



3376

Valdivia, 28 de agosto de 2015

Con esta fecha, se agrega al expediente de las Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas superficiales de la cuenca del río Valdivia el *ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL (AGIES) DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA del 18 de Noviembre 2014*, como complemento al *INFORME TÉCNICO NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA (2014)*.

A circular blue ink stamp is positioned on the left. It contains the coat of arms of Chile and the text "SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE" around the perimeter, with "SEREMI" and "XIV REGIÓN" at the bottom. To the right of the stamp is a blue ink signature. Below the signature, the name and title are printed in bold, black, uppercase letters.

**CARLA PEÑA RÍOS**  
**SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE**  
**REGIÓN DE LOS RÍOS**



3377

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

**ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA**

18 de Noviembre 2014

*Resumen*

*El presente informe corresponde al Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del proyecto definitivo de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) de la cuenca del río Valdivia. Este documento analiza los efectos que generaría la implementación de la norma en los receptores de esta cuenca (biodiversidad y medio humano), considerando que, en los casos donde los límites sean superados, es obligación para el Estado iniciar acciones para disminución la contaminación. En este contexto, por ejemplo si se activa un Plan de Descontaminación, tanto los beneficios como los costos deberán ser nuevamente evaluados considerando información adicional que hasta ese momento se haya levantado en la zona.*

*Los resultados del AGIES indican que la norma genera beneficios importantes tales como:*

- Incremento significativo en la protección de especies acuáticas. Se limita la concentración en la cuenca de parámetros de origen antrópico que pueden resultar tóxicos y/o producir efectos adversos para el ecosistema, y que inciden en el adecuado funcionamiento de las comunidades acuáticas presentes en la columna de agua, tal es el caso de la reducción de metales y compuestos orgánicos halogenados, aspecto de relevancia ya que esta cuenca posee un alto valor ambiental relativo a diversidad de especies de flora y fauna que alberga, alto endemismo de éstas y las amenazas actuales y futuras a su hábitat.*
- Incremento en la provisión de servicios ecosistémicos que provee la cuenca, beneficiando principalmente a los sectores relacionados con mantención de hábitats y desarrollo de oportunidades de recreación y ecoturismo en torno a turismo de naturaleza (espacios naturales y sistemas hídricos), provisión hídrica (calidad), relacionado a usos para consumo humano y otros productivos (por ejemplo, acuicultura).*
- Permite la protección del patrimonio cultural de las comunidades indígenas existentes en la cuenca, concentradas principalmente en las comunas de Lanco, Mariquina y sectores aledaños al humedal del río Cruces, siendo la segunda región del país con mayor presencia mapuche.*

*De igual manera, la norma induce a costos de monitoreo que se estiman en 14.000 USD/año para el Estado de Chile producto de un incremento en el monitoreo de parámetros físico-químicos con el fin de mejorar la gestión de la calidad hídrica en la cuenca. En relación al cumplimiento, en un eventual Plan de Descontaminación se estiman costos de 1,1 (1,0 – 1,5) MMUSD/año por medidas de reducción de emisiones.*

*La implementación de este tipo de normas va en línea a los compromisos que Chile ha suscrito voluntariamente en la OCDE, organismo que recomienda, entre otros, la creación de normas de calidad para agua para mejorar la salud ambiental y cumplir los compromisos internacionales de Chile, y de esta manera, permitir tanto la conservación de la biota local como preservar y mejorar los servicios ecosistémicos de la cuenca.*

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
1.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA .....	3
1.2 DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES ECONÓMICAS .....	3
1.3 DESCRIPCIÓN ÁREAS DE RELEVANCIA AMBIENTAL .....	5
<b>2. RESUMEN NORMATIVA EVALUADA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. METODOLOGÍA DEL AGIES.....</b>	<b>8</b>
3.1 ANÁLISIS DE EXCEDENCIAS NORMATIVAS.....	8
3.2 ANÁLISIS DE EMISIONES.....	9
3.3 MODELO DE DISPERSIÓN .....	9
3.4 METODOLOGÍA BENEFICIOS .....	9
3.5 METODOLOGÍA COSTOS .....	10
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
4.1 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO .....	12
4.2 RESULTADOS EMISIONES ANTRÓPICAS .....	12
4.3 BENEFICIOS.....	13
4.3.1 Reducción de emisiones.....	14
4.3.2 Protección del medio ambiente y especies.....	14
4.3.3 Protección del medio ambiente: Análisis de riesgo.....	15
4.3.4 Provisión de Servicios Ecosistémicos.....	16
4.4 COSTOS.....	19
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>22</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>24</b>
7.1 PROYECTO DEFINITIVO .....	24
7.2 CALIDAD ACTUAL .....	25
7.3 DETALLE SUPERACIÓN DE NORMA .....	26
7.4 CLASES DE CALIDAD .....	27



## Introducción

El presente informe corresponde al Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) aplicado al proyecto definitivo de las Normas Secundarias de calidad Ambiental (NSCA) propuesta para la protección de las aguas superficiales de la cuenca del río Valdivia.

El informe se compone de cinco partes: descripción del área de estudio, un resumen con los aspectos principales de la norma evaluada, un apartado metodológico del AGIES, los resultados del mismo y finalmente las conclusiones del análisis.

## 1. Descripción del área de estudio

### 1.1 Descripción física

La cuenca del río Valdivia (área: 10.275 km<sup>2</sup>, localización: 39.3-40.3°S; 71.2-73.5°O) es un sistema binacional que nace en el Lago Lacar, Argentina, y que desemboca en la zona costera de Niebla-Corral (UCT 2012). Esta cuenca se conforma de dos cursos principales los ríos Cruces (caudal medio anual: ~92 m<sup>3</sup>/s) y San Pedro-Calle Calle (caudal medio anual: ~687 m<sup>3</sup>/s). Este último fuertemente regulado por un anillado de grandes y profundos lagos (Calafquén, Panguipulli, Riñihue), describiendo un régimen hidrológico pluvial con una fuerte regulación lacustre y aportes de deshielos primaverales (Tabla 1).

En la fracción final de la cuenca se conforma un sistema estuarial, de mezcla parcial, el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, ecosistema de relevancia por la biodiversidad que sustenta. Para la cuenca del río Valdivia se han descrito 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de vertebrados acuáticos y 20 especies de fauna íctica, 70% de éstas endémicas del país (UCT 2012).

Tabla 1. Indicadores generales de la cuenca del río Valdivia.

Superficie	10.317 km <sup>2</sup>
Longitud del río principal	230 km
Regiones	Los Ríos y La Araucanía
Caudal medio	650-700 m <sup>3</sup> /s
Población	370 mil habitantes

Fuente: Elaboración propia

### 1.2 Descripción actividades económicas

Las principales actividades económicas y productivas del área se concentran en torno a los sectores forestal y maderero, agrícola y ganadero, pesquero y acuícola, además de los vinculados al turismo y al conocimiento y formación científica-tecnológica. De acuerdo al (Banco Central 2012) el PIB de la región al año 2012 alcanzó los 2.438 MMUSD, siendo los rubros más relevantes de la economía regional la industria manufacturera con el 21,9%,



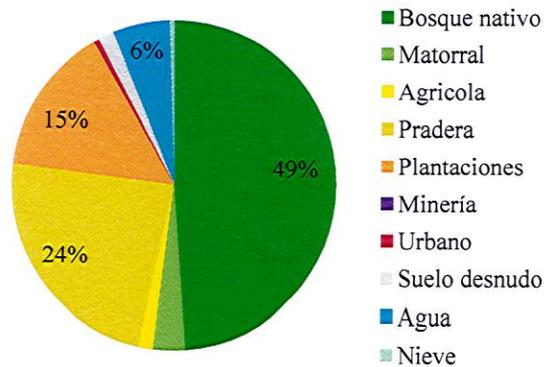
el rubro silvoagropecuario aportando un 12,9% y el comercio-restaurantes-hoteles con un 12,6%.

La matriz productiva de esta región está fuertemente vinculada al uso de recursos hídricos. Los derechos de aprovechamiento de agua superan los 2.800 m<sup>3</sup>/s, siendo el 3% de ellos derechos consuntivos (riego, agua potable, consumo doméstico) y 97% no consuntivos (generación hidroeléctrica, uso industrial, salmonicultura). Consecuentemente, las iniciativas productivas que utilizan estos derechos (puntos de captación/retribución) se encuentran principalmente asociadas a las industrias acuícola (29%), agroindustrial (25%), forestal (18%) y sanitaria (11%), según datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). En esta cuenca la acuicultura corresponde mayoritariamente a cultivos salmoacuícolas desarrollados en sistemas dulceacuícolas (generación de ovas, alevinaje) y estuariales (smoltificación, engorda), con una producción que al año 2010 alcanzó las 1.900 ton (90% trucha arcoíris, 10% salmón del atlántico) (SERNAPESCA 2011). Por su parte las actividades agrícolas se encuentran vinculadas a una superficie de riego de 60 km<sup>2</sup>, produciendo, entre otros cultivos, el 32% de la cosecha de ballica (147.870 ton) y el 9% de avena forrajera del total nacional. Respecto a la producción ganadera, en la cuenca se crían más de 1.3 millones de animales para consumo humano, principalmente bovinos (47%), aves (32%) y ovinos (14%). En cuanto a la producción forestal, la cuenca del Río Valdivia aporta el 7% de la producción nacional de plantaciones de árboles exóticos (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, *Pinus radiata*).

El turismo es otro aspecto que influencia significativamente la economía de la Región de los Ríos, destacándose por una gran concentración de atractivos de alta belleza escénica y riqueza de especies y ecosistemas. En este contexto, el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) ha declarado en el interior de la cuenca del río Valdivia variadas Zonas de Interés Turístico (ZOIT), donde las partes altas de la cuenca (comuna de Panguipulli) concentran centros termales, áreas para la práctica de deportes invernales, lagos y ríos. En tanto, las zonas medias y bajas (comunas de Corral y Valdivia) se caracterizan por sus playas y zonas de estuarios y canales.

Respecto a los usos de suelo dominantes en la cuenca, las áreas cubiertas por bosque nativo ocupan un 49% de la cuenca, un 24% por praderas y un 15% por plantaciones forestales de especies exóticas.

Figura 1. Uso de suelo de la cuenca del río Valdivia.



Fuente: Elaboración propia a partir de (CONAF 2011).

### 1.3 Descripción áreas de relevancia ambiental

Las áreas de relevancia ambiental presentes en la cuenca del río Valdivia están vinculadas tanto al resguardo de la vida silvestre (biodiversidad) y de interés sociocultural. En la Figura 2 se aprecia que la mayoría de estos sitios se localizan concentrados en 3 polos de la cuenca: sector desembocadura (estuario), sector norte y mayoritariamente el sector oriente (vinculadas a los sistemas lacustres Panguipulli y Calafquén).

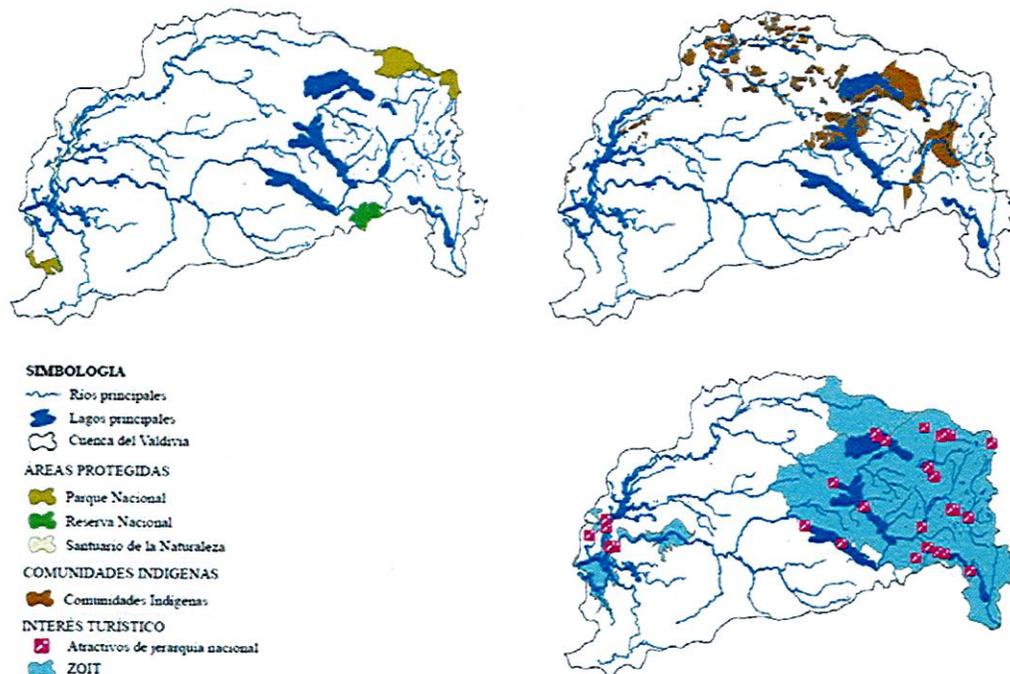
Las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad reconocidas oficialmente<sup>1</sup> en la cuenca corresponden a los Parques Nacionales Alerce Costero y Villarrica, Reserva Nacional Mocho-Choshuenco y el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo (Figura 2), sin embargo no cabe duda lo gravitante que son otras áreas destinadas a la conservación y mantención de ecosistemas como son el sitio Ramsar Río Cruces (coexiste con el Santuario de la Naturaleza ya mencionado), la reserva de la biosfera de Los Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes y una veintena de Áreas Privadas Protegidas de las cuales destacan el Parque Privado Oncol y la Reserva Costera Valdiviana. En conjunto estas áreas buscan la conservación de los ecosistemas de bosques templados lluviosos y contienen la segunda mayor extensión de este hábitat en el mundo, alojando un extraordinario nivel de endemismo (UCT 2013).

Las áreas de relevancia sociocultural se conforman por los asentamientos de comunidades indígenas, zonas de interés turístico (ZOIT) y atractivos de jerarquía nacional vinculados a cuerpos de agua (Figura 2). En la cuenca del río Valdivia se reconocen más de 470 comunidades indígenas distribuidas mayoritariamente en la sección alta del río Cruces y en los alrededores de los lagos Panguipulli y Calafquén. Al año 2002, un 11,3% de la población regional se reconocía perteneciente a la etnia mapuche, concentrada en las comunas de Panguipulli y Mariquina (entre un 31,7 y 22,1% de la población comunal), siendo la segunda región del país con mayor presencia mapuche (INE 2002). Pese al alto

<sup>1</sup> De acuerdo a definición de Área Protegida según Convenio de Diversidad Biológica.

número de comunidades indígenas, estas zonas no se encuentran declaradas como Áreas de Desarrollo Indígena<sup>2</sup>. En el ámbito turístico, la imagen turística proyectada por la región está vinculada principalmente al turismo de naturaleza. Las motivaciones de viajes a la región relacionados con espacios naturales y sistemas hídricos alcanzan el 54%, seguido del turismo con fines culturales y patrimoniales (31%) (UCT 2013). Considerando la calidad visual del paisaje, alrededor de un 40% de la cuenca muestra calidad muy alta a alta, relacionado principalmente a los paisajes de lagos precordilleranos, sistema de humedales ribereños y estuarinos (vinculados al Santuario de la Naturaleza Carlos Andwandter) y a los complejos volcánicos andinos (UCT 2013). La cuenca presenta 3 ZOIT: Panguipulli (Destino siete Lagos), Pucón-Villarrica, Valdivia-Corral (Destino Valdivia-Corral) los que representan alrededor del 40% de la superficie de la cuenca. Además presenta una serie de atractivos relacionados a cuerpos de agua de jerarquía nacional, por ejemplo caídas de agua, termas, lagos, ríos, esteros, que se concentran principalmente en las zonas altas de la cuenca; el Santuario de la naturaleza Carlos Andwandter (en el sector estuarino) y otras áreas naturales.

Figura 2- Áreas de relevancia ambiental de la cuenca del río Valdivia.



Fuente: Elaboración propia a partir cartografía de MMA, CONADI, SERNATUR.

<sup>2</sup>Las Áreas de Desarrollo Indígena corresponden a “espacios territoriales en que los organismos de la administración del Estado focalizarán su acción en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades” (Ley 19.253/Ministerio de Planificación y Cooperación. 1993. Establece normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas, y crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena. Última versión Ley 20.733 del 2014).



### 3. Metodología del AGIES

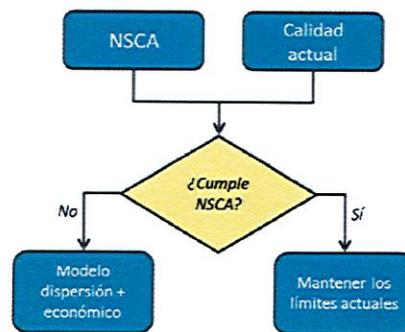
Con la finalidad de obtener una estimación del impacto general de la NSCA en la cuenca del río Valdivia, en el presente AGIES se aplica una metodología que permita estimar los beneficios y costos que generaría la implementación de la NSCA para los distintos actores involucrados (sociedad, privados y Estado), sin perjuicio que con posterioridad estos deban ser reevaluados en un potencial Plan de Descontaminación, con información actualizada y con medidas que efectivamente sean acordadas entre todos los agentes involucrados.

En este sentido, la metodología aplicada consistió en (i) generar la línea base de concentraciones y emisiones, (ii) simular el cumplimiento de la NSCA en el caso de un Plan de Descontaminación, (iii) asociar emisiones de las fuentes emisoras con la calidad de agua mediante un modelo de dispersión y (iv) analizar las distintas opciones de medidas de reducción de emisiones para valorizarlas en costos del cumplimiento normativo.

#### 3.1 Análisis de excedencias normativas

Se realizó un análisis de excedencias según la calidad en cada parámetro y área de vigilancia comparativamente con los límites de la NSCA de la cuenca (Figura 4). En caso de cumplirla, no existen costos de abatimiento asociados a ese parámetro en ese lugar en específico; de otro modo, se deberá analizar dicha superación mediante el modelo integrado de dispersión y económico.

Figura 4. Análisis de superación de norma y relación con modelo de estimación de costos de abatimiento de emisiones.



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados corresponden a los años 2010 y 2011, tanto de la red de calidad de aguas de la DGA como del Programa de Observación del Ambiental Litoral (POAL) de Directemar, el cual monitorea el área estuarial y marina de la cuenca del río Valdivia. Se utilizan estos dos años producto que representan las condiciones de calidad más cercanas a la actualidad y que cuentan con un mayor número de datos, condiciones que hacen más confiable los análisis. Los límites de detección (LD) no son considerados como superación de norma.



### **3.2 Análisis de emisiones**

Se elaboró un inventario de emisiones que incorporó información de fuentes puntuales<sup>3</sup> y difusas, obtenida a partir de antecedentes proporcionados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y factores de exportación de nutrientes según usos de suelo (Oyarzún, Campos et al. 1997) respectivamente. Aun cuando hay evidencia de aportes en otros parámetros proporcionados en fuentes difusas (por ejemplo aluminio, hierro y manganeso), no se cuenta con información suficiente para cuantificar estos aportes.

La información de emisiones puntuales fue complementada para las fuentes emisora que no cuentan con información, pero existen antecedentes de emisiones por rubro. En estos casos se asigna un valor característico a partir de la información por sector productivo de la misma base de datos utilizada o con los valores reportados en el mismo estudio MMA (2014).

### **3.3 Modelo de dispersión**

El objetivo de esta etapa es establecer una relación entre la calidad de los distintos parámetros y las emisiones presentes en la cuenca. Para ello, se generó un modelo empírico entre la concentración presente en el cuerpo de agua y las emisiones puntuales y difusas, utilizando adicionalmente ponderadores de acuerdo a la distancia que se ubica la fuente emisora y el AV en que se localiza, y la interacción entre los diferentes contaminantes dado por la química de los parámetros en el cuerpo de agua. Este modelo simplificado permite tener un acercamiento al grado de las responsabilidades de las emisiones (naturales como antrópicas), en la calidad del agua monitoreada y que incorpora de manera indirecta las consideraciones asociadas al sistema natural (caudales, morfología, fluctuaciones climáticas, etc.).

### **3.4 Metodología beneficios**

El análisis de los beneficios de la norma se desarrolló desde la lógica de la identificación de los efectos positivos que este instrumento de gestión genera en el medio ambiente a través de los análisis cualitativos y cuantitativos descritos a continuación:

- Análisis cualitativo de los parámetros que se regulan y los posibles receptores.
- Cuantificación de la reducción de emisiones de cada parámetro y su espacialización en cada área de vigilancia. En este caso no fue posible valorizar los beneficios generados por esta norma ante la poca claridad existente en la comunidad científica de metodologías que permitan valorar de manera confiable variaciones marginales de diferentes parámetros en la calidad del agua (Fisher, Turner et al. 2009) y establezcan las relaciones entre variaciones en las funciones ecológicas del sistema fluvial, los servicios ecosistémicos provistos y los beneficios derivados.

---

<sup>3</sup> Se utiliza información proporcionada por la SISS hasta el año 2011 para las PTAS y 2013 para los Riles.



- Evaluación del riesgo ecológico<sup>4</sup> evitado entre el escenario actual (base) y el escenario normativo mediante la aplicación de clases de calidad generadas por el MMA.
- Identificación breve de los servicios ecosistémicos (SS.EE.) de la cuenca del río Valdivia en base estudios anteriores desarrollados con este fin (UCT 2012), a la recopilación de información de talleres participativos regionales y una reclasificación y ajuste de dichos resultados mediante bibliografía especializada (De Groot R.S., Alkemade et al. 2010). Los SS.EE pueden definirse como “*la contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano*”<sup>5</sup> (TEEB 2014). Estos servicios ecosistémicos contribuyen al bienestar social y permiten el desarrollo de innumerables actividades productivas y recreativas de los distintos territorios. La implementación de instrumentos de gestión ambiental, tales como la NSCA, facilita la mantención de flujos sostenidos de servicios ecosistémicos al mejorar o mantener las condiciones ambientales de las cuencas en relación a la calidad del agua.

### 3.5 Metodología costos

Los costos identificados corresponden a los costos generados por el monitoreo de la calidad de las aguas, los cuales recae directamente en el Estado, y los costos de reducción de emisiones de las diferentes fuentes emisoras presentes en la cuenca.

En relación al monitoreo, se analizó el número de muestras adicionales que se debería implementar para dar cumplimiento a la norma en relación al Programa de Monitoreo establecida actualmente por la DGA. La norma exige parámetros adicionales, una estación nueva (SP-1) y un aumento en la frecuencia de monitoreo anual (de 3 a 4 veces por año). Este incremento fue valorizado utilizando precios de referencia de análisis del laboratorio EULA-Chile, a lo que se le adicionó los costos de logística de toma de muestras (operarios y transporte).

En los casos donde el nivel de norma es superado (Figura 4), se asume que se dictará un Plan de Descontaminación el cual incorpora una serie de medidas de reducción de emisiones que inducen en potenciales costos para las fuentes emisoras. Para ello se integró el modelo de dispersión (emisión-calidad) junto con un modelo económico de optimización (ver Figura 5) que opta por las medidas con un criterio de costo-efectividad, es decir, minimiza los costos totales de modo de cumplir con la norma<sup>6</sup>. Los datos de costos y

<sup>4</sup> Se puede definir riesgo ecológico como “el proceso que evalúa la probabilidad de que se produzcan (o se estén produciendo) efectos ecológicos adversos como resultado de la exposición a uno o más agentes estresores, como producto del desarrollo de actividades humanas en los ecosistemas”. (MMA, 2014).

<sup>5</sup> A su vez, la Ley 20283 sobre Recuperación y del Bosque Nativo y Fomento Forestal de 2008 define servicios ambientales como “aquellos que brindan los bosques nativos y las plantaciones que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente”. Para propósitos del MMA se sugiere utilizar el concepto de Servicios Ecosistémicos y la definición sugerida en esta minuta debido a que corresponde a un concepto que va más allá de los servicios que entregan los bosques y a que relaciona los servicios con el bienestar humano.

<sup>6</sup>El modelo simula qué parámetro debe abatirse, qué fuente emisora es conveniente abatir y qué tecnología o medida de abatimiento instalar de modo que se alcance el límite de norma minimizando los costos totales. Los costos de inversión, operación y mantención, fueron obtenidos a partir del estudio de FundaciónChile (2010) y corregidos en el proceso de revisión del D.S. 90 (MMA 2011).

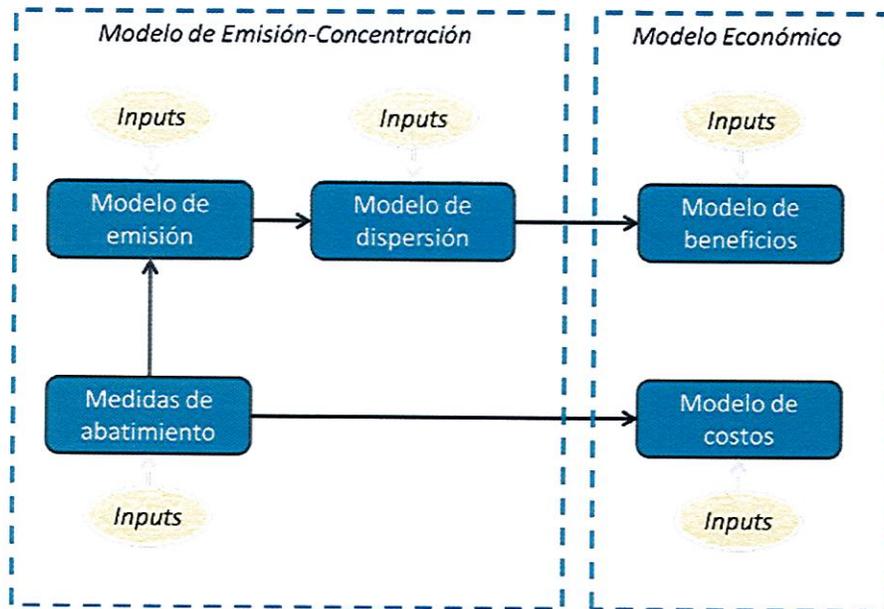


eficiencias de tecnologías de abatimientos fueron obtenidos de estudios elaborados por Fundación Chile (2010) para las fuentes puntuales<sup>7</sup> y MMA (2011) para fuentes difusas.

Se considera como línea base las resoluciones exentas y resoluciones de calificación ambiental de la autoridad competente para determinadas fuentes emisoras puntuales presentes en la cuencas. En los casos donde dichas resoluciones exijan emisiones menores a las actualmente emitidas, los costos de abatimiento no son atribuibles a la presente norma sino a la implementación de la resolución respectiva.

Es importante destacar que el análisis de los costos deberá ser actualizado si se requiere la implementación de un Plan de Descontaminación en la cuenca, donde se establece mediante un cuerpo legal (decreto supremo) las medidas concretas a implementar en las fuentes emisoras contando con mayor y mejor información levantada con ese fin.

Figura 5. Esquema de metodología aplicada para la evaluación del AGIES: modelo de dispersión y modelo económico.



Fuente: Elaboración propia

#### 4. Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos del AGIES. Esto corresponde a la evaluación de cumplimiento en el escenario de norma para cada combinación AV-parámetro, indicadores del inventario de emisiones, el análisis de beneficios y finalmente la evaluación de costos de la NSCA.

<sup>7</sup> Este estudio sistematiza curvas de costos por tecnología de abatimiento en función del caudal de descarga. El valor utilizado de caudal corresponde al percentil 90 de los datos reportados a la SISS.

#### 4.1 Evaluación de cumplimiento

Se detalla el análisis de excedencia en función de dos indicadores: (i) Cumplimiento actual: todas las combinaciones AV-parámetro que cumple los límites de norma; (ii) Excedencias evaluadas: todas las combinaciones AV-parámetro que no cumplen los límites de norma, y (iii) las áreas sin información. Este último caso corresponde a las áreas de vigilancia donde no existe información de calidad de agua para un parámetro dado, pero que se requiere normar, por lo cual es infactible valorar sus costos y beneficios. Estos casos son particularmente frecuentes para los parámetros medidos en su fracción disuelta, entre otros no monitoreados actualmente por DGA.

En la Tabla 3 se aprecia que existe un 58% de casos que actualmente cumplen los límites de norma y un 12% que los superan. En el anexo 7.3 se detallan las reducciones por parámetro y área de vigilancia que genera la implementación de la norma. A nivel espacial estas saturaciones tendrían lugar principalmente en las zonas bajas de las cuencas del Cruces y Calle-Calle.

Tabla 3. Resultados del análisis de excedencias de la NSCA de la cuenca del río Valdivia<sup>8</sup>

	Número	Porcentaje
Cumplimiento	119	58%
Excedencias	25	12%
Sin información	60	29%
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2 Resultados emisiones antrópicas

Se presenta los caudales característicos<sup>9</sup> espacializados en la cuenca y desagregados por rubro. Si bien el efecto que generan estas emisiones debe necesariamente ser analizado junto al parámetro de descarga (masa por unidad de tiempo), los caudales proporcionan una idea de las zonas de mayor presencia antrópica considerando fuentes puntuales.

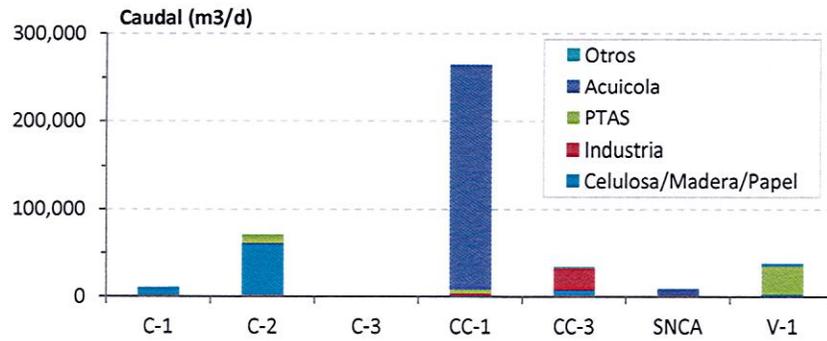
Existe alta presencia de uso agrícola y plantaciones en gran parte de las AV normadas. En relación a fuentes puntuales, estas se localizan preferentemente en sectores bajos (CC-3). La AV CC-1 es la que tiene mayores caudales de emisión producto del sector acuícola, seguido por C-2 y V-1.

<sup>8</sup>Los límites de detección no son considerado como excedencias de norma.

<sup>9</sup>Se considera el percentil 50 de los datos de caudal de emisión.

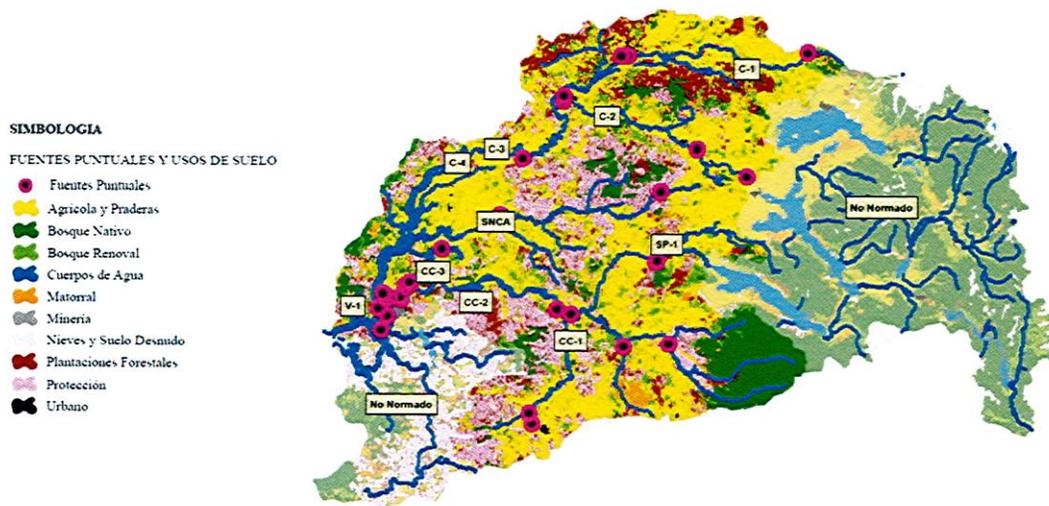


Figura 6. Caudales promedio de descargas puntuales presentes en la cuenca del Valdivia (m<sup>3</sup>/d).



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SISS.

Figura 7. Fuentes emisoras puntuales y difusas (usos de suelo) asociadas a la cuenca del río Valdivia.



Fuente: Elaboración propia en base a catastro de bosque nativo (CONAF) y SISS.

### 4.3 Beneficios

La implementación de la NSCA en la cuenca del río Valdivia conlleva una serie de beneficios asociados a una mejora en la calidad de las aguas, algunos de estos son posibles de identificar y cuantificar, otros sólo de identificar, complementando su análisis desde un enfoque cualitativo. Sin embargo, también existen beneficios que no son posibles de reconocer, mas no significa que no ocurran.

Esta sección presenta en primer lugar los efectos de la norma en términos de reducción de emisiones contaminantes y la consecuente disminución de riesgos para la biota acuática asociados. En segundo lugar, presenta antecedentes sobre el beneficio de la norma para la sociedad en base a los ecosistemas protegidos, los servicios ecosistémicos presentes y los receptores afectados.



#### 4.3.1 Reducción de emisiones

La Tabla 4 resume la reducción de emisiones estimadas en la cuenca del río Valdivia producto de la aplicación de medidas de abatimiento en fuentes puntuales y difusas con el fin de alcanzar los límites de la norma propuesta. Con este análisis es posible concluir que la norma tiene efectos importantes en las emisiones de las diferentes fuentes de la cuenca, especialmente metales (principalmente Aluminio, Manganeso y Hierro) y nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).

Tabla 4. Emisiones con norma y reducciones por parámetro, cuenca del río Valdivia (kg/d).

Parámetros	Base	NSCA	Reducción	%Reducción
Al	486	185	301	62%
Mn	87	34	54	61%
FeDis	291	146	145	50%
AOX	52	29	23	44%
P-PO4	928	562	366	39%
P	1.535	934	601	39%
Na	43.484	26.598	16.886	39%
NO3	6.373	3.954	2.419	38%
N	12.832	8.074	4.758	37%
Zn	10	7	3	27%
Cu	4	3	1	21%
SO4	11.828	10.360	1.468	12%

\*Se ponen exclusivamente las reducciones que  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2 Protección del medio ambiente y especies

La cuenca del río Valdivia posee un alto valor ambiental representando en diversidad biológica y endemismos, con presencia de 61 especies de microalgas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 120 especies de plantas acuáticas, una veintena de especies de fauna íctica (UCT 2012). Específicamente respecto a la riqueza de peces, las especies presentes en la cuenca representan a un 62,5% de las especies a nivel nacional (Vila I 2006), un 70% de las especies presentes en la cuenca son endémicas de Chile y 17 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación, 7 de ellas consideradas ‘en peligro de extinción’, entre estas especies destaca *Diplomystes camposensis* (tollo, bagre) especie microendémica exclusiva de la cuenca del río Valdivia cuyo hábitat presenta importantes amenazas actuales y potenciales por contaminación, fragmentación, artificialización, y por la introducción de especies piscícolas exóticas (Arratia 1987; Vila I 2006) y *Percilia gillissi* (carmelita) especie endémica del centro-sur de Chile, siendo el límite sur de su distribución las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno. Com. pres. Vila (2009) estima que esta especie estaría extinta en la zona centro del país (río Maipo), ya que no se han encontrado ejemplares de la especies en

estudios recientes, siendo sus principales amenazas la depredación por especies introducidas y la alteración de hábitat por actividades antrópicas ((Soto 2006) (Habit 2006)).

Considerando los objetivos de la norma, la reducción de emisiones presentada en la Tabla 4 contribuye a la protección del ecosistema acuático, dado que la reducción de emisiones de los metales normados, hierro y manganeso (en sus formas ionizadas, de sales o de hidróxidos coagulados) en altas concentraciones pueden generar efectos fisiológicos y hasta la muerte en peces (sobre 0,9 mg/L a pH entre 6.5 y 7.5) (Cortes and Montalvo 2010) (Kemmer Frank 1989), en el caso del Aluminio puede resultar tóxico para la biota cuando se moviliza a un pH bajo (Forstner 1989). Del mismo modo, la reducción de emisiones de nutrientes en sus formas nitrogenadas y fosforadas es relevante por la relación de dichos compuestos con la eutroficación de cuerpos de agua superficiales (especialmente en sistemas lénticos). Cabe destacar la reducción de aproximadamente un 45% de las emisiones de AOX, parámetro potencialmente tóxico para la biota acuática. De esta forma, reducir y limitar la emisión a la cuenca de estos parámetros genera beneficios para la protección de la biota y el ecosistema fluvial en su conjunto.

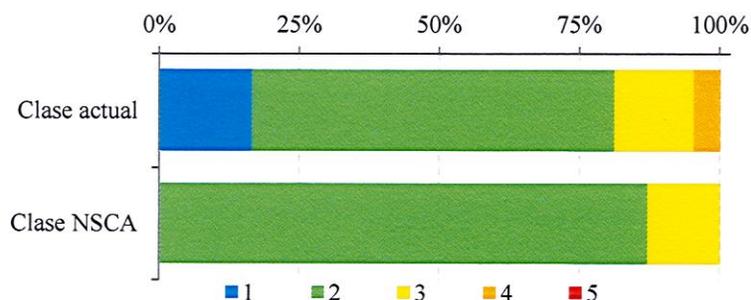
#### **4.3.3 Protección del medio ambiente: Análisis de riesgo**

La evaluación de riesgo ecológico desarrollada en la cuenca del río Valdivia para los parámetros aluminio, cobre, hierro, manganeso y zinc ((UCT 2010) (UCT 2011)) permitió identificar las concentraciones de estos parámetros que no ocasionan riesgo agudo ni crónico para las especies presentes en la cuenca. El beneficio directo de esta aproximación está determinado porque los valores de estos análisis fueron utilizados en el establecimiento de los niveles normativos propuestos y permiten la protección de un 70-80% de las especies (70% riesgo agudo, asociado a un 70-80% de riesgo crónico), lo que corresponde a un beneficio importante en términos de protección de especies y de condiciones ecológicas de la cuenca.

La tabla de clases de calidad, elaborada por el Departamento de Asuntos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente en base a estudios de evaluación de riesgo ecológico, índices bióticos y análisis estadísticos de calidad del agua de la cuenca, permitió determinar 5 niveles de calidad, donde clase 1 corresponde a mejores condiciones y clase 5 a las más deficientes. Así, la clase 1 representa a un nivel de protección de las especies superior al 80%; clase 2, entre 70 y 80% de protección; clase 3, entre un 60 y un 70%; clase 4, entre un 50 y 60% y finalmente clase 5, que corresponde a un 50% de protección o menos.



Figura 8. Cambio de clases de calidad, situación base y con NSCA.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 muestra una comparación entre el porcentaje de cada clase de calidad de agua en el río para el escenario base y su modificación producto de la implementación de esta norma. En otras palabras, la norma incrementa la protección mediante la reducción total de las clases 4 presentes en la cuenca y la disminución de la clase 3, para transformarla a una cuenca con una calidad predominantemente de clase 2, la cual contribuye a la provisión de los servicios ecosistémicos de la cuenca punto que se analizará a continuación.

#### 4.3.4 Provisión de Servicios Ecosistémicos

La protección de especies y ecosistemas en la cuenca del río Valdivia, genera a su vez la mantención o incremento en la provisión de servicios y bienes ecosistémicos. En la cuenca del río Valdivia se han identificado 16 servicios ecosistémicos relacionados a los recursos hídricos, de los cuales 4 corresponden a servicios ecosistémicos de provisión (ej. alimentos, agua, recursos genéticos y especies ornamentales), 5 de regulación (ej. regulación hídrica, depuración y regulación de contaminante, regulación climática e hídrica), 5 culturales (ej. estética, recreación, patrimonio cultural e identidad) y 2 de soporte (acervo genético y hábitat).

Tabla 5 Servicios ecosistémicos identificados en la cuenca del río Valdivia.

Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
Alimentos	Regulación hídrica	Estética	Acervo genético
Agua	Depuración y regulación de contaminantes	Recreación	Hábitat
Material Genético	Regulación Climática	Patrimonio cultural e identidad	
Especies o recursos ornamentales	Protección contra la erosión	Inspiración espiritual y religiosa	
	Retención de sedimentos	Educación y ciencia	

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, respecto al servicio ecosistémico de provisión hídrica, la ciudad de Valdivia abastece habitualmente su demanda de agua potable desde la cuenca del estero Llancahue



(13.3 km<sup>2</sup>; 110-300 l/s), sin embargo, en escenarios estivales de bajos caudales, este centro urbano adiciona la captación de agua (~500 l/s) directamente desde el sector Cuesta Soto en el río Calle-Calle. Otro ejemplo de la provisión de servicios que este cuenca entrega corresponde al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, el cual destaca por ser reservorio de una alta riqueza de flora y fauna nativa (servicios de mantención de hábitat y protección del acervo genético), por la regulación hídrica que generan estos humedales, importantes en el control de inundaciones y en la mantención de caudales durante periodos secos (condiciones propias de cuencas forestales y ecosistemas de humedales) y el mejoramiento de la calidad del agua (*buffer*) (servicios de regulación hídrica, depuración y regulación de contaminantes). Otro aspecto interesante de resaltar, es que el sistema hídrico del río Valdivia es parte fundamental de la identidad de la región de Los Ríos, siendo ésta reconocida como una zona de alta densidad de ríos navegables, utilizados como vía de transporte turístico y recientemente como vía de navegación en base a un modelo de transporte fluvial sustentable (servicio de patrimonio cultural e identidad). De forma conjunta, la alta heterogeneidad de ecosistemas que conforman la cuenca ha propiciado el desarrollo de variadas actividades vinculadas a la recreación y el ecoturismo, entre las cuales destacan el rafting, canotaje y remo desarrollado en los ríos San Pedro y Calle Calle, la pesca deportiva del río Cruces y San Pedro y el avistamiento de avifauna en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (servicio ecosistémico de oportunidades de recreación y turismo). Asimismo, esta alta complejidad ecosistémica (lagos, ríos, canales, estuarios, playas) constituye un escenario ideal para el desarrollo de estudios asociados a diferentes áreas de investigación, tales como ecología, hidrología y oceanografía (servicio de oportunidades para ciencia y educación).

Se infiere entonces que existen ciertas actividades (o receptores) presentes en la cuenca que están íntimamente relacionadas con la calidad del agua que también se verían beneficiadas con la implementación de la norma, como por ejemplo, acuicultura, agricultura, ganadería, actividades de recreación (turismo, pesca deportiva) entre otras (ver Tabla 6. Matriz Parámetro-Receptor).

Tabla 6. Matriz Parámetro-Receptor

Parámetro /Receptor	Acuicultura	Agricultura	Ganadería	Industria	Deportes Acuáticos	Pesca Deportiva	Recreación informal	Salud de los Ecosistemas y Biodiversidad	Turismo
Aluminio	✓	✓				✓		✓	
AOX								✓	
Cloruro	✓	✓	✓			✓		✓	
Conductividad	✓	✓	✓			✓		✓	
Cromo	✓				✓	✓		✓	
Cobre	✓				✓	✓		✓	
DBO <sub>5</sub>	✓				✓	✓	✓	✓	✓
Fosfato*	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
Hierro	✓			✓				✓	



<b>Manganeso</b>	✓					✓		✓	
<b>Nitrato*</b>	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
<b>Oxígeno Disuelto</b>	✓				✓	✓	✓	✓	✓
<b>pH</b>	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
<b>Sulfato</b>	✓					✓		✓	
<b>Sodio**</b>		✓							
<b>Zinc</b>	✓	✓	✓		✓	✓		✓	

\*Fosfato y Nitrato asimilados a P Total y NO<sub>3</sub> respectivamente (EPA 1976). \*\*Parámetros con falta de información

Fuente: Elaboración propia a partir de (Cifuentes 2008).

Finalmente, los servicios ecosistémicos que presentan estrecha relación con el funcionamiento de los cuerpos de agua, y por lo tanto, con los objetivos y ámbito de aplicación de las NSCA, pueden ser vistos o analizados como una expresión de aquellos beneficios percibidos por los principales receptores de la cuenca, los cuales se ven de una u otra forma, beneficiados por la existencia de ellos.

El análisis Tramo-Receptor permitió identificar por área de vigilancia, cuales son las actividades productivas asociadas a los servicios ecosistémicos provistos por la cuenca. Los criterios utilizados para la asociación tramo-receptor se presentan a continuación:

- **Acuicultura:** aquellas áreas de vigilancia donde se desarrolla la actividad acuícola según los registros de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) a través de los registros de descargas asociados al D.S.90 e información recopilada por (UCT 2013).
- **Agricultura:** aquellas áreas de vigilancia asociadas a usos de suelo de tipo agrícola según el Catastro de Bosque Nativo (CONAF, UACH et al. 2009; CONAF 2011) .
- **Ganadería:** aquellas áreas de vigilancia en las cuales, según los registros de la DGA, se produce extracción de agua para este tipo de uso, unido a ello se analizaron los usos de suelo relacionados a praderas según el Catastro de Bosque Nativo (CONAF, UACH et al. 2009; CONAF 2011).
- **Industria:** aquellas áreas de vigilancia donde según el registro de descargas de la SISS se emplacen fuentes puntuales.
- **Patrimonio cultural y antropológico:** aquellas áreas de vigilancia que se encuentran cercanas a sitios de patrimonio cultural y comunidades indígenas.
- **Turismo Náutico/deportes acuáticos:** aquellas áreas de vigilancia donde se desarrollan deportes acuáticos según información proporcionada por el Servicio Nacional de Turismo y la Subsecretaría de Pesca.
- **Recreación informal:** aquellas áreas de vigilancia donde se desarrollan actividades de recreación informal según información proporcionada por el Servicio Nacional de Turismo, y otras fuentes secundarias.
- **Salud de los ecosistemas y biodiversidad:** aquellas áreas de vigilancia contenidas dentro de zonas bajo protección oficial (Parques nacionales, Reservas nacionales, Santuarios de la naturaleza, Sitios prioritarios, áreas protegidas privadas).

Tabla 7. Matriz tramo-receptor, cuenca del río Valdivia.

Tramos/Receptor	Acuicultura	Agricultura	Ganadería	Industria	Patrimonio Cultural y antropológico	Turismo Náutico/ Deportes acuáticos	Recreación informal	Salud Ecosistemas y Biodiversidad
C-1		✓	✓	✓			✓	
C-2	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
C-3	✓		✓		✓	✓	✓	✓
C-4						✓	✓	
SNCA			✓	✓	✓	✓	✓	✓
SP-1			✓	✓	✓	✓	✓	✓
CC-1	✓		✓	✓		✓	✓	✓
CC-2	✓		✓			✓	✓	✓
CC-3				✓		✓	✓	✓
V-1	✓			✓		✓	✓	

Fuente: Elaboración propia a partir de Cifuentes (2008)

A partir de la información de reducción de emisiones de la Tabla 4, las asociaciones parámetro-receptor de la Tabla 6 y la identificación de receptores según tramo (Tabla 7), se analizaron los posibles efectos en los receptores que generarían los parámetros normados como consecuencia de la aplicación de la NSCA de la cuenca del río Valdivia. Los resultados indican que los receptores “salud de ecosistemas y biodiversidad” y “acuicultura” son aquellos que mayormente se verían beneficiados con la implementación de la norma. Cabe destacar que por brechas metodológicas y de información este análisis sólo consideró la relación parámetro-receptor y no la magnitud de esta asociación.

#### 4.4 Costos

El AGIES determinó que, en los potenciales escenarios de incumplimiento, el costo de monitoreo alcanza los 20.000 USD anuales mientras que el abatimiento de emisiones de la norma sería de alrededor de 1,8 MMUSD/año. Esta cifra recae principalmente el sector de Celulosa/Madera/Papel producto de ser un sector que aporta caudales relativamente importantes y variados parámetros en sus emisiones.



Tabla 8. Costos anualizados de la NSCA de la cuenca del río Valdivia

	<b>Costos anualizados (MMUSD/año)</b>
Abatimiento	1,1 (1,0 – 1,5)
Monitoreo	0,014 (0,012 – 0,015)
<b>Total</b>	<b>1,11 (1,01 – 1,52)</b>

\*Tasa social de descuento 6% (Ministerio de Desarrollo Social); Tipo cambio: 550 CLP/USD. Fuente: Elaboración propia.

Es importante remarcar que actualmente se están desarrollando acciones de gestión en la cuenca que impactan positivamente la calidad del agua, canalizadas a través de la SEREMI de Medio Ambiente de la región de Los Ríos, tales como mejores prácticas con empresas forestales, proyectos de restauración de bosque nativo y priorización de medidas de reforestación de riberas. Estas iniciativas se enmarcan en acciones desarrolladas por CONAF mediante fondos asociados a la Ley de Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal, coordinados a su vez con las mesas de agua de la zona y la comunidad. Todas estas acciones impactan de manera positiva los cursos de agua, por lo que los esfuerzos adicionales para la alcanzar los niveles de norma serían menores a los estimados.



## 5. Conclusiones

La aproximación metodológica implementada en el AGIES de este proyecto definitivo de NSCA, intenta acercarse a los impactos generados por su entrada en vigencia, a través de la caracterización de los beneficios y costos que generaría un posible plan de descontaminación en la cuenca del río Valdivia. Cabe destacar que en un eventual escenario, de decretarse una zona de latencia o saturación deberán generarse los estudios necesarios que permitan contar con información detallada de las causas de la contaminación así como de las medidas que efectivamente las fuentes emisoras deberán implementar. Es dicho Plan de prevención o descontaminación el que fija objetivos, medidas, metas y plazos de cumplimiento que serán discutidos en su momento.

La eventual aplicación de este plan de descontaminación supondría reducciones importantes en parámetros altamente tóxicos para la biota presente en el lugar y disminución de la probabilidad de eutroficación al incorporar un límite de nutrientes. Así la implementación del proyecto definitivo de NSCA debiese contribuir a la protección del ecosistema, y por ende, los servicios ecosistémicos relacionados con la calidad del agua de la cuenca y sus actividades económicas.

Los costos anuales se estiman en 14.000 USD/año asociados al monitoreo de calidad de agua adicional al programa de monitoreo desarrollado actualmente en la cuenca, y por otro lado 1.1 MMUSD/año producto de medidas de abatimiento de emisiones atribuibles a un potencial Plan de Descontaminación.

La mejora continua de los recursos hídricos va en línea con los compromisos y recomendaciones internacionales, tales como las realizadas por la OCDE, organismo que plantea que Chile requiere “(...)iniciativas más decididas en relación con las EIA, las normas de calidad y de emisiones para la gestión del aire, el agua, los residuos y la naturaleza, el uso de instrumentos económicos, las políticas de ordenamiento territorial, y los planes y estrategias nacionales y regionales” (Lorentsen and Barcacena 2005).



## 6. Referencias

- Arratia (1987). "Description of the primitive family Diplomystidae (Suliformes, Teleostei, Pisces): Morphology, taxonomy and phylogenetic implications." Bonner Zoologische Monographien **24**: 1-120.
- Banco Central (2012). Cuentas Nacionales de Chile, PIB Regional 2012. Chile.
- Cifuentes, L. (2008). Generación de metodología para el desarrollo de análisis general del impacto económico y social de normas secundarias de calidad del agua., Preparado para CONAMA.
- CONAF (2011). Catastro del uso del suelo y vegetación: Monitoreo y actualización. Región de los Ríos.
- CONAF, UACH, et al. (2009). "Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de la Araucanía."
- Cortes, I. and S. Montalvo (2010). Aguas: calidad y contaminación. Un enfoque químico ambiental.
- De Groot R.S., R. Alkemade, et al. (2010). "Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making." Ecological Complexity **7**: 260-272.
- EPA (1976). Quality Criteria for water. EPA.
- Fisher, B., R. K. Turner, et al. (2009). "Defining and classifying ecosystem services for decision making." Ecological Economics **68**(3): 643-653.
- Forstner (1989). Contaminated sediments: lectures on environmental aspects of particle-associated chemicals in aquatic systems.
- FundacionChile (2010). Estimación de Costos de Abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Santiago de Chile.
- Habit, B. D. I. V. (2006). "Estado de Conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. ." Revista Gayana **70**(1): 100-113.
- INE (2002). Censo 2002. Instituto Nacional de Estadísticas (INE).Chile.
- Kemmer Frank, M. J. (1989). Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.
- Lorentsen, L. and A. Barcacena (2005). "Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile." Santiago, OCDE/CEPAL.



MMA (2011). Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Villarrica. Departamento de Economía Ambiental. Chile.

MMA (2014). Generación de información base para la evaluación de normas de calidad ambiental y emisión: revisión y actualización sobre tecnologías y costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos, Elaborado por AMPHOS21 para el Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

Oyarzún, C. E., H. Campos, et al. (1997). "Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso del suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región)." Revista Chilena de Historia Natural **70**: 507-519.

SERNAPESCA (2011). Anuario Estadístico de Pesca 2010. Valparaíso, Servicio Nacional de Pesca.

Soto, I. A., J González, J Sanzana, F Jara, C Jara, E Guzmán & A Lara (2006). "Southern Chile, Trout and salmon country: invasión patterns and treats for native species." Revista Chilena de Historia Natural **79**(1): 97-117.

TEEB (2014). Glossary of terms, The Economics of Ecosystems and Biodiversity.

UCT (2010). Evaluación de riesgo ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Andwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos. . M. d. M. Ambiente.

UCT (2011). "Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos."

UCT (2012). Identificación, Cuantificación y Recopilación de Valores Económicos para los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca del Río Valdivia. Temuco, Universidad Católica de Temuco: 201.

UCT (2013). "Diagnóstico sectorial e integrado del sistema territorial-Región de Los Ríos. Informe Etapa N°3-Versión 4. Plan Regional de Ordenamiento Territorial Región de Los Ríos."

Vila I, A. V., R Schlatter & C Ramirez (2006). Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile.



## 7. Anexos

### 7.1 Proyecto definitivo

Tabla 9. Límites de norma para la cuenca del río Valdivia por parámetro y área de vigilancia

Parámetro	Estadígrafo de control	C-1	C-2	C-3	C-4	SNCA	SP-1	CC-1	CC-2	CC-3	V-1
Al	p85B	0,30	0,30	0,30	0,22	0,22	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
AlDis	p85B	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
AOX	p85B	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Cl-	p85B	6,4	7,6	7,6	8,1		5,3	7,1			
Cond	p85B	70	70	70	70		70	70			
Cr+6	p85B	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Cu	p85B	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
CuDis	p85B	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
DBO5	p85B	2,5	2,5	2,5	2,5	3	2	2	2	2	3
Fe	p85B	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,1	0,2	0,2	0,2	0,39
FeDis	p85B	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mn	p85B	0,04	0,04	0,04	0,02	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
MnDis	p85B	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	p85B	4,4	8,3	8,3	7,9		4,6	4,6			
NO3	p85B	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
OD	p15B	9	9	9	9	8	9	9	9	8	8
pH (min)	p15B	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
pH (max)	p85B	8	8	8	8	8,5	8	8	8,5	8,5	8,5
P-PO4	p85B	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SO4	p85B	3	7	7	7,8		3	3			
Zn	p85B	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZnDis	p85B	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016

\* PromB: promedio bianual móvil

\* p85B: percentil 85 bianual móvil o penúltimo valor ordenados de menor a mayor si el número de datos es menor a 12 datos (el p85 no elimina ningún dato de la muestra).

\* p85B: percentil 85 bianual móvil o penúltimo valor ordenados de menor a mayor si el número de datos es menor a 12 datos (el p85 no elimina ningún dato de la muestra).



## 7.2 Calidad actual

Tabla 10. Calidad actual asociado a los estadígrafos respectivos de cada parámetro (año 2010-2011)

Parámetros	C-1	C-2	C-3	C-4	CC-1	CC-2	CC-3	SNCA	SP-1	V-1
Al	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
AlDis						0,5	0,5	0,5		0,50
AOX				0,03						
Cl-	3	5	6	10	3				2	
Cond	48	79	59	154	53				58	
Cr+6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01		0,03	
Cu	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
CuDis						0,001	0,001	0,002		0,00
DBO5				1,9		2,0	2,0	2,0		2,000
Fe	0,4	0,4	0,4		0,2	0,2	0,5	0,5	0,0	0,4
FeDis				0,10		0,08	0,06	0,10		0,07
Mn	0,020	0,028	0,034	0,015	0,020		0,026		0,020	
Na	3,6	8,2	13,8	19,0	3,3				3,0	
NO3	0,17	0,18	0,12	0,18	0,06	0,05	0,10	0,06	0,02	0,06
OD	9,60	10,09	9,85	8,50	10,88	8,50	8,50	7,77	9,48	8,52
pH (mín)	7,1	6,9	7,0	6,6	7,3		7,4		7,3	
pH (máx)	7,8	7,3	7,5	7,3	7,4		8,3		7,7	
P-PO4	0,006	0,007	0,006	0,020	0,006	0,028	0,028	0,028	0,004	0,028
SO4	3,0	9,4	19,7	17,0	3,0				3,0	
Zn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00

Fuente: Elaboración propia



### 7.3 Detalle superación de norma

Tabla 11. Reducciones porcentuales de variación entre la concentración base y los límites de norma y cuenta de mejoras en calidad por AV y parámetro

Parámetros	C-1	C-2	C-3	C-4	CC-1	CC-2	CC-3	SNCA	SP-1	V-1
Al							40			
AlDis										
AOX				80						
Cl-				19						
Cond										
Cr+6										
Cu										
CuDis										
DBO5										
Fe	9					2	60	20		
FeDis				3		25				14
Mn							23			
Na			40	58						
NO3										
OD				6		6		3		
pH (mín)										
pH (máx)										
P-PO4							29			
SO4										
Zn									21	
ZnDis							87			

- N° sup.: número o total de superaciones de norma

- La mejora en la calidad de los parámetros que se norman en concentraciones mínimas (*pH(mín)* y *OD*) corresponden a números negativos dado que la norma induce a un aumento en las concentraciones en los cuerpos de agua. Fuente: Elaboración propia.

## 7.4 Clases de calidad

Se adjuntan las clases de calidad elaboradas por el Departamento de Asuntos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente.

Tabla 12. Clases de calidad por parámetro

Parámetros	1	2	3	4	5
Al	0,01	0,22	0,56	0,9	>0,9
AOX	0,002	0,006	0,03	0,05	>0,05
Cl-	1,77	5,6	11,7	17,8	>17,8
Cond	24,5	70	116	162	>162
Cr+6	0,01	0,01	0,02	0,07	>0,07
Cu	0,001	0,08	0,15	0,21	>0,21
DBO5	1	2,5	5	8	>8
Fe	0,01	0,39	0,58	0,76	>0,76
Mn	0,004	0,34	0,84	1,34	>1,34
Na	2,2	5,7	18,63	31,45	>31,45
NO3	0,01	0,2	0,55	0,9	>0,9
OD río	11,6	9	7	5	<5
OD estuario	11,6	8	7	5	<5
pH río	6,5 - 7,5	6,3-8	6,2 - 8,5	6 - 9	<6; >9
pH estuario	6,5-8	6,3-8,5	6,2-8,7	6-9	<6; >9
P-PO4	0,003	0,03	0,06	0,09	>0,09
SO4	0,3	3	14,64	26,2	>26,2
Zn	0,001	0,046	0,05	0,09	>0,09

Fuente: Departamento de Asuntos hídricos y Ecosistemas Acuáticos, MMA (2013).



## 7.5 Costos por rubro

Los costos por rubro y por área de vigilancia se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 13. Participación de los costos de fuentes emisoras por rubro.

Rubro	Costo anualizado (MMUSD/año)	Porcentaje de costos
Celulosa/Madera/Papel	0.8	73%
Industria	0.1	13%
PTAS	0.1	9%
Acuícola	0.1	5%
Otros	0.0	1%
<b>Total general</b>	<b>1.1</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Distribución de costos de fuentes emisoras por área de vigilancia de la cuenca del río Valdivia.

Área de vigilancia	Costo anualizado (MMUSD/año)	Porcentaje de costos
C-2	0.8	69%
V-1	0.1	12%
CC-3	0.1	10%
CC-1	0.1	8%
C-1	0.0	0%
<b>Total general</b>	<b>1.1</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia