

2011

Guía para la Conservación  
y Seguimiento Ambiental de  
Humedales Andinos



Gobierno  
de Chile



---

# Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos

---

**MAYO 2011**



**Gobierno  
de Chile**



Este documento ha sido elaborado por la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, la Unidad de Gestión Ambiental del Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero y el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas, en el marco de la implementación de la ENH<sup>1</sup> y la ERHAA<sup>2</sup>. Agradecemos así mismo la colaboración del PhD. Manuel Contreras Leiva.

---

---

1 Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales de Chile, 2005.

2 Estrategia Regional de Humedales Altoandinos, 2004. Argentina, Chile, Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela, Colombia, Costa Rica.

## PRÓLOGO

# Humedales y su conservación

Una de las tareas principales del Ministerio del Medio Ambiente es promover la gestión sustentable de los espacios naturales del país, asegurando la mantención de los ecosistemas dentro y fuera de las áreas protegidas y, con ello, la biodiversidad de manera integral. Con esto velamos no sólo por las especies carismáticas que habitan los espacios protegidos, entendido como algo ajeno, sino que aseguramos el bienestar de las personas. Nuestras actividades influyen directa e indirectamente sobre los ecosistemas, hacemos uso de los bienes y servicios que nos proveen, conocidos como los servicios ecosistémicos, por lo tanto, requerimos de su existencia y mantención en el largo plazo.

Los humedales altoandinos son ecosistemas frágiles, escasos y con un endemismo relevante. Han sido utilizados históricamente por los grupos humanos y desde hace varias décadas por sectores relevantes de la economía. Sin embargo, son pocos los que conocen su importancia y muchos menos los que han contemplado su belleza. Desde hace unos años, los grupos de interés han comprendido su relevancia y han surgido varias iniciativas público-privadas para apoyar la conservación de estos ecosistemas. Pero debemos abordar de manera integral su estudio y manejo. El desafío es mejorar los aportes a la investigación, los instrumentos de gestión y manejo sobre los humedales, su seguimiento y proyectos de conservación.

A siete años de la aprobación de la Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales, y otros ocho de la Estrategia de Humedales Altoandinos, ponemos a disposición de los grupos interesados, la primera de una serie de guías técnicas que tienen por objeto, divulgar los aspectos centrales para el mantenimiento de las características ecológicas de humedales y promover su uso sustentable. Aquí se plasma el conocimiento de científicos, profesionales y técnicos, que han impulsado, desde sus distintas especialidades, la investigación y conservación de los humedales. Los criterios propuestos se han definido con bases científicas, reuniendo la experiencia de especialistas que han dedicado años al estudio de estos humedales.

Esperamos que este aporte conduzca la gestión para la conservación de los humedales en los ecosistemas andinos de Chile.

**Leonel Sierralta Jara**  
Jefe División de Recursos Naturales,  
Evaluación de Riesgos y Residuos

**María Ignacia Benítez**  
Ministra del Medio Ambiente

## AUTORES

---

**Ahumada, Mario.** Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile. Magister en medio ambiente y desarrollo sustentable, Universidad Mayor.

**Aguirre, Fernando.** Ingeniero en Ejecución en medio ambiente, Universidad de Chile

**Contreras, Manuel.** Licenciado en Ciencias Biológicas. Magister en Ciencias Ambientales, PhD en Ecología. Universidad de Chile.

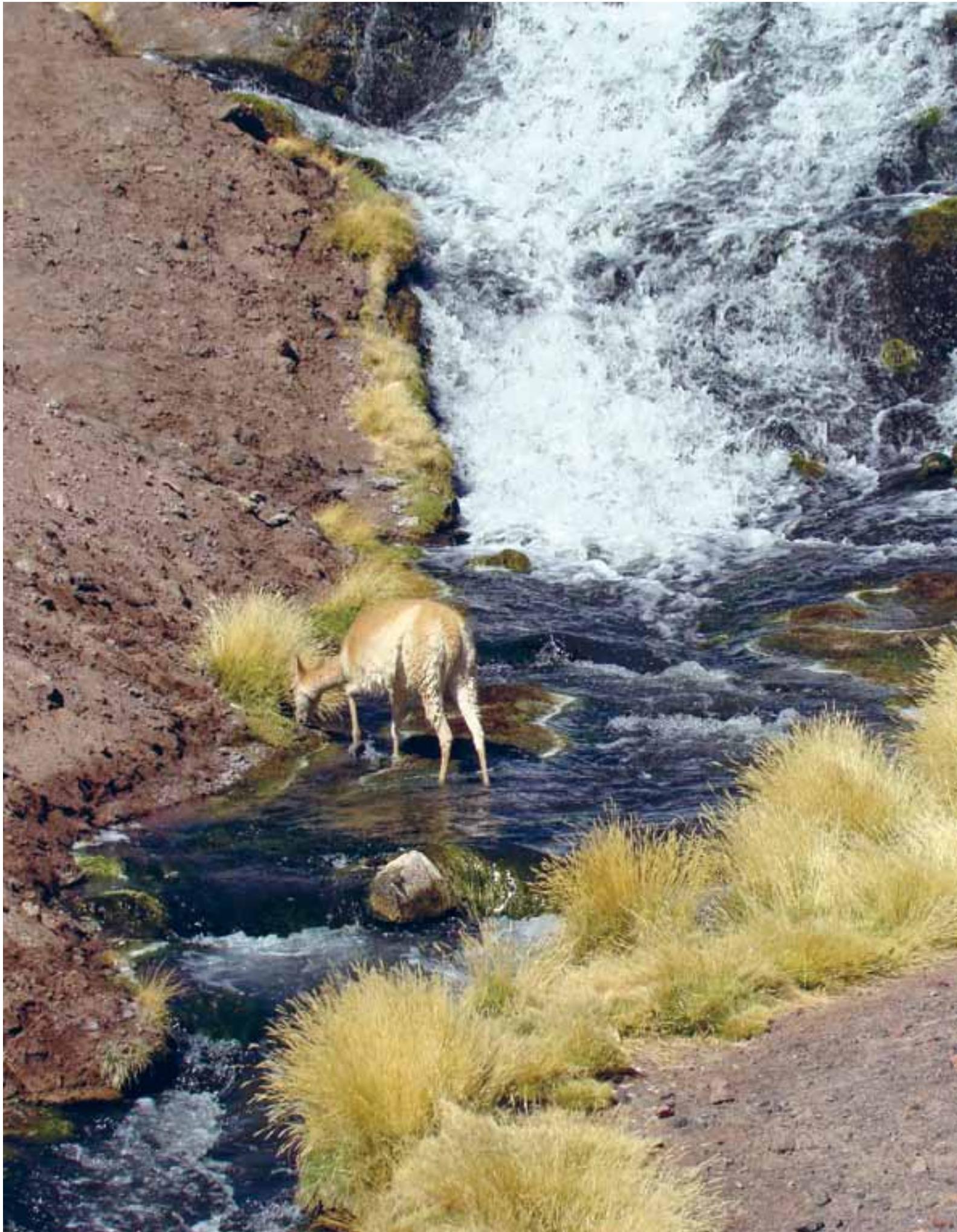
**Figueroa, Alejandra.** Licenciada en Ciencias Biológicas, Diplomada en Gestión Ambiental, Universidad de Chile. Diplomada en Planificación para la Conservación, Tecnológico de Monterrey.

Foto portada: Corredor Pantanillo–Ciénaga la Redonda, sitio Ramsar “Complejo Lacustre Laguna Negro Francisco y Sta. Rosa”, Atacama. Autor: Moises Grimber  
Gestión editorial, diseño y diagramación: COMUN & K Ltda.  
Diseñador: Moisés Cheuquepán.  
Impresión: Andros Ltda.  
Noviembre de 2012.

## INDICE DE CONTENIDOS

---

<b>1. Introducción</b>	7
1.1 Objetivo de la Guía	8
1.2 Marco legal para conservación de humedales	8
<b>2. Definiciones</b>	10
<b>3. Antecedentes generales de los humedales andinos</b>	11
<b>4. Funcionamiento sistémico de humedales andinos</b>	16
4.1 El rol de los humedales a nivel de cuenca	16
4.2 Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos andinos	17
4.3 Criterios de delimitación de humedales	25
<b>5. Perturbaciones en los humedales andinos</b>	26
5.1 Variables de cambio relevantes para evaluar humedales	28
<b>6. Descripción de línea base</b>	29
6.1 Parámetros componente hídrico	29
6.2 Parámetros componente acuático	30
6.3 Parámetros componente terrestre	31
<b>7. Plan de monitoreo y seguimiento ambiental de humedales andinos</b>	33
7.1 Diseño del plan de seguimiento ambiental	34
7.1.1 Componentes ambientales	34
7.1.2 Escalas	34
7.1.3 Duración de monitoreo	35
7.1.4 Puntos de monitoreo	35
7.1.5 Variables a medir	35
<b>8. Medidas de Mitigación, restauración, compensación</b>	43
8.1 Identificar alcances de la medida	44
8.2 Especificar sistema o condiciones de referencia	44
8.3 Indicadores de cumplimiento de medidas	45
8.4 Planes de contingencia	45
8.5 Plan de cierre	45
<b>9. Glosario</b>	46
<b>10. Referencias bibliográficas</b>	47



# 1. Introducción

Los humedales son subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica, incluidos pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares, pastizales húmedos, turberas y estuarios. Entre estos, los humedales que son parte de los ecosistemas de páramo, jalca y puna, conocidos como los humedales andinos y altoandinos, mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. Estos humedales son, además, refugio y zonas de reproducción de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación, juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hidrográficos que sostienen actividades de importancia económica y social. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como las actividades de drenaje, pastoreo excesivo, o alteración en el régimen hídrico. Muchos humedales se están perdiendo de manera acelerada, el desconocimiento sobre su dinámica y ecología han influido sobre este escenario. Sin embargo, contamos con elementos suficientes para revertir esta pérdida de patrimonio natural, cultural y económico.

Los humedales andinos son reconocidos globalmente como los ambientes más frágiles por sus características, amenazas y alta significancia social y económica, determinada por los servicios ecosistémicos que prestan. Hoy, frente a los pronósticos de cambio climático es esencial tomar medidas concretas sobre el uso y conservación de los humedales. La preocupación a nivel mundial y nacional, ha impulsado diferentes estrategias de conservación, junto a una serie de investigaciones sobre la biodiversidad de estos ecosistemas, a saber:

- Estrategia Regional de Humedales Andinos, Ramsar 2004.
- Perfiles Ambientales Humedales Altoandinos, CONAF 2007.
- Guía descriptiva de sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres en la ecoregión altiplánica (SVAHT), SAG 2009.

En este contexto, uno de los instrumentos recientes e incluyente corresponde a la Estrategia Regional de Humedales Altoandinos (ERHAA), ésta es una iniciativa de los países que comparten los Andes, fue apoyada por la Secretaría Ramsar para las Américas y aprobada como Iniciativa Regional en el Marco de la Convención (COP9 DR8) en Uganda, 2005. Este documento establece una serie de lineamientos y acciones para mitigar y revertir la pérdida de estos ecosistemas. Su implementación en Chile está definida por el Plan de Acción de Humedales Altoandinos (PACHA) y por la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Humedales de Chile. Las políticas antes señaladas requieren de instrumentos que implementen acciones concretas y efectivas, es en este contexto que se desarrolla la presente guía, con conceptos que han sido estandarizados y validados por los Servicios Públicos en el marco de sus funciones sectoriales y el conocimiento científico aplicado.

« Río Lamas sitio Ramsar  
"Complejo Lacustre Laguna  
Negro Francisco y Sta. Rosa",  
Atacama.

La presente guía sistematiza, estandariza y define el marco conceptual para el manejo y seguimiento ambiental de los ecosistemas de humedales. Sistematiza información útil para que los Servicios competentes puedan utilizarla de manera simple y directa, y que del mismo modo, el Servicio de Evaluación Ambiental contemple dicha información en el marco de sus atribuciones. El uso de esta guía es además extensivo al sector privado y cualquier otro interesado.

## :: 1.1. Objetivo de la Guía

En este documento se sintetizan los conceptos que deben ser considerados en el manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales. Esta guía entrega conceptos básicos sobre la estructura y funcionamiento de los humedales andinos, comprendidos entre las regiones de Arica-Parinacota y la Araucanía y de manera particular se incluye la zona per árida de las Regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta (según definición climatológica de Köppen).

En los primeros tres capítulos encontrará conceptos y lineamientos sobre aspectos relevantes de los humedales andinos y altoandinos. Posteriormente, se describen los aspectos mínimos que deben ser considerados en la evaluación y levantamiento de información de los humedales altoandinos, así como las metodologías y criterios que deben ser adoptados en el manejo y seguimiento ambiental de estos ecosistemas.

## :: 1.2. Marco legal en relación a la conservación y protección de humedales

La legislación sobre conservación de humedales es dispersa y carece de una única institucionalidad. Son diversos los cuerpos normativos de la legislación vigente que tienen injerencia en los ámbitos de la gestión para la conservación, uso y protección de los humedales. Sin embargo, en la última década hemos conducido esfuerzos en la implementación de políticas públicas y elaboración de normativas, que regulan el manejo, uso de los humedales y el recurso hídrico como componente crítico. Sin duda el esfuerzo debe continuar y mejorar su integración.

A continuación una reseña de algunos de estos instrumentos, con influencia directa sobre los ecosistemas acuáticos, en particular humedales.

**Ley 20.417 que reformuló la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, el Ministerio tiene a su cargo el desarrollo y aplicación de variados instrumentos de gestión ambiental en materia normativa, protección de los recursos naturales, educación ambiental y control de la contaminación, entre otras materias. Se destacan algunas del Artículo 70:**

- a) Proponer políticas y formular planes, programas y acciones que establezcan los criterios básicos y las medidas preventivas para favorecer la recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, la flora, la fauna, los hábitats, los paisajes, ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados, contribuyendo al cumplimiento de los convenios internacionales de conservación de la biodiversidad. **(continúa)**

- b) Proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza, y supervisar el manejo de las áreas protegidas de propiedad privada.
- c) Velar por el cumplimiento de las convenciones internacionales, en que Chile sea parte en materia ambiental, y ejercer la calidad de contraparte administrativa, científica o técnica de tales convenciones, sin perjuicio de las facultades del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- d) Colaborar con los organismos competentes, en la formulación de las políticas ambientales para el manejo, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales renovables e hídricos.

**Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, de 1994.** En la Ley 19.300 Título III, artículo 12°, letra h) establece que los EIA considerarán: Plan de medidas de mitigación, de reparación y/o compensación, cuando ello proceda. En la letra i) menciona el Plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes.

**Ley N° 18.575, de 1989, modificada por la Ley N° 19.283 de 1994, SAG:**

El Servicio Agrícola y Ganadero tiene por obligación legal *prevenir o controlar los contaminantes en los cursos de aguas superficiales* del ámbito silvoagropecuario que puedan afectar tanto la calidad de las aguas de riego como de bebida para animales.

También debe promover las *iniciativas tendientes a la conservación de las aguas y al mejoramiento de la extracción*, conducción y utilización del recurso con fines agropecuarios.

**Código de Aguas:** Artículo 58, Artículo 63. Ambos artículos se constituyen como permisos ambientales sectoriales en el marco del Reglamento del SEIA y, por lo tanto, los proyectos que consideren dichas actividades están sujetos a la aprobación ambiental para obtener la autorización correspondiente. Por otra parte, la Resolución DGA N° 186, de 1996 que reglamenta lo establecido en el Código de Aguas, considera restricciones a la exploración en zonas que alimentan vegas y bofedales, además de las consideraciones ambientales aplicables a la exploración y explotación de aguas subterráneas. Establece en sus Res. N° 909 (1996) y del 28/11/1996, Res. N° 529 (2003), del 08/10/2003, Res. N° 464 del 9/11/2004, Res. N° 87 del 24/03/2006, áreas de protección de zonas que alimentan vegas y bofedales de las regiones de Arica y Parinacota y de Antofagasta.

#### Otros instrumentos legales nacionales:

- DS. N° 771 de 1981, que aprueba como Ley de la República la adopción de la Convención Ramsar sobre los humedales.
- Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales de Chile, 2005. Consejo de Ministros de CONAMA. Acuerdo N°287/2005.
- Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales Altoandinos. COP9, Convención Ramsar. 2004
- Estrategia Nacional de Glaciares, DGA/CECS, 2009.

## 2. Definiciones

A continuación se define una serie de términos que son usados a nivel nacional e internacional referidos al concepto de humedales y su manejo y conservación.

**Humedales:** La definición de la Convención Ramsar es usada mundialmente para definir humedales y la que Chile adoptó como Ley de la República en el año 1981, instancia en la que se ratifica dicha Convención.

Los humedales son *“extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”*. La definición considera todos los cursos y cuerpos de agua.

Por último, los humedales son subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica, incluidos pantanos y marismas, lagos, pastizales húmedos y turberas, estuarios, deltas y bajos de marea, así como zonas marinas próximas a las costas.

Para efectos de esta publicación serán de nuestro interés aquellos humedales de régimen natural, permanentes o temporales, con aguas estancadas o corrientes, dulces, salobres o salados, cuyo componente vegetal

**Características ecológicas:** son la suma de los componentes biológicos, físicos y químicos del ecosistema del humedal y de sus interacciones, lo que en conjunto mantiene al humedal y sus productos, funciones y atributos”.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (véase la Resolución VII.10, “Resoluciones y Recomendaciones pertinentes”)



Laguna Parincota,  
Comuna de Colchane.

“El cambio en las características ecológicas es el deterioro o desequilibrio de cualesquiera de los componentes físicos, químicos o biológicos, del ecosistema del humedal o de las interacciones entre ellos”.<sup>2</sup>

**Variables de estado:** son aquellas que dan cuenta del comportamiento global del ecosistema, vinculando en forma integrada aspectos relacionados con su estructura y funcionamiento.

**Delimitación de humedales:** corresponde al establecimiento de los límites espaciales de los humedales. Los humedales están asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los que permiten la existencia y desarrollo de biota acuática. Para efectos de delimitación se considerará la presencia y máxima extensión areal (cobertura) de la vegetación hidrófila. Tratándose de ambientes que carezcan de vegetación hidrófila se utilizará para la delimitación la presencia de otras expresiones de biota acuática.<sup>3</sup>

Para aquellos que dependan de afloramientos subterráneos estará acotado a aquella zona alimentada fundamentalmente por aportes de agua subterránea que permiten la presencia de cuerpos de agua y sustentan la presencia de vegetación hidrófila.

## 3. Antecedentes generales de los Humedales Andinos

### :: 3.1. Descripción del área geográfica

#### **Diversidad y origen de humedales andinos**<sup>4</sup>

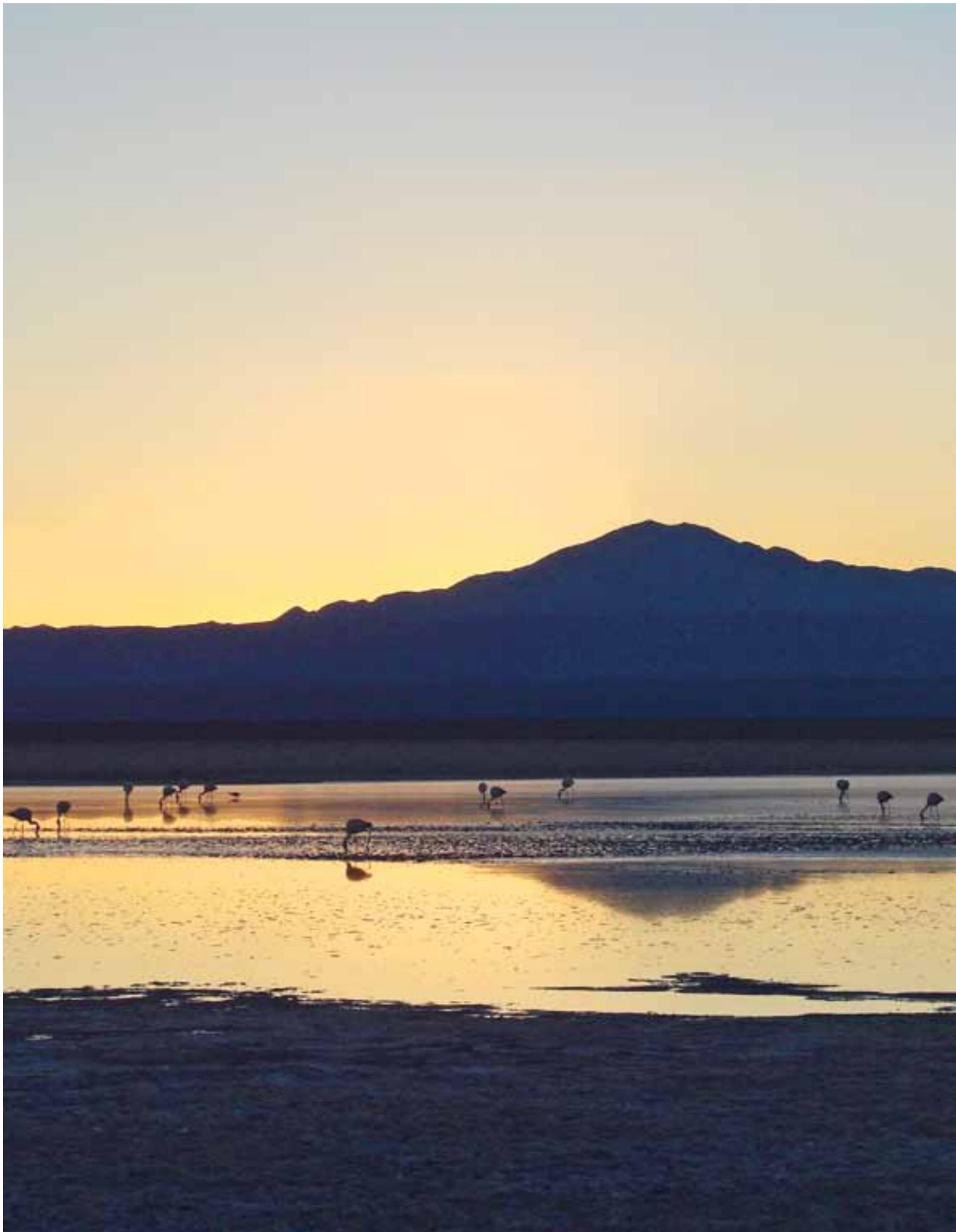
Los humedales andinos corresponden a ecosistemas ampliamente distribuidos en la Cordillera de los Andes, constituyen lugares de alta relevancia en cuanto a diversidad biológica y por su rol en los sistemas productivos de las comunidades locales. Los humedales andinos conforman sistemas con una gran variedad de ambientes, en particular en la zona árida de los Andes, de La Puna Seca. Estos conforman una variedad de tipos<sup>5</sup>, entre ellos: lagos y lagunas de agua dulce (glaciar, volcánico y tectónico), salares, bofedales y turberas, aguas termales y géiseres.

2 (véase la Resolución VII.10, "Resoluciones y Recomendaciones pertinentes")

3 CONAMA-CEA,2007 ; Reglamento Suelo, agua y humedales DS.82/ 2011

4 Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008. Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales Altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC Chile.

5 Ver glosario de términos para los siguientes tipos





Asociados a estos ambientes acuáticos se identifican formaciones densas de ciperáceas inundadas o semi-inundadas, cercanas a lagos y lagunas, vegas, chuscales, entre muchos otros. A medida que aumenta la latitud y el incremento en las precipitaciones, dominan los componentes planctónicos en la columna de agua de lagos y lagunas y comunidades de microalgas bentónicas en los ríos, circunscritos por vegetación de tipo arbórea y/o arbustiva.

### :: 3.2. Breve descripción acerca de patrones de distribución

La región de la Estepa Andina se encuentra en la Cordillera de Los Andes (árida y semiárida), se extiende en el límite con Perú y Bolivia, hasta las montañas andinas de la región de La Araucanía. En esta zona es posible identificar dos subregiones: Subregión del Altiplano y de la Puna y Subregión de los Andes Mediterráneos. Bajo esta clasificación se pueden identificar ciertos tipos vegetales asociados a los ecosistemas acuáticos.

**Localización (ecoregión).** Sistemas Andinos en la Puna y Estepa de los Andes del Sur descritos como sigue:

**Puna Seca:** Bioregión asociada a las altiplanicies andinas caracterizada por fríos intensos, aridez y fluctuaciones diarias de temperatura. Por su latitud está sujeta a drásticos cambios climatológicos estacionales. La vegetación característica para la Puna Seca chilena es la vegetación herbácea y arbustiva<sup>6</sup> (conformada por pequeños pajonales, y arbustos enanos dispersos). Presenta cuencas principalmente endorreicas, en cuyo nivel de base aparecen parches de vegetación azonal en una zona predominantemente desértica. Los humedales típicos que existen en la Puna son: salar, bofedal y vega. Los ecosistemas acuáticos andinos están localizados, por lo general, en alturas que superan los 3.000 msnm a diferencia de los humedales altiplánicos que se localizan sobre los 2.300 msnm.

**Sub región de los Andes Mediterráneos:** Se desarrolla en los Andes Mediterráneos desde la región de Atacama a la región del Maule. En esta sub-región, a diferencia de la sub-región del Altiplano y la Puna, las precipitaciones se concentran en invierno aumentando de norte a sur. La forma de vida predominante en las partes altas son las plantas arbustivas, herbáceas o en forma de cojín, mientras que en las partes más bajas penetran elementos esclerófilos en el norte y caducifolios en el sur.

**Subregión de las Cordilleras de la Araucanía:** Se extiende desde la región del Biobío hasta el norte de la región de Los Lagos, ocupando las partes altas de la Cordillera de Los Andes y la de Nahuelbuta. Presenta condiciones estivales más favorables que la sub-región de las cordilleras patagónicas en el que la presencia de humedales se inserta en una matriz de formaciones de araucaria, bosques del género *Nothofagus* y formaciones de estepa del género *Festuca*.

<sup>6</sup> Ahumada M. y Faundez L., 2009. Guía descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). SAG, Santiago. 118 p.

### 3.3. Clasificación de Humedales

A partir de un enfoque funcional-sistémico, el cual permite subsanar inicialmente las carencias de información a nivel de catastros territoriales, se describieron los Ecotipos de humedales, que corresponden a una familia de humedales, que comparten propiedades, atributos e incluso amenazas. El supuesto fundamental es que los humedales, en términos de biodiversidad, son una expresión de los factores físico-químicos que regulan su estructura y funcionamiento. Este tipo de clasificación permite desarrollar estrategias de manejo orientadas a la conservación y protección de los humedales. (<http://www.sinia.cl/1292/w3-article-41115.html>)

Para los humedales andinos se identifican los siguientes ecotipos (Tabla 1):

**i) Evaporación:** corresponde a humedales controlados por gradiente de salinidad, donde altos niveles de radiación y escasas precipitaciones provocarían la evaporación gradual del agua; **ii) Afloramientos subterráneos:** son sistemas alimentados por aguas subterránea con bajo contenido de sólidos disueltos, y dependiendo de la topografía local alimentan sistemas de evaporación y; **iii) Escorrentía:** sistemas que a pesar de estar localizados en zonas de alta radiación, no alcanzan niveles elevados de salinidad por la influencia de las precipitaciones que lavan permanentemente los cuerpos de agua.

**TABLA 1. Clases de Humedales en Sistemas Andinos según clasificación por Ecotipo.**

Ecotipos	Clase	Nombre común	Ejemplos en Chile
<b>Humedal continental</b>	Evaporación	Salar	Salar de Atacama, Salar de Huasco
	Afloramientos subterráneos	Vega, bofedal, humedal	Parinacota, Jachucoposa,
	Escorrentía	Río, arroyo, esteros, lagos	Río Lluta, Lirima, Collacagua, Lauca, Chungará, Choapa

Asimismo, se han descrito criterios de clasificación para la vegetación de estos ambientes altiplánicos, en particular entre las Regiones de Arica y Parinacota hasta Coquimbo, lo que permite identificar tipos vegetacionales que se describen en la Tabla 2.

Del mismo modo, en la Tabla 3 se indican los tipos vegetacionales azonales asociados a la subregión de los Andes Mediterráneos y subregión de la cordillera de la Araucanía.

**TABLA 2. Vegetación azonal hídrica de la Puna Seca.**

Tipo	Características principales de las formaciones vegetales para cada tipo
<b>Bofedal No Salino</b>	Las especies vegetales que se desarrollan, se caracterizan por presentar crecimiento en cojines en forma semiglobosa, formando cuerpos compactos en superficie. Son plantas muy compactas y entre cojines es posible encontrar especies que crecen formando césped corto.
<b>Bofedal salino</b>	
<b>Pajonal Hídrico No Salino</b>	Especies vegetales de crecimiento cespitoso con desarrollo de follaje aéreo alto (mayor a 40 cm de altura), desarrollando cojines herbáceos de tamaño medio a grandes.
<b>Pajonal Hídrico Salino</b>	
<b>Vega No Salina</b>	Presentan especies vegetales de crecimiento no cespitoso, desarrollando un césped parejo o con desarrollo de pequeños cojines herbáceos.
<b>Vega Salina</b>	

Para conocer el funcionamiento sistémico de humedales altiplánicos revisar publicación SAG, 2009<sup>7</sup>.

**TABLA 3. Vegetación azonal hídrica subregión de los Andes Mediterráneos y subregión de las cordilleras de la Araucanía.**

Tipo	Características principales de las formaciones vegetales para cada tipo
<b>Vegetación pulvinada</b>	Crecimiento compacto, semigloboso típico de formaciones de Potosia clandestina.
<b>Vegetación cespitosa</b>	Crecimiento formando champas, propia de las formaciones de pajas ratoneras y colas de zorro.
<b>Vegetación no cespitosa junciformes</b>	Especies que forman un césped de altura variable en la que dominan especies del género Juncus, Eleocharis y Carex.
<b>Vegetación no cespitosa gramínoideas</b>	Especies que forman un césped de altura variable en la que dominan especies de la familia Poaceae.
<b>Vegetación cespitosa especies hoja ancha</b>	Especies que forman un césped de altura variable en la que dominan especies de hoja ancha.

<sup>7</sup> Ahumada, M. y Faundez, 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. 118p.

## 4. Funcionamiento sistémico de humedales altioplánicos y andinos como ecosistemas

Los humedales pueden ser representados como ecosistemas constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una unidad ecológica. Numerosos autores señalan que los ecosistemas pertenecen a una clase más amplia que los sistemas físicos, ya que éstos son entidades históricas, que poseen memoria de su desarrollo y de los eventos que afectan su comportamiento. Estos componentes generan interacciones a través de las cuales son capaces de modificarse mutuamente, y determinar en último término, los estados futuros del ecosistema.

A diferencia de los ecosistemas terrestres, los humedales suelen presentar una gran variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Esto tiene efectos muy importantes sobre la diversidad biológica que habita en los humedales, ya que deben desarrollar adaptaciones para sobrevivir a estos cambios, que pueden llegar a ser muy extremos, por ejemplo, ciclos hidrológicos anuales con períodos de sequía e inundación extremos.

### ∴ 4.1. El rol de los humedales a nivel de cuenca

Al comparar las propiedades funcionales de los humedales localizados en diferentes cuencas, se observa la ocurrencia de convergencia funcional, “se ven similares”, lo cual responde a que las condiciones climáticas son relativamente homogéneas. En términos estructurales, existen similitudes en función de aquellas especies que son capaces de desplazarse entre ellos (flamencos, zorros, camélidos, entre otros) y microorganismos que son transportados por los vertebrados (como las microalgas). Sin embargo, la composición biológica de los humedales es generalmente específica, debido a que adquieren relevancia factores locales; como los hidráulicos, edafológicos y calidad del agua, e incluso fenómenos de aislamiento geográfico. Esto último, ha dado paso a una exclusiva ictiofauna endémica, característica y única de los humedales altonadinos (Arratia G. 1982<sup>a</sup>, Vila et al 1999, Vila I., Fuentes L., Contreras M., MNHN, Boletín 48; pp 61-75,1999.).

La dinámica natural de los humedales andinos de cuencas endorreicas está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, esto los hace particularmente frágiles. Una disminución en el nivel del acuífero y/o aporte hídrico, origina la compresión de los cuerpos de agua, visible, por ejemplo, en la laguna terminal de estos sistemas, así como reducción de la cobertura de vegetación azonal. Un proceso inverso se experimenta al aumentar los niveles del acuífero.

En cambio, humedales localizados en cuencas exorreicas son alimentados por aguas de diferente origen, por ejemplo; glacial, de escorrentía, precipitaciones, aportes temporales.

Los humedales son un “espejo” de la condición ecológica-ambiental de la cuenca y de los cambios que en ella ocurren, así como también de las actividades que se realicen en el interior del humedal.

#### ∴ **4.2. Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos altoandinos**

Conocer la estructura y las relaciones entre los componentes físicos, químicos y biológicos de los humedales, permitirá determinar si los humedales han sufrido cambios en sus características ecológicas, que se puedan traducir en deterioro o desequilibrio de los procesos y funciones naturales que sustentan el humedal; y de los productos, atributos y valores asociados a estos.

#### ∴ **4.2. Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos andinos**

La estructura de los humedales está dada principalmente por los componentes que lo constituyen, como flora y fauna acuática, vegetación hidrófila, fauna terrestre asociada a la vegetación ripariana, componentes abióticos, y las interacciones que se generan entre cada uno ellos. El funcionamiento corresponde a la expresión dinámica de la estructura del humedal, a través de cambios en los flujos de materia y energía entre los diferentes componentes del ecosistema.

Por esto definir los humedales a partir de la riqueza biológica de algunos componentes, como aves y vegetación ripariana, resulta en una simplificación que no permite el adecuado entendimiento de la estructura de los humedales y por ende, limita fuertemente el desarrollo de planes de manejo destinados a la conservación de los humedales.

##### **4.2.1. Humedales en cuencas endorreicas**

Los humedales altoandinos localizados en cuencas endorreicas se caracterizan por presentar zonas de acumulación de sales por la elevada evaporación, proceso que constituye la principal pérdida de agua del sistema. Este proceso genera gradientes espaciales, desde los puntos de afloramiento de aguas subterráneas (“surgencias”) hacia los sectores de menor altitud (“lagunas terminales”), dando como resultado humedales con una extensión reducida<sup>8</sup> debido a la limitación en la disponibilidad de los recursos hídricos y a los gradientes de salinidad.

Desde un punto de vista ecológico, estos sistemas tienen una elevada riqueza de especies, en respuesta a la heterogeneidad espacial, constituyendo áreas de concentración de la biodiversidad en la región altiplánica (“hot spot”). La estrecha relación que se genera entre las comunidades biológicas y el medio físico, determinan la existencia de dinámicas únicas en cada ecosistema, sobre la base de la sustentabilidad temporal que le imprimen los afloramientos de aguas subterráneas.

##### **4.2.1.1 Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos**

El afloramiento del agua subterránea en el perímetro de los salares permite el desarrollo de un escurrimiento superficial cerrado, donde es posible distinguir una zonificación espacial en tres regiones: un bofedal o vega, un canal y una laguna terminal (Figura 1).

<sup>8</sup> Definición: Humedales constituidos por cuerpos de agua (lóticos y lénticos) y la vegetación azonal que los rodea.

Las características de cada una de estas zonas se describen a continuación:

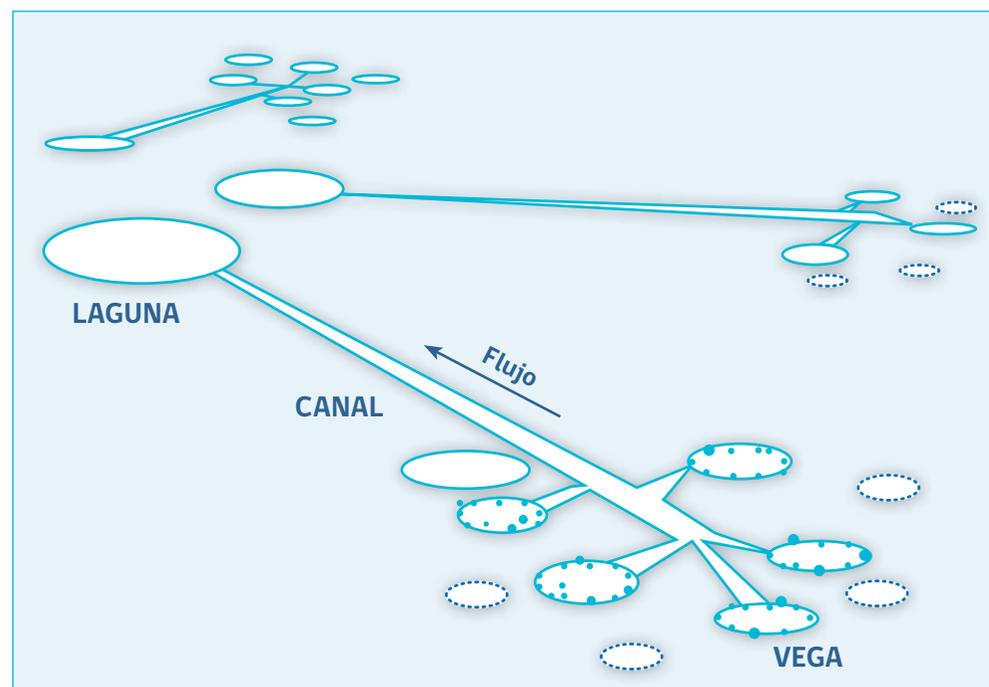
**Vega o bofedal:** zona cercana al afloramiento que se encuentra generalmente fuera del salar, donde el confinamiento del acuífero superficial que genera la costra salina es bajo. Al no encontrarse el acuífero confinado el nivel freático se encuentra cercano a la superficie del terreno, y por lo tanto, los niveles de humedad del suelo son adecuados para el crecimiento de la vegetación de tipo azonal.

**Canal-Laguna:** canales y lagunas tienen características hidrodinámicas que permiten diferenciarlos. Sin embargo, existe un continuo de procesos a lo largo del eje longitudinal que impide su análisis por separado. El principal eje conductor es que a lo largo del escurrimiento, la evaporación del fluido es un fenómeno que actúa constantemente. De esta forma, al ocurrir ésta, simultáneamente aumenta la concentración de sales.

Si la salinidad del agua sobrepasa un cierto valor, aproximadamente 200 g/l, comienzan a ocurrir procesos de precipitación de sales. Dado que estas concentraciones son posibles de registrar en los lugares más alejados de la vertiente, la precipitación de sales explica la presencia de costras salinas en dichos lugares y los cambios temporales registrados en el tamaño y forma de las lagunas-canales.

La evaporación es un fenómeno inversamente proporcional a la salinidad del agua, es decir, a mayor salinidad menor es la tasa efectiva de evaporación, alcanzando un valor nulo para salinidades del orden de 200 g/l, aproximadamente.

**FIGURA 1. División estructural en vega, canal y laguna terminal de humedales altioplánicos. Centro de Ecología Aplicada, 2006, documento inédito.**



Las comunidades biológicas en los humedales de cuencas endorreicas, están distribuidas en subsistemas (“compartimientos”), donde se desarrollan tramas tróficas específicas a las condiciones locales. Los subsistemas son:

- i) ecosistema acuático con baja salinidad,
- ii) ecosistema acuático con alta salinidad y
- iii) un cinturón de vegetación hidrófila terrestre que rodea fundamentalmente las lagunas con baja salinidad.

Las interacciones ecológicas entre los subsistemas son bajas, dado que están definidas por los límites de tolerancia ambiental de las especies. Es importante destacar que la interacción entre el escurrimiento de las aguas y la evaporación, produce fuertes gradientes de salinidad en el agua y suelo. El funcionamiento en estos ambientes corresponde a la expresión dinámica de la estructura del humedal, a través de cambios en los flujos de materia y energía entre los diferentes componentes del ecosistema.

A continuación se describen conceptualmente los atributos estructurales y funcionales de cada uno de los subsistemas:

**Ecosistema acuático de baja salinidad:** tiene un tiempo de residencia bajo, donde los patrones de escurrimiento del agua y el sustrato determinan la distribución de la vegetación vascular acuática, base de la trama trófica que sostiene a la avifauna (ej. taguas, patos). Las macrófitas constituyen la principal fuente de carbono del sistema, sustentando una rica fauna de invertebrados donde se entrelazan herbívoros y consumidores secundarios (peces y anfibios). Los predadores tope del ecosistema están compuestos por aves ictiófagas.

**Ecosistema acuático de alta salinidad:** tiene un tiempo de residencia mayor con predominio de los componentes planctónicos y bentónicos. El mayor tiempo de residencia favorece la evaporación del agua y la precipitación de sales, modificando las condiciones de hábitat a tipo léntico. La relevancia ecológica de este sistema acuático es que mantiene estacionalmente poblaciones de flamencos, las cuales se alimentan y reproducen. La trama trófica que sostiene a las poblaciones de flamencos, se basa en la producción primaria de las microalgas bentónicas que se desarrollan en forma de tapetes, las que acopladas con diferentes grupos funcionales de bacterias producen carbono suficiente para la fauna de invertebrados y aves, que las utiliza como principal recurso alimentario.

**Vegetación hidrófila:** En las vegas o bofedales es posible encontrar diversos tipos de vegetación en función de la disponibilidad del recurso hídrico, características de sustrato y afloramientos salinos. La vegetación estrechamente relacionada con el recurso (hidrófilas), se encuentra confinada a una banda angosta en torno al escurrimiento. La reducción del nivel freático por efectos de la extracción subterránea ejerce un efecto directo sobre la extensión vegetacional de las vegas, disminuyendo la cobertura de las franjas.

#### 4.2.1.2. Estructura y funcionamiento de la vegetación azonal

Los humedales presentan un patrón de distribución azonal, lo que corresponde a un modelo de distribución de una comunidad o especie que responde fundamentalmente a condiciones

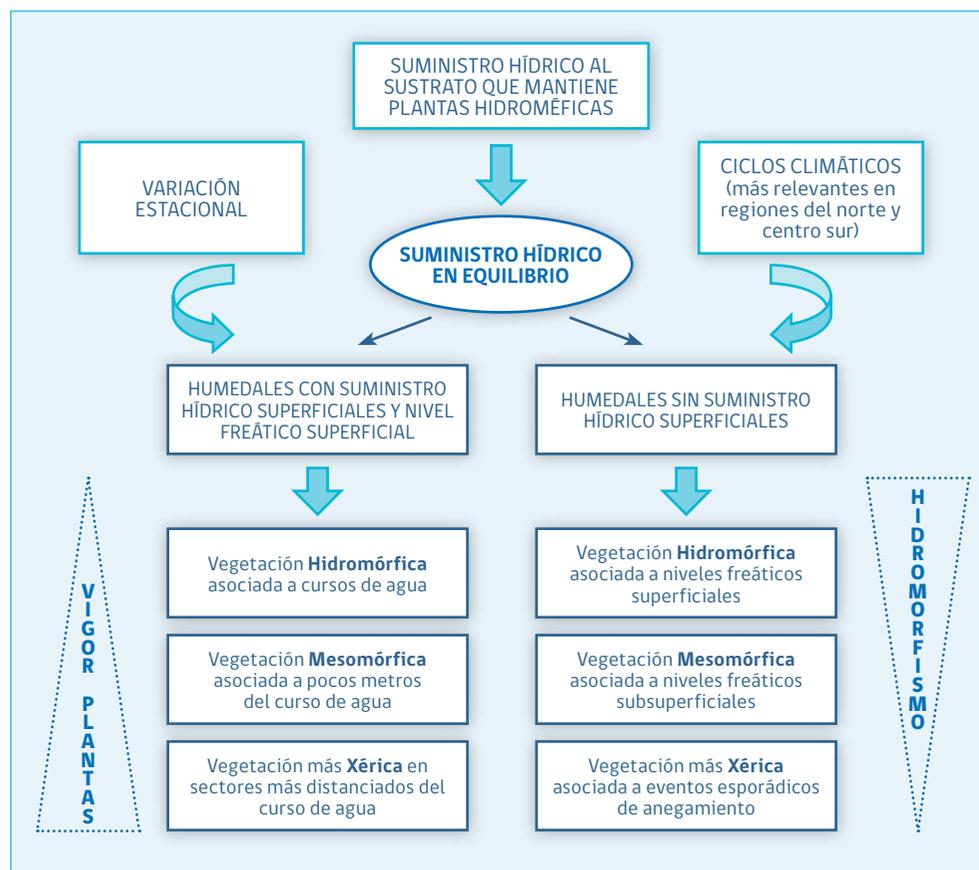
locales, y para el caso de los humedales están acotadas a características de sustrato, suministro hídrico y en el caso de humedales altioplánicos a afloramiento salino.

Los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento de las especies vegetales que lo componen (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, asociados a la Cordillera de Los Andes, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 30% normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50 %).

Además, corresponden a los sistemas de mayor productividad en las áreas en las que se ubican, constituyéndose en elementos funcionales de alta significación para los ecosistemas relacionados.

En la Figura 2 se describen los componentes que determinan la presencia de los diferentes tipos de Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Andinos. En publicación SAG, 2009 revisar detalles del modelo conceptual.

**FIGURA 2. Componentes para los SVAH Andino**



#### 4.2.2 Humedales en cuencas exorreicas

Los humedales en cuencas exorreicas desaguan sus aguas inexorablemente hacia el mar, donde el aumento en las precipitaciones y pendiente del terreno limita el proceso de salinización de las aguas, adquiriendo mayor relevancia las condiciones hidráulicas e hidrodinámicas de los cuerpos de agua en relación a la carga de nutrientes y/o sedimentos desde las cuencas de avenamiento.

En términos generales, en los humedales podemos encontrar 2 tipos de sistemas acuáticos: ríos y lagos. A diferencia de los ríos, los lagos tienen altos tiempos de retención y con ello cambian también los tipos de hábitat y especies presentes. Desde el punto de vista físico, los agentes atmosféricos (viento, radiación solar) adquieren una importancia mayor respecto de la influencia de los caudales afluentes. La química y biología de estos ambientes estará condicionada por las fluctuaciones de temperatura, dado su condición de mezcla y la disponibilidad de oxígeno<sup>9</sup>.

##### 4.2.2.1 Subsistemas lóticos (ríos)

Los ríos son ecosistemas lineales que evacuan hacia el océano el agua caída sobre las masas continentales. Esta transferencia gravitacional hace que se disipe la energía potencial contenida en el agua, dando como resultado modificaciones importantes en la morfología de los cauces fluviales. El proceso hidráulico derivado de esta pérdida se desarrolla en forma previsible, de manera que las morfologías adoptadas por los diversos ríos del mundo son muy parecidas entre sí cuando son similares las condiciones topográficas, altitud y pluviosidad.

Además, las condiciones geográficas de una determinada cuenca fluvial pueden imponer ciertas características específicas a los ríos. En efecto, existen mayores diferencias entre los distintos sectores de un mismo río que entre sectores homólogos de ríos distintos. De ahí que los estudios ecológicos de los ríos tiendan a considerar divisiones altitudinales de los sistemas fluviales, con criterios físicos, químicos y/o biológicos, en vez de considerar el sistema en su conjunto desde el nacimiento hasta la desembocadura. Sin embargo, tales subdivisiones se realizan sólo para facilitar el estudio, ya que todo sistema fluvial debe tomarse en última instancia como un todo que presenta una gradación de características a lo largo de su curso.

Los ríos chilenos al drenar la vertiente occidental de la cordillera de los Andes y desembocar en el Pacífico, con la excepción de aquellos que drenan las planicies altiplánicas y que corren en cuencas paralelas al valle central, son cortos y torrenciales. Esta característica influye fundamentalmente en la carga de sólidos que arrastran las aguas.

Tal como está ampliamente detallado en la literatura, mayor es la carga y el tamaño de las partículas que arrastra la corriente, en sistemas de características torrenciales. Este hecho influye directamente tanto en la morfología fluvial como en la calidad química de las aguas, dado que el flujo alto tiende a incrementar la acción erosiva y a transportar mayor cantidad de material en suspensión.

---

9 Conceptos y criterios par la evaluación ambiental de humedales, SAG- CEA, 2007

Este material particulado en suspensión, en contacto con el agua, es transformado y degradado a través de procesos físico-químicos y/o biológicos, dando como resultado las características químicas al agua. En la zona central de Chile, al disminuir los caudales durante el período estival, el flujo se reduce progresivamente hasta alcanzar el flujo basal. En ese momento las masas hídricas permanecen mayor tiempo en el río, depositando la mayor parte de su carga de material particulado.

En los ríos se pueden distinguir dos zonas: ritón y potamón. Se define el ritón como la región que se extiende desde las fuentes de origen del curso de agua, hasta el punto en que las temperaturas medias mensuales ascienden a 20°C, con concentraciones de oxígeno elevadas. La corriente es rápida y turbulenta y el lecho se compone de rocas, piedras o grava, con espacios ocasionales de arena o limo.

Aguas abajo comienza el potamón, en donde aumenta la temperatura del agua, la concentración de oxígeno y las velocidades de escurrimiento se reducen, cambiando significativamente las condiciones del hábitat y del lecho del río con sedimentos más finos.

Los ríos en las zonas andinas corresponden fundamentalmente al tipo ritrónico, siendo su metabolismo fundamentalmente heterotrófico, donde la materia orgánica alóctona es la principal fuente de carbono que sostiene la trama trófica de los metazoos. La materia orgánica es degradada progresivamente por diferentes grupos funcionales de invertebrados acuáticos, los que constituyen la principal fuente de alimento de la fauna íctica.

La biodiversidad de los ríos ritrónicos está constituida principalmente por larvas de insectos y peces, siendo estos últimos las especies más características. La fauna íctica de las aguas continentales de Chile sólo alcanza a 44 especies (Vila et al. 1999<sup>a</sup>; Dyer, 2000<sup>a</sup>; Habit et al., 2006). De estos, 24 (54%) son endémicos de Chile, un número bajo, si se lo compara con otras regiones biogeográficas del mundo<sup>10</sup>. Sin embargo, algunas especies tienen un hábitat restringido, como es el caso de las Orestias, descritas exclusivamente en humedales andinos<sup>11</sup>. Esta condición de las especies ícticas nativas las hace vulnerables y singulares y consecuentemente.

Los ecosistemas lóticos de Chile Central y Sur están regulados por el origen del carbono orgánico, proceso que depende en último término de las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas propias de cada río (Contreras, 1998). Sin embargo, existen otros factores que influyen en la organización de estos ecosistemas, como los sedimentos y temperatura del agua.

Para ampliar la información sobre el funcionamiento sistémico de los ríos revisar publicación de la DGA (2009)<sup>12</sup>.

10 I.Vila, M. Contreras, L. Fuentes, 1999. Peces Límnicos de Chile. Boletín MNHN, Chile 48:61 -75 (1999).

11 Vila, I, Veloso, A., Schlatter, R. & C. Ramirez. 2006 Macrófitas y vertebrados límnicos de Chile". Editorial Universitaria. Santiago. Chile 13 -19 pp

12 DGA. 2009. Determinación de Caudales Ecológicos en Cuencas con Fauna Ictica Nativa y en Estado de Conservación. S.I.T. N° 187. MOP. 192 pp.

>> Salar de Pedernales, sitio prioritario Atacama.



#### 4.2.2.2 Ecosistemas lenticos (lagos)

La principal característica de los lagos, es que son extensos volúmenes de agua almacenada, con altos tiempos de retención. Esta diferencia implica que las velocidades de flujo son bajas, midiéndose en término de centímetros por segundo o incluso milímetros por segundo. Producto de esta dinámica en la hidráulica de lagos y embalses, encontramos un predominio de especies planctónicas-pelágicas por sobre las bentónicas, éstas últimas propias de los ríos..

Desde el punto de vista físico, los agentes atmosféricos (viento, radiación solar) adquieren una importancia mayor respecto de la influencia de los caudales afluentes o efluentes en la dinámica de un lago o embalse. Un ejemplo de lo anterior se observa del estudio de la variación estacional de temperatura del cuerpo de agua. Para un lago temperado, es usual encontrar que la temperatura aumenta en verano, y disminuye en invierno por efecto del intercambio calórico entre la superficie del lago y la atmósfera.

El aumento de la temperatura superficial durante el verano significa que la densidad del agua disminuye en la superficie respecto de la densidad del agua profunda. La cantidad de energía necesaria para producir la mezcla es directamente proporcional a la diferencia de densidades entre la zona superficial y la profunda del cuerpo de agua. Este proceso se conoce como estratificación, es así como en un cuerpo de agua estratificado puede distinguirse “dos capas” o estratos, de densidad homogénea que interactúan continuamente. Usualmente, el estrato superficial se conoce como epilimnion, el profundo como hipolimnion y el intermedio como metalimnion o termoclina, en caso que la estratificación sea por temperatura.

La principal relación existente entre los procesos físicos y la respuesta química y biológica de un lago, es el tiempo de retención. Este parámetro da cuenta del tiempo medio que el agua está dentro del lago. La relación entre este parámetro y la dinámica químico-biológica es que, si el tiempo de retención es alto, entonces la dinámica del cuerpo de agua está gobernada principalmente por los procesos internos, (por ejemplo: crecimiento del fitoplancton y zooplancton, reacciones químicas, entre otros). En caso contrario, para tiempos de retención bajos la dinámica del cuerpo de agua está gobernada principalmente por las condiciones de los afluentes que lavan continuamente el cuerpo de agua.

Entre las principales funciones de los lagos esta la capacidad de producción de materia orgánica autóctona; proceso que se denomina eutrofización. Si al sistema ingresa un contenido mayor de nutrientes que la capacidad de carga del sistema, este proceso afectará negativamente su funcionamiento. De esta forma, los lagos pasan de un estado de bajo contenido de materia orgánica (oligotrófico) hacia un estado de alto contenido de materia orgánica (eutrófico), siendo este proceso unidireccional e irreversible.

Para ampliar la información sobre el funcionamiento sistémico de los lagos revisar publicación del SAG (2007)<sup>13</sup>.

13 Servicio Agrícola y Ganadero-Centro de Ecología Aplicada (2007). Guía conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. ([http://www.sinia.cl/1292/articles-41304\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-41304_recurso_1.pdf)).

### ❖ 4.3. Criterios para la delimitación de humedales andinos

La presencia de humedales está determinada por características sitio-específico, que establecen un nivel de hidromorfismo mínimo para el desarrollo de espejos de aguas y/o de condiciones de sustrato saturado. Esto permite la presencia de especies que requieren mayor contenido de humedad en el sustrato.

La mantención de humedad a nivel de sustrato se lleva a cabo a través de los procesos de infiltración lateral, ascenso capilar o por inundación superficial. En cualquiera de estas tres formas que se materialice el suministro hídrico, se deben tener en cuenta, la permanencia y recurrencia de este fenómeno. Si la condición de humedad en el sustrato es permanente, la vegetación presente es más hidromórfica (Ciperáceas y juncáceas) y los contenidos de materia orgánica son más altos; es precisamente en este tipo de sitios en el que la vegetación es más sensible a disminuciones en los aportes hídricos.

A medida que el sistema se hace menos hidromórfico, la vegetación presente es menos hídrica, lo que se manifiesta visualmente en coberturas menores, plantas menos vigorosas, mayor cantidad de rastrojo y período de crecimientos más restringido. De igual forma, a menor contenido de humedad en el sustrato, el contenido de materia orgánica es menor.

Lo anterior permite establecer que los principales criterios para delimitar los humedales son:

- Profundidad de la napa freática (“water table”), definido por el nivel donde el suelo esta 100 % saturado de agua.
- Características de crecimiento y arquitectura de vegetación hidrófila y zonal hídrica.
- Riberas de los cursos de agua (canal-laguna), ríos y lagos, definidos por la tasa de retorno de 100 años (TR100).

Al delimitar espacialmente los humedales, implícitamente se establecen los umbrales requeridos para su mantención.

La definición de la superficie a conservar depende de cada humedal. Es posible plantear la superficie actual como ecosistema de referencia, o bien, establecer un rango en función de la superficie histórica.

Los niveles freáticos son un referente ambiental importante para la vegetación hidrófila de bofedales y vegas. Se considera que un nivel freático entre 1 a 1.5 m de profundidad constituye un umbral máximo. Niveles freáticos por debajo de 1.5 m de profundidad, provocan el “colgamiento” de la vegetación hidrófila, desconectando la vegetación de los recursos hídricos subterráneos. Estos umbrales deben ser calibrados para cada humedal en particular, en función del tipo de vegetación.

Para el caso de lagos y ríos, la extensión definida por la tasa de retorno de 100 años, establece la máxima expresión areal del humedal, constituyéndose en un referente respecto de su condición actual. Es importante señalar que la diferencia areal entre la condición actual y TR100, puede tener su origen en procesos naturales y/o antrópicos.

---

## 5. Perturbaciones a la dinámica de los humedales andinos

---

Las perturbaciones son procesos que afectan la estructura y funcionamiento de los humedales. Dependiendo de su comportamiento, pueden ser de 2 tipos: **i)** presión, donde el proceso actúa por un período prolongado de tiempo, y **ii)** pulso, donde existe un evento único.

Dentro de este último tipo se encuentran las perturbaciones catastróficas, que son eventos de corta duración pero de alta intensidad. En función del origen, las perturbaciones pueden ser naturales o antrópicas, aún cuando los efectos que generan sobre los humedales pueden ser similares.

Las perturbaciones de tipo natural modifican los humedales, pero son procesos que forman parte de la dinámica de los sistemas (ej. crecidas). Los sistemas tienen la capacidad de resistir o absorber el efecto de las perturbaciones naturales mediante la duplicación de las funciones ecosistémicas o estadios de resistencia, entre otros. A esto se le llama capacidad de resiliencia o buffer.

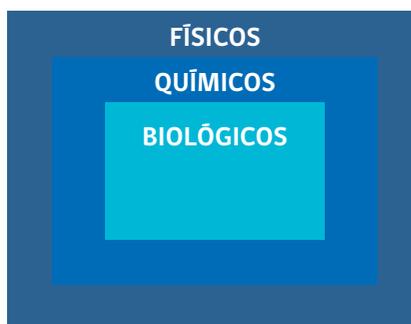
En cambio, las perturbaciones antrópicas son con frecuencia procesos o materiales “no conocidos” por los sistemas y, por ende, los efectos pueden ser muy variables, generalmente negativos (ej. Contaminación o extracción hídrica sostenida).

Tal como se indicó anteriormente, los humedales son regulados principalmente por factores como el caudal, las condiciones climáticas y los nutrientes, entre otros. Sin embargo, no todos los factores tienen la misma jerarquía de importancia en cuanto a su rol como factor forzante.

En la Figura 5.1 se presenta en forma muy simple la jerarquía de los factores que regulan los humedales. De ella se desprende que los factores físicos son los más importantes, luego los químicos y por último, los biológicos. Esto se puede ejemplificar de la siguiente manera: si se agrega una cantidad de nutrientes extremadamente alta a un humedal y no ocurren cambios en su condición trófica, es posible suponer que los tiempos de residencia sean bajos. O bien, si se incorporan peces herbívoros a un humedal para controlar la biomasa de plantas acuáticas sin ningún resultado, es de suponer que el humedal presenta una carga de nutrientes alta. En cambio, una alteración en los caudales modifica inmediatamente la masa de los componentes bióticos y abióticos.

Los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos, son una expresión de las condiciones físicas y químicas que se producen en la columna de agua y sedimentos, modulados por factores forzantes externos. De este modo, cualquier cambio en el comportamiento de ambas matrices, generará cambios en la composición y abundancia de las comunidades acuáticas.

**FIGURA 3. Distribución jerárquica de los factores que controlan los humedales.**  
**Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2006, documento inédito.**



Dependiendo de la naturaleza de la perturbación, será la calidad y magnitud del efecto que se genera sobre el ecosistema. De este modo, podemos señalar que perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia del sistema, llevándolo a un estado diferente del observado en condiciones naturales.

Por el contrario, perturbaciones de tipo biológico pueden afectar a un componente específico de los ecosistemas. En la Tabla 4 se describen a escala del sistema, las perturbaciones que pueden alterar la dinámica de los humedales, cada una de ellas generan efectos sobre la estructura y funcionamiento de los mismos.

La identificación de las perturbaciones permitirá acotar los alcances de la información requerida para su evaluación y seguimiento e incluso optimizar las medidas destinadas a la protección y/o recuperación de los humedales.

**TABLA 4. Perturbaciones en función de los Ecotipos**

Ecotipo	Perturbación/Amenaza		
	Físico	Químico	Biológico
<b>Evaporación</b>	Extracción agua subterránea y superficial. Quema vegetación.	Descargar Riles con alta concentración sales y/o compuestos orgánicos.	Sobrepastoreo.
<b>Afloramientos subterráneos</b>	Extracción agua subterránea y superficial. Quema vegetación.	Descargar Riles con alta concentración sales. Actividad agrícola.	Sobrepastoreo. Introducción especies exóticas. Depredadores domésticos (gatos y perros).
<b>Escorrentía</b>	Extracción agua superficial. Deforestación. Embalses. Drenaje.	Descargar Riles con alta concentración nutrientes.	Deforestación de la vegetación ripariana. Sobrepastoreo. Especies exóticas invasoras.

**Fuente:** Protección y Manejo de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica. CONAMA- CEA. 2007 <http://www.sinia.cl/1292/article-41115.html>

## 5.1. Variables de cambio relevantes para evaluar humedales a diferentes escalas

Los sistemas ecológicos o ecosistemas pueden ser estudiados y monitoreados desde múltiples perspectivas y a las más diversas escalas de tiempo y espacio. La dinámica y estructura de los ecosistemas es “escala dependiente”; esto es, el ecosistema se “verá” distinto según la escala a la que se observe. Es por ello que resulta vital, en las etapas iniciales del monitoreo ambiental, definir más de un escala, espacial y temporal (ver Acápite 8).

El uso de variables de cambio a diferentes escalas, permite evaluar fenómenos que son escala dependiente y que pueden ser afectados por procesos cuyo origen está en otra escala. Como por ejemplo, fenómenos climatológicos globales (fenómeno del Niño), regionales (invierno boliviano), locales (evaporación, disponibilidad recursos hídricos) sobre la dinámica de los humedales. La importancia del enfoque multiescalado radica en que permite evaluar el peso relativo de cambios derivados por procesos naturales versus aquellos que tienen su origen en actividades antrópicas.

Cada uno de los elementos bióticos y abióticos que componen la estructura de los humedales responde a las condiciones ambientales en función de sus atributos internos (límites de tolerancia ambiental) y externos (interacciones y agentes forzantes). De este modo, podemos utilizar componentes del humedal para monitorear su “estado” (ej. bioindicadores), y trasladar esa condición al estado del humedal. Para esto, debemos utilizar el supuesto de que el componente escogido representa fielmente la condición global de humedal, o bien, es el componente más sensible que permite detectar cambios tempranos.

Es evidente que cuando se desconocen las características básicas de los componentes bióticos y/ abióticos, su uso como bioindicadores es limitado. En este contexto, la identificación de variables de estado de los humedales, permite analizar la condición global del humedal sin la necesidad de un análisis detallado de su estructura.

Las variables de estado son aquellas que describen el comportamiento global de los humedales y se describen en el Acápite 8 en el Programa de seguimiento ambiental.



A. FIGUEROA

>> Río Juncal, Sitio Ramsar Parque Andino Juncal, región de Valparaíso.

## 6. Descripción de Línea de Base

La descripción de línea de base corresponde a la información necesaria para describir la condición basal o natural del humedal, bajo el entendido que no existen perturbaciones de origen antrópico que alteren la dinámica de los ecosistemas.

### 6.1 Parámetros componente hídrico:

A continuación se describen los parámetros mínimos que deben ser considerados para caracterizar la línea base de un humedal:

#### a) Componente hídrico:

- Caudal superficiales
- Nivel freático, niveles subterráneos, altura de escurrimiento, nivel hidrométrico, según las características del humedal.
- Variables meteorológicas: dirección e intensidad del viento, T° del aire, precipitaciones, radiación total, evaporación.

#### b) Escala:

La escala de representación de la información será mayor o igual a 1:10.000.

#### c) Estacionalidad de muestreo:

La caracterización temporal de la línea de base considerara al menos períodos extremos, utilizando como criterios el régimen climático y/o hidrológico.

#### d) Metodologías:

Se deberán utilizar las metodologías establecidas en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA).

## ∴ 6.2. Parámetros componente acuático

A continuación se describen los parámetros mínimos que deben ser considerados para caracterizar la línea base de humedal:

### a) Parámetros fisicoquímicos medidos en terreno: temperatura del agua, conductividad, pH, salinidad, oxígeno disuelto. Potencial redox sedimentos.

Mediciones complementarias en laboratorio: Nutrientes (Fósforo total, nitrógeno total, Nitratos, Nitritos, amonio, ortofosfato, Sílice), STD, STS, Turbidez.

### b) Parámetros biológicos:

Composición específica: considerará la descripción a nivel específico o el mejor nivel de resolución taxonómico disponible para las comunidades de fitobentos, zoobentos, fitoplancton, zooplancton, macrófitas, fauna íctica, y/o otros grupos taxonómicos asociados o dependientes directamente del sistema acuático.

- **Biomasa:** cuantificación con métodos directos de la concentración de clorofila a en columna de agua y sedimentos, carbono orgánico total en columna de agua y sedimentos.

La caracterización de la composición específica de los componentes biológicos considerara estaciones de referencia en los compartimientos mayores -laguna, canal, vertiente- en cambio, la cuantificación de la biomasa debe representar la heterogeneidad espacial del humedal.

### c) Escala:

La escala de representación de la información será mayor o igual a 1:10.000.

### d) Nivel de discriminación:

El nivel de discriminación será de 0,25 cm<sup>2</sup> a la escala de trabajo seleccionada.

### e) Estacionalidad de muestreo:

La caracterización temporal de la línea de base considerara al menos períodos extremos, utilizando como criterios el régimen climático y/o hidrológico.

#### **f) Metodologías:**

La obtención de las muestras de los parámetros fisicoquímicos se realizará de acuerdo a lo establecido en las siguientes normas:

- NCh 411/2.Of96 sobre Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- NCh 411/3.Of96 sobre Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
- NCh 411/10-2005 sobre Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Muestreo de aguas residuales-recolección y manejo de las muestras.

El análisis de las muestras se realizará en un laboratorio acreditado por el INN, siguiendo los métodos establecidos por la EPA (Estándar Methods).

Los componentes biológicos serán analizados utilizando metodologías o guías aceptadas científicamente y aprobadas por el MMA o SUBPESCA.

Los siguientes son los Protocolos establecidos por el MMA para biota acuática:

1. Protocolo de Muestreo y Análisis de Macroinvertebrados Bentónicos.
2. Protocolo de Muestreo y Análisis de Perifiton.
3. Protocolo de Muestreo y Análisis de Zooplancton.
4. Protocolo de Muestreo y Análisis de Macrófitas.
5. Protocolo de Muestreo y Análisis de Fitoplancton.
6. Protocolo de Muestreo y Análisis de Fauna Íctica.

### **6.3. Parámetros componente terrestre**

A continuación se describen los parámetros mínimos que deben ser considerados para caracterizar la línea base de humedal:

#### **a) Vegetación:**

- Formaciones vegetacionales (agrupar según especies dominantes y arquitectura de crecimiento de las especies).
- Superficie por formación vegetal (interpretación sobre imagen de resolución apropiada)
- Cobertura específica por formación vegetacional (composición específica de acuerdo a la toma de un determinado número de puntos en terreno, idealmente 100 puntos por formación).
- Características de sustrato (porcentaje de materia orgánica, salinidad y profundidad a través de análisis de suelo en terreno a través de barreno o calicata).

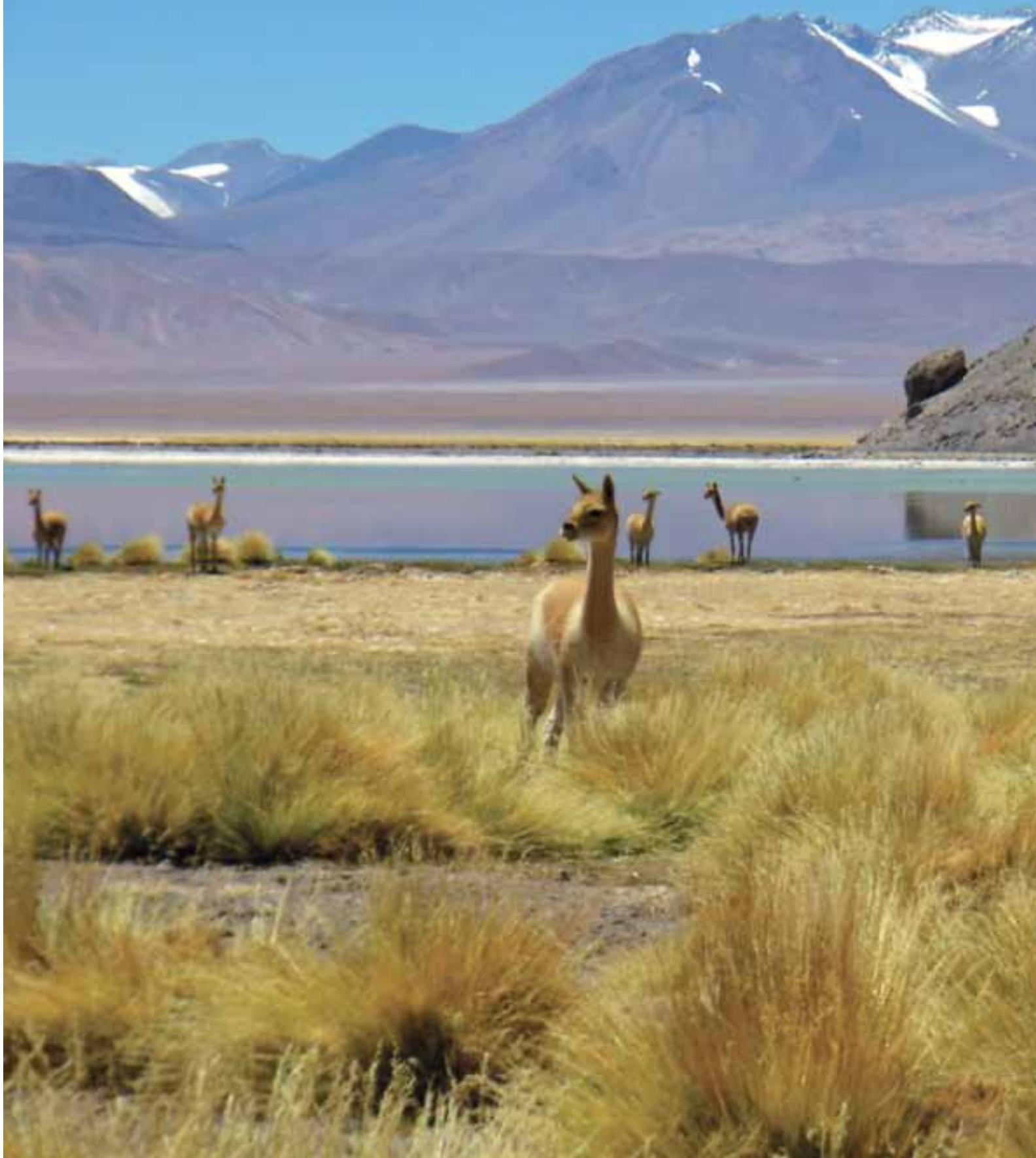
#### **b) Fauna:**

Composición y abundancia de la fauna vinculada permanentemente o temporalmente con el humedal.

#### **c) Escala:**

La escala de representación de la información será mayor o igual a 1:10.000.

>> Laguna Sta. Rosa, Parque Nacional  
Nevado Tres Cruces y sitio Ramsar Laguna  
Negro Francisco y Sta. Rosa, Atacama.



**d) Nivel de discriminación:**

El nivel de discriminación será de 0,25 cm<sup>2</sup> a la escala de trabajo seleccionada.

**e) Estacionalidad de muestreo:**

La caracterización temporal de la línea de base considerara al menos el período de mayor actividad de las especies dominantes y codominantes, o bien, períodos extremos, utilizando como criterios el régimen climático y/o hidrológico.

**f) Metodologías:**

Se deberán utilizar metodologías aceptadas científicamente o guías metodológicas aprobadas por el SAG.

## 7. Plan de monitoreo y seguimiento ambiental de humedales andinos

El desarrollo de un monitoreo y seguimiento ambiental para un determinado humedal, tiene como objetivo principal la detección temprana de las desviaciones en la estructura y funcionamiento del ecosistema que podrían ocurrir debido a la existencia de perturbaciones de origen antrópico (amenazas). Es decir, es necesario detectar cambios referidos a la condición natural previa o las características de un humedal de referencia. Esta actividad permitirá “reconocer cambios en las condiciones ecológicas de un humedal durante un determinado período de tiempo, a través de un proceso de medición, predicción y evaluación”.

A su vez, los indicadores de alerta temprana se pueden definir como “las respuestas físicas, químicas o biológicas, a un factor de tensión determinado, que preceden a la aparición de efectos que potencialmente pueden ser significativamente desfavorables en el sistema objeto de interés”. Los objetivos de evaluación para proteger el humedal, pueden estar dados por:

- a) Detección temprana de cambios severos y crónicos sobre la estructura y funcionamiento del humedal, lo que aporta información para prevenir impactos importantes en el medio ambiente.
- b) Evaluación de la magnitud del impacto mediante la medición de indicadores de biodiversidad, estado de conservación y/o la respuesta a nivel de la población, comunidad o el ecosistema.

La existencia de un programa de monitoreo y reconocimiento eficaz es un requisito previo para determinar si un humedal ha sufrido o no un cambio en sus características ecológicas. Dicho programa es un componente integral de cualquier plan de manejo de humedales y debería permitir evaluar la amplitud y lo significativo del cambio.

El monitoreo debería establecer la amplitud de la variación natural de los parámetros ecológicos dentro de un tiempo determinado. El cambio en las características ecológicas se produce cuando estos parámetros se sitúan fuera de sus valores normales.

## 7.1. Diseño del plan de seguimiento ambiental

Para el diseño de un programa de monitoreo se deben considerar los siguientes aspectos básicos: variable(s) de estado, control espacio-temporal coherente de la(s) variable (s) de estado y las actividades antrópicas que ejercen presión sobre los humedales.

El control espacio-temporal implica determinar dónde y cuándo deben medirse las variables de estado, en función de los atributos específicos de cada humedal y actividad antrópica a monitorear. Debe existir coherencia entre la definición del área de impacto al ecosistema acuático, con el área y período más sensible del humedal (dependientes de la localización territorial y ecotipo de humedal).

### 7.1.1 Componentes ambientales

Los componentes ambientales corresponden a los compartimientos del ecosistema que se consideran relevantes en términos de su estructura y funcionamiento:

Componente hídrico, considera el análisis de sus características físicas.

Componente acuático, considera el análisis de sus características limnológicas.

Componente terrestre, considera el análisis de la vegetación, suelo y fauna.

### 7.1.2 Escalas

La escala a utilizar se adecuará según los objetivos, cambios globales asociados a modificaciones areales y/o cambios puntuales en sitios específicos. En cualquier caso se implementaran 2 escalas de análisis complementarias: sistema y global.

Para analizar la condición ambiental de los humedales será necesario delimitarlo espacialmente según los criterios planteados en el punto 4.3, para lo cual se establecen las escalas mínimas requeridas para su descripción:

- **Sistema:** escala mayor a 1:10.000, considera la envolvente definida por la presencia de vegetación hidrófila (halófitas) y sistemas hídricos asociados (se incluyen los subsistemas).
- **Global:** escala menor a 1:50.000, considera la cuenca aportante es su totalidad.

### 7.1.3. Duración del Monitoreo

A continuación en la Tabla 6 se describe la duración de monitoreo por componente:

**TABLA 6. Duración de monitoreo por componente ambiental**

Componente	Extensión
Hídrico	Monitoreo permanente durante el desarrollo del proyecto o actividad, con evaluación de datos históricos cada dos temporadas.
Acuático	Monitoreo permanente durante el desarrollo del proyecto o actividad, con evaluación de datos históricos cada dos temporadas.
Terrestre	Monitoreo permanente durante el desarrollo del proyecto o actividad, con evaluación de datos históricos cada dos temporadas. En caso de sistemas sin intervención será considerado 1 monitoreo cada 4 años.

### 7.1.4. Puntos de monitoreo

La Tabla 7 describe el número mínimo estaciones por componente:

**TABLA 7. Cantidad y localización mínima de puntos de monitoreo**

Componente	Cantidad y localización puntos monitoreo
Hídrico	Un punto de monitoreo por cada tributario que aporte al balance hídrico del humedal y un punto de monitoreo por cada compartimiento hidrodinámico del humedal.
Acuático	Un punto de monitoreo por cada compartimiento hidrodinámico del humedal, para el caso de los lagos considerar diferentes estratos verticales. Para el caso de la cuantificación de la biomasa se deberá realizar un muestreo extensivo en cada compartimiento hidrodinámico, para representar la heterogeneidad espacial del humedal.
Terrestre	Un punto de muestreo (unidad de paisaje homogéneo o transecta) por cada tipo vegetacional hidrófila -halófila clasificado. Considerar para el seguimiento, los diversos tipos vegetacionales involucrados en el área de influencia, priorizando la elección de aquellas formaciones más sensibles a la alteración del suministro hídrico y que no formen parte del ecotono.

De existir más de un sistema se escogerán sistemas representativos para controlar el funcionamiento hídrico, el que determina las características ecológicas del sistema.

### 7.1.5. Variables a medir y frecuencia monitoreo según las propiedades básicas de cada humedal (capítulo 4):

Las variables a medir se determinarán de acuerdo al alcance de la evaluación ambiental, a nivel del sistema y global.

Para aquellos proyectos o actividades que generan efectos descritos en los Artículos 6° y 9° del Reglamento del SEIA, estos deberán incluir, al menos, el seguimiento ambiental descrito en el Módulo I para todos los componentes.

Para aquellos proyectos o actividades que intervienen directa o indirectamente humedales andinos, deben ser consideradas las variables detalladas en el Módulo II desde el levantamiento de la línea de base y durante toda la ejecución del proyecto.

En aquellos sistemas que presenten alteración significativa (cambios en las características ecológicas), se debe dar seguimiento a las variables detalladas en el Módulo I y II. Se entiende también que el Módulo I permite dar un seguimiento basal de los humedales, dando cuenta de la salud del sistema y frente a cualquier alteración significativa, este seguimiento debe ser ampliado por las variables del módulo II. Sin perjuicio de lo anterior, deben considerarse situaciones excepcionales y contemplar ampliar estas variables de monitoreo.

#### 7.1.5.1. Componente hídrico

A continuación se describen las variables incluidas en el Módulo I y Módulo II (Tabla 8) del componente hídrico:

**TABLA 8. Variables incluidas en el Módulo I y Módulo II del componente hídrico.**

Variable	Módulo I	Módulo II
<b>HÍDRICO</b>	Determinar el límite de la cuenca o subcuenca donde se emplaza el sistema de humedal.	Definir perímetro humedal, en base a crecida con TR de 100 años y grado de conectividad con otros sistemas.
	Determinar la existencia de escurrimientos que drenen hacia el humedal.	Se deben incorporar mediciones continuas de caudales superficiales en los tributarios.
	Realizar un monitoreo de los aportes hídricos al humedal (caudales afluentes y efluentes).	Incorporar mediciones continuas de niveles hidrométricos de los diferentes compartimentos hidrodinámicos del humedal (agua y suelo).
	Realizar un monitoreo de los niveles hidrométricos del humedal (agua y suelo).	
	Caracterización del acuífero a través de las mediciones de niveles estáticos en pozos de aguas subterráneas.	Incorporar mediciones continuas de niveles estáticos, para determinar la dirección del flujo y velocidad de escurrimiento de las aguas subterráneas y freáticas.
	Caracterización de las condiciones meteorológicas (dirección e intensidad del viento, T° del aire, precipitaciones, radiación total, evaporación).	Medición continua de dirección e intensidad del viento, T° del aire, precipitaciones, radiación total, evaporación.

>> Río Juncal, Sitio Ramsar Parque Andino Juncal, región de Valparaíso.



A. FIGUEROA

### 7.1.5.2. Componente acuático

A continuación se describen las variables incluidas en el Módulo I y Módulo II del componente hídrico:

Las Tablas 9 y 10 describen las variables a medir en el Módulo I y II, en cuencas endorreicas, respectivamente.

#### a) Humedales en cuencas endorreicas:

**TABLA 9. Variables incluidas en el Módulo I del componente acuático.**

	Variable	Frecuencia muestreo
M Ó D U L O  I	Caudal	Mensualmente en vertientes.
	Nivel freático	En período de actividad y latencia de la vegetación hidrófila.
	Humedad y salinidad del suelo	En período de actividad y latencia de la vegetación hidrófila
	Área laguna terminal	En período lluvioso y de bajas temperaturas.
	Conductividad eléctrica	En período lluvioso y de bajas temperaturas, en sector canal y laguna.
	Altura de escurrimiento	En período lluvioso y de bajas temperaturas, en sector canal y laguna.
	Composición de macrófitas	En período lluvioso y al final período de latencia
	Biomasa total (Clorofila a y carbono orgánico total)	En período lluvioso y de bajas temperaturas.

**TABLA 10. Variables incluidas en el Módulo II del componente acuático.**

	Variable	Frecuencia muestreo
M M D U L O  II	Caudal	Semanalmente en vertientes.
	Nivel freático	Mensualmente el nivel freático del acuífero superficial en área de vegetación hidrófila.
	Humedad y salinidad del suelo	Mensualmente la humedad y salinidad del suelo en área de vegetación hidrófila.
	Conductividad eléctrica	Semanalmente en las vertientes.
	Altura de escurrimiento	Mensualmente en cubeta principal de laguna terminal, área nidificación flamencos y área presencia de peces.
	Superficie lacustre en zona terminal	Semestralmente en los meses con menor temperatura del aire y después de las precipitaciones.
	STD, STS	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	Temperatura, pH, oxígeno disuelto	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	N total, P total, Si macroelementos, metales, As	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	Fitobentos (composición-abundancia)	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	Zoobentos (composición-abundancia)	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	Macrófitas (composición-abundancia)	Estacionalmente la cobertura en lagunas y cursos de agua de baja salinidad.
	Fauna íctica (composición y abundancia)	Estacionalmente lagunas y cursos de agua de baja salinidad.
	Fauna vertebrados terrestres (composición-abundancia)	Estacionalmente en lagunas y cursos de agua.
	Composición y abundancia de avifauna: flamencos y especies migratorias inter hemisférica	Estacionalmente en el humedal.
	Biomasa microalgas bentónicas (método directo). y carbono orgánico total	Estacionalmente en cubeta principal de laguna Terminal y canal de alimentación.

Las Tablas 11 y 12 describen las variables a medir en el Módulo I y II para ríos y lagos, en humedales de cuencas exorreicas:

b) Humedales en Cuencas Exorreicas: Ríos

**TABLA 11. Variables incluidas en el Módulo I del componente acuático.**

	Variable	Frecuencia muestreo
<b>M O D U L O  I</b>	Caudal	Controlar estacionalmente.
	Temperatura	Controlar estacionalmente.
	Conductividad eléctrica	Controlar estacionalmente.
	S.T.S	Controlar estacionalmente.
	Materia orgánica total (MOP)	Controlar semestralmente.
	Biomasa microalgas bentónicas (Clorofila a-método directo)	Controlar semestralmente.
	Fauna bentónica (composición-abundancia)	Controlar semestralmente.

**TABLA 12. Variables incluidas en el Módulo II del componente acuático.**

	Variable	Frecuencia muestreo
<b>M O D U L O  II</b>	Caudal	Controlar mensualmente.
	Temperatura	Controlar mensualmente.
	Conductividad	Controlar mensualmente.
	pH	Controlar mensualmente.
	Oxígeno disuelto	Controlar mensualmente.
	Turbidez	Controlar mensualmente.
	Nitrógeno orgánico total , nitrato, nitrito, amonio (matriz acuosa)	Controlar estacionalmente.
	Fósforo total, ortofosfato (matriz acuosa)	Controlar estacionalmente.
	Fósforo total y Nitrógeno orgánico total (matriz sedimentaria)	Controlar estacionalmente.
	Sílice (metalogénico - biogénico)	Controlar estacionalmente.
	Carbono orgánico total (matriz acuosa y sedimentaria)	Controlar estacionalmente.
	Coliformes totales y fecales	Controlar estacionalmente.
	DBO5 y DQO	Controlar estacionalmente.
	S.T.S - S.T.D	Controlar estacionalmente.
	Granulometría sedimentos	Controlar estacionalmente.
	Composición y abundancia microalgas bentónicas	Controlar estacionalmente.
	Biomasa microalgas bentónicas (clorofila a - método directo)	Controlar estacionalmente.
	Fauna bentónica (composición-abundancia)	Controlar estacionalmente.
	Composición y abundancia peces	Controlar estacionalmente.

**c) Humedales en Cuencas Exorreicas: Lagos**

Las Tablas 12 y 13 describen las variables a medir en el Módulo I y II para lagos.

**TABLA 12. Variables incluidas en el Módulo I del componente acuático.**

	<b>Variable</b>	<b>Frecuencia muestreo</b>
<b>M O D U L O  I</b>	Nivel hidrométrico	Controlar estacionalmente.
	Temperatura	Controlar estacionalmente.
	Conductividad eléctrica	Controlar estacionalmente.
	Turbidez	Controlar estacionalmente.
	Nitrógeno orgánico total , nitrato, nitrito, amonio (matriz acuosa)	Controlar semestralmente.
	Fósforo total, ortofosfato (matriz acuosa)	Controlar semestralmente.
	S.T.S - Sílice	Controlar semestralmente.
	Biomasa microalgas fitoplanctónicas (clorofila a - método directo)	Controlar semestralmente.
	Microalgas fitoplanctónicas (composición - abundancia)	Controlar semestralmente.
	Condiciones climáticas (intensidad y dirección viento, radiación total, temperatura del aire)	Controlar estacionalmente.

**TABLA 13. Variables incluidas en el Módulo I del componente acuático.**

	Variable	Frecuencia muestreo
M O D U L O  I	Nivel hidrométrico	Controlar mensualmente.
	Temperatura	Controlar mensualmente.
	Conductividad	Controlar mensualmente.
	pH	Controlar mensualmente.
	Oxígeno disuelto	Controlar mensualmente.
	Turbidez	Controlar mensualmente.
	Disco Secchi	Controlar mensualmente.
	Nitrógeno orgánico total , nitrato, nitrito, amonio (matriz acuosa)	Controlar estacionalmente.
	Fósforo total, ortofosfato (matriz acuosa)	Controlar estacionalmente.
	Fósforo total y Nitrógeno orgánico total (matriz sedimentaria)	Controlar estacionalmente.
	Sílice (metalogénico - biogénico)	Controlar estacionalmente.
	Carbono orgánico total (matriz acuosa y sedimentaria)	Controlar estacionalmente.
	Coliformes totales y fecales	Controlar estacionalmente.
	DBO5 y DQO	Controlar estacionalmente.
	S.T.S - S.T.D	Controlar estacionalmente.
	Potencial redox (matriz sedimentaria)	Controlar estacionalmente.
	Composición y abundancia microalgas fitoplanctónicas	Controlar estacionalmente.
	Biomasa microalgas fitoplanctónicas (clorofila a - método directo)	Controlar estacionalmente.
	Fauna zooplanctónica (composición-abundancia)	Controlar estacionalmente.
	Composición y abundancia peces	Controlar estacionalmente.
Composición y abundancia plantas acuáticas	Controlar estacionalmente.	
Condiciones climáticas (intensidad y dirección viento, radiación total, temperatura del aire)	Controlar mensualmente.	

### 7.1.5.3. Componente terrestre

Considerando el grado de incertidumbre de las predicciones del comportamiento hídrico y su influencia en la variación de la vegetación azonal, el Plan de Seguimiento, asociado a los monitoreos de vegetación con fines preventivos, debería permitir identificar oportunamente posibles desviaciones de las predicciones realizadas durante el proceso de evaluación del proyecto.

El Plan de Monitoreo debe considerar lo siguiente:

- Debe tener continuidad durante la ejecución del proyecto. Para lograr los objetivos del Plan de Monitoreo se deben considerar variables que reflejen lo que está ocurriendo en el sistema y contar con indicadores de cumplimiento, medibles y evaluables en etapas intermedias del plan.

Con el objeto de diferenciar los cambios en la formaciones vegetacionales originadas por variaciones en la precipitación –especialmente de años extremadamente secos–, respecto a cambios causados por el proyecto y, por consiguiente, dar mayor objetividad al seguimiento ambiental, es recomendable contar con un área de referencia (testigo), que considere lo siguiente:

- Presentar formaciones vegetacionales similares a las de la zona impactada.
- Características de sustrato y aporte hídrico similares.
- No estar sometida a modificaciones de suministro de agua.

Por otra parte, en aquellas medidas en las que se contempla manejo artificial del suministro hídrico, en especial a la vegetación, se requiere verificar el grado de homogenización de la flora, lo que debiera ser considerado como un mal indicador de la medida, ya que siempre se debe mantener la estructura horizontal de la vegetación descrita en la línea base. Es por esta razón, que de los puntos de control deben estar ubicados en los sectores de ecotono; que es el área de mayor variabilidad vegetacional.

La Tabla 14 describe las variables a medir en el Módulo I para el componente terrestre.

**TABLA 14. Variables incluidas en el Módulo I del componente terrestre.**

	Variable (Composición de la vegetación)	Frecuencia muestreo
<b>M Ó D U L O  I</b>	Porcentaje de participación específica para cada tipo de formación vegetacional.	Analizar la información recopilada en dos a tres años (temporada de crecimiento de la vegetación), en especial el estado de plántulas, dado que muchos individuos no quedan visibles por el afloramiento salino que los cubre.
	Porcentaje de sustrato salino/ materia orgánica.	Analizar la información recopilada en dos a tres años (temporada de crecimiento de la vegetación).
	Porcentaje de cubrimiento de rastrojo o mantillo.	Analizar la información recopilada en dos a tres años (temporada de crecimiento de la vegetación).
	Porcentaje de cubrimiento de agua superficial en sectores inundados	Analizar la información recopilada en dos a tres años (temporada de crecimiento de la vegetación).

## 8. Medidas de manejo para conservación

Para asegurar la mantención de las características ecológicas de los humedales, así como las funciones que estos cumplen desde el punto de vista ecológico, social y económico, se deben considerar medidas de manejo específica a cada tipo, las que están propuestas en la tabla 8.1. En ésta se señalan medidas de manejo generales para humedales según ecotipos.

Adicionalmente es necesario considerar, para efecto de las actividades o proyectos que intervienen estos ecosistemas acuáticos, la implementación de medidas de mitigación, compensación, reparación y/o restauración, según corresponda. La tendencia debe ser a generar el menor impacto, atendiendo a lo señalado en el Título VI, Párrafo 1º, Art. 58, letra a y b de la Ley de bases de Medio Ambiente.

**TABLA 15. Medidas de manejo generales para humedales según ecotipos.**

Clase	Descripción de la medida
<b>Evaporación</b>	Regular la extracción de agua subterránea y superficial, mediante el control del nivel freático en áreas con vegetación hidrófila terrestre. Regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales (cuando sea factible y así lo considere la autoridad ambiental).
<b>Afloramientos subterráneos</b>	Regular la extracción de agua subterránea, mediante el control del nivel freático en áreas con vegetación hidrófila terrestre. Regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales. Controlar el aporte de Riles a los humedales, mantener morfología, mantener caudal del humedal y nivel hídrico de sus tributarios.
<b>Escorrentía</b>	Controlar la deforestación de vegetación tipo arbórea o vegetación hidrófila en las riberas de los humedales, mantener franja mínima de 20 m de ancho. Regular la extracción de caudales y mantener el patrón temporal. Nivel hídrico de sus tributarios. Controlar el aporte de aguas residuales a los humedales. Minimizar retención de sedimentos.



### :: 8.1. Identificar alcances de la medida

A continuación se señalan los criterios mínimos que deben ser considerados para establecer adecuadamente las medidas de manejo:

- Identificar la hidrografía del área, aporte hídrico para la vegetación y componente acuático.
- Identificar el caudal ecológico para las áreas de importancia ambiental y las áreas de importancia ecológica identificadas en el área de influencia del proyecto.
- Considerar manejo de nutrientes que puedan aportar carga orgánica a lagos u otros subsistemas asociados a ríos identificados en el área de influencia del proyecto.
- Identificar la cobertura vegetal presente a menos de 40 metros de un curso o cuerpo de agua permanente o no permanente, asociada al área de influencia del proyecto.
- Identificar espejos de agua para especies acuáticas y terrestres con dependencia directa, por ej. áreas de alimentación o reproducción de especies.
- Mantención de características mínimas del componente abiótico para permitir la permanencia de hábitat de biodiversidad.
- Especificar si los requerimientos para mantener el efecto esperado de mantención ecosistémica son crecientes o no.

### :: 8.2. Especificar sistema o condiciones de referencia

Se deberá especificar condiciones de referencia o un sistema de referencia según los siguientes criterios:

- **Condiciones de referencia:** registro histórico de las características estructurales y funcionales del humedal en forma previa al inicio del proyecto o actividades (línea base), que incorpore al menos períodos hidrológicos extremos (años secos y húmedos).
- **Sistema de referencia:** humedal correspondiente al mismo ecotipo localizado idealmente dentro de la misma cuenca hidrográfica y que no presente amenazas de tipo antrópico.

### ∴ 8.3. Indicadores de cumplimiento de medidas

Se deberán incluir indicadores de éxito de la medida con metas a corto, mediano y largo plazo, identificando:

- Superficie y tipos vegetacionales que se mantendrán con la medida.
- Identificar las especies claves que deben mantenerse como especies dominantes o codominantes que permitan actuar como indicadores de éxito y de estado.
- Superficies a recuperar en el mediano y largo plazo que sirva de base para realizar evaluaciones intermedias.
- Estado trófico de los cursos y cuerpos de agua y su control.

### ∴ 8.4. Planes de Contingencia

Los Planes de Contingencia se elaboran en base a la identificación de los componentes sensibles del humedal (ej. poblaciones de especies, matriz acuosa o sedimentos) y las actividades del proyecto, identificando los mecanismos de interacción entre ambos.

A partir de estos antecedentes se identificarán las medidas necesarias para eliminar efectos negativos sobre los elementos sensibles del humedal frente a una contingencia, lo cual se traduce en la práctica en detener o eliminar el agente estresor hasta que se recupere el régimen normal de operación.

### ∴ 8.5. Plan de Cierre

En relación a los planes de cierre se establecen los siguientes criterios:

- Incorporar indicadores de cumplimiento en etapas intermedias que permitan evaluar el plan de cierre no sólo al final del proceso.
- No considerar el plan de cierre en función de los años de aplicación de una medida sino en función del restablecimiento de las características originales de hábitat que permitan que el sistema sea autosustentable.
- Considerar el componente naturalidad.
- Las propuestas de planes de cierre deben ser acotados y con un horizonte de tiempo a largo plazo<sup>14</sup>, los que necesariamente deberán considerar: **i)** Recalibraciones periódicas de los modelos hidrogeológicos que sustentan la predicción de impactos y seguimiento de las variables ambientales consideradas críticas, **ii)** Superficie de los espejos de agua para alimentación o reproducción de especies y **iii)** Mantenimiento de características ecológicas del ecosistema (sitio específico) para la permanencia de hábitats de biodiversidad.

---

<sup>14</sup> Al menos el mismo tiempo de operación del proyecto.

## 9. Glosario de términos

**Abiótico:** En el ámbito de la biología y ecología, aquello que no forma parte o no es producto de los seres vivos.

**Biótico:** Medio o componente de los ecosistemas que reúne al conjunto de materia viva.

**Estructura:** Es la configuración específica de los ecosistemas, que está dada por los componentes bióticos y abióticos y sus interacciones. Un cambio en la configuración se traduce en un cambio del ecosistema.

**Eutroficación:** Es un proceso a través del cual se incrementa el contenido de materia orgánica en los humedales, el que se acrecienta al aumentar los nutrientes exógenos (actividad antrópica) Estado de alto contenido de materia orgánica.

**Endorreica:** Cuenca donde el agua no tiene salida superficial hacia el mar.

**Salares:** Antiguos cuerpos de agua evaporándose

**Bofedales:** prados turbosos de origen infraacuático, compuestos principalmente por plantas de las familias Cyperaceae y Jucaceae, a menudo de crecimiento compacto o en cojín, y se encuentran en áreas del Altiplano y la Puna.

**Ictiofauna:** Peces que habitan en los sistemas acuáticos.

**Especie endémica:** Se considera que una especie es endémica cuando se conoce únicamente de un determinado lugar, ya sea país o región.

**Macrófitas:** Plantas acuáticas.

**Herbívoros:** Aquellas especies que tienen en su dieta exclusivamente plantas.

**Consumidores secundarios:** Organismos que se alimentan de otros o de la materia orgánica y que sólo se alimentan de heterótrofos. Por ejemplo: peces y anfibios.

**Heterotrófico:** Organismos que no pueden elaborar sus nutrientes y deben nutrirse de sustancias elaboradas por otros organismos.

**Aves ictiófagas:** Aves que consumen peces en su dieta.

**Materia orgánica alóctona:** Materia que sirve de alimento al río, es producida por las hojas, insectos y material vegetal que se descompone al interior del sistema.

**Macroinvertebrados:** Incluye animales invertebrados de más de 0.5 mm. La gran mayoría corresponden a artrópodos (Crustacea, Insecta), insectos (e.g. Diptera, Coleoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera). Además de pequeños moluscos, oligoquetos, sanguijuelas y planarias.

**Fitoplancton:** Corresponde a los microorganismos fotosintéticos que forman el plancton, especies de algas microscópicas, unicelulares, filamentosas o coloniales, y que contienen, entre otros, pigmentos clorofílicos. Son los productores primarios, es decir, los que sintetizan su propia materia orgánica.

**Zooplancton:** Grupo de comunidades que conforman el plancton animal en los sistemas acuáticos.

## 10. Referencias bibliográficas

- Ahumada, M. y Faundez, 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. 118p.
- Arratia 1982a.** Peces del Altiplano de Chile. Vol I, pp 93-133.
- Centro de Ecología Aplicada, 2006, documento inédito.** Propuesta de monitoreo variables físicas del "Sistema de Humedales Andinos".
- Comisión Nacional del Medio Ambiente-Centro de Ecología Aplicada. 2007.** Protección y Manejo de Humedales Integrados a nivel de la cuenca hidrográfica. [www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl)
- Contreras M. y A. de la Fuente.** Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. SAG. Santiago. Chile. 81pp
- Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008.** Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales Andinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC Chile. [http://www.paramo.org/portal/files/recursos/Estrategia\\_Humedales\\_Altoandinos.pdf](http://www.paramo.org/portal/files/recursos/Estrategia_Humedales_Altoandinos.pdf) de la COP9, Convención Ramsar.
- DGA. 2009.** Determinación de Caudales Ecológicos en Cuencas con Fauna Ictica Nativa y en Estado de Conservación. S.I.T. N° 187. MOP. 192 pp.
- Manual 9 Convención Ramsar.** Manejo de aguas subterráneas
- Manual 11 Convención Ramsar.** Inventario, Evaluación y Monitoreo
- Morales, P.M., I. Vila y E. Poulin.** "Efecto de la fragmentación del habitat sobre la diversidad genética de *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae) en el altiplano chileno". *Biological Research* 40 (Supl. A) p.186.2007.
- Servicio Agrícola y Ganadero- Centro de Ecología Aplicada. 2007.** Guía conceptos y criterios para la evaluación de humedales.
- Vila I., Contreras M., Fuentes L., 1999.** Peces Limnicos de Chile. *Boletín MNHN, Chile* 48:61-75 (1999).
- Vila, V., M. Mendez, S. Scott, P. Morales e E. Poulin.** "Threatened fishes of the world: *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 (Cyprinodontidae)". *Environ. Biol. Fish.* 80:491-492. DOI 10.1007/s10641-006-9150-0, 2007.
- Vila, I., R. Pardo y S. Scott.** "Freshwater fishes of the Altiplano". En: *Aquatic Ecosystems Health and Management* 10:2, 201-211. DOI: 10.1080/14634980701351395. 2007.
- Wetzel, R.G. 2011.** *Limnology. Lake and river ecosystems.* Third edition. Academic press. New York. 1006 pp.



Ministerio del Medio Ambiente  
Servicio Agrícola y Ganadero  
Dirección General de Aguas

Ministerio del Medio Ambiente  
Servicio Agrícola y Ganadero  
Dirección General de Aguas



Gobierno  
de Chile