

**DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE LA  
BIODIVERSIDAD TERRESTRE, ACUÁTICA Y MARINA  
EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN  
CHILE: Componente Biodiversidad de Aguas  
Continenciales**

**2015**



Los puntos de vista que se expresan en este reporte no reflejan necesariamente la posición del Ministerio de Ambiente de Chile, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), el Centro de Agroforestería Mundial (ICRAF) o el Climate Technology Centre and Network (CTCN) de la UNFCCC, ni cualquier otra organización participante en el proceso.

El proceso de elaboración del presente reporte, ha sido posible gracias al aporte financiero del Climate Technology Centre and Network (CTCN).

**Citación:**

MMA, CATIE, CTCN. (2015). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad de Aguas Continentales*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN). Desarrollado por el CEA, Centro de Ecología Aplicada, liderado por el Doctor Manuel Contreras.

**Equipo Coordinador del Proceso:**

Alejandra Figueroa Fernández

Daniel Alvarez Latorre

**División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio de Ambiente de Chile**

Peter Muck

**División Calidad del Aire y Cambio Climático, Ministerio de Ambiente de Chile**

Lenin Corrales

Emily Fung

**Programa de Cambio Climático y Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación**

**Experto Consultor**

Dr. Manuel Contreras L.

**Sistemas de Aguas Continentales**

**Centro de Ecología Aplicada.**

## PREFACIO

Como parte de los esfuerzos que ha iniciado el Centro de Tecnología del Clima (*Climate Technology Centre and Network-CTCN*)<sup>1</sup>, brazo operativo del mecanismo de transferencia de tecnología de la Convención sobre Cambio Climático de Naciones Unidas y a solicitud del Gobierno de Chile se aprueba el apoyo al Ministerio del Ambiente de Chile a través de la colaboración del Programa de Cambio Climático y Cuencas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para el diseño de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad de Chile en el contexto del cambio climático .

El presente proyecto tiene como meta el establecimiento de una red de monitoreo que apoye la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, especies y los servicios ecosistémicos que prestan y que a la vez permitan a la sociedad adaptarse al cambio climático.

Esta primera etapa busca apoyar el diseño del sistema y la eliminación de los obstáculos técnicos para la implementación en el cual se incluyen no solo el diseño, sino la propuesta de normas y protocolos para el monitoreo, el intercambio de información y gestión de datos; y una propuesta de los arreglos institucionales formales, así como los requisitos para la implementación de la red. A la vez pretende contribuir con el desarrollo de un concepto y propuesta de establecimiento de financiamiento para el sistema y su puesta en funcionamiento en el largo plazo, en el marco del futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, servicio que está en discusión en el Congreso y viene a concluir la institucionalidad ambiental iniciada el 2010 con la creación de Ministerio de Medio Ambiente.

El presente reporte muestra los resultados del diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales (ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos) a diferentes escalas (Nacional, regional, local) en un contexto de cambio climático, en apoyo al diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad.

---

<sup>1</sup> Creado para facilitar la transferencia y el fomento de la colaboración entre partes interesadas en tecnología del clima a través de una red de expertos regionales y sectoriales provenientes de la academia, el sector privado, instituciones públicas y de investigación

## INDICE

	<b>PAGINA</b>
1. INTRODUCCION.....	6
2. ANALISIS CRITICO DE INFORMACION DISPONIBLE EN INSTITUCIONES PUBLICAS PARA LA RED DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD ACUÁTICA.....	10
3. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD/CAMBIO CLIMATICO.....	33
4. CONCLUSIONES.....	35
5. RECOMENDACIONES.....	37

## LISTA SIGLAS Y ACRONIMOS

BNA	Banco Nacional de Aguas
CENMA	Centro Nacional de Medio Ambiente
CONAF	Corporación Nacional Forestal
DL	Decreto Ley
DGA	Dirección General de Aguas
DIRECTEMAR	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante
DOH	Dirección Obras Hidráulicas
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DS	Decreto Supremo
FONDECYT	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
INN	Instituto Nacional de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
MINSAL	Ministerio de Salud
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
NCh	Normas Chilenas
NSCA	Normas Secundarias de Calidad Ambiental
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONG	Organización No Gubernamental
PACHA	Plan de Acción Nacional para la Conservación de Humedales. Alto andinos
POAL	Programa de Observación del Ambiente Litoral
PTA	Planta de Tratamiento de Aguas
QA/QC	Quality assurance / Quality control
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
REPLA	Reglamento de Plagas Hidrobiológicas
RILES	Residuos Industriales Líquidos
RPM	Resolución Plan de Monitoreo
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SEGPRES	Ministerio Secretaría General de la Presidencia
SEIA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEREMI	Secretarías Regionales Ministeriales
SMEWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
USEPA	United States Environmental Protection Agency
mg/L	Miligramo/Litro
ug/L	microgramo/Litro
C:N	Carbono/Nitrógeno

## 1 INTRODUCCION

Cuando nos referimos al monitoreo de la biodiversidad en aguas continentales, necesariamente debemos considerar aspectos relacionados al hábitat (características físicas y químicas de los cuerpos de agua). Estos últimos determinan mayoritariamente el estado ecológico de la biodiversidad (sensu RAMSAR), aun cuando componentes biológicos como especies exóticas, invasoras o plagas, pueden también alterar la riqueza biológica de comunidades acuáticas.

Recientemente se ha comenzado a tomar conciencia de la importancia de la conservación de la biodiversidad dentro del patrimonio natural para su desarrollo como nación, y del papel que desempeña el agua en esa materia. A partir del siglo XIX, los ríos, vertientes, lagos y humedales, en general, se consideraron recursos que se podían explotar sin ninguna limitación de tipo ambiental. Así, desde esa época, se han desecado una gran cantidad de vegas y bofedales en el norte del país, y los principales cauces se utilizaron para el regadío hasta el nivel de prácticamente agotar el escurrimiento en determinados tramos, que se denominan “secciones de los ríos”, situación que se presenta de la VII Región hacia el norte. Por otra parte, desde el punto de vista de la calidad del agua, aunque ya en 1916 se dictó una ley que prohibía la contaminación de las aguas, en la práctica no existió algún control de los vertidos a los cauces naturales. Además, desde el siglo XIX se introdujeron masivamente especies exóticas a ríos y lagos, comprometiendo seriamente la existencia de las variedades endémicas.

Todo lo anterior ha generado una situación de deterioro histórico del patrimonio natural acuático del país. Adicionalmente, en las últimas décadas se ha producido una creciente demanda sobre los recursos hídricos como consecuencia del crecimiento económico del país, lo cual genera numerosos procesos que de manera sinérgica gatillan una situación de menor disponibilidad del recurso hídrico en el medio natural y una disminución de su calidad ambiental. Entre dichos procesos podemos señalar los siguientes:

- Disminución de caudales superficiales, como resultado de un uso más intenso de los recursos explotados históricamente.
- Discontinuidad del escurrimiento natural y alteración del régimen hidrológico natural por efecto de la construcción de obras hidráulicas.
- Contaminación y eutrofización de las aguas debido al aumento de la carga de nutrientes y de contaminantes de distinta naturaleza, provenientes de actividades agrícolas, industriales, usos domésticos, turísticos y acuicultura.
- Introducción de especies exóticas.
- Explotación de aguas subterráneas que alimentan sistemas ambientales, como vegas, bofedales, lagunas, etc.

Como resultado de estas prácticas históricas de larga data o de acciones recientes, se puede señalar lo siguiente respecto de la actual situación ambiental en el país en relación a los cuerpos de agua continentales<sup>2</sup> :

- **Zona norte.** Se puede observar una tendencia a la disminución del caudal superficial y de los acuíferos, por el aumento de los usos consuntivos<sup>3</sup>(en especial minería y agua potable), y un aumento de la salinización de las aguas, como resultado de la disminución de los flujos y la elevada evaporación de esa zona, lo que se agrega a la elevada salinidad natural de muchos cauces (por ejemplo: los ríos San José y Copiapó). Lo anterior ha afectado a determinados humedales (vegas y bofedales) y a los ecosistemas asociados, e impactado negativamente la biodiversidad (por ejemplo: río Loa, salar de Punta Negra, salar de Coposa, salar de Ascotán, salar Lagunillas), con una disminución de la riqueza y abundancia de las especies acuáticas, incluso originando la extinción local de alguna de ellas (por ejemplo, camarón de río y pejerrey del norte en el río Loa).
- **Zona central y norte chico.** En esta zona se presenta una tendencia a una disminución generalizada del caudal superficial por aumentos de los usos consuntivos (en especial de la agricultura). Asimismo, se ha observado una disminución de la calidad del agua por un incremento del estado trófico de los cuerpos de agua, como consecuencia de las descargas de nutrientes provenientes de las aguas urbanas<sup>4</sup> (a pesar del tratamiento de las mismas), sumado a aportes originados en la agricultura y la industria agropecuaria. Todo ello se manifiesta en los tramos terminales de varias cuencas hidrográficas y en la situación de algunos lagos y ríos costeros, que tienen un componente social relevante porque afectan actividades que dependen de la calidad ambiental de este tipo de sistemas (ej. pesca, turismo en lagos Lanalhue, embalse Rapel, laguna de Aculeo). Asimismo, en diversos cauces se presenta una alteración del régimen hidrológico natural por la existencia de obras hidráulicas que alteran la continuidad hídrica y el flujo natural de sedimentos y materia orgánica, con los consiguientes impactos ambientales.
- **Zona sur:** Se ha observado un incremento de la carga de nutrientes derivados de actividades acuícolas<sup>5</sup> (por ejemplo: lagos Chapo, Llanquihue, Rupanco, Puyehue, Ranco), sin que esto se traduzca en un aumento importante del grado de eutroficación de los ríos y/o lagos. Sin embargo, en esta zona, es preocupante la alteración ecológica producida por la introducción de especies exóticas, (por ejemplo truchas, salmones y *Didymo* en los cuerpos de agua de las regiones IX, X, XI y XIV), algunas de las cuales han llegado a adquirir la

---

<sup>2</sup> CADE-IDEPE (2005). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. DGA. MOP

<sup>3</sup> APR Ingeniería. 2010. Estudio de la situación de los recursos hídricos y de los aspectos técnicos de la GIRH-Primera Etapa Diagnóstico. Asistencia Técnica del Banco Mundial al Gobierno de Chile

<sup>4</sup> CEA. 2009. Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación. DGA. S.I.T. N° 187.

<sup>5</sup> WWF. 2007. Salmonicultura en los lagos del sur de Chile-Ecorregión Valdiviana: historia, tendencia e impactos ambientales. WWF. Chile.

condición de plagas, produciendo en algunos casos la alteración de los patrones de escurrimiento de las aguas (ej: castores en Región XII)<sup>6</sup>.

En este contexto, las políticas públicas se han orientado principalmente a no agravar con nuevos programas o proyectos el patrimonio natural, mediante la implementación de una serie de instrumentos legales. Entre los hechos más relevantes podemos señalar lo siguiente:

#### Objetivos ambientales asociados a la Constitución Política

- Art. 19 número 8: La Constitución asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.

#### Objetivos ambientales en la ley de aguas

- 1916 se promulgó la Ley N° 3.133, sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales (Actualmente refundido en la Ley N° 18.902).
- D.F.L N° 1.122 de 1981, Código de Aguas, Modificado por Ley N° 19.145 de 1992 y Ley N° 20.017 de 2005, establece en su artículo 92 la prohibición de botar basura a los cuerpos de agua
- El Código de Aguas de 1981 establece la necesidad de mantener un caudal mínimo ecológico en los cursos de aguas superficiales, el cual corresponde frecuentemente al 10 % del caudal medio anual.
- El DS 608/98 del MOP establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociadas a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

#### Objetivos ambientales en otros cuerpos legales

- En 1994 se publicó la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la que introdujo importantes instrumentos de gestión ambiental a nuestro ordenamiento jurídico, destacando nítidamente el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (“SEIA”). Asimismo, la Ley 19.300 y sus reglamentos establecieron los procedimientos para la dictación de las nuevas normas ambientales, la cual fue modificada con la Ley 20.147, que dio origen al Ministerio del Medio Ambiente.
- Derivado de lo anterior se está llevando a cabo el proceso de implementación de Normas Secundarias de Calidad de Agua (NSCA), cuyo objetivo de protección es el medio ambiente o la preservación de la naturaleza (especies de flora, fauna, ecosistemas, suelos, aguas, sitios

---

<sup>6</sup> MMA - Centro de Ecología Aplicada. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile.164 pp.

con valor antropológico, arqueológico, histórico y en general el patrimonio cultural), a través de la mantención de una calidad de agua objetivo.

- DS 90/2001 establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- DS 46/2003 establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas (no se aplica a aguas de regadío).
- La Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (2007), la cual tiene como objetivo principal proteger el recurso hídrico, tanto en calidad como en cantidad, para resguardar el consumo humano y armonizar objetivos de conservación de los ecosistemas con el aprovechamiento sustentable del recurso, por parte de las actividades económicas. Su etapa de implementación contempla el desarrollo de tres experiencias piloto en las cuencas de los ríos Copiapó, Rapel y Baker, actualmente en curso.
- Creación del Ministerio del Medio Ambiente con la promulgación de la Ley N° 20.417, establece como una de sus principales tareas 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.

El desarrollo de normativas para el control del vertido de residuos industriales líquidos a los cuerpos de agua, la modificación del Código de Aguas del año 2005, y el control de ciertas fuentes contaminantes. En este último aspecto, debe destacarse el éxito alcanzado en el control de la contaminación correspondiente a las aguas servidas urbanas, históricamente la principal fuente contaminante de los cursos de agua del país, las cuales de un tratamiento del 14% de los caudales efluentes el año 2000, se ha pasado a uno de aproximadamente el 90% en la actualidad.

Lo anterior nos permite señalar que aun cuando se han implementado medidas legales para controlar y disminuir la alteración de los cuerpos de agua continentales, estas no han permitido mitigar los efectos sobre la biodiversidad acuática, la cual continúa en franca declinación. Si a lo anterior sumamos que existe un escaso conocimiento e información de los ecosistemas acuáticos de nuestro país, nos vemos enfrentado a una situación crítica, tal cual fue manifestado por el informe de la OECD (2005)<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> OECD (2005). Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile.

## 2 ANALISIS CRITICO DE INFORMACION DISPONIBLE EN INSTITUCIONES PUBLICAS PARA LA RED DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD ACUÁTICA

En la institucionalidad pública de Chile, existen diversos organismos que tienen que ver con cuerpos de agua continentales, los cuales pueden ser agrupadas dependiendo si están orientadas a la protección y/o gestión del recurso, o bien, la calidad del agua constituye una variable a considerar para un determinado sector económico. Entre los organismos orientados en el recurso podemos nombrar a la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio del Medio ambiente (MMA), el Ministerio de Salud (MINSAL) y la Dirección Nacional de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR); y entre las orientadas en velar por el estado de un sector económico se encuentran la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Servicio Agrícola Ganadero (SAG), Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Dirección Obras Hidráulicas (DOH, mediante PAS 89).

Cada uno de estos organismos tiene competencias específicas directas o marginales sobre la gestión de los cuerpos de agua (Tabla 2.1). Es así como la DGA a través del código de aguas está encargada de la calidad ambiental del agua y el MMA de generar las normas de emisión y de calidad secundaria a partir de la promulgación de la Ley N° 19.300; mientras que el SAG a través de la Ley N° 3.557 de protección agrícola está encargado a cautelar exclusivamente las aguas de riego y/o con fines de sanidad agrícola, condición que es de carácter extensivo dada la aptitud agrícola de nuestro país. Un caso particular los constituye SUBPESCA, encargada de la protección de los recursos hidrobiológicos, sin embargo, mediante D.S. 354/2005 reglamento sobre plagas hidrobiológicas (Repla), puede establecer acciones concretas sobre la calidad de agua en cuerpos de agua continentales.

La estructura organizacional del Estado contempla más de un organismo con competencia directa en el proceso de gestión de la calidad del agua, lo cual conlleva necesariamente a establecer acuerdos sectoriales para definir los alcances de sus competencias. Lo anterior genera duplicidad de recursos y funciones, los cuales podrían evitarse si MMA gestionara u orientara en forma más precisa el ámbito de acción de cada organismo respecto de la calidad del agua.

La sobre posición entre los organismos se genera en diversos ámbitos, a modo de ejemplo podemos señalar los siguientes:

- i) Protección del recurso: la DGA cuenta con una red hidrológica de aproximadamente 1.800 estaciones de muestreo en diferentes cuerpos de agua continentales a lo largo del país (Tabla 2.2) y la DIRECTEMAR a través del POAL monitorea semestralmente 6 cuerpos de agua continentales considerados como navegables, ya incluidos en la red de la DGA.
- ii) Control: la DGA y SAG participan en el control de la Norma Secundaria de Calidad de Agua (NSCA).

- iii) Fiscalización: en este ámbito la SISS y MINSAL tienen competencias sobre las plantas de tratamiento de aguas (PTA) y fuentes de emisoras de riles, cuando estas últimas son descargadas en las aguas marinas también participa la DIRECTEMAR. Cuando existen establecimientos industriales que disponen Riles en aguas de riego, participa también el SAG en el marco del SEIA (Tabla 2.2).

La sobreposición de las competencias entre los organismos se produce principalmente por la falta de especificidad en los alcances y criterios incorporados en los instrumentos legales que las amparan. Esta situación se agudiza aún más ya que existen organismos donde la protección o gestión de los cuerpos de agua es una tarea marginal, bastante alejada de los objetivos que dan origen a dichas instituciones, un ejemplo lo constituye el MINSAL que tiene que participar activamente en la fiscalización de las PTAs (rurales, domiciliarias) y recirculación de Riles, no existiendo registros sistemáticos disponibles de dicha gestión. Aun cuando su orientación está más bien enfocada en la salud pública.

La duplicidad de funciones conlleva necesariamente a una menor eficacia y efectividad en la gestión de los cuerpos de agua continentales, no solamente por la limitación en los recursos económicos y humanos que deben ser asignados a dichas tareas, sino que también por las propiedades inherentes de cada organismo. A modo de ejemplo podemos indicar lo siguiente:

- i) La DGA es el organismo encargado de mantener la red hidrológica del país, aunque cuenta con profesionales capacitados para cumplir dicha función, la limitación de recursos produce que la eficiencia del sistema sea baja, presentado un nivel escaso de mantención y control de calidad.
- ii) El MMA, organismo encargado de establecer las directrices en cuanto a la gestión y planificación de los recursos hídricos y ecosistemas, posee un número de profesionales muy limitado para cumplir dicha función.
- iii) La DIRECTEMAR posee una planta de profesionales distribuidos a lo largo de todas las gobernaciones marítimas del país, sin embargo, la estructura jerárquica inherente a esa repartición del Estado, distorsiona o minimiza el análisis técnico vinculado a la calidad del agua como recurso.
- iv) El MINSAL participa en la gestión de la calidad del agua desde el ámbito de la salud pública, con la participación de profesionales que no están preparados para el análisis de los cuerpos de agua, sus intereses están necesariamente orientados a la gestión de la salud.

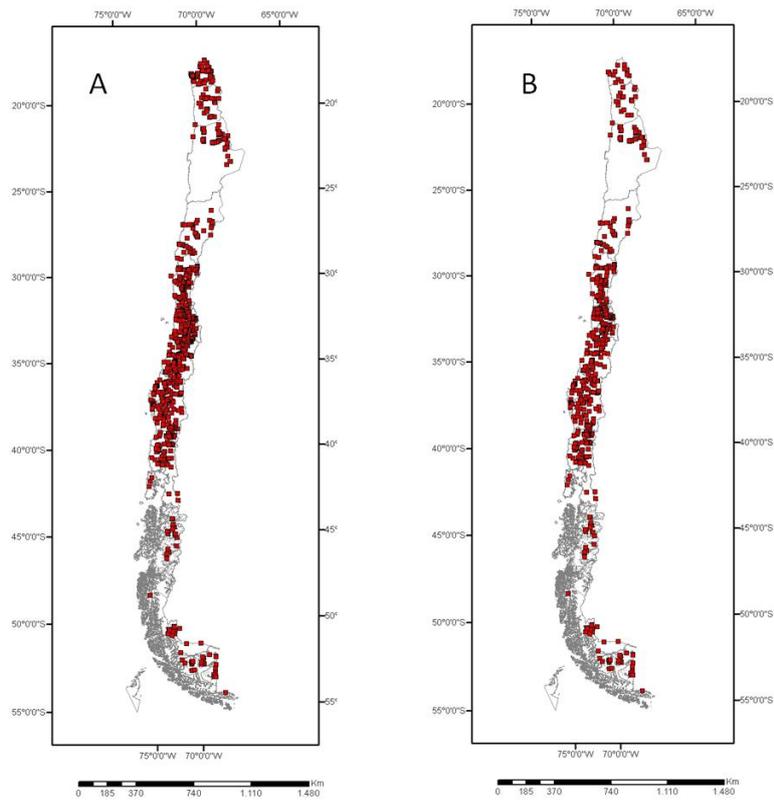
A partir de la promulgación de la Ley N° 20.417 de la nueva institucionalidad ambiental, se establece como una de sus principales tareas colaborar con los organismos competentes, en la formulación de las políticas ambientales para el manejo, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales renovables e hídricos. Lo anterior puede ayudar a resolver los conflictos de competencias entre los diferentes organismos del Estado, sin embargo, si la estrategia del nuevo ministerio es orientada a formar un “super-organismo” encargado de la gestión y administración del recurso hídrico, es posible que se

pierda la oportunidad de avanzar en la protección y gestión de los cuerpos de agua continentales, ya que es absolutamente necesario integrar las capacidades técnicas y conocimiento territorial que se dispone a nivel de las regiones. Una de las fallas más importantes en la protección de los cuerpos de agua deriva de medidas originadas a nivel central que no consideran las propiedades intrínsecas a nivel local.

En la Tabla 2.2 se indica la capacidad de monitoreo y control que tienen las diferentes instituciones del Estado, la cuales están definidas como: i) denuncia a tribunales o ii) denuncia a la Superintendencia de fiscalización para el caso de los infractores que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

En la actualidad existen 4 organismos del Estado que recolectan información primaria referida a cuerpos de agua continentales:

- i) La DGA tiene una red hidrológica de calidad de agua con un registro acumulado de 915 estaciones de muestreo, en la actualidad monitorea 287 estaciones distribuidas principalmente en ríos y lagos a lo largo del país (Figura 2.1). La red de lagos se originó en la década de los 80, como un programa de monitoreo limnológico orientado a disponer de información sistemática que permitiese conocer las características básicas de los lagos y constituirse en una base objetiva para evaluar su evolución en el tiempo. De un total de 375 lagos con superficie mayor a 3 km<sup>2</sup> se seleccionaron 15, para ser monitoreados semestralmente considerando algunas variables Limnológicas. En la actualidad el número de lagos es de 16. Las variables que están incluidos en el banco nacional de aguas (BNA, Tabla 2.3 y 2.4), responden desde su inicio a la caracterización del origen natural de las aguas en los ríos (macroelementos, metales pesados). Posteriormente, se han incluidos parámetros para evaluar el grado de cumplimiento de las Normas NCh 1.333, NCh 409 y recientemente las NSCA.
- ii) DIRECTEMAR tiene un diseño de muestreo que considera el monitoreo de 44 cuerpos de agua, 6 de los cuales son continentales. Contempla el análisis de 45 variables (metales pesados, nutrientes, constituyentes orgánicos, calidad microbiológica), en 3 matrices (Agua, biota y sedimento). El programa de seguimiento se desarrollada desde 1993 y permite determinar los niveles de concentración de los contaminantes monitoreados en cuerpos de agua marinos y continentales (Tabla 2.5). La base de datos ambientales permite determinar el contenido natural señalado en el D.S N°90/2000. El POAL está orientado fundamentalmente a evaluar la existencia de contaminación en las aguas, aun cuando su diseño de muestreo considera evaluar el estado natural de las aguas a una escala local.



**Figura 2.1.** Distribución espacial de estaciones de muestreo de cuerpos de agua a lo largo del territorio controladas por la DGA. (A) estaciones acumuladas N= 915. (B) estaciones vigentes N= 287

**Cuadro 2.1.** Organismos del Estado con competencia en aguas continentales.

Organismo	Competencia	Cuerpo Legal
<i>Dirección General de Aguas (DGA)</i>	<p>Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su “aprovechamiento” e “investigar y medir el recurso”.</p> <p>Al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial.</p> <p>También corresponderá a la Dirección General de Aguas, desarrollar un programa nacional, a través de las Direcciones Regionales de medición y control de la calidad ambiental del agua, para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 33 de la Ley 19.300.</p>	Código de Aguas. Artículo 299 y Artículo 129 bis 1.
Ministerio Medio Ambiente	Coordina el proceso de generación de normas de emisión y normas secundarias de calidad ambiental (NSCA) calidad ambiental, a través	Ley N° 19.300 de 1994, denominada “Ley de Bases del Medio Ambiente”.

Organismo	Competencia	Cuerpo Legal
	<p>del Departamento de recursos hídricos y ecosistemas, cuya misión de coordinar la elaboración e implementación de políticas, estrategias, programas, proyectos y acciones orientadas a la protección y conservación de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados.</p>	
<p>Ministerio de Salud (Minsal)</p>	<p>Ejecutar las acciones que correspondan para la protección de la salud de la población de los riesgos producidos por el medio ambiente y para la conservación, mejoría y recuperación de los elementos básicos del ambiente que inciden en ella, velando por el debido cumplimiento de las disposiciones del Código Sanitario y de los reglamentos, resoluciones e instrucciones sobre la materia, para lo cual se encontrará dotado de todas las facultades y atribuciones que el Código Sanitario y demás normas legales y reglamentarias sanitario ambientales le confieren, de conformidad con lo previsto en el Artículo 14C.</p> <p>Medir y monitorear la calidad del agua y detectar los efectos que el deterioro de este recurso pueda ocasionar sobre la salud de la población.</p>	<p>Ley N° 725 Código sanitario.</p>
<p>Dirección Nacional de Territorio Marítimo y</p>	<p>Fiscalización de la calidad del agua en el mar costero, desembocaduras, ríos y lagos navegables. Esto incluye la supervisión y</p>	<p>Ley de Navegación D.L. N° 2.222. Reglamento para el Control de la contaminación acuática.</p>

Organismo	Competencia	Cuerpo Legal
Marina Mercante (DIRECTEMAR)	aprobación de proyectos de vertidos líquidos en estos cuerpos de agua, su monitoreo y vigilancia.	
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	Organismo regulador de empresas se servicios de agua potable y saneamiento. Controla y fiscaliza las plantas de tratamiento de aguas servidas domésticas (PTAS) y la descarga de Riles en alcantarillado y PTAS, cursos o masas agua superficiales de agua, cursos o masas de agua subterránea.	<p>La ley 18.902 le entrega a Superintendencia de Servicios Sanitarios el control de los residuos industriales líquidos – Riles. A partir de la entrada en vigencia de las normas de emisión que regulan las descargas a cursos de aguas superficiales y subterráneas, el D.S. SEGPRES N°90/00 y el D.S. SEGPRES N°46/02, respectivamente. La Superintendencia ha focalizado su accionar en la fiscalización de las exigencias que estos dos cuerpos normativos establecieron al sector industrial nacional. Para ello, se dictan programas de monitoreo de forma tal que cada fuente emisora está obligada a auto controlar sus efluentes y remitir la información a la Superintendencia.</p> <p>DS 609/98 MOP regulación de contaminantes asociados a las descargas de RILES al sistema de alcantarillado.</p> <p>D.S. SEGPRES N°90/00 o "Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales" y</p>

Organismo	Competencia	Cuerpo Legal
		D.S. SEGPRES Nº46/02, correspondiente a la "Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas".
Servicio Agrícola Ganadero (SAG)	<p>SAG debe velar porque las empresas cumplan con la implementación de prácticas y medidas necesarias para impedir la contaminación de aguas, suelos y aire del sector agropecuario.</p> <p>Las Direcciones Regionales realizan el diseño e implementación de Programas de Monitoreo de Aguas a nivel Regional, cuyo objetivo es mantener una vigilancia de la calidad de las aguas de riego, a objeto de prevenir y controlar la contaminación generadas por las descargas de residuos líquidos de las fuentes emisoras priorizadas (sobre 50 fuentes fijas a nivel nacional (en especial las Regiones: IV, V, VI, VII).</p> <p>Se utilizan como referencia las normas técnicas elaboradas por el Instituto Nacional de Normalización (INN): NCh 1333, año 1978, oficializada por el D.S.Nº 867, del Ministerio de Obras Públicas, y que establece los requisitos de calidad de agua de riego.</p> <p>NCh 409, año 1984, oficializada por el D.S. Nº 11, del Ministerio de Salud. Que establece los</p>	Decreto Ley Nº 3557 de 1980 sobre Protección Agrícola. En su Artículo 11º señala, los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, deberán adoptar oportunamente las medidas técnicas y prácticas que sean procedentes a fin de evitar o impedir la contaminación.

Organismo	Competencia	Cuerpo Legal
	requisitos de calidad de agua de bebida de animales.	
Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA)	Subpesca puede declarar una zona como área de plaga e indicar las acciones para su control, seguimiento o vigilancia.	D.S. 354/2005 Reglamento sobre plagas hidrobiológicas (Repla).
CONAF	Conaf aborda la protección de los cuerpos de agua continentales, desde la perspectiva de protección del hábitat de especies con problemas de conservación dentro de sitios SNASPE.	Ley Fomento Forestal N° 19.561, que considera el manejo de los recursos hídricos en áreas con cobertura vegetal.  Convención de Washington para la protección de la flora, fauna y bellezas escénicas naturales.  Convención de RAMSAR sobre los humedales.

**Cuadro 2.2.** Características de cada organismo para monitorear o controlar cuerpos de agua.

Organismo	Capacidad técnica	Capacidad de gestión	Sistema de Información
<p><b>Dirección General de Aguas (DGA)</b></p>	<p>La DGA cuenta con una división de hidrología encargada de operar y mantener el Servicio Hidrométrico Nacional, a través de las estaciones manuales, automáticas, y obtención de información hidrometeorológica satelital.</p> <p>Depto. de Conservación y Protección de recursos hídricos cuyo principal objetivo es estudiar e investigar la calidad de las aguas para evitar su degradación, la variable ambiental de la constitución de derechos y la aplicación de políticas para conservar y proteger el recurso agua. Cuenta con 8 profesionales y un laboratorio ambiental con 8 técnicos. Dicho</p>	<p>La DGA cuenta con quince direcciones regionales y cuatro oficinas provinciales.</p>	<p>Banco Nacional de Aguas (BNA) es un sistema computacional que registra información histórica de la Red Hidrometeorológica Nacional que administra la DGA, actualmente la DGA opera y mantiene aproximadamente 1.800 estaciones a lo largo del país. Esta red incluye el monitoreo limnológico de 15 lagos, seleccionados de un total de 375 (superficie superior a 3 km<sup>2</sup>).</p>

Organismo	Capacidad técnica	Capacidad de gestión	Sistema de Información
	<p>Depto. apoya a las Direcciones Regionales en temas vinculados a la evaluación y gestión de la calidad de las aguas</p>		
<p><b>MINISTERIO del MEDIO AMBIENTE (MMA)</b></p>	<p>El MMA cuenta con el Depto. de asuntos hídricos y ecosistemas, formado por aproximadamente 4 profesionales.</p>	<p>El MMA cuenta con quince direcciones regionales</p>	<p>No dispone de base de datos. La información recibida sectorialmente es utilizada para elaborar el Informe País “Estado del Medio Ambiente en Chile”.</p>
<p><b>Ministerio de Salud (Minsal)</b></p>	<p>Las SEREMI cuentan con un Departamento de Salud Pública y Planificación Sanitaria, donde existe un sub-departamento denominado “Vigilancia Salud Ambiental y biológica”, formado por profesionales del área de la salud</p>	<p>El Misal cuenta con quince Secretaria Regionales del Ministerio de Salud, donde se realizan muestreos y/o análisis químico y microbiológico de alimentos, de aguas potables, aguas recreacionales, aguas de riego, aguas servidas y residuos líquidos de origen industrial; muestreo y análisis entomológico de</p>	

Organismo	Capacidad técnica	Capacidad de gestión	Sistema de Información
		<p>artrópodos vectores de afecciones humanas, análisis de muestras clínicas de sangre y orina humana, muestreo y/o análisis de artículos de uso masivo (juguetes, útiles escolares, pinturas, etc.) y análisis químico de material particulado y solventes de uso industrial capturados en sistemas de muestreo ambiental.</p>	
<p><b>Dirección Nacional de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR)</b></p>	<p>El Departamento de Preservación del Medio Ambiente Acuático y CC está constituido por un equipo multidisciplinarios de profesionales vinculados a temas ambientales. Zonalmente existe un profesional encargado de los temas vinculados a temas ambientales y en</p>	<p>Constituido por una unidad central de coordinación y 16 unidades zonales distribuidas en las diferentes gobernaciones marítimas a lo largo del país.</p> <p>La ejecución del POAL se realiza con recursos</p>	<p>Programa de observación del ambiente litoral (POAL). Comienzo 1988 plan piloto en Bahía Quintero. 44 cuerpos de aguas continentales y marinos, frecuencia semestral. Base datos desde 1991 evalúan DS N90/2000.</p>

Organismo	Capacidad técnica	Capacidad de gestión	Sistema de Información
	particular a la calidad del agua.	humanos propios, mientras que los análisis de calidad de agua son enviados a laboratorios acreditados INN	
<b>Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)</b>	<p>La SISS tiene 4 divisiones y 2 unidades, una de las cuales es la Unidad Ambiental.</p> <p>Existen 15 profesionales en la unidad en la superintendencia, funciones que son delegadas al encargado regional de la unidad ambiental.</p>	<p>La SISS cuenta con 15 oficinas regionales y 18 convenios con I. Municipalidades y Gobernaciones</p>	<p>Base de datos interna de la información disponible de plan de monitoreo (RPM), incorpora las condiciones de la calidad del efluente, los autocontroles, de qué modo y con qué frecuencia se debe enviar la información a la SISS. Los datos son transferidos directamente a la MMA sin análisis integrado.</p>
<b>Servicio Agrícola Ganadero (SAG)</b>	<p>El SAG tiene una división de protección de los recursos naturales renovables y un sub-departamento de gestión ambiental que incorpora los temas de calidad de agua.</p>	<p>El SAG cuenta con 15 direcciones regionales y 65 oficina sectoriales</p>	<p>No cuenta con un sistema de información integrado de la calidad de las aguas</p>

Organismo	Capacidad técnica	Capacidad de gestión	Sistema de Información
	Este Sub-departamento tiene al menos un delegado en todas unidades regionales y sectoriales		
<b>Subsecretaria de Pesca (SUBPESCA)</b>		SUBPESCA cuenta con 1 oficina central en Valparaíso.	Dispone de base de datos interna de los antecedentes disponibles en el RAMA.
<b>CONAF</b>	CONAF tiene una gerencia de áreas silvestre protegidas (SNASPE), donde existe un departamento de conservación de la diversidad biológica. Dicho departamento está formado por profesionales especializados en el manejo y conservación de la fauna silvestre.	CONAF cuenta con 15 direcciones regionales.	Programa PACHA que gestiona el monitoreo integrado de humedales alto andinos prioritarios para la conservación de los Flamencos.

- iii) La SISS no tiene una red de monitoreo de las aguas provenientes de las PTAs o riles, pero dispone de una base de datos interna de la información disponible de Plan de Monitoreo (RPM) referido al cumplimiento el D.S N°90/2000. Incorpora las condiciones de la calidad del efluente y los autocontroles. Los datos son transferidos directamente a la CONAMA sin análisis integrado. A 2008, se controla un total de 674 establecimientos industriales con una Resolución de Monitoreo vigente emitida por la SISS, los que abarcan un total de 776 puntos de control distribuidos en 89,6% con descarga a aguas superficiales y 10,4% con infiltración.
- iv) CONAF realiza seguimiento de la calidad del agua de humedales alto andinos considerados prioritarios para la conservación de los flamencos, dentro de áreas incluidas en el SNASPE. El monitoreo contempla parámetros limnológicos generales y se realiza con una frecuencia semestral. Los resultados del monitoreo de la calidad del agua son informados exclusivamente a través de publicaciones ocasionales.

El monitoreo de los cuerpos de agua continentales es realizado por varios organismos, sin embargo, no existe coherencia en los diseños de muestreo, en cuanto a los objetivos y/o variables a medir. Es particularmente relevante la diferencia que existe entre la DGA y la DIRECTEMAR (Ver Tabla 2.3, 2.4 y 2.5), ambos organismos deberían actuar coordinadamente a través del MMA para no duplicar recursos económicos y/o humanos, debiendo propender a lograr una mayor cobertura espacial en el territorio y no sobreponerse en los cuerpos de agua que son monitoreados.

Adicionalmente y no menos importante, es necesario que los procedimientos de muestreo y de análisis de laboratorio se encuentren debidamente acreditados por la normativa vigente (Tabla 2.6). La ausencia de procedimientos de intercalibración entre los diferentes organismos que realizan el monitoreo de la calidad del agua, limita fuertemente la comparación de los resultados entre ellos. En cuanto al acceso de la información es posible señalar que los datos disponibles en el BNA y POAL son públicos y actualmente gratuitos.

**Cuadro 2.3.** Variables, límites de detección y metodologías utilizadas por la DGA

Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Referencias Bibliográficas
Nitratos	mg/L de N-NO <sub>3</sub>	0,010 mg/L en muestras Sup y Sub 0,002 mg/L en muestras Lagos	Rodier, 1981
Nitritos	mg/L de N-NO <sub>2</sub>	0,001 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 4500-NO <sub>2</sub> . Hach Method 8507, USEPA Approved
Amoniaco	mg/L de N-NH <sub>3</sub>	0,01 mg/L	Hach Method 8038, USEPA Approved
Nitrógeno Total	ug/L de N	10 ug/L	
Fosfato	mg/L de P-PO <sub>4</sub>	0,003 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 4500-P-E. Hach Method 8048, USEPA Approved
Fósforo Total	ug/L de P	3 ug/L	SMEWW 19th Edition, Method 4500-P-E. SMEWW 19th Edition, Method 4500-P-B-5
Sílice	mg/L de SiO <sub>2</sub>	0,5 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 4500-SiO <sub>2</sub> C. Hach Method 8185, USEPA Approved

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite de Detección</b>	<b>Referencias Bibliográficas</b>
D.Q.O.	mg/L de DQO	1 mg/L	Hach Method 8000, USEPA Approved
Clorofila "a"	ug/L de Clorofila "a"	0,1 ug/L	
Cobre	mg/L de Cu	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Níquel	mg/L de Ni	0.02 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Cadmio	mg/L de Cd	0.02 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Zinc	ug/L de Zn	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Plomo	mg/L de Pb	0.05 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Cobalto	ug/L de P	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Plata	mg/L de Ag	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Hierro	mg/L de Fe	0.03 mg/l	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite de Detección</b>	<b>Referencias Bibliográficas</b>
Manganeso	mg/L de Mn	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Cromo	mg/L de Cr	0.01 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 B
Aluminio	mg/L de Al	0.3 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 D
Molibdeno	mg/L de Mo	0.05 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3111 D
Arsénico	mg/L de As	0.001 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3114 B/Perkin Elmer
Mercurio	mg/L de Hg	0.001 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3112 B/Perkin Elmer
Selenio	mg/L de Se	0.001 mg/L	SMEWW 19th Edition, Method 3114 B/Perkin Elmer
Boro	mg/L de B	1 mg/L	AOAC Método oficial 982,01

**Cuadro 2.4.**  
Variables medidas en lagos y embalse por la DGA.

LAGOS	Nitrógeno-Nitratos	Fósforo - total	Clorofila	D.Q.O	Nitrógeno-total	Sílice	Metales	Macroelementos
EMBALSE LA PALOMA	X	X	X	X	X	X		
ACULEO	X	X	X	X	X	X	X	X
RAPEL	X	X	X	X	X	X		
CABURGA	X	X	X	X	X	X		
CALAFQUEN	X	X	X	X	X	X		
CHAPO	X	X	X	X	X	X		
LAJA	X	X	X	X	X	X		
LANALHUE	X	X	X	X	X	X		
LLANQUIHUE	X	X	X	X	X	X		
MAIHUE	X	X	X	X	X	X		
PANGUIPULLI	X	X	X	X	X	X		
RANCO	X	X	X	X	X	X		
RIÑIHUE	X	X	X	X	X	X		
SAN PEDRO	X	X	X	X	X	X		
TODOS LOS SANTOS	X	X	X	X	X	X		
VILLARRICA	X	X	X	X	X	X		

**Cuadro 2.5.** Variables medidas en el  
POAL.

<b>N°</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Aguas Continentales</b>	<b>Sedimentos</b>	<b>Biota</b>
1	Aceites y Grasas	x		
2	Amonio	x		
4	Cadmio	x	x	x
5	Cobre	x		x
6	Coliformes fecales	x		x
7	Clorofila a	x		
8	Cromo	x	x	x
9	DBO5	x		
10	DQO	x		
11	Fosfato	x		
12	Fósforo	x	x	
13	HAP	x	x	
16	Mercurio	x	x	
17	Nitrito	x		
18	Nitrógeno Kjeldahl	x		
19	Plomo	x	x	x
20	Temperatura	x		
21	Zinc	x	x	x

**Cuadro 2.6.** Características de la red de monitoreo realizada por diferentes instituciones.

	<b>BNA (DGA)</b>	<b>POAL (DIRECTEMAR)</b>	<b>SISS</b>
Acreditación	En proceso de acreditación NCh-ISO 17.025.Of2005 para aguas naturales.	Protocolos de muestreo no están acreditados. Laboratorios analíticos acreditados NCh-ISO 17.025.Of2005.	Protocolo de muestreo y laboratorios analíticos acreditados NCh-ISO 17.025.Of2005 para Riles
Intercomparación	Participa periódicamente en procesos de intercalibración realizados por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA)	El POAL no registra participación en procesos de intercomparación. Los laboratorios analíticos acreditados participan regular en procesos de intercomparación.	Los laboratorios analíticos acreditados participan regular en procesos de intercomparación.
Análisis de información	No realiza análisis integrado de la información de calidad de agua disponible en el BNA.	Se realizan análisis descriptivos de las series de tiempo para evaluar el grado de cumplimiento del D.S N°90/2000.	Análisis general de la información para Informe País, Estado del medio Ambiente en Chile. Análisis específico mediante fiscalización de Plan de Monitoreo (RPM) referido al cumplimiento el D.S N°90/2000.
Acceso información	Los datos son públicos a través del BNA en la DGA.	Los datos son públicos directamente en la Directemar.	Información secundaria en Informe País, Estado del medio Ambiente en Chile.

Existe otra fuente adicional de información referida a los cuerpos de agua continentales, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), sistema que evalúa fundamentalmente grandes proyectos de inversión, tanto privados como públicos. Este procedimiento aplica a proyectos que afectan al medio ambiente, de acuerdo a los criterios establecidos por la ley, entregando una Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Durante el proceso de evaluación ambiental se incorporan modificaciones que mejoran el perfil de los proyectos, a través de medidas de mitigación, reparación y/o compensación. La evaluación es realizada por un comité constituido por diferentes organismos del Estado con competencia ambiental, e incluye la participación de la ciudadanía.

En el marco del SEIA, los cuerpos de agua continentales y en particular el agua es considerada como un recurso natural renovable<sup>8</sup>, en cuanto a su cantidad y calidad se refiere. Esta valoración es aplicable a todos los proyectos o actividades señalados en el Artículo 10 de la Ley 19.300. La calidad del agua es considerada como un componente del medio ambiente y como tal, al estar afecta a impactos ambientales derivados de una actividad, se deben implementar medidas de mitigación, reparación y/o compensación, las cuales serán evaluadas a través de un plan de seguimiento ambiental.

Lo anterior conlleva la necesidad de elaborar líneas de base y posteriormente programas de monitoreo, que describen la composición y abundancia de los organismos acuáticos, así como las características físicas y químicas de los cuerpos de agua.

En términos generales el SEIA es un instrumento que permite abordar adecuadamente la protección y manejo de los cuerpos de agua continentales, sin embargo, existen algunos aspectos que podrían mejorar su gestión:

- Los cuerpos de agua deben ser considerados desde una visión sistémica, lo cual implica analizar los mecanismos y procesos que la vinculan los componentes ambientales de un ecosistema (ej. sedimentos, biota, actividades antrópicas) y con otros ecosistemas (ej. ríos, lagos, estuarios).
- La elaboración de líneas de base y programas de seguimiento deben considerar delineamientos metodológicos y estándares de calidad, que permitan el análisis comparativo de los datos en términos espaciales y temporales, e incluso desde la clasificación taxonómica de los organismos. En la actualidad estos criterios no existen en el marco del SEIA.
- La definición de la calidad del agua como recurso implica el establecimiento de límites máximos para una serie de variables, lo cual da origen a las normas de calidad para asegura su protección. Sin embargo, cuando analizamos un ecosistema acuático en particular, aparecen variables que no están considerados en las

---

<sup>8</sup> Ley 19.300, Artículo 11 letra b.

normas y son incorporados en los planes de monitoreo. Lo anterior genera cuestionamientos cuando se plantean incumplimientos en dichos parámetros. Es importante señalar que el SEIA no considera como estándar las normas de calidad, ya que a través de la evacuación ambiental de los impactos de un proyecto o actividad, donde se debería considerar la existencia de planes de descontaminación, zonas latentes o saturadas.

### 3 INDICADORES DE BIODIVERSIDAD/CAMBIO CLIMATICO

La dinámica de los cuerpos de agua continentales es controlada fundamentalmente por la hidrología y temperatura del agua, de este modo el Cambio Climático puede afectar el hábitats de los organismos, producir desplazamientos latitudinales y altitudinales de las especies, así como incrementar la presencia de especies invasoras<sup>9</sup>.

Específicamente<sup>10</sup>, en los lagos es posible esperar cambios como: i) periodos de estratificación más prolongados e intensos; ii) aumento en la disponibilidad de hábitats para especies de agua templadas y viceversa y iii) eutrofización de las aguas. En el caso de los ríos: i) variación en el caudal; ii) desplazamiento del deshielo de las nieves hacia el periodo invernal; iii) cambio en la relación C:N por aporte de materia orgánica alóctona durante el otoño.

A nivel de biodiversidad podemos esperar: i) aumentos en el metabolismo y fenología de los organismos; ii) incremento en la productividad de las poblaciones; iii) cambio en el rango de distribución geográfica de las especies y iv) aumento en el recambio de especies. También es posible esperar cambios en los servicios ecosistémicos que proveen los cuerpos de agua, tales como variación en: i) disponibilidad de agua potable; ii) riesgos naturales (ej. inundaciones); iii) producción animal y vegetal; y iv) paisaje y turismo.

Lo anterior permite señalar que el Cambio Climático producirá modificaciones en la biodiversidad a diferentes niveles de organización biológica, sin embargo, es difícil medirlo ya que tales efectos resultan de la interacción de numerosas presiones<sup>8</sup>.

Los antecedentes de este estudio permitieron establecer que los diferentes planes de monitoreo que se están ejecutando en Chile, se restringen al seguimiento de variables físico-químicas, las cuales solo permiten obtener inferencias respecto al efecto del Cambio Climático. Una excepción la constituye la reciente implementación de algunas NSCA, como la del lago Villarrica, que incluyen el seguimiento de comunidades biológicas acuáticas.

A nivel internacional se complementan el monitoreo de los ecosistemas acuáticos con el uso de indicadores biológicos, ya que estos tienen la ventaja de mostrar directamente el efecto de las presiones. Estos integran respuestas en el tiempo y espacio, además de potencialmente disminuir los esfuerzos y costos de muestreo<sup>11</sup>. Actualmente se busca identificar tendencias en el estado ecológico de las comunidades bióticas (sensu RAMSAR), comparando con ecosistemas de referencia.

---

<sup>9</sup> Vescovi, L., Berteaux, D., Bird, D., and de Blois S. 2009. Freshwater biodiversity versus anthropogenic climate change. UNESCO. France.

<sup>10</sup> Allan, J.D., Palmer, M., and Poff, N.L. 2005. Climate change and freshwater ecosystem. *Climate Change and Biodiversity*. Lovejoy T.E and Hannah L. (eds). New Haven Connecticut, Yale University. Press, pp. 272-290.

<sup>11</sup> Friberg, N. 2014. Impacts and indicators of change in lotic ecosystems. *WIREs Water*. doi: 10.1002/wat2.1040.

Los indicadores biológicos más frecuentes corresponden al uso de información a nivel comunitaria, considerando aspectos estructurales (ej. riqueza) y/o funcionales (ej. grupos funcionales). Reciente es la integración de estos indicadores a nivel ecosistémico, introduciendo una aproximación holística en la determinación de cambios en la biodiversidad acuática, aun cuando este enfoque conceptual fue planteado por Odum en la década de los 50s<sup>12</sup>. En el futuro la integración con técnicas genéticas como el código de barras genético<sup>13</sup>, permitirá resolver la dificultad en identificación taxonómica, que en particular adolece la información de biodiversidad acuática que se dispone en Chile.

---

<sup>12</sup> Odum H.T. 1956. Primary production in flowing waters. *Limnol Oceanogr*, 1:102-117.

<sup>13</sup> Herbert P.D.N., Cywinska A., Ball S.L., deWard J.R. 2003. Biological identification through DNA Barcodes. *Proc. R. Soc. B. Biol. Sci.* 206:313-321.

## 4 CONCLUSIONES

A partir de los resultados presentados en este documento, podemos plantear las siguientes conclusiones:

- Respecto de la institucionalidad pública y su relación con el monitoreo de la biodiversidad acuática y, en general, con temas ambientales asociados a los cuerpos de agua continentales, existe una importante superposición, descoordinación y dispersión de competencias entre organismos del Estado. Esta situación resulta crítica, además, porque existen organismos donde la protección o gestión de los cuerpos de agua, es una tarea marginal, alejada de los objetivos centrales de las instituciones (por ejemplo, el MINSAL tiene que participar en la fiscalización de las plantas de tratamiento y recirculación de Riles).
- Existe una insuficiencia de la red de monitoreo de la calidad de las aguas de los cauces y lagos del país, en cuanto a cobertura, tecnología, frecuencia y variables a controlar, para tener un conocimiento adecuado de la situación actual y permitir un control efectivo de su estado ecológico. Asimismo, se requiere desarrollar bases de datos centralizados que recojan la información generada por distintos organismos (DGA, DIRECTEMAR, SAG, etc.), en el marco de sistemas integrales de información de recursos hídricos.
- No existe en el país una definición clara de los objetivos de conservación de los ecosistemas y biodiversidad acuática, y de la relación entre dichos objetivos y las variables hidrológicas relacionadas, en el marco del sistema de evaluación ambiental.
- En la casi totalidad de los cauces naturales del país, no se han definido los objetivos de calidad secundaria a través de la dictación de las normas correspondientes, lo que hace inaplicable las normativas sobre el control de la calidad de las aguas naturales (planes de prevención, de descontaminación y de monitoreo).
- Falta de políticas específicas que aborden en forma progresiva el tema de los pasivos ambientales acumulados. En especial, corresponde desarrollar las normas y políticas que permitan controlar el eventual impacto de los pasivos asociados a potenciales fuentes de contaminación sobre los cuerpos de agua continental (por ejemplo: residuos mineros)
- El monitoreo de los cuerpos de agua continentales es una actividad acotada en términos territoriales, la cual no permite evaluar el estado ecológico de la biodiversidad acuática a nivel nacional.
- Los programas de monitoreo que existen en la actualidad se restringen fundamentalmente a controlar la calidad natural del agua, no cuentan con niveles mínimos de aseguramiento de su calidad y no consideran el uso de indicadores biológicos.

- La red de monitoreo considera un conjunto limitado de variables, los cuales no permiten caracterizar la condición ambiental de los cuerpos de agua. Es necesario estratificar las variables que describen la calidad del agua, en función de la heterogeneidad que se observa a lo largo del territorio nacional<sup>14</sup>.
- Los laboratorios de ensayos no cuentan con los límites de detección adecuados para caracterizar aguas naturales. De igual forma, no existe el equipamiento necesario para alcanzar dichos límites. No existen laboratorios y/o equipos para parámetros no normados.

El monitoreo ambiental de los cuerpos de agua continentales que actualmente se realiza en nuestro país está exclusivamente orientado a evaluar el cumplimiento de normas, requiere una reestructuración profunda en cuanto a los objetivos, alcances, diseños de muestreo y análisis de la información, de manera tal que sirva como un instrumento para la conservación y gestión de la biodiversidad acuática. Incluso se requiere un análisis de la instrumentación utilizada, ya que en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías con menor costo para el seguimiento permanente de este tipo de ecosistemas.

En términos generales podemos señalar que nuestro país no cuenta con una red de monitoreo de biodiversidad acuática, acorde al nivel de intervención que actualmente afecta a los cuerpos de agua. Probablemente centralizar el programa de seguimiento de los cuerpos de aguas superficiales e incluso las marinas costeras en único organismo, puede aumentar significativamente la calidad de los resultados y la efectividad del programa de monitoreo, reasignando los recursos económicos que se utilizan actualmente en forma sectorial.

Es importante señalar que el Estado posee un Fondo Nacional de Desarrollo Científico y tecnológico (FONDECYT), el cual debería incluir un acápite para realizar investigación básica y aplicada en ámbitos de interés público, como la protección y gestión de los cuerpos de agua continental.

---

<sup>14</sup> DGA (2009). Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación. Informe Técnico N° 187. MOP.

## 5 RECOMENDACIONES

A continuación se proponen algunas iniciativas, orientadas a disminuir la brecha respecto del monitoreo y conocimiento del estado ecológico actual de la biodiversidad acuática en nuestro país:

- Implementar una red de monitoreo de biodiversidad acuática a escala nacional, que incorpore indicadores biológicos y que aborde inicialmente los diferentes ecotipos existentes a escala regional, en función de su vulnerabilidad.
- Implementar procedimientos QA/QC en las bases de datos que están adquiriendo datos de biodiversidad en el sector público, en particular los referidos a clasificación taxonómica de organismos acuáticos (Ej. SEIA).
- Elaborar guías metodológicas con criterios explícitos para caracterizar ecológicamente los diferentes tipos de cuerpos de agua existentes en nuestro país, con un enfoque ecosistémico / funcional.
- Incorporar en los programas de monitoreo que actualmente están en desarrollo (ej. DGA, DIRECTEMAR) o en su defecto iniciar otro complementario (ej. MMA), bioindicadores de cambio de estado ecológico de los cuerpos de agua (ej. abundancia fitoplanctónica, cobertura macrófitas). Lo anterior con el objeto de establecer indicadores de alerta temprana.
- Integrar bases de datos disponibles en el sector público, privado, universidades, ONG's, que en la actualidad no son accesibles, principalmente por que han sido incorporadas y validadas a plataformas de libre acceso.

