comparación, o por el contrario, se debe promediar la riqueza para todos los puntos de conteo realizados

anualmente, y de esa manera, comparar entre años. En este caso, el esfuerzo se mide mediante el número de puntos de conteo realizados, aunque debe considerarse asimismo, el tiempo dedicado al monitoreo, el área cubierta y el número de personas que participaron del mismo, entre otros.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ABARCA, F. J., 2007. Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos, p. 113-144. En: O. Sánchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 293 p. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/533/tecnicas.pdf>

ADECUA. 2008. Manual de campo del Día Mundial del Control de la Calidad del Agua. Asociación para la defensa de la calidad de las aguas. Programa de Voluntarios en Ríos. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. 82 p.

AHUMADA, M. y FAÜNDEZ, L. 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.

ALLAN, D. 1995. Stream Ecology structure and function of running waters. Chapman & Hall editions. 288 p.

BALIAN, E., C. LEVEQUE, H. SEGERS K. MARTENS. 2008. Developments in Hydrobiology. Freshwater Animal Diversity Assessment 585.

BARRÍA, S. y BORÉ, D. 1978. Calidad de agua del estero Limache, como afluente del futuro embalse Los Aromos. Memoria Ingeniero de Ejecución en Pesquería. Universidad Católica de Valparaíso, Departamento de Pesquería. Valparaíso. Chile.

BENNETT, J. and LAWRENCE, P. 2002. Adaptive Management Framework for Catchment and Coastal Management and Decision Making. Coast to Coast, 24-27.

BLANCO, D. y BALZE, V. de la (Ed.) 2004. Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación. Wetlands International. Publicación N° 19. Buenos Aires, Argentina.

BORTOLUS, A. 2009. Marismas patagónicas: Las últimas de Sudamérica. Centro Nacional Patagónico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. En: Rev. Ciencia Hoy. Vol. 19. N° 114. pp. 10-15. Buenos Aires, Argentina.

BRINKHURST, R. 1994. Evolutionary relationships within the Clitellata. Soil Biol. and Biochemistry 24 (12): 1201-1205.

BRÖNNMARK, C. y HANSSON, L. 2005. The biology of lakes and ponds. Oxford University Press, 2nd Edition. 300 p.

CASTILLO, G. y A. SANCHA. 1999. Apuntes Curso de calidad del agua. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile.

CAMOUSSEIGHT, A. 1995. Plecoptera In Diversidad Biológica de Chile. Valdivia. pp. 218-219.

COLE, G. 1979. Textbook of limnology. The C. V. Mosby company, 2nd edition. 426 p.

COLE, G. y R.J. BROWN. 1967. The chemistry of Artemia habitat. Ecology 48:858-861.

CONAMA-CEA. 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Santiago, Chile. 114 p.

CONTRERAS, Y. 2006. Determinación de metales trazas (Ni, Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Al) en Totora (*Scirpus californicus*) y sedimentos en el Santuario de la naturaleza Carlos Anwandter, río Cruces, Valdivia. Tesis de grado para optar al título de Químico farmacéutico. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Escuela de Química y Farmacia.

- CORREA-ARANEDA, F., URRUTIA, J. y FIGUEROA, R. 2011. Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 84: 325-340. Sociedad de Biología de Chile.
- COX, G. 1981. General Ecology. Sn. Diego State University, USA. 233 p.
- DE LA MAZA, M. y Bonacic, C. (Eds.) 2013. Manual para el Monitoreo de Fauna Silvestre en Chile. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, 194 pp.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2007. Manual de normas y procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Dirección General de Aguas. 182 p. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/MED5222.pdf>
- DOMÍNGUEZ, E. y BAHAMONDE, N. 2012. Manual de evaluación de turberas de *Sphagnum*: caso de estudio efectos de la extracción de turba sobre el paisaje. Región de Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N° 256. 88 p.
- DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 655 p.
- DOMÍNGUEZ, E., C. MOLINERI, M. PESCADOR, M. HUBBARD Y C. NIETO. 2006. Aquatic Biodiversity in Latin América: Ephemeroptera of South América. PENSOFT, Sofia-Moscow, 646 p.
- EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO, 2005. Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de síntesis. World Resources Institute, Washington, DC. EEUU. 69 p.
- FERNÁNDEZ, O. 2010. Uso de macroinvertebrados bentónicos para la caracterización ambiental de la Quebrada de la plata. Región Metropolitana. Memoria para optar al Título profesional de Ingeniero forestal. Universidad de Chile.
- FIGUEROA, R., PALMA, A., RUIZ, V. y NIELL, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillan, VIII Región. Rev. Chilena de Hist. Natural 80: 225-242.
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165p.
- HAUENSTEIN, E. 2006. Visión sinóptica de los macrófitos dulceacuícolas de Chile. Gayana 70(1): 16-23.
- JARA, C. 1996. Taxonomía, sistemática y zoogeografía de las especies chilenas del género *Aegla* Leach (Crustacea: Decapoda: Anomura: Aeglidae). Tesis doctoral, Universidad de Concepción, Concepción.
- MACHUCA, J. 2015. Proposición de un modelo de monitoreo para definir la calidad hídrica de ecosistemas de humedales: prototipo Reserva Nacional laguna Torca, Región del Maule. Memoria para optar al Título profesional de Ingeniero forestal. Universidad de Chile.
- MARGALEF, R. 1977. Ecología. Ed. Omega, Barcelona. 951 p.
- MARSHALL, A. y WILLIAMS, W. 1980. Zoología de invertebrados. Editorial Reverté, España. 979 p.
- MARTÍNEZ J., M. ESTEVE, F. ROBLEDANO, M. PARDO y M. CARREÑO. 2005. Aquatic birds as bioindicators of trophic changes and ecosystem deterioration in the Mar Menor lagoon (SE Spain). Hydrobiologia 550:221-235.
- MASCIA, MB.; PAILLER, S.; THIEME, ML.; ROWE, A.; BOTTRILL, MC.; DANIELSEN, F.; GELDMANN, J. NAIDOO, R., PULLIN, AS and BURGESS, ND. 2014. Commonalities and complementarities among approaches to conservation monitoring and evaluation. Biological Conservation, 169 (2014) 258-267.
- MERCK, E. 1994. Manual Merck de análisis del agua. Darmstadt, Alemania. 166 p.
- MERRIT, R. y K. CUMMINS. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt Publishing Co. Dubuque, U.S.A. 1158 p.
- MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES. 1981. Decreto 771. Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, suscrita en Ramsar, Irán, el 2 de Febrero de 1971. BCN legislación chilena. Chile. 4 p.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Registro de Emisiones y Transferencias de contaminantes. Normas de calidad ambiental. <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-42153.html>
- MOP-DGA-Infraeco. 2014. Análisis crítico de la red de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la DGA. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. 132 p.
- NICHOLS, JD. and WILLIAMS, BK. 2006. Monitoring for conservation. TRENDS in Ecology and Evolution 21.12, 668-673.
- RAMIREZ C., R.; GODOY, D.; CONTRERAS y E. STEGMEIER. 1982. Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas. Ediciones instituto de botánica, Universidad Austral de Chile, Valdivia. Chile. 64 pp.
- RAMÍREZ, C. Y SAN MARTÍN, C. 2008. Diversidad de ecosistemas: ecosistemas dulceacuícolas. En: Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. CONAMA. Ocho Libros, Santiago, Chile. 640 p. Disponible en: <http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/propertyvalue-13544.html>
- RAMOS, A. 2003. Caracterización del género *Chillina* Gray, 1828 (Mollusca: Gastropoda) como indicador de aguas fluviales. Tesis Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.
- RAMSAR, 2008. Resolución Ramsar X.15. Descripción de las características ecológicas de los humedales, y necesidades y formatos de datos para un inventario de base: orientaciones científicas y técnicas armonizadas. Changwon, República de Corea. 19 p.
- REISH, D. y BARNARD. L. 1979. Pollution ecology of estuarine invertebrates, Amphipods (Arthropoda: Crustacea: Amphipoda). C.W. Hart, ed. Academic Press, New York 11: 345-700.
- ROJAS, F. 2006. Estado de conocimiento de los Trichoptera de Chile. Gayana 70(1): 65-71.
- SAETHER, O. 1979. Chironomid communities as water quality indicators. Holarct. Ecology 2: 65-74.
- SCHLATTER, R. Y SCHLATTER, J. 2004. Capítulo 5: Los Turbales de Chile. En: Blanco, D. y Balze, V. dela (Eds.) 2004. Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación. Wetlands International. Publicación N° 19. Buenos Aires, Argentina. pp. 75-80.
- SAG-CEA. 2006. Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. Santiago, Chile. 81p.

SECRETARÍA DE LA CONVENCIÓN DE RAMSAR, 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 124 p

SECRETARÍA DE LA CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2010. Manejo de humedales: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 18. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 103 p.

SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO REGIONAL Y ADMINISTRATIVO (SUBDERE). 2013. Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. CONVENIO SUBDERE-CEPAL. Santiago, Chile. 142 p.

TEUBER, N. 1996. La pradera de los suelos Ñadi de la X Región. En: Ruiz, I. (ed.). Praderas para Chile. INIA - Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp: 545 - 553.

THE CONSERVATION MEASURES PARTNERSHIP. 2007. Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación. Versión 2.0.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. MUSEO DE HISTORIA NATURAL. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos macroinvertebrados y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 39 p.

VÁZQUEZ G., G. CASTRO, I. GONZÁLEZ, R. PÉREZ y T. CASTRO. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Contactos 60: 41-48.

VÄINÖLÄ, R.; J. WITT; M. GRABOWSKI; J. BRADBURY; K. JAZDZEWSKI y B. SKET. 2008. Global diversity of Amphipods (Amphipoda: Crustacea) in fresh water. Hidrobiologia 595: 241-255.

VIDAL-ABARCA, M.; SUAREZ, M.; GOMEZ, R. y RAMIREZ-DIAZ. 1994. Ecología de aguas continentales, prácticas de limnología. Colección Cuadernos de Ecología y Medioambiente, Universidad de Murcia. España. 266 p.

VILA, I., A. VELOSO, R. SCHLATTER y C. RAMÍREZ. 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Ed. Universitaria, Santiago de Chile. 187 p.

WILLIAMS, D. y B. FELTMATE. 1992. Aquatic Insects. CAB International, Toronto, Canadá. 358 p.

Bibliografía de portales consultados:

DICCIONARIO WIKIPEDIA <https://es.wikipedia.org>

DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Búsqueda on line, <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=estiajes>

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. Consultado en septiembre.2015. <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>

MICHIGAN SEA GRANT. Consultado el 06.04.2016. <http://www.miseagrant.umich.edu>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Normas de calidad. Consultado el 30.09.2015. <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-42153.html>.

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental - SNIFA. Consultado en septiembre.2015. <http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/Norma/IndexCalidad>

CAPÍTULO VII

GLOSARIO

VII. GLOSARIO

La mayor parte de los términos definidos en este glosario han sido extraídos de fuentes bibliográficas consultadas, las que se señalan al final del capítulo. Aquellos términos sin indicación bibliográfica, son de elaboración propia. Se trata de definiciones que buscan orientar o facilitar la comprensión de la terminología utilizada en el manual, cuando no ha sido explicado en el desarrollo del documento.

Bioindicadores: Un indicador de biodiversidad puede ser una variable cuantitativa o cualitativa que puede ser descripta o medida, la cual, cuando se observa periódicamente, muestra tendencias en las características de la biodiversidad a lo largo del tiempo (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Bosques ombrófilos: Aquellos que crecen en climas de alta pluviosidad.

Capacidad de campo: Es un término comúnmente utilizado en agronomía y corresponde a la máxima capacidad que tiene un suelo para almacenar o retener agua, después de haberse saturado a partir de una lluvia o debido al riego. Dependiendo el tipo de suelo, éste podrá llegar a “capacidad de campo” en un período determinado, pudiendo esto ocurrir entre 24 y 72 horas, período en el cual el agua habrá ido drenando gradual y libremente.

Cuenca arreica: Ver cuenca hidrográfica

Cuenca hidrográfica: Desde la perspectiva hidrográfica, como rama de la geografía física, se denomina indistintamente también como hoya hidrográfica, cuenca fluvial, cuenca de exudación, cuenca de drenaje, etc., cuyo énfasis se sitúa en resaltar la capacidad natural de una geoforma cóncava para capturar, retener, depurar, conducir y drenar el agua a lo largo de conductos hídricos interconectados en su interior. El denominador común en dichas acepciones se sitúa en la definición del área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales y de deshielo confluyen hacia un colector común de descarga

y se verifican determinados ciclos, gradaciones, procesos naturales dentro de la superficie delimitada por la línea divisoria de aguas. Según la zona de salida o desagüe del curso principal de la cuenca se diferencian en cuencas arreicas o inactivas, endorreicas o cerradas (sin salida al mar), y las cuencas exorreicas las cuales desaguan en vertientes oceánicas y mares (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. 2013)

Cuenca endorreica: Ver cuenca hidrográfica

Cuenca exorreica: Ver cuenca hidrográfica

Estiaje: Nivel más bajo o caudal mínimo que en ciertas épocas del año tienen las aguas de un río, estero, laguna, etc., por causa de la sequía. También se refiere al período que dura este nivel (Diccionario de la Real Academia Española)

Eutrofización: Proceso natural de los sistemas acuáticos que consiste principalmente en el enriquecimiento excesivo de nutrientes con un consecuente crecimiento de la vegetación acuática (fundamentalmente algas), la disminución de oxígeno, entre otros, pudiendo afectar el desarrollo de la vida acuática. Proceso que es acelerado por las actividades antrópicas (DGA. 2007).

Fitoplancton: ver plancton

Halófitas (plantas): Son aquellas plantas adaptadas para vivir en condiciones de alta salinidad

Intrusión salina: proceso que determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales (CONAMA-CEA. 2006).

Léntico: ambientes acuáticos en los que el agua circula lentamente, por ejemplo, lagunas y lagos (Margalef, R. 1977).

Limnología: Es una rama de la ecología que estudia los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios), las interacciones entre los organismos acuáticos y su ambiente, que determinan su distribución y abundancia en dichos ecosistemas (Diccionario Wikipedia).

Lótico: ambientes acuáticos en los que el agua está en movimiento, por ejemplo ríos y arroyos. Existe predominio de la dimensión longitudinal (largo) versus la dimensión transversal (ancho) (Margalef, R. 1977).

Macroinvertebrados: Se consideran como macroinvertebrados todos los animales invertebrados que tienen un tamaño superior a 500 micras (μ). Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas. Los macroinvertebrados que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de estadios inmaduros de insectos y moluscos, aunque dependiendo del tipo de río también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nemátodos e hirudíneos (Marshall y Williams, 1980).

Marisma: Término que proviene del latín marítima ora, que significa, las orillas del mar; se refiere a terrenos bajos y pantanosos inundables por el mar. Se encuentran en climas que varían desde los tropicales hasta los áridos, tanto en estuarios como en costas sin ríos, y su paisaje puede estar dominado por pastos altos lo mismo que por arbustos achaparrados. Sus suelos o

sustratos pueden ser arcillosos, arenosos y hasta rocosos (Bortolus, A. 2009).

Microsiemens y siemens: Son unidades del sistema internacional de medidas, utilizadas para medir la conductividad eléctrica. El nombre deriva del ingeniero Werner von Siemens. El microsiemens es un submúltiplo del siemens, equivalente a 0, 000001 siemen (10^{-6}) (Diccionario Wikipedia).

Oligotrófico: Cuerpo de agua pobre en nutrientes que no favorecen la proliferación de algas. Muchos lagos no disturbados están en este estado (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Ombrotrofico (Ombrogénico): Es el régimen de ciertas turberas, que sólo reciben agua de precipitación. Por estar elevadas sobre el terreno circundante no reciben otros aportes. Pobres en nutrientes y ácidas ($\text{pH} \approx 4$) son típicas de los valles de cordillera (Adaptado de Domínguez, E. y Bahamonde, N. 2012).

Plancton (fitoplancton, zooplancton): El plancton es una comunidad acuática constituida por organismos vegetales fotosintéticos (**fitoplancton**), representados principalmente por microalgas, las cuales forman parte de varios grupos (algas verdes, rojas, diatomeas, fitoflagelados, cianobacterias). La mayoría vive sin movimiento, en la zona fótica (de luz), suspendidos y a merced de los movimientos del agua. El otro constituyente de esta comunidad es el zooplancton, representado por organismos animales invertebrados, cuya característica distintiva es su tamaño, mayormente microscópico, con movilidad limitada y dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua. Ambos componentes de esta comunidad se encuentran muy bien representados en ambientes acuáticos que no poseen corriente (lénticos) como lagunas, lagos, bofedales, embalses y estanques (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Perifiton: Es la matriz de algas y microorganismos heterótrofos adherida a estructuras sumergidas en casi todos los sistemas acuáticos (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Población: Grupo o conjunto de individuos de una sola especie (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Productividad primaria: La productividad es una medida que hace referencia a la cantidad de energía que un ecosistema es capaz de aprovechar, es decir, la cantidad de energía transformada en moléculas orgánicas y almacenada en forma de biomasa por unidad de superficie y en un tiempo determinado. Es productividad primaria, cuando se refiere a la energía capturada por los organismos productores, a través de la fotosíntesis.

Turba: Se entiende por turba *-peat* en inglés-, a la acumulación de materia orgánica que no ha sido transportada después de su muerte (acumulación sedentaria). La cantidad de materia orgánica que debe poseer dicha acumulación es variable, considerándose mínima del 5% y aun mayor del 50%, siempre medida en peso seco (Blanco, D. y Balze, V. dela (Ed.) 2004).

Turbera: Es un tipo de humedal en el cual se produce y acumula materia orgánica de origen vegetal en forma de turba. Las turberas se originan cuando el material orgánico depositado excede al descompuesto en una laguna o pantano. De esta manera, la laguna o pantano puede terminar por rellenarse de material orgánico. Luego parte considerable de la turbera pierde contacto con el agua de escurrimiento (por ejemplo, aguas superficiales o subterráneas) por lo que pasan a abastecerse principalmente de agua de lluvia, lo que equivale a un régimen ombrotrofico para el ecosistema (Domínguez, E. y Bahamonde, N. 2012).

Vegetación azonal: Es aquella que está asociada a lugares con condiciones microclimáticas diferentes a las normales de la región o territorio. Es una vegetación condicionada directa o indirectamente por condiciones locales, referidas a características del suelo o sustrato, humedad o acumulación de agua, o a cualquier característica particular que determine su presencia, por lo tanto, no existe un patrón continuo de distribución de esta vegetación en el territorio. En el altiplano chileno, se habla de formaciones vegetacionales azonales en el caso de pajonales, bofedales y vegas, todas estas, todas ellas salinas y no salinas (Adaptado de Ahumada, M. y Faúndez, L. 2009).

Vegetación zonal: Es la vegetación propia o característica de una región o territorio. Esta vegetación depende de agentes que de manera general, modelan el paisaje, como el nivel de precipitaciones estivales, la pendiente, la altitud, entre otros.

Visibilidad: Llamada también transparencia, es la medida de la profundidad que permite ver a través del agua; varía con las condiciones del día y el observador (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014).

Zooplancton: Ver plancton.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS



Visitantes observando pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), en borde costero de Isla Magdalena, Monumento Natural Los Pingüinos, Región de Magallanes

ANEXO 1 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SOBRE TIPOS DE HUMEDALES (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006)

Humedales marinos y costeros

- A -- **Aguas marinas someras permanentes**, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.
- B -- **Lechos marinos submareales**; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales.
- C -- **Arrecifes de coral**.
- D -- **Costas marinas rocosas**; incluye islotes rocosos y acantilados.
- E -- **Playas de arena o de guijarros**; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.
- F -- **Estuarios**; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.
- G -- **Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos** ("saladillos").
- H -- **Pantanos y esteros** (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitralas, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.
- I -- **Humedales intermareales arbolados**; incluye manglares, pantanos de "nipa", bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
- J -- **Lagunas costeras salobres/saladas**; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.
- K -- **Lagunas costeras de agua dulce**; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.
- Zk(a) -- **Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos**, marinos y costeros.



Vista panorámica de laguna formada a partir del cráter del volcán Rano Raraku, Parque Nacional Rapa Nui, Isla de Pascua, Región de Valparaíso

Humedales continentales

L -- **Deltas interiores** (permanentes).

M -- **Ríos/arroyos permanentes**; incluye cascadas y cataratas.

N -- **Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/irregulares**.

O -- **Lagos permanentes de agua dulce** (de más de 8 ha); incluye grandes madre viejas (meandros o brazos muertos de río).

P -- **Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce** (de más de 8 ha); incluye lagos en llanuras de inundación.

Q -- **Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos**.

R -- **Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos**.

Sp -- **Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos**.

Ss -- **Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos**.

Tp -- **Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce**; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.

Ts -- **Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos**; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.

U -- **Turberas no arboladas**; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.

Va -- **Humedales alpinos/de montaña**; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.

Vt -- **Humedales de la tundra**; incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.

W -- **Pantanos con vegetación arbustiva**; incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva, turberas arbustivas ("carr"), arbustales de *Alnus sp*; sobre suelos inorgánicos.

Xf -- **Humedales boscosos de agua dulce**; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.

Xp -- **Turberas arboladas**; bosques inundados turbosos.

Y -- **Manantiales de agua dulce, oasis**.

Zg -- **Humedales geotérmicos**.

Zk(b) -- **Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos**, continentales.

Nota: "**Llanuras de inundación**" es un término utilizado para describir humedales, generalmente de gran extensión, que pueden incluir uno o más tipos de humedales, entre los que se pueden encontrar R, Ss, Ts, W, Xf, Xp, y otros (vegas/praderas, sabana, bosques inundados estacionalmente, etc.). No es considerado un tipo de humedal en la presente clasificación.

Humedales artificiales

1 -- **Estanques de acuicultura** (por ej. estanques de peces y camarónicas)

2 -- **Estanques artificiales**; incluye estanques de granjas, estanques pequeños (generalmente de menos de 8 ha).

3 -- **Tierras de regadío**; incluye canales de regadío y arrozales.

4 -- **Tierras agrícolas inundadas estacionalmente**; incluye praderas y pasturas inundadas utilizadas de manera intensiva.

5 -- **Zonas de explotación de sal**; salinas artificiales, salineras, etc.

6 -- **Áreas de almacenamiento de agua**; reservorios, diques, represas hidroeléctricas, estanques artificiales (generalmente de más de 8 ha).

7 -- **Excavaciones**; canteras de arena y grava, piletas de residuos mineros.

8 -- **Áreas de tratamiento de aguas servidas**; sewage farms, piletas de sedimentación, piletas de oxidación.

9 -- **Canales de transportación y de drenaje, zanjas**.

Zk(c) -- **Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos**, artificiales.

Región	CODIGO – BNA (DGA)	Categoría SNASPE	Nombre_ ASP	NOMBRE de la Estación	Tipo de estación					Tipo de Medición	
					Fluviométrica	Calidad	Meteorológica	Sedimentométrica	NIVELES_Pozos		
Mediciones: sup, superficial // lago // Subt, subterránea, na, no aplica // vig, vigente // sus, suspendida											
15	Arica Parinacota	01202002-3	Parque Nacional	Lauca	vertiente taipicagua	na	sus	na	na	na	Sup
16	Arica Parinacota	01020011-3	Parque Nacional	Lauca	vertiente chubire	na	sus	na	na	na	Sup
17	Arica Parinacota	01020010-5	Parque Nacional	Lauca	vertiente coparpujo	na	sus	na	na	na	Sup
18	Arica Parinacota	01020009-1	Parque Nacional	Lauca	vertiente chacarpujo	na	sus	na	na	na	Sup
19	Arica Parinacota	01020001-6	Parque Nacional	Lauca	laguna cotacotani	na	sus	na	na	na	Lago
20	Arica Parinacota	01020007-5	Parque Nacional	Lauca	rio benedicto morales	na	sus	na	na	na	Sup
21	Arica Parinacota	01010005-4	Parque Nacional	Lauca	vertiente mal paso	na	sus	na	na	na	Sup
22	Arica Parinacota	01010006-2	Parque Nacional	Lauca	vertiente ajata	na	sus	na	na	na	Sup
23	Arica Parinacota	01010001-1	Parque Nacional	Lauca	lago chungara	na	sus	na	na	na	Lago
24	Arica Parinacota	01020006-7	Parque Nacional	Lauca	rio lauca en huntume	na	sus	na	na	na	Sup
25	Arica Parinacota	01010003-8	Parque Nacional	Lauca	estero sopocalane	na	sus	na	na	na	Sup
26	Arica Parinacota	01010004-6	Parque Nacional	Lauca	rio chungara en jarsuri	na	sus	na	na	na	Sup
27	Arica Parinacota	01010007-0	Parque Nacional	Lauca	chungara reten	na	na	vig	na	na	Sup
28	Arica Parinacota	01010009-7	Parque Nacional	Lauca	chungara guarderia	na	na	sus	na	na	Sup
29	Arica Parinacota	01010010-0	Parque Nacional	Lauca	chungara ajata	na	na	vig	na	na	Sup
30	Arica Parinacota	01020013-K	Parque Nacional	Lauca	ista blanca	na	na	sus	na	na	Sup

31	Arica Parinacota	01020014-8	Parque Nacional	Lauca	cotacotani	na	na	vig	na	na	Sup
32	Arica Parinacota	01020015-6	Parque Nacional	Lauca	parinacota conaf dga	na	na	sus	na	na	Sup
33	Arica Parinacota	01020016-4	Parque Nacional	Lauca	chucuyo reten	na	na	vig	na	na	Sup
34	Arica Parinacota	01020017-2	Parque Nacional	Lauca	parinacota ex endesa	na	na	vig	na	na	Sup
35	Arica Parinacota	01020018-0	Parque Nacional	Lauca	chucuyo (ex. endesa)	na	na	sus	na	na	Sup
36	Arica Parinacota	01300005-0	Parque Nacional	Lauca	portezuelo chapiquiña	na	na	sus	na	na	Sup
37	Tarapaca	01700015-2	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	vig	Subt
38	Tarapaca	01700016-0	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados radio	na	na	na	na	sus	Subt
39	Tarapaca	01700018-7	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	estacion exp.pintados	na	na	na	na	vig	Subt
40	Tarapaca	01700019-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	vig	Subt
41	Tarapaca	01700020-9	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	sus	Subt
42	Tarapaca	01700021-7	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	sus	Subt
43	Tarapaca	01700022-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados pica 1	na	na	na	na	sus	Subt
44	Tarapaca	01700027-6	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár bellavista	na	na	na	na	vig	Subt
45	Tarapaca	01700029-2	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	la tirana 1	na	na	na	na	sus	Subt
46	Tarapaca	01700032-2	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados(sara tirana)	na	na	na	na	vig	Subt
47	Tarapaca	01700034-9	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados 2	na	na	na	na	vig	Subt
48	Tarapaca	01700036-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados 3	na	na	na	na	sus	Subt
49	Tarapaca	01700037-3	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	sus	Subt
50	Tarapaca	01700038-1	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	mosquitos 1	na	na	na	na	sus	Subt
51	Tarapaca	01700040-3	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	est salár pintados 1	na	na	na	na	sus	Subt
52	Tarapaca	01700045-4	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	punta dolores 4	na	na	na	na	vig	Subt
53	Tarapaca	01700063-2	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	planta ap. hispania	na	na	na	na	vig	Subt
54	Tarapaca	01700067-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	sus	Subt
55	Tarapaca	01700069-1	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	vig	Subt
56	Tarapaca	01700070-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	bosque junoy	na	na	na	na	vig	Subt
57	Tarapaca	01700072-1	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár pintados	na	na	na	na	vig	Subt

Región	CODIGO_ BNA (DGA)	Categoría SNASPE	Nombre_ASP	NOMBRE de la Estación	Tipo de estación					Tipo de Medición	
					Fluviométrica	Calidad	Meteorológica	Sedimentométrica	NIVELES_Pozos		
Mediciones: sup, superficial // lago // Subt, subterránea, na, no aplica // vig, vigente // sus, suspendida											
Tarapaca	01700073-K	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár bellavista	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700074-8	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár bellavista	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700075-6	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár bellavista	na	na	na	na	na	sus	Subt
Tarapaca	01700076-4	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár bellavista	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700078-0	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	challacollo 2	na	na	na	na	na	sus	Subt
Tarapaca	01700087-K	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	remolino	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700090-K	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	salár de pintados	na	na	na	na	na	sus	Subt
Tarapaca	01700099-3	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	jica - 3	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700103-5	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	jica - 7	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700104-3	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	jica - 8	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01700105-1	Reserva Nacional	Pampa del Tamarugal	jica - 9	na	na	na	na	na	vig	Subt
Tarapaca	01041004-5	Parque Nacional	Volcan Isluga	enquelca (ex caraguano)	na	na	vig	na	na	na	Sup
Atacama	03041008-4	Parque Nacional	Nevado Tres Cruces	laguna santa rosa	na	sus	na	na	na	na	Sup
Valparaíso	05402001-5	Reserva Nacional	Río Blanco	rio blanco en rio blanco	vig	vig	na	sus	na	na	Sup
Valparaíso	05402002-3	Reserva Nacional	Río Blanco	canal chacabuco en bocATOMA	sus	na	na	na	na	na	Sup
Valparaíso	05403002-9	Reserva Nacional	Río Blanco	rio aconcagua en rio blanco	vig	sus	na	sus	na	na	Sup

74	Valparaíso	05402004-K	Reserva Nacional	Río Blanco	rio blanco antes rio juncal	na	sus	na	na	na	na	Sup
75	Valparaíso	05402008-2	Reserva Nacional	Río Blanco	rio blanco en piscicultura	na	sus	na	na	na	na	Sup
76	Valparaíso	05402007-4	Reserva Nacional	Río Blanco	estero polvareda antes rio blanco	na	sus	na	na	na	na	Sup
77	Valparaíso	05510002-0	Reserva Nacional	Lago Peñuelas	lago peñuelas	na	na	vig	na	na	na	Sup
78	Valparaíso	05423015-K	Parque Nacional	La Campana	rabuco (1)	na	na	na	na	na	vig	Subt
79	Metropolitana	05702004-0	Monumento Natural	El Morado	estero morales antes rio volcan	na	sus	na	na	na	na	Sup
80	Metropolitana	05702011-3	Monumento Natural	El Morado	glaciar san francisco en aguas panimavida	na	na	vig	na	na	na	Sup
81	O'Higgins	06003001-4	Reserva Nacional	Río Los Cipreses	rio cachapoal 5 km. aguas abajo junta cortaderal	vig	na	vig	na	na	na	Sup
82	O'Higgins	06003003-0	Reserva Nacional	Río Los Cipreses	rio cachapoal en bocATOMA chacayes	na	vig	na	na	na	na	Sup
83	Maule	07000010-5	Reserva Nacional	Laguna Torca	Laguna Torca	na	vig	na	na	na	na	Lago
84	Biobio	08370006-8	Reserva Nacional	Ñuble	canal alto polcura	vig	na	na	na	na	na	Sup
85	Biobio	08372002-6	Reserva Nacional	Ñuble	rio polcura en cuatro junta	vig	na	na	na	na	na	Sup
86	Biobio	08313002-4	Reserva Nacional	Altos de Pemehue	embalse pangue	na	na	vig	na	na	na	Sup
87	Araucanía	09416002-2	Parque Nacional	Huerquehue	lago tinquico	na	na	vig	na	na	na	Sup
88	Araucanía	08350001-8	Parque Nacional	Tolhuaca	rio malleco en la laguna	sus	sus	na	na	na	na	Sup
89	Araucanía	08350002-6	Parque Nacional	Tolhuaca	laguna malleco	na	na	vig	na	na	na	Sup
90	Araucanía	08358005-4	Parque Nacional	Nahuelbuta	parque nahuelbuta	na	na	vig	na	na	na	Sup
91	Los Lagos	10430008-1	Reserva Nacional	Llanquihue	rio negro en lago chapo	na	vig	na	na	na	na	Sup
92	Los Lagos	10440000-0	Parque Nacional	Alerce Andino	captacion lenca	vig	na	na	na	na	na	Sup
93	Los Lagos	10454001-5	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	rio petrohue en desague lago todos los santos	sus	vig	na	na	na	na	Sup
94	Los Lagos	10454006-6	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	rio negro en lago todos los santos	na	vig	na	na	na	na	Lago
95	Los Lagos	10454004-K	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	lago todos los santos sector islas margaritas	na	sus	na	na	na	na	Lago
96	Los Lagos	10454002-3	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	lago todos los santos sector peulla	na	sus	na	na	na	na	Lago
97	Los Lagos	10454005-8	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	lago todos los santos en sector centro	na	vig	na	na	na	na	Lago

Región	CODIGO – BNA (DGA)	Categoría SNASPE	Nombre ASP	Nombre de la Estación	Tipo de estación					Tipo de Medición	
					Fluviométrica	Calidad	Meteorológica	Sedimentométrica	NIVELES_Pozos		
Mediciones: sup, superficial // lago // Subt, subterránea, na, no aplica // vig, vigente // sus, suspendida											
98	Los Lagos	Parque Nacional	Vicente Perez Rosales	lago todos los santos sector petrohue	na	sus	na	na	na	na	Lago
99	Aysen	Parque Nacional	Laguna San Rafael	rio colonia en nacimiento	vig	na	vig	na	na	na	Sup
100	Aysen	Parque Nacional	Laguna San Rafael	glaciar san rafael	na	na	vig	na	na	na	Sup
101	Aysen	Parque Nacional	Laguna San Rafael	lago cachet 2 en glaciar colonia	na	na	vig	na	na	na	Sup
102	Aysen	Reserva Nacional	Lago Cochrane	rio baker en angostura chacabuco	vig	vig	vig	na	na	na	Sup
103	Aysen	Reserva Nacional	Laguna Parrillar	lago parrillar	na	na	vig	na	na	na	Sup
104	Aysen	Parque Nacional	Queulat	rio ventisquero en carretera austral	vig	na	na	na	na	na	Sup
105	Magallanes	Reserva Nacional	Magallanes	cerro mirador	na	na	vig	na	na	na	Sup
106	Magallanes	Parque Nacional	Bernardo O'Higgins	rio pascua en desagüe lago o'higgins	vig	na	na	na	na	na	Sup
107	Magallanes	Parque Nacional	Bernardo O'Higgins	rio serrano en desembocadura	vig	na	vig	na	na	na	Sup
108	Magallanes	Parque Nacional	Bernardo O'Higgins	candelario mancilla	na	na	vig	na	na	na	Sup
109	Magallanes	Parque Nacional	Bernardo O'Higgins	glaciar tempango	na	na	vig	na	na	na	Sup
110	Magallanes	Parque Nacional	Bernardo O'Higgins	glaciar balmaceda	na	na	vig	na	na	na	Sup
111	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio paine en parque nacional	sus	na	na	na	na	na	Sup
112	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio paine en parque nacional 2	vig	vig	vig	na	na	na	Sup

113	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio paine en laguna amarga	vig	na	na	na	na	na	Sup
114	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio grey antes junta serrano	vig	na	na	na	na	na	Sup
115	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio serrano en desagüe lago del toro	vig	na	na	na	na	na	Sup
116	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	rio serrano antes junta grey	sus	na	na	na	na	na	Sup
117	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago paine	na	sus	vig	na	na	na	Sup
118	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago nordenskjoldt	na	sus	vig	na	na	na	Lago
119	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago pehove	na	sus	vig	na	na	na	Lago
120	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago dickson	na	na	vig	na	na	na	Sup
121	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	laguna azul	na	na	sus	na	na	na	Sup
122	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago el toro en estancia paine	na	na	vig	na	na	na	Sup
123	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	torres del paine	na	na	vig	na	na	na	Sup
124	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	lago grey	na	na	vig	na	na	na	Sup
125	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	glaciar tindall	na	na	vig	na	na	na	Sup
126	Magallanes	Parque Nacional	Torres del Paine	campo de hielo sur en lobulo zapata	na	na	vig	na	na	na	Sup

Información disponible en: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>
 (Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea,
 Dirección General de Aguas)

Información recibida desde DGA, el 21 de septiembre de 2015

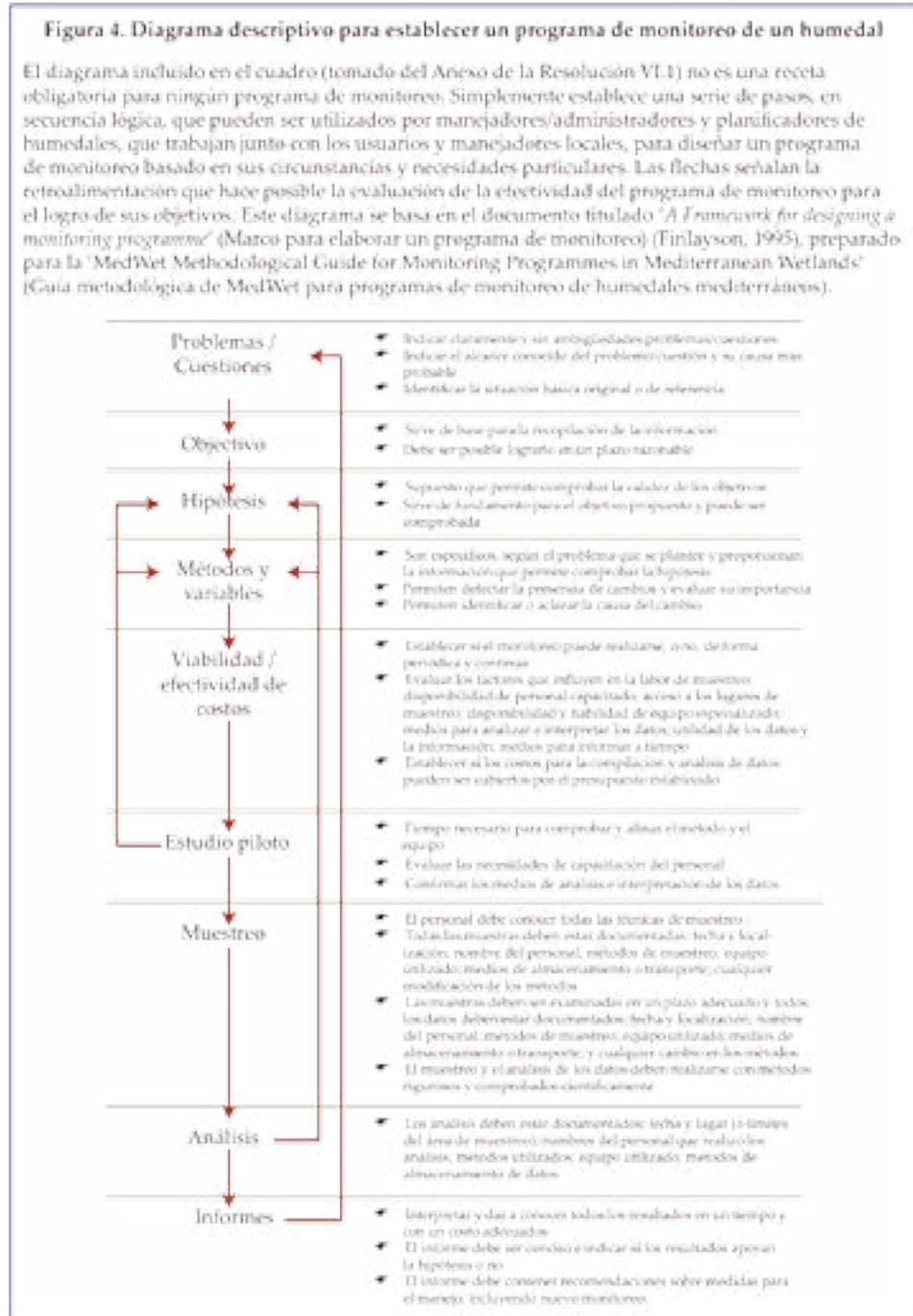
ANEXO 4 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LOS HUMEDALES¹

COMPONENTES ECOLÓGICOS	PROCESOS ECOLÓGICOS	SERVICIOS DE ECOSISTEMAS
<p>1. Situación geomórfica: Situación en el paisaje/cuenca/cuenca fluvial – incluida la altitud, zona superior/inferior de la cuenca, distancia hasta la costa, si es pertinente, etc.</p> <p>2. Clima: Perspectiva general del tipo de clima imperante, la zona y rasgos importantes (precipitaciones, temperatura, viento)</p> <p>3. Tipos de hábitat (con observaciones sobre rarezas, etc.) y tipos de humedales de Ramsar</p> <p>4. Conectividad de los hábitat</p> <p>5. Superficie, límites y dimensiones: Forma del sitio (sección transversal y planta), límites, superficie, superficie de agua / superficie húmeda (máx./mín. estacional, cuando sea pertinente), longitud, amplitud, profundidad (máx./mín. estacional, cuando sea pertinente)</p> <p>6. Comunidades vegetales, zonas y estructura de la vegetación (con observaciones sobre rarezas particulares, etc.)</p> <p>7. Comunidades de animales (con observaciones sobre rarezas particulares, etc.)</p> <p>8. Principales especies presentes (con observaciones sobre especies particulares raras/amenazadas etc.); tamaño y proporción de la población, si se conocen, estacionalidad, y posición aproximada de la zona de distribución (p. ej., cerca del centro o en los límites de la zona)</p> <p>9. Suelo: Geología, suelos y sustratos, y biología del suelo</p> <p>10. del régimen de flujo y/o de mareas, relación con aguas freáticas</p>	<p>1. Producción primaria</p> <p>2. Ciclo de los nutrientes</p> <p>3. Ciclo del carbono</p> <p>4. Productividad de la reproducción animal</p> <p>5. Productividad vegetal, polinización, procesos de regeneración, sucesión, función del fuego, etc.</p> <p>6. Interacciones destacadas entre las especies, incluido el pastoreo, depredación, competición, enfermedades y patógenos</p> <p>7. Aspectos destacados relativos a la dispersión de fauna y flora</p> <p>8. Aspectos destacados relativos a la migración</p> <p>9. Presiones, vulnerabilidades y tendencias relativas a cualquiera de los aspectos mencionados, y/o relativas a la integridad del ecosistema</p>	<p>1. Agua potable para seres humanos y/o para el ganado</p> <p>2. Agua para la agricultura de regadío</p> <p>3. Agua para la industria</p> <p>4. Reabastecimiento de aguas subterráneas</p> <p>5. Purificación de aguas/tratamiento o dilución de desechos</p> <p>6. Alimentos para seres humanos</p> <p>7. Alimentos para el ganado</p> <p>8. Madera, juncos, fibras, turba</p> <p>9. Productos medicinales</p>

<p>11. Régimen hídrico: Origen del agua (superficial y subterránea), entrada/salida, evaporación, frecuencia de las inundaciones, estacionalidad y duración; magnitud</p> <p>12. Conectividad de las aguas superficiales y las subterráneas</p> <p>13. Estratificación y régimen de mezcla</p> <p>14. Régimen de sedimentos (erosión, embancamiento, transporte y deposición de sedimentos)</p> <p>15. Turbidez y color del agua</p> <p>16. Luz que llega al humedal (transparencia o sombra); y atenuación en el agua</p> <p>17. Temperatura del agua</p> <p>18. pH del agua</p> <p>19. Salinidad del agua</p> <p>20. Gases disueltos en el agua</p> <p>21. Nutrientes disueltos o suspendidos en el agua</p> <p>22. Carbono orgánico disuelto</p> <p>23. Reducción electrolítica del agua y los sedimentos</p> <p>24. Conductividad del agua</p>	<p>10. Agentes de control biológico para plagas/enfermedades</p> <p>11. Otros productos y recursos, incluido material genético</p> <p>12. Control de inundaciones, diques de contención de inundaciones</p> <p>13. Suelos, sedimentos y retención de nutrientes</p> <p>14. Estabilización de la costa y las riberas y protección contra tormentas</p> <p>15. Otros servicios hidrológicos</p> <p>16. Regulación del clima local / amortiguación del cambio</p> <p>17. Almacenamiento/secuestro del carbono</p> <p>18. Caza y pesca con fines recreativos</p> <p>19. Deportes acuáticos</p> <p>20. Actividades de estudio de la naturaleza</p> <p>21. Otras formas de esparcimiento y turismo</p> <p>22. Valores educativos</p> <p>23. Patrimonio cultural</p> <p>24. Importancia cultural contemporánea, incluso para las artes y la inspiración creativa, así como los valores de existencia</p> <p>25. Valores estéticos y de "sentido de ubicación"</p> <p>26. Valores espirituales y religiosos</p> <p>27. Sistemas de conocimientos importantes, e importancia para las investigaciones</p>
--	--

¹RAMSAR, 2008.

**ANEXO 5:
 PROCESO QUE SIGUE EL ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE
 MONITOREO EN UN HUMEDAL
 (MANUAL RAMSAR N° 18, MANEJO DE HUMEDALES, 2010)**



**ANEXO 6
 FICHA DE REGISTRO, MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE**

PAGINA **1**

FICHA DE REGISTRO - MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE

A. DATOS DE CAMPO GENERALES (esta planilla es parte de la planilla de planificación del monitoreo del área silvestre protegida)

Nombre Área Silvestre Protegida

Nombre del humedal

Región / Provincia / Comuna

Responsable de la medición

Fecha Hora (de inicio de la medición) Altitud (metros sobre el nivel de mar)

Registro fotográfico (de este monitoreo) Si No

Tipo de humedal (Marcar con una "X", en el o los humedales que corresponde):

1. Humedales naturales: costero y marinos		
Desembocadura de río	Estuario, marisma	Playa de fango
Laguna costera	Playa de arena	Otro (especificar cuál)
Costa rocosa	Playa de piedras	
2. Humedales naturales: interiores (continentales)		
Río, arroyo	Salar	Oasis, vertiente
Vega de inundación	Pantano, pajonal	Turbera
Lago	Bosque inundado	Otro (especificar cuál)
Laguna	Bofedal	
3. Humedales artificiales		
Estanque artificial	Lago artificial	Campo de cultivo inundado temporalmente
Tranque de relave	Piscicultura	Planta de tratamiento de aguas
Canal	Arrozal, terreno de regadío	Otro (especificar cuál)
Laguna artificial	Embalse, dique, represa	

FICHA DE REGISTRO - MONITOREO DE HUMEDALES EN EL SNASPE

PAGINA

B. DATOS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

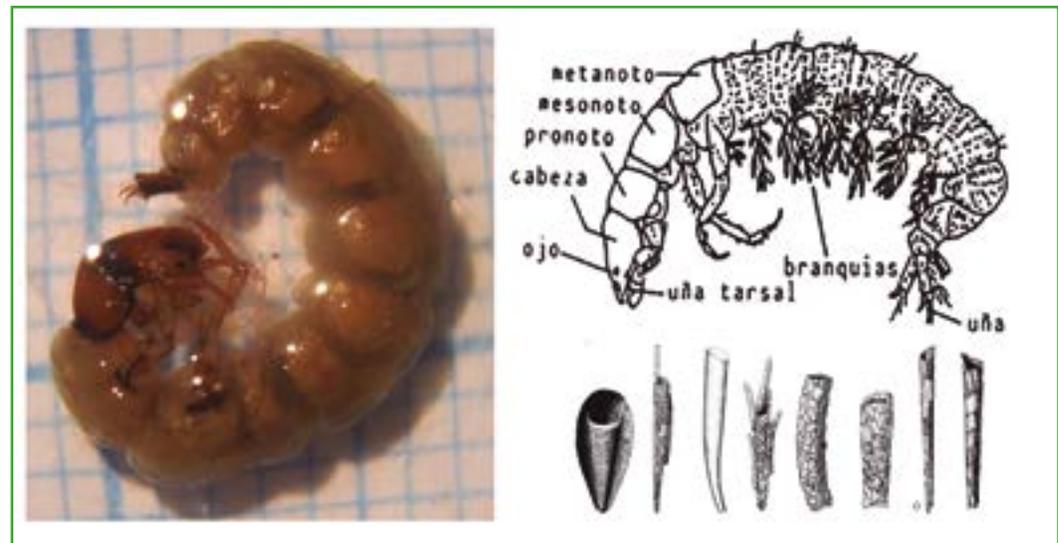
Imprimir esta página en función de la cantidad de estaciones a muestrear en el humedal

Número de la estación			
Coordenadas UTM (X)			
Coordenadas UTM (Y)			
Código de registro fotográfico para la estación			
Temperatura del ambiente (°C)			
Temperatura del agua (°C)			
pH			
Conductividad eléctrica			
Sólidos totales disueltos (TDS)			
Oxígeno disuelto			
Turbidez			
Signos de contaminación (papeles, botellas, plásticos, aceites, otros)			
Estado vegetación del entorno			
Condición meteorológica (despejado, nublado, lluvioso, etc.)			
Comentarios y observaciones			

**ANEXO 7
 EJEMPLOS DE MACROINVERTEBRADOS REPRESENTATIVOS DE CHILE, DE
 ACUERDO A LOS TAXA "CLASE" Y/U "ORDEN", PARA
 DISTINTOS NIVELES DE TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN
 (SEGÚN CLASIFICACIÓN DE BARRÍA Y BORÉ, 1979).**

1. MACROINVERTEBRADOS SENSIBLES A LA CONTAMINACIÓN

Clase Insecta, Orden *Trichoptera*:



Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Individuo en etapa de larva, sin refugio (familia *Hydropsichidae*).

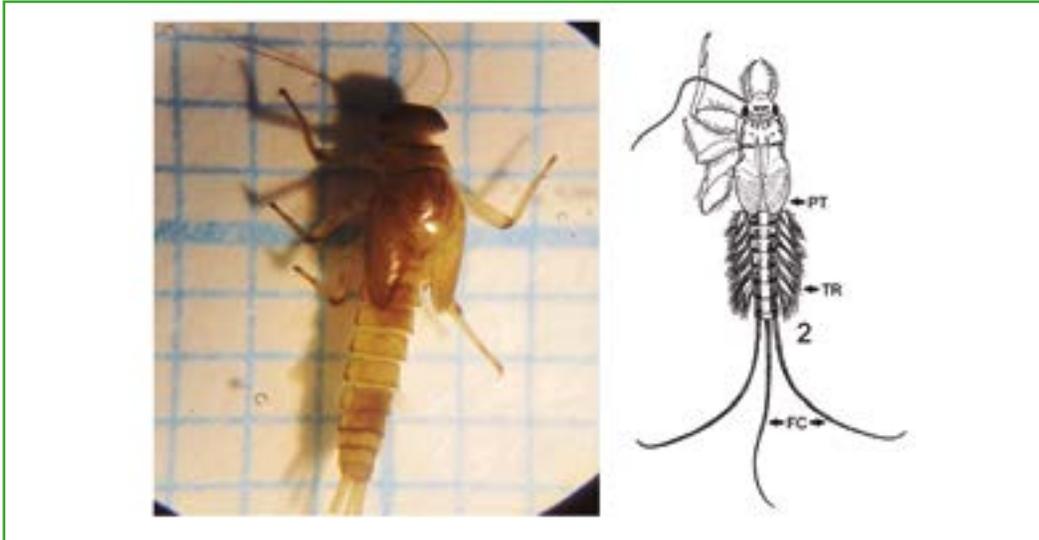
Superior derecha: Partes de individuo larval.

Inferior derecha: formas de los refugios.

Breve descripción de los tricópteros:

Es uno de los órdenes de insectos de agua dulce con mayor diversidad en Chile. Son holometábolos, por lo tanto, tienen cuatro etapas de desarrollo (huevo, larva, pupa e imago). Sólo las etapas juveniles, es decir, huevo, larva y pupa, son acuáticas; éstas construyen un refugio protector mediante glándulas productoras de seda ayudándose de otros materiales del entorno como granos de arena o trozos de vegetales. En Chile, las familias *Hydropsichidae* y *Limnephilidae* destacan por ser las de mayor diversidad y abundancia, respectivamente (Rojas, 2006).

Clase Insecta, Orden Ephemeroptera.



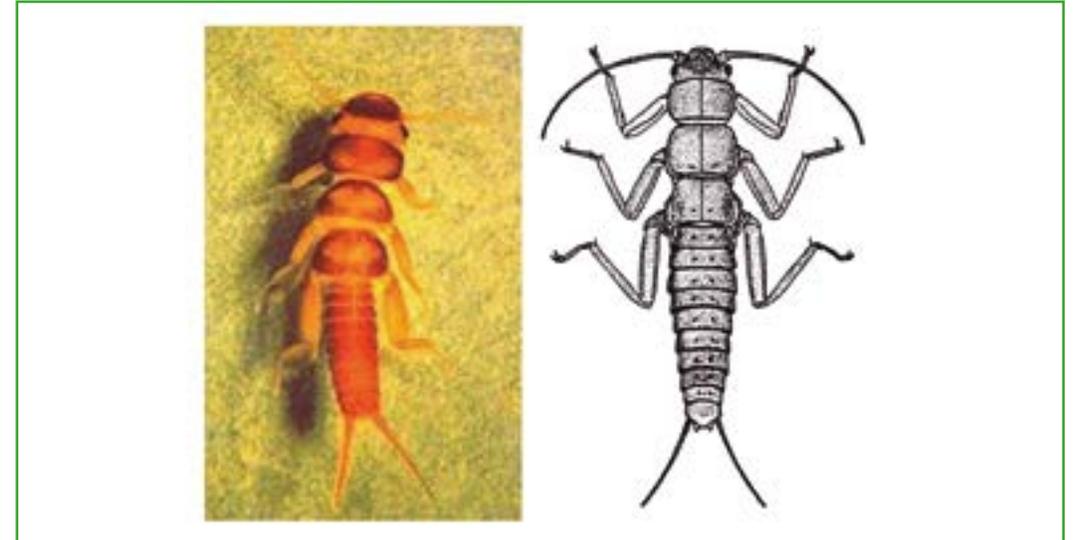
Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Individuo en etapa de ninfa (familia *Baetidae*)
Derecha: Partes de la ninfa.
(PT) pterotecas o receptáculos alares.
(TR): traqueobranqueas u órganos respiratorios.
(FC): filamentos caudales o colas (son tres).

Breve descripción del orden efemerópteros:

Todos los estadios ninfales de este orden son acuáticos, mientras que los adultos sólo viven desde unas pocas horas hasta pocos días. Son hemimetábolos, por lo que sus fases de vida corresponden a huevo, ninfa y adulto, la etapa adulta o "imago" es la encargada de la reproducción. Desde la fase de ninfa, los individuos de este orden se caracterizan por presentar tres colas en su anatomía (filamentos caudales). Su sistema de respiración ocurre a través de agallas, por lo que el agua de su hábitat debe estar bien oxigenada para que puedan desarrollarse de manera óptima. En Chile, son comunes las familias *Caenidae* y *Baetidae* (Domínguez *et al.*, 2006).

Clase Insecta, Orden Plecoptera



Detalle de la imagen/ilustración:

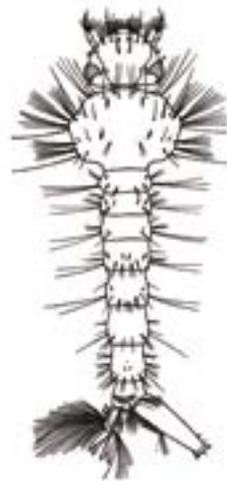
Izquierda: Individuo en etapa de ninfa
Derecha: Individuo en etapa de ninfa. Posee dos filamentos caudales (familia *Perlidae*).

Breve descripción del orden plecópteros:

Son los macroinvertebrados más sensibles a la contaminación, en cualquier cuerpo de agua dulce en el mundo. Son hemimetábolos. Tienen muchas similitudes con los efemerópteros, en cuanto a forma y estructura del exoesqueleto, sin embargo, difieren en el número de colas o filamentos caudales, ya que poseen sólo dos filamentos. En Chile, están presentes las familias *Notonemouridae* y *Perlidae*, entre otras (Camousseight, 1995).

2. MACROINVERTEBRADOS TOLERANTES A LA CONTAMINACIÓN

Clase Insecta, Orden *Diptera*



Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Individuo en etapa de larva, de la Familia *Culicidae*.
 Derecha: Individuo en etapa de larva, de la Familia *Chironomidae*.

Breve descripción del orden dípteros:

Es uno de los órdenes de mayor cantidad de especies a nivel mundial. Sus huevos, larvas y pupas son acuáticas, mientras que la etapa adulta es siempre terrestre. Las larvas (que son las formas más comunes en cuerpos de agua), poseen forma alargada, segmentada, con capsula craneal, colores poco vistosos, en algunas ocasiones casi transparente y no poseen patas articuladas, además son bastante abundantes y diversos (Saether, 1979).

Clase Insecta, Orden *Hemiptera*



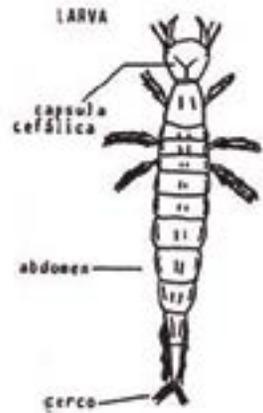
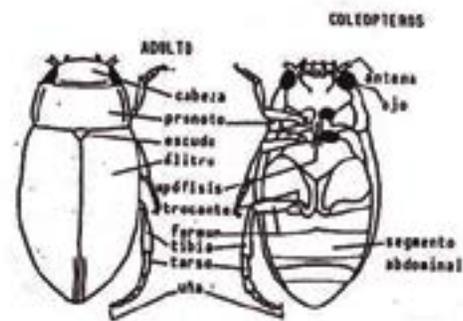
Detalle de la imagen/ilustración:

Individuos ninfa de la familia *Corixidae*

Breve descripción del orden hemípteros:

Son conocidos como "chinchas de agua". Se componen de los hemípteros semiacuáticos (se desarrollan en la superficie del agua) y aquellos acuáticos como tal (se desarrollan bajo la superficie del agua). Son diversos en cuanto a sus estilos de vida y muy evidentes en su medio ambiente. Se caracterizan por poseer una gran cabeza, cubierta casi por completo por sus ojos compuestos, alas de gran tamaño y patas de gran longitud, teniendo el par de patas posteriores cierta similitud a "remos". Por ello, se les llama también "barqueritos" (en inglés, "*backswimmers*" y "*water boatmen*"). En Chile, las familias más comunes son *Notonectidae* y *Corixidae* (Domínguez y Fernández, 2009).

Clase Insecta, Orden Coleoptera



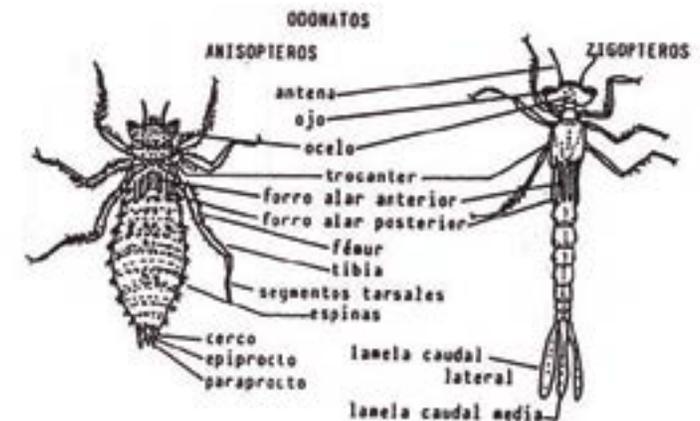
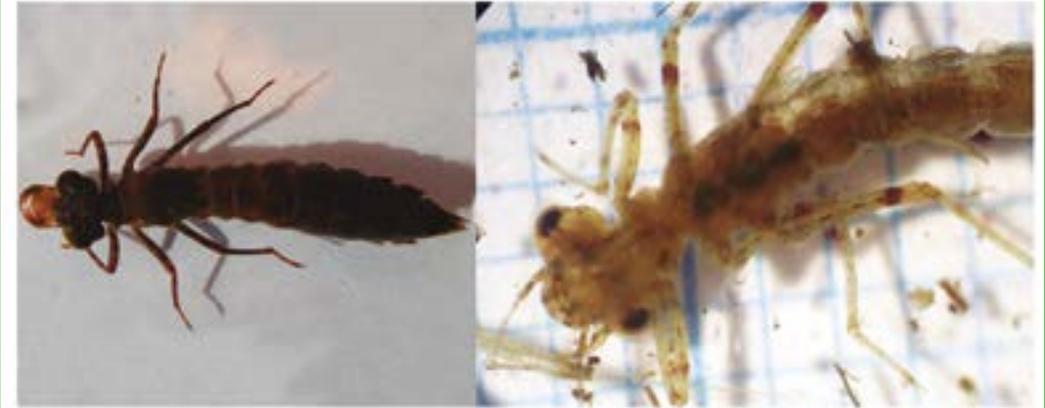
Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Individuo en etapa adulta
 Derecha: Individuo en etapa larva (familia *Hydrophilidae*)

Breve descripción del orden coleópteros:

Si bien la gran mayoría de los coleópteros en fase adulta son terrestres, un gran número de ellos son acuáticos en etapas juveniles. Son diversos, tanto en hábitats con corriente (ríos, arroyos) o sin ésta (lagos, lagunas). También existe diversidad en sus formas larvales, ya que pueden existir cuerpos ovales, aplanados, alargados o en forma de "c". Algunos de los coleópteros acuáticos son facultativos, es decir, son coleópteros terrestres que ocasionalmente se sumergen en el agua (Williams y Feltmate, 1992).

Clase Insecta, Orden Odonata



Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Individuo en etapa de ninfa, suborden *Anisoptera* (familia *Libellulidae*)
 Derecha: Individuo en etapa de ninfa, suborden *Zigoptera* (familia *Lestidae*)

Breve descripción del orden odonatos:

Los individuos de este orden son muy aislados en cuanto a sus características, si los comparamos con los otros grupos de macroinvertebrados, dentro de la clase *Insecta*. Esto se debe a los múltiples caracteres arcaicos y de especialización extraordinaria que poseen, como por ejemplo, la armadura bucal de las ninfas, con la que caza a sus presas, así como la respiración directa del oxígeno disuelto en el agua, medio en el que viven y se desarrollan hasta antes de transformarse en adultos voladores. Las familias más comunes en Chile son *Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Libellulidae* y *Lestidae* (Domínguez y Fernández, 2009).

Subfilo Crustacea, Clase Malacostraca, orden Amphipoda y orden Decapoda



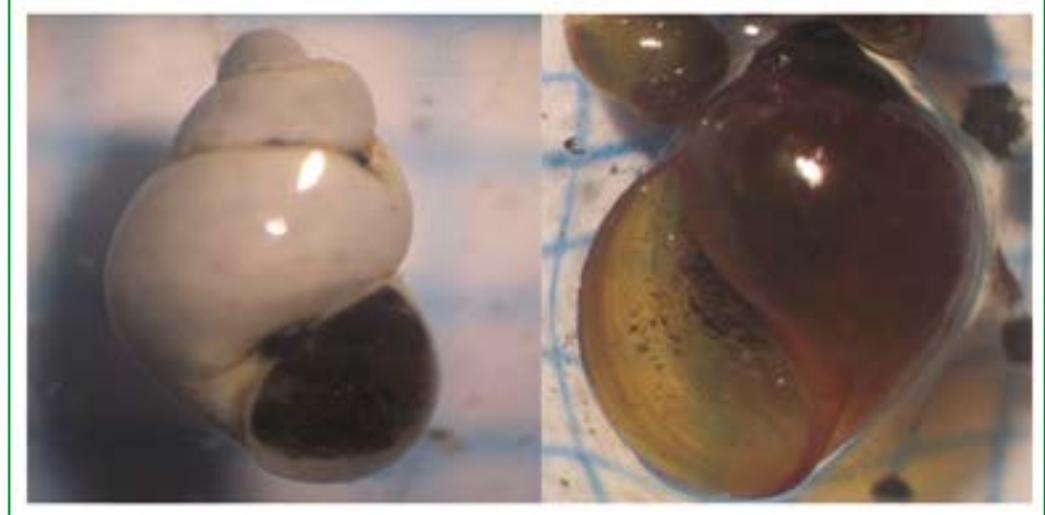
Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Anfípodo, de la Familia *Hyallelidae*
Derecha: Decápodo, de la Familia *Aegliidae*

Breve descripción del orden anfípodos y decápodos:

Los crustáceos pertenecen al mismo grupo de los insectos (Filo *Arthropoda*), y se diferencian de éstos porque poseen solo dos segmentos en su anatomía (cabeza y tórax). En Chile, los órdenes más comunes son *Amphipoda* y *Decapoda*. La diferencia entre estos órdenes corresponde al número de pares de patas en su anatomía (*Amphipoda* presenta siete pares de patas, y *Decapoda* presenta diez pares de patas). Además, los decápodos son mucho más grandes porque son depredadores, mientras que los anfípodos son pequeños, mayoritariamente detritívoros (se alimentan de materia orgánica en descomposición). Muchas especies decápodos son endémicas del sur de Chile, como las especies *Aegla cholchol* y *Aegla spectabilis*, entre otras (Reish y Barnard, 1979; Jara, 1996).

Filo Mollusca, Clase Gastropoda



Detalle de la imagen/ilustración:

Izquierda: Gastrópodo dextrógastro, de la Familia *Hydrobiidae*
Derecha: Gastrópodo levógastro, de la Familia *Physidae*

Breve descripción del orden moluscos gastrópodos:

Los gastrópodos son los moluscos por excelencia, de los macroinvertebrados de aguas continentales, localmente son llamados "caracoles de agua". Los gastrópodos de una pieza de conchilla presentan mayoritariamente una forma de espiral y una abertura, que al mirarla de frente, puede encontrarse al lado izquierdo (gastrópodos levógiros) o al lado derecho (gastrópodos dextrógiros). Son abundantes y diversos, y siempre están presentes en aguas con alta cantidad de sales disueltas, especialmente de carbonato de calcio, ya que con este tipo de compuesto químico conforman sus caparazones (Ramos, 2003).

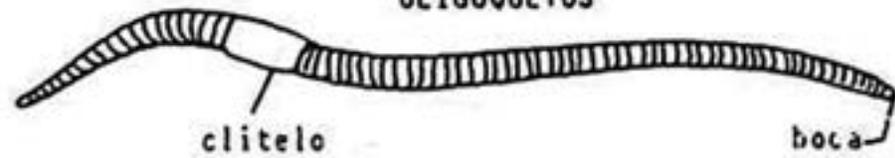
3. MACROINVERTEBRADOS MUY TOLERANTES A LA CONTAMINACIÓN

Filo *Annelida*, Clase *Clitellata* (subclase *Oligochaeta*)



ANELIDOS

OLIGOQUETOS



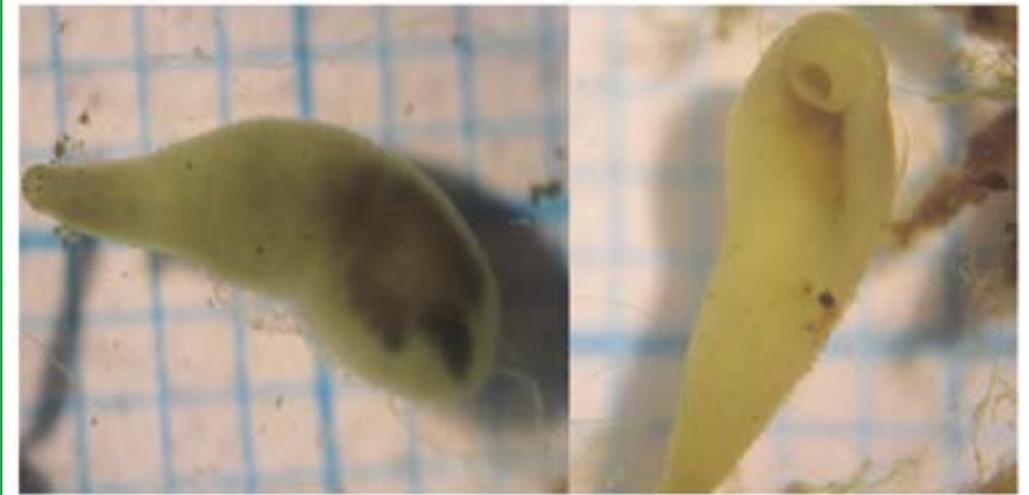
Detalle de la imagen/ilustración:

Individuos de la Subclase *Oligochaeta* (oligoquetos), familia *Tubificidae*

Breve descripción del orden oligoquetos:

Los oligoquetos son anélidos (gusanos) que poseen segmentación o "anillos" en su epidermis. Habitan en todo tipo de sustratos, ya sea del fondo como en la zona intermedia, alimentándose de materia orgánica en descomposición. Por esto, es común encontrarlas en ambientes con contaminación orgánica (sustrato barroso, acumulación de basura, deposiciones de animales, etc.). Debido a lo anterior, son muy utilizadas en técnicas de bioensayos porque como logran adaptarse a ambientes descompuestos, pueden procesar considerables cantidades de contaminantes (Brinkhurst, 1994).

Filo *Annelida*, Clase *Clitellata* (subclase *Hirudinea*)



HIRUDINEOS



Detalle de la imagen/ilustración:

Individuos de la Subclase *Hirudinea* (familia *Glossiphoniidae*).

Breve descripción del orden hirudineos:

Dentro de los anélidos, los hirudineos comparten la misma clase que los oligoquetos (*Clitellata*), debido a la presencia de un clitelio (conjunto de glándulas que se encuentran en unos pocos segmentos de la anatomía, haciéndolos mas grandes de lo normal). Su anatomía es bastante parecida al de los oligoquetos, sin embargo, difiere en la anchura de la parte intermedia de su cuerpo y además, por la presencia de ventosas (oral y ventral). Comúnmente, se les conoce como "sanguijuelas". Presentan hábitos parasitarios, viven en zonas húmedas y con altas concentraciones de materia orgánica en descomposición (Brinkhurst, 1994).

Filo *Nematoda*



Detalle de la imagen:

Individuo *Nematoda*

Breve descripción del orden nemátodos:

Los nemátodos (filo *Nematoda*) presentan formas gusanoides, que se diferencian de los oligoquetos (filo *Annelida*), debido a las características en sus etapas embrionarias. Visiblemente, son más alargados que los oligoquetos y no poseen segmentación en su epidermis. Se encuentran en sitios orgánicamente contaminados, comportándose como organismos parásitos. Tienen un ciclo de vida complejo ya que dependen de más de una especie hospedadora (Marshall y Williams, 1980).

IMAGENES DE PORTADA

Instrumental técnico utilizado en el monitoreo de humedales: Medidor de pH.

Monitoreo de flamencos altoandinos en el Salar de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos y Sitio Ramsar, Región de Antofagasta.

Ranita de Darwin (*Rhinoderma darwini*).
Fotografía: Thomas Kramer.

Siete colores (*Tachuris rubrigastra*).

Mirador, visitantes observando aves, Santuario de la Naturaleza Laguna El Peral, Región de Valparaíso.

Laguna Quilleihue, Parque Nacional Villarrica, Región de La Araucanía.



TODOS
POR
CHILE

