

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 BIOBÍO**

---

17 de Octubre 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 Biobío. 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 disminuir 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 reducción de emisiones atribuible a la norma generan beneficios importantes tales como:*

- Incremento significativo en la protección de las especies acuáticas. Se limita la presencia en la cuenca de parámetros antrópicos altamente tóxicos, así como otros parámetros que inciden en el correcto funcionamiento de las comunidades acuáticas presentes en la columna de agua. La cuenca del Biobío es una de las cuencas más importantes del país considerando la diversidad de su fauna íctica y alto grado de endemismo de sus especies.*
- Incremento en la provisión de Servicios Ecosistémicos que provee la cuenca, beneficiando principalmente a los sectores relacionados con turismo y recreación al prevenir problemas de eutroficación de los cursos de agua. Antecedentes internacionales son concluyentes en que los costos de remediación de zonas eutroficadas son drásticamente mayores que los de prevención.*
- Permite la protección del patrimonio cultural de las comunidades pehuenches, presentes principalmente en las partes altas de la cuenca.*

*De igual manera, la norma induce a costos de monitoreo que se estiman en 30.000 USD/año para el Estado de Chile producto de un incremento en el monitoreo de parámetros físico-químicos y biológicos con el fin de mejorar la gestión de la calidad hídrica en la cuenca. En relación al cumplimiento normativo, en un eventual Plan de Descontaminación se estiman costos de 3,8 (3,0 – 4,6) MMUSD/año por medidas de reducción de emisiones.*

*La implementación de este tipo de normas refleja enfoques internacionales en la forma de prevenir o mejorar en una forma integral los ecosistemas acuáticos, además que están acorde con los compromisos que Chile ha suscrito voluntariamente en la OCDE. Este organismo recomienda, entre otras cosas, 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.*

## Contenidos

INTRODUCCIÓN.....	3
<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 .....	4
<b>2. NORMATIVA EVALUADA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGÍA DEL AGIES.....</b>	<b>6</b>
3.1 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO .....	7
3.2 ANÁLISIS DE EMISIONES.....	7
3.3 MODELO DE DISPERSIÓN .....	7
3.4 METODOLOGÍA COSTOS .....	8
3.5 METODOLOGÍA BENEFICIOS .....	9
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
4.1 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO .....	10
4.2 ANÁLISIS DE EMISIONES.....	10
4.3 BENEFICIOS.....	12
4.3.1 Reducción de emisiones.....	12
4.3.2 Protección del medio ambiente y especies.....	12
4.3.3 Protección del medio ambiente: Análisis de riesgo.....	13
4.3.4 Provisión de Servicios Ecosistémicos.....	14
4.4 COSTOS.....	15
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>18</b>
7.1 PROYECTO DEFINITIVO DE NSCA .....	18
7.2 CALIDAD ACTUAL .....	18
7.3 DETALLE SUPERACIÓN DE NORMA .....	19
7.4 VARIACIÓN ESPACIAL DE CLASES DE CALIDAD .....	19
7.5 ESPECIES ÍCTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO BIOBÍO .....	20
7.6 MATRIZ TRAMO-RECEPTOR .....	21
7.7 ANÁLISIS DISTRIBUTIVO DE COSTOS .....	22



## 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 Biobío.

El informe se compone de cinco partes: descripción del área de estudio, un resumen con los aspectos principales de la norma evaluada, la metodología aplicada en el 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 Biobío, la tercera más grande de Chile (24.370 km<sup>2</sup>), presenta un régimen nivo-pluvial, con mínimos caudales hacia principios de otoño (marzo-abril: 180 m<sup>3</sup>/s) e incrementos significativos en los meses invernales (junio-julio: 2.200 m<sup>3</sup>/s), pudiendo en periodos de retorno de 100 años alcanzar caudales de 17.000 m<sup>3</sup>/s (Valdovinos y Parra, 2006). A lo largo de su red hídrica, distribuida en diez subcuencas conformada en su conjunto por más de 9.200 cursos de agua, el río Biobío va adquiriendo diferentes características, desde un sistema encajonado de fuerte pendiente en la zona alta, hasta configurarse como un cauce ancho (~2 km) de baja velocidad en la zona contigua a su desembocadura en el Golfo de Arauco (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores generales de la cuenca del río Biobío

<b>Superficie</b>	24.400 km <sup>2</sup> aprox.
<b>Longitud del río principal</b>	Río Biobío: 380 km.
<b>Regiones que conforman la cuenca</b>	Biobío (66%) y Araucanía (34%)
<b>Caudal medio anual</b>	~ 850 m <sup>3</sup> /s
<b>Población</b>	1,2 millones de habitantes

Fuente: Elaboración propia

### 1.2 Descripción actividades económicas

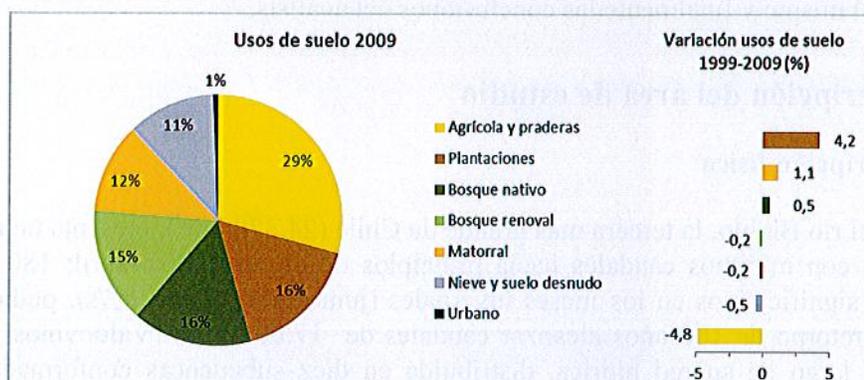
A nivel económico, la cuenca del río Biobío basa su actividad productiva en los sectores silvoagropecuarios, acuícola (pisciculturas), turístico y de generación eléctrica<sup>1</sup> (CEPAL, 2010; EULA, 2009).

Este patrón productivo ha influenciado un uso de suelo marcadamente diferenciado según la geomorfología de la cuenca, en donde, la fracción alta de la cuenca se encuentra caracterizada por importantes coberturas de bosque nativo renoval y adulto. Bajo esta

<sup>1</sup> Actualmente existen más de 5130 m<sup>3</sup>/s otorgados como de derechos de aprovechamiento de agua, de los cuales un 10% corresponden a derechos del tipo consuntivos y el 90% a derechos no consuntivos (DGA, 2010).

configuración, un importante porcentaje de esta cuenca se encuentra protegido. Por el contrario las áreas de drenaje contenidas en la depresión intermedia y zonas bajas, cercanas a la desembocadura, domina la presencia de extensas praderas agropecuarias (30% de la cuenca) y plantaciones forestales (16% de la cuenca), actividad extensiva que en los últimos años ha registrado un fuerte crecimiento espacial, tal como señala la Figura 1 (CONAF, CONAMA et al., 2011).

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



Fuente: Elaboración propia a partir del Catastro de (CONAF, CONAMA et al., 2011).

### 1.3 Descripción áreas de relevancia ambiental

Las áreas de relevancia ambiental presentes en la cuenca del río Biobío están vinculadas tanto al resguardo de la vida silvestre (biodiversidad) que al interés sociocultural. En la Figura 2 se aprecia que la mayoría de estos sitios se encuentran ubicados en la sección oriental de la cuenca.

Las áreas protegidas para la protección de la biodiversidad reconocidas oficialmente<sup>2</sup> en la cuenca corresponden a los Parques Nacionales (Conguillío, Laguna del Laja, Nahuelbuta y Tolhuaca), Reservas Nacionales (Altos de Pemehue, Ralco), Reservas Forestales (Ñuble, Malleco, Nalcas, Alto Biobío) y Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén.

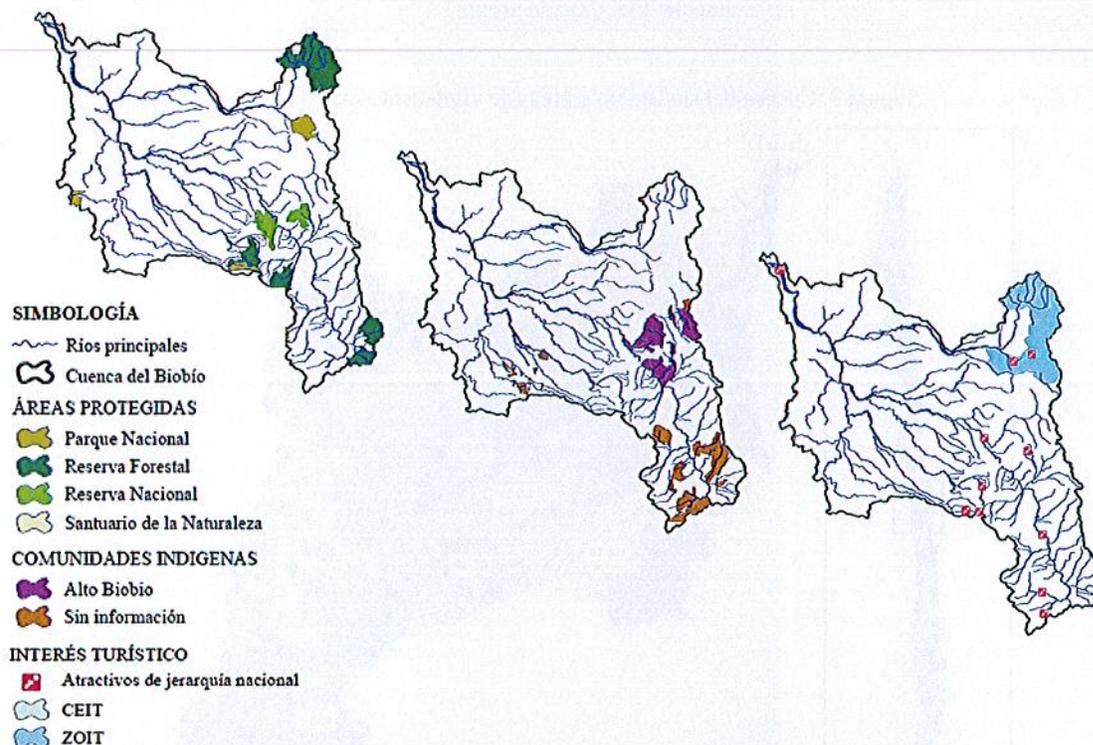
Las áreas de relevancia sociocultural conforman los asentamientos de comunidades indígenas, zonas de interés turístico (ZOIT), centros de interés turístico (CEIT) y atractivos de jerarquía nacional vinculados a cuerpos de agua. En la cuenca del río Biobío se reconocen 114 comunidades indígenas distribuidas mayoritariamente en las zonas altas de la cuenca. Sólo 17 comunidades conforman el Área de Desarrollo Indígena<sup>3</sup> (ADI) Alto Biobío. En el ámbito turístico, la cuenca presenta la ZOIT Cordillera de Chillán-Laguna del

<sup>2</sup> Según definición de área protegida del Convenio sobre Diversidad biológica. DS.1963/1995 Ministerio de Relaciones Exteriores.

<sup>3</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).

Laja y el CEIT Salto del Laja, sin embargo presenta también 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 y en el sector de la desembocadura del río.

Figura 2. Áreas de relevancia ambiental de la cuenca del río Biobío.



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

Nota: CEIT Saltos del Laja, no se aprecia en la imagen por la escala utilizada.

## 2. Normativa evaluada

El diseño de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental destinadas a la protección de sistemas fluviales contempla el establecimiento de límites de concentración para diferentes parámetros en áreas de vigilancia (AV) representativas de la cuenca, caracterizadas a su vez por estaciones de calidad emplazadas en sus secciones finales (Tabla 2; Figura 3).

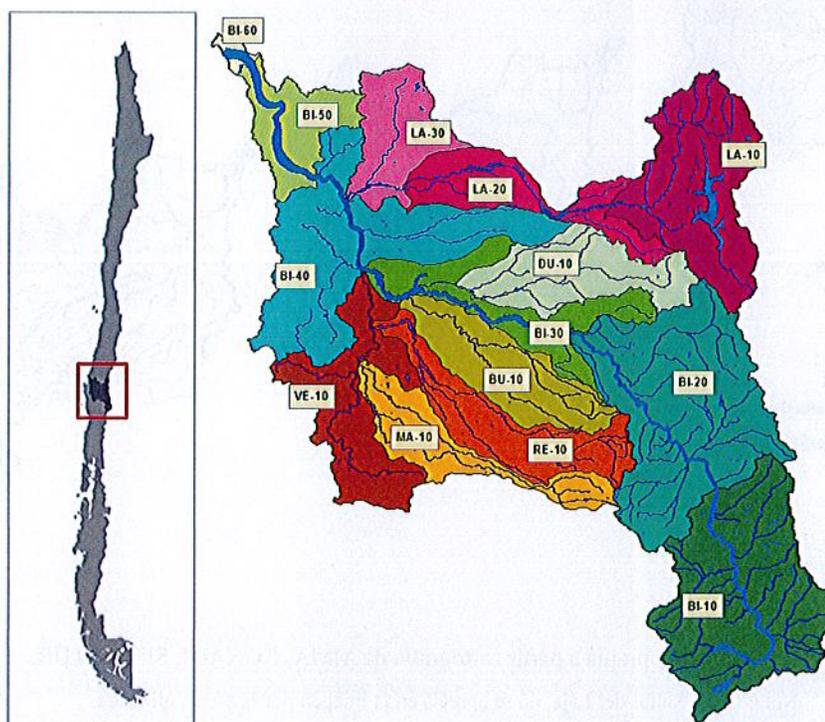
En este sentido una de las características de la implementación de una NSCA es robustecer la obtención de información de calidad del agua, aumentando la frecuencia e incrementando el número de estaciones y parámetros actualmente considerados en el programa de monitoreo gestionado por la Dirección General de Aguas (DGA) (Tabla 2; anexo 7.1). La Figura 3 muestra en detalle la designación de áreas de vigilancia de la cuenca del río Biobío y los valores de norma pueden encontrarse en los anexos del informe.

Tabla 2. Cuadro resumen de características de la NSCA de la cuenca del río Biobío.

Áreas de vigilancia (AV)	14
Parámetros	19
Límites <sup>4</sup>	280
Frecuencia anual de monitoreo	4

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Cuenca del río Biobío y áreas de vigilancia asociadas.



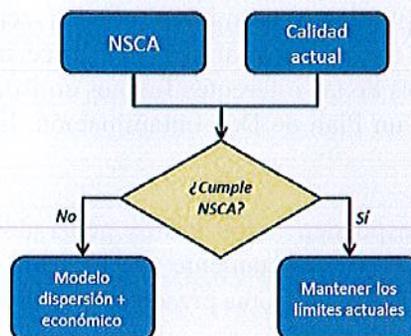
Fuente: Elaboración propia

### 3. Metodología del AGIES

Con la finalidad de obtener una estimación del impacto general de las NSCA en la cuenca del río Biobío, en el presente AGIES se analizaron los costos que generaría la implementación de la norma para los distintos actores involucrados (sociedad, privados y Estado), y los beneficios que se obtendrían producto de la mejora en la calidad en los cuerpos de agua. En este sentido, la metodología utilizada consistió en: (i) generar la línea base de concentraciones y emisiones, (ii) simular el cumplimiento de las NSCA, (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.

<sup>4</sup> Considera el rango de pH como dos límites independientes: mínimo y máximo.

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



Fuente: Elaboración propia

### 3.1 Análisis de cumplimiento

Se realizó un análisis de excedencias según la calidad actual 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 evaluar los costos de abatimiento.

Los datos utilizados corresponden a los años 2011 al 2013 tanto de la red de calidad de aguas de la DGA como del centro EULA Chile, el cual tiene una larga data de monitoreo en diferentes partes de la cuenca.

### 3.2 Análisis de emisiones

Se elaboró un inventario de emisiones que incorporó información de fuentes puntuales 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).

### 3.3 Modelo de dispersión

El objetivo de esta etapa es poder entablar una relación entre la calidad de los distintos parámetros y las emisiones presentes en la cuenca. En este sentido, se generaron relaciones lineales entre la concentración presente en el cuerpo de agua y las emisiones, utilizando adicionalmente ponderadores de acuerdo a la distancia que se ubica la fuente emisora y el AV determinada, y la interacción entre los diferentes contaminantes dado por la estequiometría de las relaciones químicas<sup>5</sup>.

Esta aproximación permite expresar, a grandes rasgos, los pesos relativos de las responsabilidades de las emisiones (naturales como antrópicas), en los valores de calidad del agua.

<sup>5</sup> Debido a la simplicidad del modelo, este no permite, por ejemplo, determinar el punto de más alto impacto en el río ni tampoco efectos en la calidad de una nueva fuente emisora, sino sólo es útil para asignar responsabilidades relativas de las fuentes emisoras.



### 3.4 Metodología costos

Los costos asociados al cumplimiento normativo pueden separarse en los costos de monitoreo de la calidad de las aguas, los cuales recaen directamente en el Estado, y los costos de reducción de emisiones de las diferentes fuentes emisoras presentes en la cuenca, siempre y cuando se dictamine un Plan de Descontaminación. Este análisis supone ambos escenarios.

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 a lo que DGA realiza actualmente<sup>6</sup>. La norma exige parámetros adicionales, estaciones nuevas y un aumento en la frecuencia de monitoreo anual. Este incremento fue valorizado utilizando precios de referencia de laboratorios Chile diferenciado por parámetro, a lo que se le adicionó un monto asociado a los costos de logística de toma de muestras (operarios y costos de transporte).

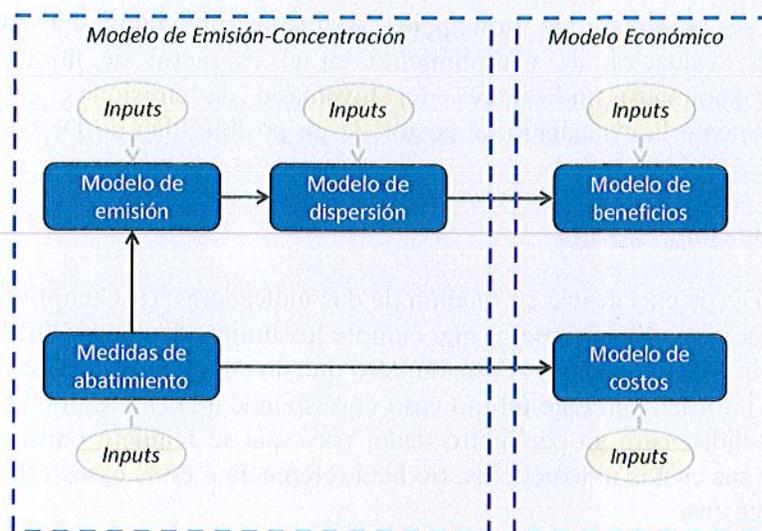
Para los casos donde el nivel de norma no es cumplido (Figura 4), se valoraron costos de abatimiento mediante el desarrollo del modelo de dispersión (emisión-calidad) y económico (ver Figura 5), el cual determinó la combinación de medidas de abatimiento bajo un criterio de costo-efectividad, es decir, minimizó los costos totales de modo de cumplir con la norma<sup>7</sup>. Los costos y eficiencias de tecnologías de abatimientos fueron elaborados por el estudio de FundaciónChile (2010)<sup>8</sup> y se asume una función de distribución de probabilidad triangular de  $\pm 30\%$ . El presente análisis supone que para cada parámetro superado el Estado implementará un Plan de Descontaminación, donde se establece las medidas acordadas entre los agentes involucrados para lograr. Las estimaciones aquí presenten corresponden a una primera aproximación de los costos que hay que mirarlos con la debida cautela que implica hacer análisis con información restringida y sin la certeza de las medidas que se adoptarán en el futuro.

<sup>6</sup> Se considera como costo adicional la instalación de estaciones de monitoreo privadas, en este caso EULA, bajo el supuesto que el Estado debe incurrir en esos costos.

<sup>7</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 Fundación Chile (2010) y corregidos en el proceso de revisión del D.S. 90 (MMA 2011).

<sup>8</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.

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



Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Metodología beneficios

El análisis de los beneficios de la norma se hace desde la lógica de la identificación de los efectos positivos que la norma genera en el medio ambiente mediante un análisis cualitativo de los parámetros que se regulan y los posibles receptores.

En segundo lugar mediante el uso del modelo mencionado en el punto anterior, se contabilizaron la reducción de emisiones de cada parámetro y su espacialización en cada área de vigilancia. En este caso no fue posible valorizar los beneficios 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.

Adicionalmente, se hizo una breve identificación los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Biobío en base a la recopilación de información de talleres participativos regionales y una reclasificación mediante bibliografía especializada (De Groot R.S., Alkemade et al., 2010). Los servicios ecosistémicos corresponden a los beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas (M.E., 2005)<sup>9</sup> y derivan de las funciones ecosistémicas, las cuales se estructuran en base a los componentes físicos, químicos y biológicos de los ecosistemas y sus interacciones. 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 las 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.

<sup>9</sup> Ejemplo: servicios de regulación hídrica, regulación climática, producción de alimentos, recreación, entre otros.



## 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 un posible Plan de Descontaminación asociado a la NSCA.

### 4.1 Análisis de cumplimiento

Se detalla el análisis de excedencia en función de dos indicadores: (i) Cumplimiento actual: todos las combinaciones AV-parámetro que cumple los límites de norma; (ii) Excedencias evaluadas: todos las combinaciones AV-parámetro que no cumplen los límites de norma, y (iii) las áreas sin información. Este último caso corresponde a las áreas donde no se posee información de calidad para un parámetro dado, pero que se requiere normar, lo cual es infactible valorar sus costos ni beneficios. Se hará referencia a estos casos específicamente en el capítulo de costos.

En la Tabla 3 se aprecia que los cumplimientos conforman un 53% de los límites normados en la cuenca, mientras que las superaciones de norma en un 30%. En el anexo 7.3 se detalla esta información por parámetro y área de vigilancia, donde en promedio, la norma exige mejorar las condiciones de calidad en un 13%<sup>10</sup> con respecto a la calidad actual. A nivel espacial estas superaciones tendrían lugar principalmente en las zonas media de la cuenca, principalmente en las distintas AV que conforman el río Biobío.

Tabla 3. Resultados del análisis de excedencias de la NSCA de la cuenca del río Biobío

	Número	Porcentaje
Cumplimiento	150	54%
Excedencias	81	29%
Sin información	49	18%
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.2 Análisis de emisiones

Se presenta los caudales promedios en m<sup>3</sup>/d espacializado en la cuenca y desagregados por rubro. Si bien el efecto que generan estas emisiones debe necesariamente ser analizado junto al parámetro de descarga, los caudales proporcionan una idea de las zonas de mayor presencia antrópica mediante cargas puntuales. Producto que los costos de abatimiento están íntimamente relacionados con el volumen a tratar, no es de extrañar que éstos se distribuyan de manera semejante a lo que se presenta en la Figura 6.

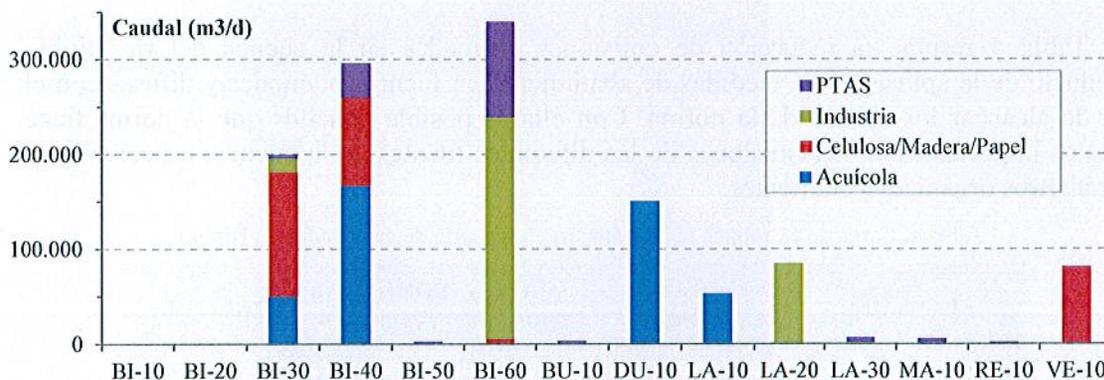
<sup>10</sup> Este valor corresponde al promedio de todos los parámetros-AV, considerando el oxígeno disuelto en su valor absoluto.



La heterogeneidad de fuentes también es posible de apreciar en la figura donde todos los sectores poseen una participación relativa importante en la cuenca.

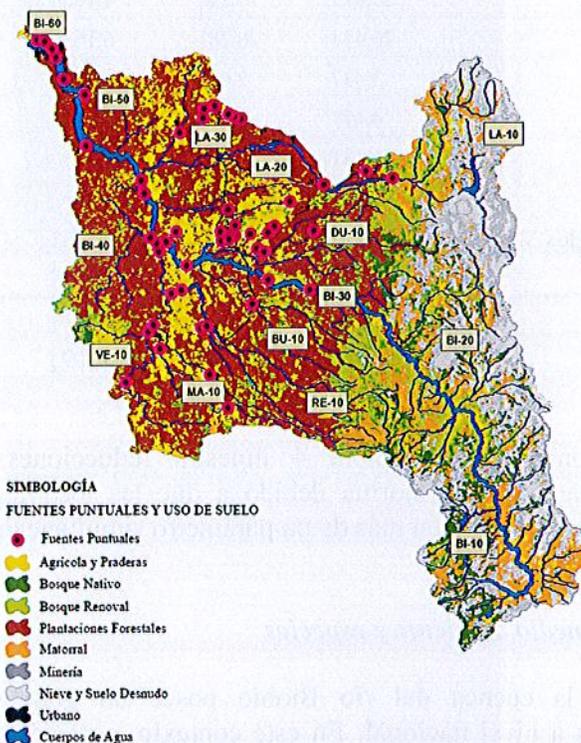
En relación a las fuentes difusas asociada a nutrientes (parámetros que fue posible estimar sus emisiones), se aprecia, análogamente a las fuentes puntuales, un mayor cambio de usos de suelo en las partes medias y bajas de la cuenca con el consecuente aumento de sus emisiones.

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



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

Figura 7. Fuentes emisoras puntuales y difusas asociadas a la cuenca del río Biobío.



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

### 4.3 Beneficios

La sección de beneficios 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. 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 Biobío producto de la aplicación de medidas de abatimiento en fuentes puntuales y difusas con el fin de alcanzar los límites de la norma. Con ella es posible concluir que la norma tiene efectos importantes en las emisiones de las diferentes fuentes de la cuenca, especialmente parámetros orgánicos y nutrientes.

Tabla 4. Carga de emisiones por parámetro y escenario de cuenca del río Biobío.

Parámetros	Base (kg/día)	NSCA (kg/día)	Reducción (kg/día)	% Reducción
Nitrato	9.846	6.838	3.008	31%
DBO5	15.045	10.711	4.335	29%
Amonio	6.752	5.069	1.683	25%
Nitrógeno Total	20.019	15.226	4.793	24%
DQO	26.444	20.281	6.163	23%
Fosfato	3.437	2.667	770	22%
Fósforo Total	4.477	3.572	905	20%
Fenoles	31	26	5	17%
AOX	242	203	39	16%
Sólidos suspendidos	16.242	14.857	1.386	9%
Nitrito	133	127	6	4%
Aluminio	748	727	21	3%
Sulfato	199.150	195.442	3.709	2%

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que la Tabla 4 muestra reducciones adicionales a las exclusivamente propiciadas por la norma debido a que las tecnologías de abatimiento incorporadas en la modelación abaten más de un parámetro simultáneamente.

#### 4.3.2 Protección del medio ambiente y especies

Respecto a especies, la cuenca del río Biobío posee un gran valor ambiental en biodiversidad y riqueza a nivel nacional. En este contexto, especial valor posee la fauna íctica (peces) con un alto nivel de endemismo. De las 19 especies que habitan en la cuenca (ver anexos), 7 de ellas están en peligro de extinción y otras 7 con un grado de vulnerabilidad. Entre las especies en peligro de extinción destacan *Percilia irwini* (carmelita

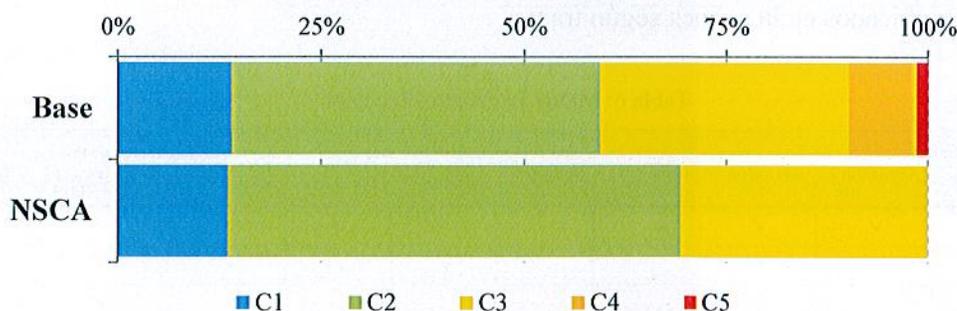
de Concepción) y *Trichomycterus chiltoni* (bagrecito), cuales son endémicos en la Región de Biobío, y *Diplomystes nahuelbutaensis* (Nombre común: tollo), cuya distribución está restringida a esta zona del país.

En línea con los objetivos de la norma, la reducción de emisiones presentada en la Tabla 4 contribuye a la protección del ecosistema acuático, evitando casos de mortalidad de la biota sensible por baja concentración de O<sub>2</sub> (hipoxia o anoxia) y la consecuente pérdida de biodiversidad. Cabe destacar la reducción de aproximadamente un 20% de las emisiones de AOX, parámetro potencialmente muy tóxico para la biota acuática. Asimismo, es importante destacar que las reducciones de nutrientes en sus formas nitrogenadas y fosforadas evitan que se produzca el fenómeno de eutroficación en los sistemas acuáticos de la cuenca (especialmente en zonas lénticas) y el estuario.

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

El Departamento de Asuntos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente elaboró una tabla de clases de calidad la cual clasifica en 5 niveles las concentraciones de los parámetros normados, donde clase 1 corresponde a mejores condiciones y clase 5 las más desfavorables. La clase 1 corresponde sobre un 80% de protección de las especies presentes; clase 2, mayor a 70 hasta 80%; clase 3, sobre un 60 hasta 70%; clase 4, sobre un 50 hasta 60%; y finalmente clase 5, que corresponde a un 50% de protección o menos. Los niveles de protección son elaborados a partir de la metodología de riesgo ecológico con estudios hechos en la misma cuenca y extrapolaciones de otros sitios equivalentes. Considerando esta información, es posible elaborar un análisis cuantitativo entre el escenario actual y el propuesto por la norma, relacionando con el beneficio de la protección de los ecosistemas.

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



Fuente: Elaboración propia.

Cada clase fue representada con un color diferente (Figura 8), donde es posible apreciar el cambio entre los dos escenarios evaluados y consecuentemente, el cambio en el riesgo ecológico generado por la norma. Destaca la desaparición de las clases 4 y 5 en el escenario con NSCA, y una mayor presencia de clases 1 y 2. En otras palabras, la norma asegura una protección por sobre un 60% para cada uno de los parámetros normados y áreas de vigilancia, y de este modo, contribuye a la provisión de los servicios ecosistémicos de la cuenca punto que se analizará a continuación.



El análisis espacial de los cambios de clases de calidad puede verse en anexos.

#### 4.3.4 Provisión de Servicios Ecosistémicos

La protección de especies y ecosistemas redundando en una mejora en la provisión de servicios y bienes ecosistémicos. En la cuenca del río Biobío se identificaron 13 servicios ecosistémicos (SS. EE.), de los cuales 4 corresponden a SS. EE. de provisión (ej: alimentos, agua, etc.), 2 de regulación (ej: agua, etc.), 5 culturales (ej: estética, recreacional, patrimonio cultural e identidad, etc.) y 2 de soporte (acervo genético y hábitat).

Tabla 5. Servicios ecosistémicos identificados en la cuenca del río Biobío provistos por ecosistemas acuáticos.

Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
Alimentos	Regulación de agua	Estética	Acervo genético
Agua	Tratamiento de residuos	Recreacional	Hábitat
Material Genético		Patrimonio cultural e identidad	
Especies o recursos ornamentales		Inspiración espiritual y religiosa	
		Educación y ciencia	

Fuente: Elaboración propia

Es decir, existen ciertas actividades (o receptores) 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). La Tabla 11 ubicada en Anexos presenta los receptores ubicados en la cuenca según tramo.

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	✓	✓				✓		✓	
Amonio	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
AOX								✓	
Cloruro						✓		✓	
Conductividad	✓	✓	✓			✓		✓	
Coliformes Fecales	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
DBO <sub>5</sub>	✓				✓	✓	✓	✓	✓
DQO <sup>a</sup>	✓				✓	✓	✓	✓	✓
Fósforo Total	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
Hierro	✓			✓				✓	
Nitrógeno Total <sup>a</sup>		✓			✓	✓	✓	✓	✓
Nitrato		✓			✓	✓	✓	✓	✓



Nitrito	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
Oxígeno Disuelto	✓				✓	✓	✓	✓	✓
pH	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
Sulfato	✓					✓		✓	
Sólidos suspendidos	✓				✓	✓	✓		✓

\*DQO y NT asimilados a DBO<sub>5</sub> y NO<sub>3</sub> (EPA, 1976).

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, se analizaron los posibles efectos en los receptores que generarían los parámetros normados como consecuencia de la aplicación de las NSCA. Como resultado, los receptores turismo, biodiversidad y agricultura son aquellos que mayormente se verían afectados con la implementación de la norma, siendo los dos primeros los que perciben los mayores beneficios. 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, un costo de 6.9 (5.5 – 8.3, IC95%) MMUSD anualmente. Importante mencionar que la estimación de costos del AGIES se basó en un supuesto conservador, en el cual se atribuyó la totalidad de los costos de abatimiento a un eventual Plan de Descontaminación, independientemente del nivel de cumplimiento del D.S. 90/2000 y RCAs específicos, aun cuando existen fuentes emisoras con sostenidos incumplimientos de la normativa que regula las emisiones a cuerpos de agua superficiales.

Tabla 7. Valor presente de costos de la NSCA de la cuenca del río Biobío (IC: 95%).

	Anual (MMUSD/año)
Monitoreo	0,03 (0,03 – 0,03)
Abatimiento	3,8 (3,0 – 4,6)
<b>Total</b>	<b>3,8 (3,0 – 4,6)</b>

\*Tasa social de descuento 6% (Ministerio de Desarrollo Social); Valor dólar: 550 CLP/USD.

Fuente: Elaboración propia

En relación a los casos donde no se posee información para evaluar cumplimiento, todos corresponden a zonas de muy baja o nula intervención antrópica y en los cuales el nivel de norma se fijó en función de estas condiciones utilizando condiciones de referencia ambiental (sitios con condiciones físicas y químicas comparables). Por este motivo, los costos asociados a estos casos son considerados despreciables.



## 5. Conclusiones

El acercamiento metodológico, implementado en el AGIES del presente proyecto definitivo de NSCA, intenta aproximarse a los costos y beneficios que tendría un posible plan de descontaminación en la cuenca del río Biobío.

La eventual aplicación de este plan de descontaminación supondría reducciones importantes en las cargas de nutrientes y parámetros tóxicos que son actualmente emitidas a los cursos de agua de la cuenca del río Biobío. Así la implementación del proyecto definitivo de NSCA debiese contribuir al control de las concentraciones de parámetros tóxicos protegiendo de esta manera tanto el ecosistema acuático presente en la cuenca (importante presencia de especies nativas y alto grado de endemismo) y el medio humano, especialmente en la reducción de tóxicos en la fuente de agua potable de la ciudad Concepción. Por otro lado, la mantención y/o mejora de la calidad de los recursos hídricos permite que los servicios ecosistémicos relacionados con calidad del agua de la cuenca perduren en el tiempo, de modo que puedan seguir siendo aprovechados por la comunidad.

Por otro lado, un sistema de monitoreo robusto permitirá una gestión adecuada del recurso hídrico en relación a la calidad de las aguas, cumpliendo de esta manera la protección de los ecosistemas acuáticos.

Los costos anuales se estiman en 30.000 USD/año asociados al monitoreo de calidad de agua adicional al programa de monitoreo desarrollado actualmente en la cuenca, y por otro lado 3,8 MMUSD/año producto de medidas de abatimiento de emisiones atribuibles a un potencial Plan de Descontaminación.

Finalmente, la mejora continua de los recursos hídricos va en línea con los compromisos y recomendaciones internacionales, tales como las realizadas por la OCDE, la cual 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 y Barcacena, 2005).



## 6. Referencias

CEPAL (2010). Terremoto en Chile, Una primera mirada al 10 de marzo de 2010. Publicación de las Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina, Santiago

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 (2008). "Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región del Biobío."

CONAF, CONAMA y UACH (2011). Catastro del uso del suelo y vegetación: Monitoreo y actualización. Región del Biobío y Región del Maule.

CONAF, UACH y CONAMA (2009). "Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de la Araucanía."

De Groot R.S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein y L. Willemen (2010). "Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making." *Ecological Complexity* 7: 260-272.

DGA (2010). "Derechos de aprovechamiento de agua superficial."

EPA (1976). Quality Criteria for water. EPA.

EULA (2009). Análisis general del impacto socioeconómico de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas del río Biobío. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Concepción

FundacionChile (2010). Estimación de Costos de Abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Santiago de Chile

Lorentsen, L. y A. Barcacena (2005). "Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile." Santiago, OCDE/CEPAL.

Oyarzún, C. E., H. Campos y A. Huber (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.

Valdovinos, C. y O. Parra (2006). La Cuenca del río Biobío, Historia Natural de un Ecosistema de uso Múltiple Publicaciones Centro Eula, Concepción, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción.

## 7. Anexos

### 7.1 Proyecto definitivo de NSCA

Tabla 8. Límites para la cuenca del río Biobío por parámetro y área de vigilancia

Parámetro	Criterio de control	BI-10	BI-20	BI-30	BI-40	BI-50	BI-60	BU-10	DU-10	LA-10	LA-20	LA-30	MA-10	RE-10	VE-10
Aluminio Total	PromT	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Amonio	p95T	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,02	0,031	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
Cloruro	p95T	3	7	7	8	8		4	4	3	3	3	4	5	7
Coliformes Fecales	p95T	50	50	500	500	1000	1000	1000	1000	50	50	500	50	50	500
Compuestos Orgánicos Halogenados	p95T	0,002	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,002	0,006	0,01	0,002	0,002	0,03
Conductividad Eléctrica	p95T	80	90	150	150	150		80	120	80	95	150	60	60	80
Demanda Biológica de Oxígeno	p95T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Demanda Química de Oxígeno	p95T	5	5	8	8	5	7	9	6	3	3	8	6	7	10
Fósforo Total	PromT	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,1	0,03	0,02	0,06
Hierro Total	PromT	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,43
Índice Fenol	p95T	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004
Nitrato	p95T	0,03	0,03	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,04	0,03	0,15	0,04	0,03	0,2
Nitrógeno	p95T	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,01	0,006	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,01
Nitrógeno Total	PromT	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,4	0,6	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4
Ortofosfato	PromT	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05
Oxígeno Disuelto	p5T	10	10	9	9	8,7	8,7	9	9	9	8,7	8,7	10	9	9
pH máximo	p95T	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,7	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
pH mínimo	p5T	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Sólidos suspendidos Tot.	PromT	8	4	7	8	9	8	10	5	2	2	5	5	5	6
Sulfato	p95T	5	6	6	14	14		5	5	7	6	6	5	5	10

\* PromT: promedio trianual móvil

\* p95T: percentil 95 trianual móvil o penúltimo valor ordenados de menor a mayor si el número de datos es menor a 12 datos (p95 no elimina ningún dato de la muestra).

\* p5T: percentil 5 trianual móvil o penúltimo valor ordenados de menor a mayor si el número de datos es menor a 12 datos (p95 no elimina ningún dato de la muestra).

### 7.2 Calidad actual

Tabla 9. Calidad actual asociado a los estadígrafos respectivos de cada parámetro.

Parámetros	BI-10	BI-20	BI-30	BI-40	BI-50	BI-60	BU-10	DU-10	LA-10	LA-20	LA-30	MA-10	RE-10	VE-10
Al	0,40	0,37	0,38	0,35	0,73	0,37		0,37	0,35	0,37		0,40	0,40	
AOX		0,01	0,05	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02		0,01	0,01			0,03
Cl-	1,5	6,5	6,6	7,9	7,7	583,6		4,0	1,3	2,5		3,5	4,5	
Coli/100ml	33	8	1020	1373	1287	1710	1600	1300		23	540			830
Cond	83	91	122	152	138	1737	76	121	64	96	169	43	50	87
DBO5	1,2	1,8	1,2	1,4	1,2	1,5	1,4	1,9		1,8	1,4			2,2
DQO	6,0	3,3	7,6	7,3	5,2	6,5	8,9	5,8		2,5	7,9			9,6
Fe	0,23	0,23	0,18	0,39	0,72	0,25		0,33	0,08	0,31		0,22	0,26	
Fenoles	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003		0,003	0,003			0,004
N	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7		0,1	0,3			0,5
NH4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,12	0,02	0,03		0,02	0,02			0,03
NO2	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,010	0,006	0,003		0,002	0,002			0,012
NO3	0,03	0,02	0,15	0,15	0,16	0,22	0,24	0,50		0,03	0,18			0,24
OD	8,3	8,7	8,9	8,2	8,3	7,3	9,2	7,2	10,8	6,5	7,5	10,1	9,0	9,4
P	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05		0,02	0,12			0,07
pH (mín)	8,3	8,4	8,6	8,3	8,4	8,6	7,7	8,9	8,4	8,2	7,8	7,9	7,9	7,6
pH (máx)	7,1	6,9	7,4	6,9	6,9	7,1	7,1	6,9	7,4	7,2	7,3	6,9	6,7	7,2
P-PO4	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,12		0,01	0,01	0,02		0,01	0,01	
SO4	4,2	6,2	5,9	14,8	14,0	78,7		5,2	7,1	5,6		4,2	4,2	
SST	7,2	2,1	6,4	7,6	8,4	7,7	9,6	5,1		2,0	4,4			6,0

Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Detalle superación de norma

Tabla 10. Variación porcentual entre la concentración base y los límites de norma y cuenta de mejoras.

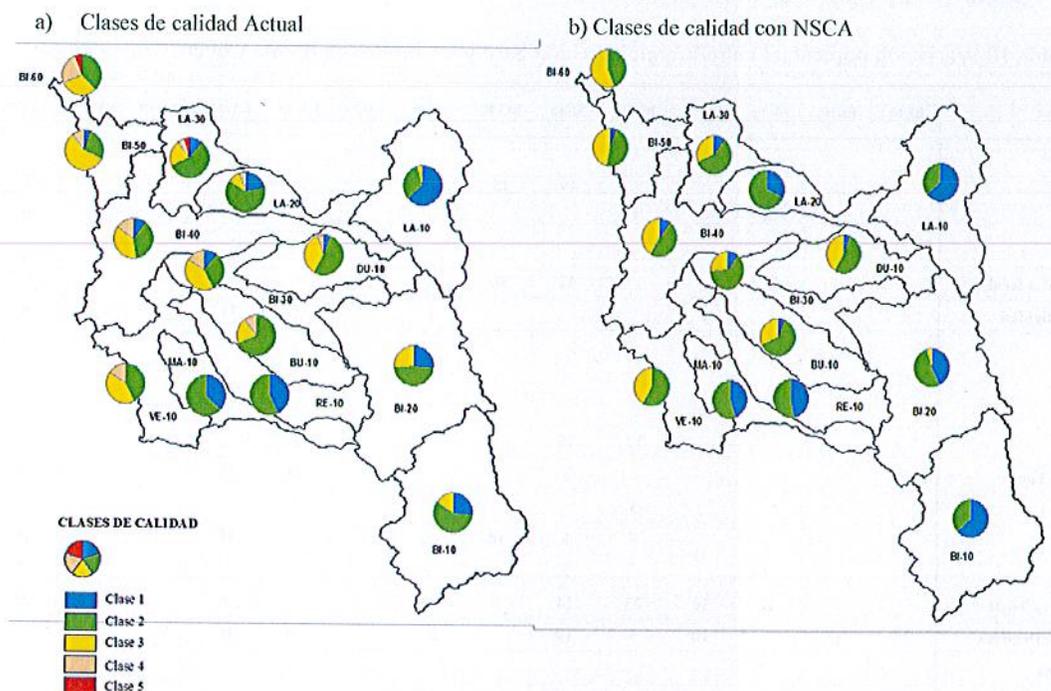
Parámetros	BI-10	BI-20	BI-30	BI-40	BI-50	BI-60	BU-10	DU-10	LA-10	LA-20	LA-30	MA-10	RE-10	VE-10
Aluminio					4							7		
Amonio		15			4	49	15	1						4
AOX			36	9	5									9
Cloruro														
Coliformes fecales			51			42	38	23			7			40
Conductividad	4	1		1				1		1	11			8
DBOS														9
DQO	17				4									
Fenoles				2	2			6						
Fosfato					12	14				3				
Fósforo Total	14					5				14	14			10
Hierro					3					3				
Nitrato	3				7	8	18	60			18			18
Nitrito			9			2		9						19
Nitrógeno Total			17	18	23	14	8	13			4			23
Oxígeno Disuelto	20	15	1	10	5	19		24		34	16			
pH (mín)														
pH (máx)			1			1		3						
Sólidos suspendidos								2						
Sulfato		3		5				4	1					

\* La mejora en la calidad de los parámetros que se norman en concentraciones mínimas (pH(mín) y OD) corresponde a un aumento de las concentraciones presentes en el río. Fuente: Elaboración propia

### 7.4 Variación espacial de clases de calidad

Mejorar la calidad de las aguas en todas las áreas de vigilancia favorece las condiciones ambientales en que ocurren las interrelaciones ecosistémicas. Por una parte, se observan mejoras en las zonas identificadas como áreas de relevancia ambiental (sección 2.3 de este informe) correspondientes a las áreas de vigilancia BI-10, BI-20, LA-10 ubicadas en las zonas de cabecera de la cuenca favoreciendo de este modo a los receptores aguas abajo, por otra parte se espera que las NSCA contribuyan una mejora significativa en la calidad de las aguas en el sector de la desembocadura del río Biobío (BI-60). Sin embargo, es importante destacar que para que esto ocurra deben mejorarse también la calidad aguas arriba, en este sentido las NSCA son consistentes puesto que busca mejorar las condiciones de calidad en la zona de depresión intermedia de la cuenca, sitio que concentra la mayor cantidad de presiones antrópicas.

Figura 9. Resumen de clases de calidad por áreas de vigilancia



Fuente: Elaboración propia

## 7.5 Especies ícticas de la cuenca del río Biobío

A continuación se listan las especies de peces que habitan en la cuenca del Biobío.

Tabla 11. Información de peces actuales que habita en la cuenca del río Biobío y estado de conservación

Especie	Nombre común	Estado de Conservación*	Fuente
<i>Aplochiton zebra</i>	peladilla	EN	DS 33/2012 MMA
<i>Basilichthys australis</i>	pejerrey chileno	VU(VII al norte), NT(VIII al sur)	DS 19/2012 MMA
<i>Brachygalaxias bullocki</i>	puye	NT	DS 19/2012 MMA
<i>Bullockia maldonadoi</i>	bagrecito	EN	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Cheirodon galusdae</i>	pocha de los lagos	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i>	tollo	EN	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Eleginops maclovinus</i>	róbalo	VU(V-VIII), FP(IX-XII)	Campos et al. 1998
<i>Galaxias maculatus</i>	puye	VU(VII al norte), LC(VIII al sur)	DS 19/2012 MMA
<i>Geotria australis</i>	lamprea de bolsa	VU	DS 19/2012 MMA
<i>Mordacia lapicida</i>	lamprea de agua dulce	EN	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Nematogenys inermis</i>	bagre grande	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Odontesthes brevianalis</i>	cauque del norte	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Odontesthes mauleanum</i>	cauque	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Percichthys melanops</i>	perca negra	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
<i>Percichthys trucha</i>	perca trucha	NT(VII al norte), LC(VIII al sur)	DS 19/2012 MMA



Percilia gillissi	carmelita	EN	DS 33/2012 MMA
Percilia irwini	carmelita de Concepción	EN (solo Región Biobío)	DS 51/2008 MINSEGPRES
Trichomycterus areolatus	bagrecito	VU	DS 51/2008 MINSEGPRES
Trichomycterus chiltoni	bagrecito	EN-R (solo Región Biobío)	DS 51/2008 MINSEGPRES

\* EN: En Peligro. FP: Fuera de Peligro. LC: Preocupación menor. NT: Casi amenazada. R: Rara. VU: Vulnerable. Fuente: mencionadas en el recuadro.

## 7.6 Matriz Tramo-Receptor

Los servicios ecosistémicos que presentan relación estrecha 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.
- **Agricultura:** aquellas áreas de vigilancia asociadas a usos de suelo de tipo agrícola según el Catastro de Bosque Nativo (CONAF, 2008; CONAF, UACH et al., 2009).
- **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).
- **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 arqueológicos y comunidades y áreas de desarrollo indígenas.
- **Pesca deportiva:** aquellas áreas de vigilancia donde se desarrolla pesca deportiva según los registros de la Subsecretaría de Pesca y operadores turísticos asociados a esta actividad.
- **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).

Tabla 12. Matriz Tramo – Receptor.

Tramos	Acuicultura	Agricultura	Ganadería	Industria	Deportes Acuáticos	Pesca Deportiva	Recreación informal	Salud Ecosistemas y Biodiversidad	Patrimonio cultural y antropológico
BI-10			✓				✓	✓	✓
BI-20		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
BI-30		✓	✓	✓		✓	✓		
BI-40	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
BI-50		✓	✓	✓		✓	✓		
BI-60		✓		✓	✓	✓			
BU-10		✓	✓			✓		✓	
DU-10		✓	✓	✓			✓	✓	
LA-10	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
LA-20	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
LA-30		✓	✓		✓		✓		
MA-10		✓		✓				✓	✓
RE-10		✓	✓	✓		✓		✓	✓
VE-10		✓	✓	✓		✓			

Fuente: Elaboración propia a partir de Cifuentes (2008)

## 7.7 Análisis distributivo de costos

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

Rubro	Costo anualizado (MMUSD/año)	Porcentaje de costos
Difusas	1,6 (1,3 - 1,9)	42%
Industria	0,8 (0,7 - 1)	22%
Celulosa/Madera/Papel	0,7 (0,6 - 0,9)	20%
Acuícola	0,3 (0,3 - 0,4)	9%
PTAS	0,3 (0,2 - 0,3)	7%
<b>Total general</b>	<b>3,8 (3 - 4,6)</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia



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

Rubro	Costo anualizado (MMUSD/año)	Porcentaje de costos
BI-60	0,9 (0,7 - 1,1)	24%
LA-20	0,7 (0,5 - 0,8)	18%
BI-40	0,7 (0,5 - 0,8)	17%
DU-10	0,4 (0,3 - 0,5)	11%
BI-30	0,4 (0,3 - 0,5)	10%
BI-10	0,3 (0,2 - 0,3)	7%
VE-10	0,2 (0,1 - 0,2)	5%
LA-30	0,1 (0,1 - 0,2)	3%
BI-50	0,1 (0,1 - 0,1)	3%
BU-10	0,1 (0,1 - 0,1)	3%
MA-10	0 (0 - 0)	0%
<b>Total</b>	<b>3,8 (3 - 4,6)</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Year	Income	Expenses	Balance
1950	100.00	20.00	80.00
1951	120.00	25.00	95.00
1952	150.00	30.00	120.00
1953	180.00	35.00	145.00
1954	200.00	40.00	165.00
1955	220.00	45.00	180.00
1956	250.00	50.00	200.00
1957	280.00	55.00	225.00
1958	300.00	60.00	240.00
1959	320.00	65.00	255.00
1960	350.00	70.00	280.00
1961	380.00	75.00	305.00
1962	400.00	80.00	320.00
1963	420.00	85.00	335.00
1964	450.00	90.00	360.00
1965	480.00	95.00	385.00
1966	500.00	100.00	400.00
1967	520.00	105.00	415.00
1968	550.00	110.00	440.00
1969	580.00	115.00	465.00
1970	600.00	120.00	480.00
1971	620.00	125.00	495.00
1972	650.00	130.00	520.00
1973	680.00	135.00	545.00
1974	700.00	140.00	560.00
1975	720.00	145.00	575.00
1976	750.00	150.00	600.00
1977	780.00	155.00	625.00
1978	800.00	160.00	640.00
1979	820.00	165.00	655.00
1980	850.00	170.00	680.00
1981	880.00	175.00	705.00
1982	900.00	180.00	720.00
1983	920.00	185.00	735.00
1984	950.00	190.00	760.00
1985	980.00	195.00	785.00
1986	1000.00	200.00	800.00
1987	1020.00	205.00	815.00
1988	1050.00	210.00	840.00
1989	1080.00	215.00	865.00
1990	1100.00	220.00	880.00
1991	1120.00	225.00	895.00
1992	1150.00	230.00	920.00
1993	1180.00	235.00	945.00
1994	1200.00	240.00	960.00
1995	1220.00	245.00	975.00
1996	1250.00	250.00	1000.00
1997	1280.00	255.00	1025.00
1998	1300.00	260.00	1040.00
1999	1320.00	265.00	1055.00
2000	1350.00	270.00	1080.00
2001	1380.00	275.00	1105.00
2002	1400.00	280.00	1120.00
2003	1420.00	285.00	1135.00
2004	1450.00	290.00	1160.00
2005	1480.00	295.00	1185.00
2006	1500.00	300.00	1200.00
2007	1520.00	305.00	1215.00
2008	1550.00	310.00	1240.00
2009	1580.00	315.00	1265.00
2010	1600.00	320.00	1280.00
2011	1620.00	325.00	1295.00
2012	1650.00	330.00	1320.00
2013	1680.00	335.00	1345.00
2014	1700.00	340.00	1360.00
2015	1720.00	345.00	1375.00
2016	1750.00	350.00	1400.00
2017	1780.00	355.00	1425.00
2018	1800.00	360.00	1440.00
2019	1820.00	365.00	1455.00
2020	1850.00	370.00	1480.00
2021	1880.00	375.00	1505.00
2022	1900.00	380.00	1520.00
2023	1920.00	385.00	1535.00
2024	1950.00	390.00	1560.00
2025	1980.00	395.00	1585.00
2026	2000.00	400.00	1600.00
2027	2020.00	405.00	1615.00
2028	2050.00	410.00	1640.00
2029	2080.00	415.00	1665.00
2030	2100.00	420.00	1680.00