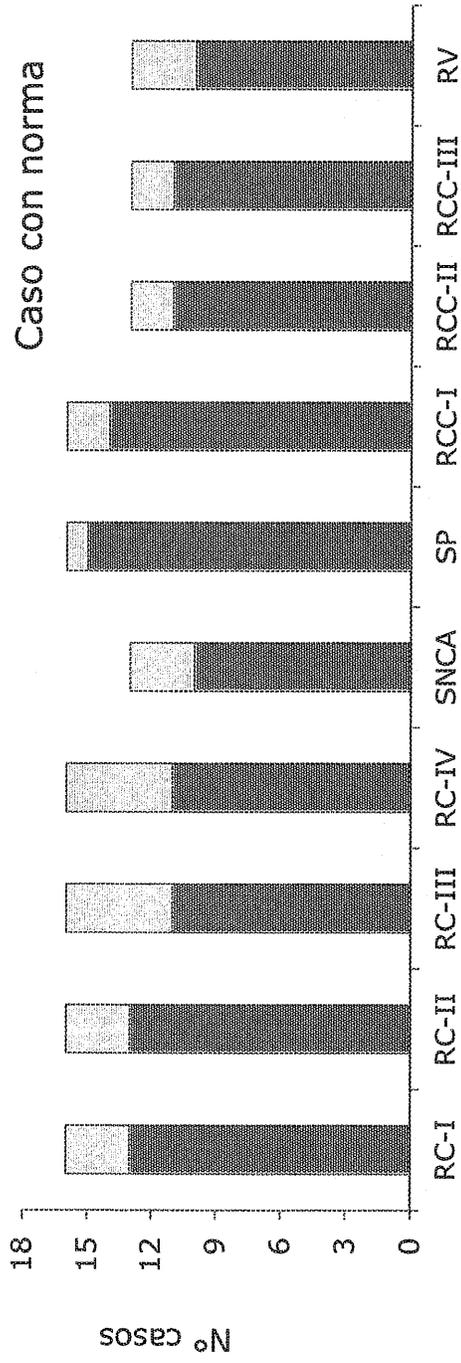
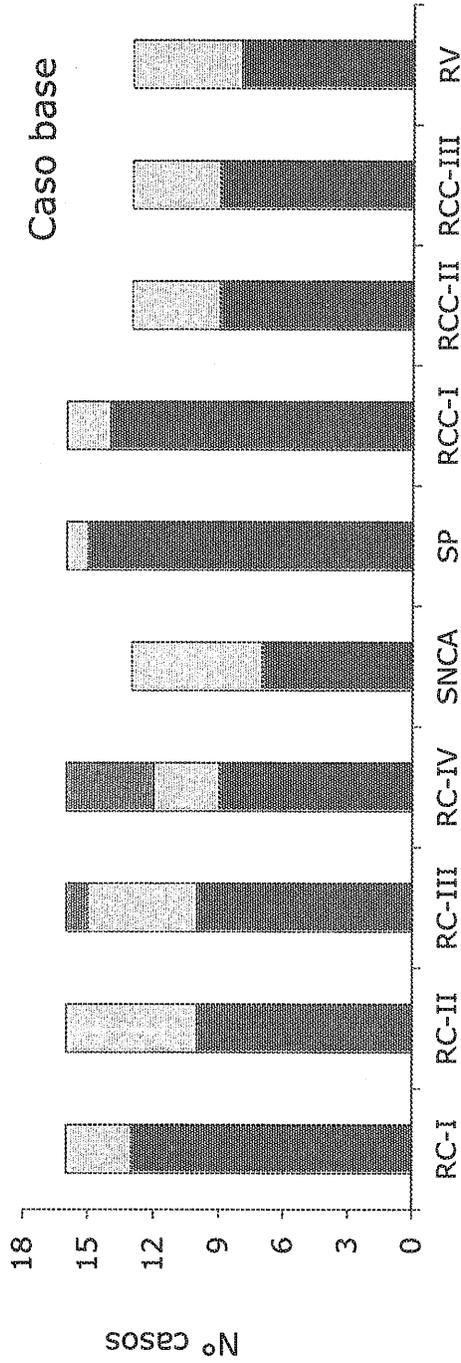


Proyectos definitivos

Caso base vs. Propuesta normativa: cuenca río Valdivia



Áreas de vigilancia

Proyectos definitivos

NSCA cuenca río Valdivia

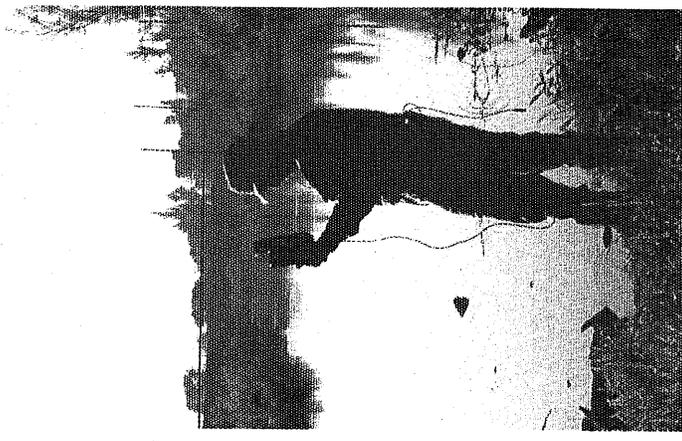
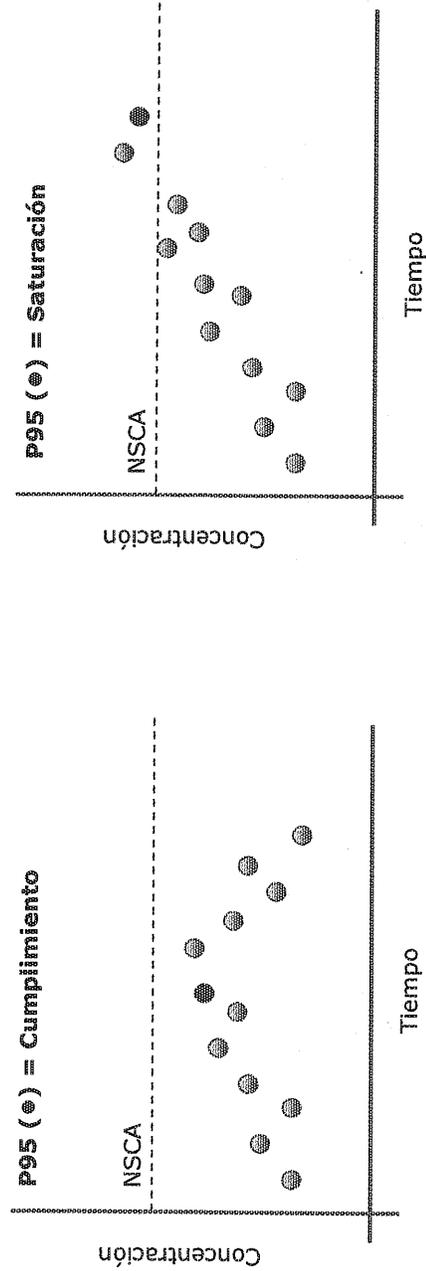
Parámetros	Unidad	C-1	C-2	C-3	C-4	SNCA	SP-1	CC-1	CC-2	CC-3	V-1
Oxígeno disuelto	mg/l	8.5	8.5	8.5	8.5	8	8.5	8.5	8.5	8	8
Conductividad eléctrica	µS/cm	70	70	70	70		70	70			
pH	-	6.3-8	6.3-8	6.3-8	6.3-8	6.3-8.5	6.3-8	6.3-8	6.3-8.5	6.3-8.5	6.3-8.5
Cloruro	mg/l	6	6	10	10		6	6			
Sulfato	mg/l	5	5	10	10		5	5			
Demanda biológica de oxígeno	mg/l	2.5	2.5	2.5	2.5	3	2	2	2	2	3
Nitrato	mg/l N-NO ₃ ⁻	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Ortofosfato	mg/l P-PO ₄ ⁻	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Aluminio disuelto	mg/l	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Cobre disuelto	mg/l	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Hierro disuelto	mg/l	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Manganeso disuelto	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Zinc disuelto	mg/l	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
Cromo total	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

3200

Proyectos definitivos

Condiciones de cumplimiento

- La verificación de cumplimiento se realizará considerando el percentil 95 de la serie de datos colectada en cada área de vigilancia durante **tres años consecutivos** (Oxígeno disuelto p5)
- Para el caso del pH, la concentración deberá fluctuar entre los rangos fijados.
- Se considerará **estado de saturación** cuando el **valor obtenido** desde la verificación sea **mayor al límite fijado en las NSCA** (Oxígeno disuelto menor a límite)
- También se considerará incumplimiento si en el período de evaluación 2 monitoreo consecutivos no cumplieren los límites establecidos.



Proyectos definitivos

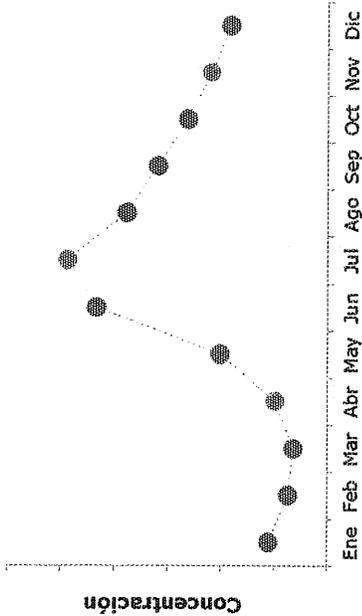
Beneficios: fortalecimiento de la red de monitoreo

Costos de monitoreo

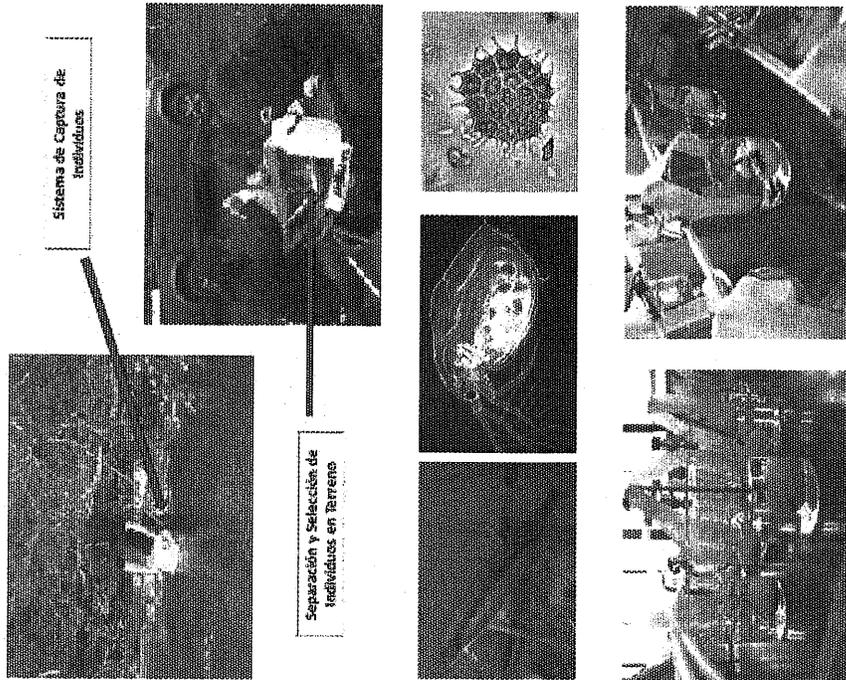
Tipo de costo	Annual (MMUSD/año)	Valor presente (MMUSD)
Maipo	0,1	1,3
Biobío	0,1	1,7
Valdivia	0,1	1,5
Total	0,3	4,5

Tasa de descuento: 6% (MIDEPLAN) / Período de evaluación: 20 años /
 Tipo de cambio: 1USD = 500 CLP

Aumento de muestreos, inclusión de parámetros



Inclusión análisis biológicos y de riesgo





Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile

3211

GRACIAS.



**División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente**

3212

MEMORÁNDUM N° 210/2013

De : Sra. Sandra Briceño Pérez
Jefe Departamento de Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente

A : Sr. Pedro Navarrete Ugarte
Jefe Departamento de Asuntos Hídricos y Ecosistemas Acuáticos

Mat. : Envío de AGIES de normas secundarias de calidad ambiental para las cuencas de los ríos Maipo, Biobío y Valdivia, y minuta DS.609

Fecha : 18 de diciembre de 2013

Mediante el presente memo, se hace envío para su conocimiento de los siguientes documentos, los cuales fueron elaborados por el Departamento de Economía Ambiental en el presente año:

- AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Maipo
- AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Biobío
- AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Valdivia
- Minuta del D.S.609: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado

Sin otro particular, saluda atentamente a Usted.



Sandra Briceño Pérez
Jefe Departamento de Economía Ambiental



JLM/FDG/lms

Adj.

- Informe AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Maipo
- Informe AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Biobío
- Informe AGIES Norma secundaria de calidad ambiental de la cuenca del río Valdivia
- Minuta D.S.609

c.c:

Archivo Departamento de Economía Ambiental

Archivo Departamento de Asuntos Hídricos y Ecosistemas Acuáticos

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

*Autores: Jorge León M.; Francisco Donoso G.; María Jesús Llambias U.; María Belén Sepúlveda P.;
Amerindia Jaramillo A.; Sandra Briceño P.; Cristóbal de la Maza G. Noviembre 2013.*

1. Introducción

A continuación se presenta el resumen de la evaluación del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la Norma Secundaria de calidad Ambiental (NSCA) de la cuenca del río Valdivia. Se presentará las características principales de la norma, metodología de evaluación y los resultados del análisis de beneficios y costos.

El informe se compone de 5 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.

2. Descripción del área de estudio

La cuenca del río Valdivia (área: 10.275 km², 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 m³/s) y San Pedro-Calle Calle (caudal medio anual: ~687 m³/s). Este último fuertemente regulado por un anillado de grandes y profundos lagos (Calafquén, Panguipulli, Ríñihue), 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.

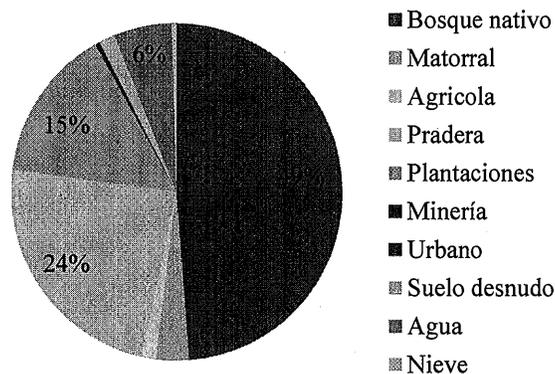
Superficie	10.275 km ²
Longitud del río principal	230 km
Regiones	Los Ríos y La Araucanía
Caudal medio	650-700 m ³ /s
Población	370 mil habitantes

Fuente: Elaboración propia

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%.

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 (CONAF, CONAMA et al. 2011).

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



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

3. 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 2).

En este sentido, una de las potencialidades del Proyecto Definitivo de NSCA evaluado 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).

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

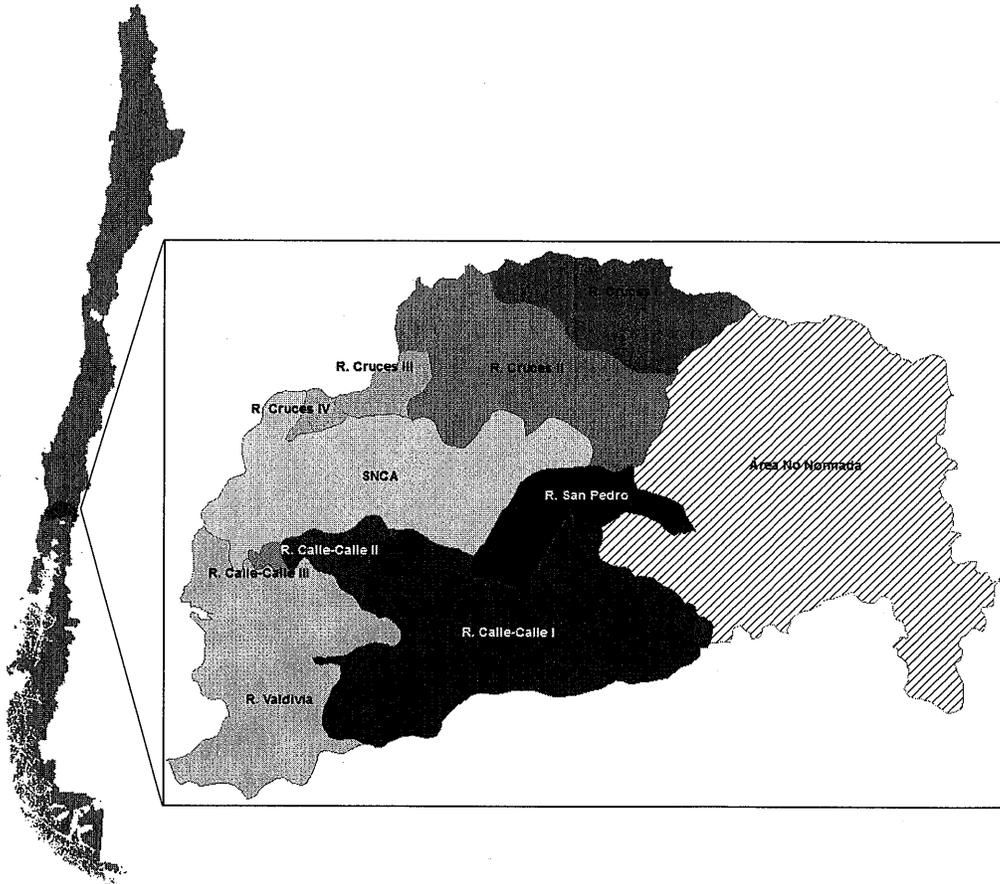
Áreas de vigilancia	10
Parámetros	15
Límites¹	151
Criterio de excedencia	Mínimo entre percentil 95 o penúltimo dato, trianual móvil ²
Frecuencia anual de monitoreo	12
Medición de indicadores biológicos	Sí

3214

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 muestra en detalle la designación de áreas de vigilancia de la cuenca del río Valdivia.

Figura 2. Cuenca del río Valdivia y áreas de vigilancia asociadas.



¹ Considera el rango de pH como dos límites independientes: mínimo y máximo.

² El indicador corresponderá al p95 o el penúltimo valor dependiendo del número de datos de la muestra. El indicador al menos deberá eliminar un registro para los tres años analizados.



4. Metodología del AGIES

Con la finalidad de obtener una estimación del impacto general de las NSCA propuestas en la cuenca del río Valdivia, en el presente AGIES se estimaron los costos que generaría la implementación del anteproyecto para los distintos actores involucrados (sociedad, privados y Estado) y los beneficios que se obtendrían producto de la mantención y/o recuperación de determinados servicios ecosistémicos. En este sentido, la metodología utilizada consistió en revisar los antecedentes generales de la cuenca (línea base), simular el cumplimiento de las NSCA en el período de evaluación, identificar y espacializar los servicios ecosistémicos de la cuenca, y estimar los impactos económicos y sociales asociados a su implementación, de acuerdo a las medidas de abatimiento necesarias para alcanzar las metas de reducción estimadas en el análisis.

4.1 Metodología costos

La evaluación de costos realizada al proyecto definitivo de NSCA supuso analizar el nivel de cumplimiento que hubiese tenido este instrumento de gestión ambiental en el caso de estar actualmente en aplicación. Con este fin se contrastaron los límites normativos con los valores característicos (percentil 95 o penúltimo dato según sea el caso) de la serie de datos colectados entre los años 2010 y 2012. El siguiente paso consistió en estimar el costo que supondría alcanzar las metas propuestas para cada combinación parámetro-área de vigilancia donde las NSCA no se hubiesen cumplido. Para esto se montó un modelo integrado de emisión-calidad y económico, el cual determinó la combinación de medidas de abatimiento óptima bajo un criterio de costo efectividad, es decir, minimizó los costos totales de modo de cumplir con la norma³ (ver Figura 3). Un factor relevante de este modelo fue la elaboración de 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). En este contexto, las soluciones propuestas por el modelo pudieron provenir desde la aplicación directa de medidas de abatimiento en las zonas con incumplimientos así como también, de la reducción de fuentes emisoras emplazadas en otras áreas de vigilancia, ubicadas aguas arriba de estas delimitaciones.

De forma conjunta, el presente AGIES estimó los costos que supondría la implementación de un diseño de muestreo que permita un adecuado control y gestión de esta propuesta normativa, considerándose tanto los costos de laboratorio como los relacionados con aspectos de logística. Así se calculó el costo adicional que implicaría robustecer los monitoreos que actualmente realiza la DGA⁴ a través de un aumento de la periodicidad de muestreo (mensual), adición de nuevos parámetros y la inclusión de monitoreo biológico.

³ 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).

⁴ 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.

4.2 Metodología beneficios

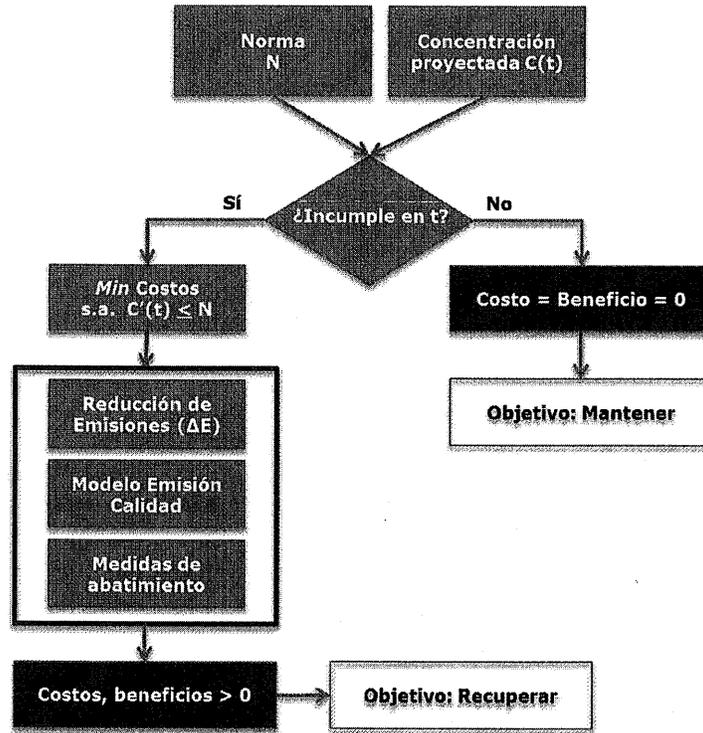
La implementación de instrumentos de gestión ambiental, tales como las NSCA, facilita la mantención de flujos sostenibles de servicios ecosistémicos, al mejorar o conservar las condiciones ambientales de las cuencas. Los servicios ecosistémicos corresponden a los beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas (M.E., 2005)⁵ 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 en los distintos territorios.

Se identificaron los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Valdivia en base a la recopilación de información de talleres participativos regionales y estudios desarrollados anteriormente (UCT 2012), estos servicios identificados fueron reclasificados mediante bibliografía especializada (De Groot R.S., Alkemade et al. 2010). Posteriormente, los servicios fueron espacializados, asociados a los distintos usos productivos de la cuenca y éstos a su vez, a los distintos parámetros normados en la NSCA, lo anterior en base a la metodología propuesta por (Cifuentes 2008).

Sin embargo, debido a la complejidad de cuantificar el beneficio marginal que implica una variación del flujo de los servicios ecosistémicos relacionado a cierta calidad del agua, se optó por la identificación de los beneficios de la norma asociado a su implementación y una cuantificación de las reducciones de emisiones para cada uno de los parámetros normados, producto de determinadas medidas de abatimiento.

⁵ Servicios ecosistémicos de provisión: alimentos, agua. Servicios ecosistémicos de regulación: regulación climática, regulación hídrica, protección contra erosión. Servicios ecosistémicos soporte: Hábitat, protección del pool genético. Servicios ecosistémicos culturales: Estética, recreación, herencia genética.

Figura 3. Esquema de metodología aplicada para la evaluación del AGIES



Fuente: Elaboración propia

5. 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; en segundo lugar, la evaluación de costos, y finalmente el análisis de beneficios de la NSCA.

5.1 Evaluación 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.

En la Tabla 3 se aprecia que existe un 3,3% de los límites normados que están en situación de excedencia y en el anexo 7.2 se detalla las excedencias por parámetro y área de vigilancia. A nivel espacial estas saturaciones tendrían lugar principalmente la subcuenca del río Cruces (ej. Sección final del río Cruces, entre estero Queuchuco y río Iñaque) y se asociarían parámetros como compuestos orgánicos halogenados, cloruros y conductividad que superar los umbrales propuestos.

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

Indicador	Valor	Valor (%)
Cumplimiento	140	93%
Excedencia	11	7%
Total	151	100%

Fuente: Elaboración propia

5.2 Costos

El AGIES determinó que, en los potenciales escenarios de incumplimiento, un 67% de los costos es atribuible a fuentes difusas (13,2 MMUSD), un 21% recaerían en plantas de tratamiento de aguas servidas y un 11% en industrias de celulosa y papel (Tabla 4). Es importante mencionar que algunos incumplimientos fueron excluidos de la estimación de costos debido a que, según información obtenida en la línea base de nuevos proyectos ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental, ciertas fuentes emisoras ya han aplicado o se encuentran implementando medidas de reducción de emisiones que no se reflejan actualmente en los registros de calidad del agua de los últimos tres años. Otro factor relevante es 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 la presente normativa, independiente del nivel de cumplimiento del D.S. 90.

Tabla 4. Valor presente de costos de la NSCA de la cuenca del río Valdivia.

Tipo de costo	Valor (MMUSD)
Abatimiento	37,6
Monitoreo	1,5
Total	39,1

*Tasa social de descuento 6% (MIDEPLAN); horizonte de evaluación: 20 años; valor dólar: 500 CLP/USD.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. a) Participación de los costos de fuentes emisoras por rubro b) Distribución de costos de fuentes emisoras por área de vigilancia de la cuenca del río Valdivia.

Rubro	Costo (%)	Área de vigilancia	Costo (%)
Celulosa/Madera/Papel	11%	C-1	13%
Difusas	67%	C-2	17%
Industria	1%	CC-1	13%
PTAS	21%	C-3	2%
Total	100%	CC-2	0%
		CC-3	0%
		SNCA	10%
		SP-1	5%
		V-1	26%
		Total	100%

Fuente: Elaboración propia

Importante mencionar que el análisis de simuló una estimación conservadora en costos de abatimiento de nutrientes debido a que 3 áreas de vigilancia donde se determinaron superación de norma corresponden a límites de detección de muestreo, es decir, pudiese ser que no se deban implementar medidas de reducción de emisiones en estos casos.

5.3 Beneficios

El análisis de beneficios de la norma se basa en dos indicadores. En primer lugar, el análisis cualitativo, que describe todos los beneficios específicos que conlleva la implementación de esta norma de calidad y destaca la relevancia de la protección de los servicios ecosistémicos que provee la cuenca del río Valdivia. En segundo lugar, un indicador de las reducciones de emisiones atribuibles a la norma, que se espera tener producto del abatimiento de las excedencias encontradas.

5.3.1 Identificación de beneficios: análisis cualitativo

En relación a la estimación de beneficios los análisis realizados en el AGIES permitieron identificar 14 servicios ecosistémicos relacionados al agua, en la cuenca del río Valdivia, de los cuales 2 corresponden a SE de provisión (e.g. alimentos y agua), 5 de regulación (e.g. regulación hídrica, depuración y regulación de contaminante, regulación climática e hídrica), 4 culturales (e.g. estética, recreación, patrimonio cultural e identidad) y 2 de soporte (acervo genético y hábitat). En la Tabla 6 se presenta un resumen de los servicios ecosistémicos identificados en la cuenca del río Valdivia.

Tabla 6 Servicios ecosistémicos identificados en la cuenca del río Valdivia.

Clasificación de Servicio Ecosistémico	Servicio Ecosistémico Identificado
Servicios Ecosistémicos de Provisión	<ul style="list-style-type: none"> - Provisión Hídrica - Alimentos (presencia de vegetales o animales comestibles)
Servicios Ecosistémicos de Regulación	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación Hídrica - Depuración y regulación de contaminantes - Regulación Climática - Protección de la erosión - Retención de sedimentos
Servicios Ecosistémicos de Hábitat o de Soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de hábitat - Protección del acervo genético (mantención del balance ecológico y procesos evolutivos)
Servicios Ecosistémicos Culturales y Amenidades	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidades de Recreación y turismo - Calidad Estética del Paisaje - Patrimonio Cultural e Identidad - Oportunidades para ciencia y educación

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, respecto al servicio ecosistémico de provisión hídrica, la ciudad de Valdivia abastece habitualmente su demanda de agua potable a través de la cuenca Llancahue (13.3 km²; 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 fácil identificación es el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, el cual destaca por ser reservorio de una alta riqueza de flora y fauna nativa (servicios de mantenimiento de hábitat y protección del acervo genético) y por constituir una importante zona de sedimentación (servicios de regulación hídrica, depuración y regulación de contaminantes, entre otros). 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, anteriormente utilizados como medio de transporte fluvial, y actualmente como vía de transporte turístico (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 el avistamiento de avifauna en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (servicio ecosistémico de oportunidades de recreación y turismo). Así mismo, 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).

En términos generales, es posible señalar que el diseño del proyecto definitivo contribuirá a preservar la provisión de estos servicios mediante:

- i. El establecimiento de límites de concentración en gran parte la cuenca
- ii. La recuperación de algunos parámetros en áreas con evidente perturbación ambiental
- iii. Robustecer los monitoreos fisicoquímicos y biológicos. Lo cual es su conjunto debiese permitir el desarrollar una gestión acabada de la cuenca, generándose mejores diagnósticos de la calidad ambiental y fortaleciéndose las bases de información para futuras revisiones de la norma.

5.3.2 Cuantificación de beneficios: reducción de emisiones

La siguiente tabla 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.

Tabla 7. Emisiones con norma y reducciones por parámetro, cuenca del río Valdivia

Parámetro	Emisión base (10 ⁶ NMP/d ó kg/d)	Emisión con norma (10 ⁶ NMP/d ó kg/d)	Reducción (10 ⁶ NMP/d ó kg/d)	Reducción (%)
AOX	0,8	0,2	0,5	71%
Fósforo total	1.493	1.243	250	17%
SST	14.990	12.899	2.091	14%
Nitrógeno keldalh	5.967	5.162	805	13%
DQO	52.231	45.665	6.565	13%
DBO5	37.763	33.431	4.332	11%
Coliformes fecales	95.738	87.628	8.110	8%
Nitrato	633	589	44	7%

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla anterior que las principales reducciones de contaminantes están asociadas a compuestos orgánicos halogenados (71%), parámetro potencialmente tóxico para la biota acuática. Y en menor medida a reducciones de nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos totales.

La reducción de parámetros potencialmente tóxicos contribuye a la protección del ecosistema acuático, en línea con los objetivos establecidos por la norma. Además, la reducción de la emisión de nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos mejora y/o previene condiciones de eutrofización de cuerpos de agua (que en sistemas de elevada productividad pudiesen generar mortalidad de la biota sensible por baja concentración de O₂, pérdida de biodiversidad, olores).

Adicionalmente a los beneficios que implica para la biota acuática, limitar ciertas concentraciones de parámetros en los cauces, existen determinadas actividades productivas que están íntimamente relacionadas con la calidad del agua (y particularmente con los parámetros que reducen emisiones descritos en la Tabla 7) que también se verían beneficiadas con la implementación de la norma, como por ejemplo, actividades de recreación (turismo, pesca deportiva), agricultura, ganadería, acuicultura, entre otras (Cifuentes 2008).



6. 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 Valdivia.

Los costos estimados en valor presente considerando un período de evaluación de 20 años corresponden a aproximadamente 37,6 MMUSD y 1,5 MMUSD, producto de medidas de abatimiento de emisiones y monitoreo en la cuenca respectivamente.

La eventual aplicación de este plan de descontaminación supondría reducciones importantes en parámetros potencialmente tóxicos (como AOX) y las cargas de nutrientes, sólidos suspendidos y materia orgánica que son actualmente emitidos a los cursos de agua de la cuenca del río Valdivia. Así la implementación del proyecto definitivo de NSCA debiese contribuir a la protección del ecosistema y del medio humano. Por otro lado, la mantención y/o mejora de la calidad de los recursos hídricos permitiría que los servicios ecosistémicos relacionados con calidad del agua de la cuenca se provean en flujos sostenibles a través del tiempo, de modo que puedan seguir siendo utilizados por la comunidad.

Por otro lado, la mejora continua de los recursos hídricos se alinea con los compromisos y recomendaciones internacionales, tales como las planteadas por la OCDE, la cual establece que Chile requiere “(...)iniciativas más decididas en relación con las ELA, 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).

Finalmente, el establecimiento de límites normativos y un sistema de monitoreo robusto permitirá una gestión adecuada del recurso hídrico en relación a la calidad de las aguas, tendiendo de esta manera la protección de los ecosistemas acuáticos

7. Anexos

7.1 Proyecto definitivo

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

Parámetros	Unidad	RC-I	RC-II	RC-III	RC-IV	SNCA	RSP	RCC-I	RCC-II	RCC-III	RV
Oxígeno disuelto	mg/l	8,5	8,5	8,5	8,5	8	8,5	8,5	8,5	8	8
Conductividad eléctrica	µS/cm	70	70	70	70		70	70	70		
pH	Unid.pH	6,3-8	6,3-8	6,3-8	6,3-8	6,3-8,5	6,3-8	6,3-8	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5
Cloruro	mg/l	6	6	10	10		6	6	6		
Sulfato	mg/l	3	3	10	10		3	3	3		
Demanda biológica de oxígeno	mg/l	2,5	2,5	2,5	2,5	3	2	2	2	2	3
Nitrógeno de nitrato	mg/l N-NO ₃ ⁻	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Fósforo de ortofosfato	mg/l P-PO ₄ ⁻	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Aluminio disuelto	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Cobre disuelto	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Hierro disuelto	mg/l	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Manganeso disuelto	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Zinc disuelto	mg/l	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Cromo total	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: Elaboración propia

7.2 Detalle superación de norma

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

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	CC-1	CC-2	CC-3	Cuenca Alta	SNCA	V-1	Total param
AOX		1		1							2
Cloruro				1							1
Coliformes fecales											0
Conductividad			1	1							2
Cromo total											0
DBO5											0
Hierro disuelto											0
Nitrato											0
Oxígeno disuelto											0
pH										1	1
Fosfato							1		1	1	3
Sulfato			1	1							2
Total AV	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	11

Fuente: Elaboración propia

8. Referencias

3220

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

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.

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

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

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.

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.

3221



**NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL
PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES
DE CHILE**

Documento Preparado Por:

Departamento de Asuntos Hídricos y Ecosistemas Acuáticos
Departamento de Economía Ambiental

Santiago, Enero 2014

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANÁLISIS DE LOS ANTEPROYECTOS DE NSCA	4
2.1 DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE VIGILANCIA	4
2.2 SELECCIÓN DE PARÁMETROS	4
2.3 NIVELES DE CALIDAD AMBIENTAL	4
3. METODOLOGÍA PROYECTO DEFINITIVO	6
3.1 DELIMITACIÓN ÁREAS DE VIGILANCIA	6
3.2 SELECCIÓN DE PARÁMETROS	8
3.3 NIVELES DE CALIDAD	9
3.3.1 <i>Evaluación de riesgo ecológico</i>	10
3.3.2 <i>Clases de calidad</i>	10
3.3.1 <i>Objetivos ambientales</i>	12
3.4 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	14
4. ANEXOS.....	16

1. Introducción

El uso intensivo de cuerpos de agua como medios de recepción y dilución de contaminantes y nutrientes ha sido ampliamente asociado a cambios significativos en las funciones y estructura de los ecosistemas acuáticos.

En casos extremos, cuando los aportes de contaminantes desde las fuentes puntuales y difusas sobrepasan la capacidad de carga de los ecosistemas o producen aumento o disminución de la concentración de determinados parámetros fisicoquímicos relevantes para la biota se genera un deterioro que puede producir efectos adversos, tales como la aceleración de procesos de eutrofización, o la generación de toxicidad aguda y/o crónica, la bioacumulación, biomagnificación o bioconcentración, etc. El nivel de impacto atribuible a esos aportes está determinado por las características de los cuerpos de aguas receptores (ej. características hidrológicas, hidrodinámicas, geomorfológicas), características de las emisiones (ej. parámetro, concentración, caudal, patrones de descarga, etc.) y los niveles de aportes difusos (ej. sobrefertilización, erosión de suelo por usos forestal y silvo-agropecuario).

Considerando estos antecedentes, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha impulsado dictación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) para la protección de las aguas continentales superficiales de las principales cuencas del país (desde ahora NSCA-Agua), de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de dictación de normas (D.S. 93/95). Este mismo reglamento indica que el Anteproyecto de norma debe ser publicado en el diario oficial, para posteriormente ser sometido a la participación ciudadana, consejo consultivo y la evaluación del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).

Estas etapas proporcionan nuevos antecedentes que deben ser incorporados para la confección del proyecto definitivo el cual es presentado para su aprobación al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

La presente minuta tiene por objetivo sintetizar las modificaciones realizadas a los Anteproyectos de norma para las cuencas de los ríos Maipo, Biobío y Valdivia. En particular, la minuta está compuesta por dos secciones. La primera resume las observaciones y problemáticas que planteaban los Anteproyectos, mientras que la segunda se detalla la metodología generada por el Ministerio del Medio Ambiente con el fin de mejorar los decretos normativos.

2. Análisis de los Anteproyectos de NSCA

Los anteproyectos de NSCA para las cuencas de los ríos lo componen principalmente cuatro etapas fundamentales: (i) delimitación de áreas de vigilancia, (ii) la selección de parámetros, y (iii) la determinación de niveles de calidad ambiental de cada parámetro y (iv) la determinación de las condiciones de cumplimiento y excedencia. A continuación se hará mención de las conclusiones en cada una de las tres primeras etapas, algunas de las cuales surgieron de las observaciones de la ciudadanía, del consejo consultivo y/o del AGIES desarrollado para cada anteproyecto.

2.1 Delimitación de las áreas de vigilancia

Algunas de las áreas de vigilancia fueron definidas con estaciones de referencia ubicadas en sus inicios o zonas medias, no siendo representativas, entre otras, de las presiones generadas por las fuentes puntuales y difusas. En otros casos algunas áreas de vigilancia no cuentan actualmente con estaciones de control definidas.

Además, la participación ciudadana dio luces que en algunos casos no había necesidad de crear tantas áreas de vigilancia en función de las presiones de la cuenca, lo que tiene directa influencia en la complejidad y la gestión posterior de la norma.

2.2 Selección de parámetros

Se detectaron algunos parámetros menos prioritarios que otros en relación a los objetivos ambientales planteados en específico para las normas secundarias en ciertos tramos de los ríos.

Por otra parte, se detectaron parámetros con problemas de información (falta de ella o de calidad precaria para la utilización en una norma), problemas en la técnica de medición de un parámetro en la actualidad, y parámetros en una misma norma que describían procesos ambientales similares. Todos estos puntos generaban incertidumbre a la hora de evaluación de la norma.

El número de parámetros propuestos, unido al número de áreas de vigilancia, generaba que cada la regulación contara en promedio con más de 400 límites normativos a cumplir, afectando directamente la gestión posterior del instrumento.

2.3 Niveles de calidad ambiental

Considerando las limitaciones expuestas, los análisis de cumplimiento realizados a los anteproyectos de NSCA de las cuencas de los ríos Maipo, Biobío y Valdivia, en el supuesto de que éstas estuviesen operativas, develaron que en general todas las áreas de vigilancia y todos los parámetros propuestos presentarían un alto número de incumplimientos (latencia y/o saturación)¹.

¹ Estos resultados sólo constituyen un escenario referencial, puesto que la evaluación del cumplimiento de las normas, una vez aprobadas, se lleva a cabo a través de un análisis que evalúa la representatividad de los datos,

Los resultados obtenidos mostraron que, de estar operativas las NSCA de las cuencas de los ríos Maipo, Biobío y Valdivia, una proporción importante de los incumplimientos no podrían ser vinculados a fuentes puntuales, ya sea por la magnitud de las emisiones reportadas o bien por la falta de información disponible. Así, de forma acotada y con un nivel de certidumbre adecuado, se estimaron costos para una baja fracción de las saturaciones pronosticadas pero importantes en magnitud.

El uso de percentiles utilizando como criterio la calidad actual posee dos inconvenientes:

- a) En primer lugar, no hay una correlación con la calidad ecológica del área de vigilancia en cuestión, por lo que la aplicación de un percentil sólo mantiene la situación actual, independiente de la calidad ecológica. La evaluación visualizó inconsistencias como por ejemplo zonas con muy buen estado ecológico con superaciones de norma y sin presiones antrópicas, mientras otras zonas fuertemente impactadas no existían superaciones.
- b) La elección del percentil, en especial del percentil 66 (p66), no asegura la protección del medioambiente dado que 4 de cada 12 datos son eliminados del análisis, pudiendo generar una alta frecuencia de altas concentraciones de los parámetros en la columna de agua durante el período considerado para el cumplimiento (2-3 años). Sólo el Anteproyecto NSCA de Valdivia tiene una consideración adicional en la cual 1 dato de cada 4 en un período anual, o 1 cada 8 datos para un período de 2 años, pudiera sobrepasar la norma, en el entendido que se utilizó además otro estadígrafo (p85) a diferencia de la propuesta de Biobío y de Maipo.

siendo posible excluir aquellos influenciados por fenómenos excepcionales y/o transitorios, tales como inundaciones, sequías, catástrofes naturales, terremotos, entre otros.

3. Metodología proyecto definitivo

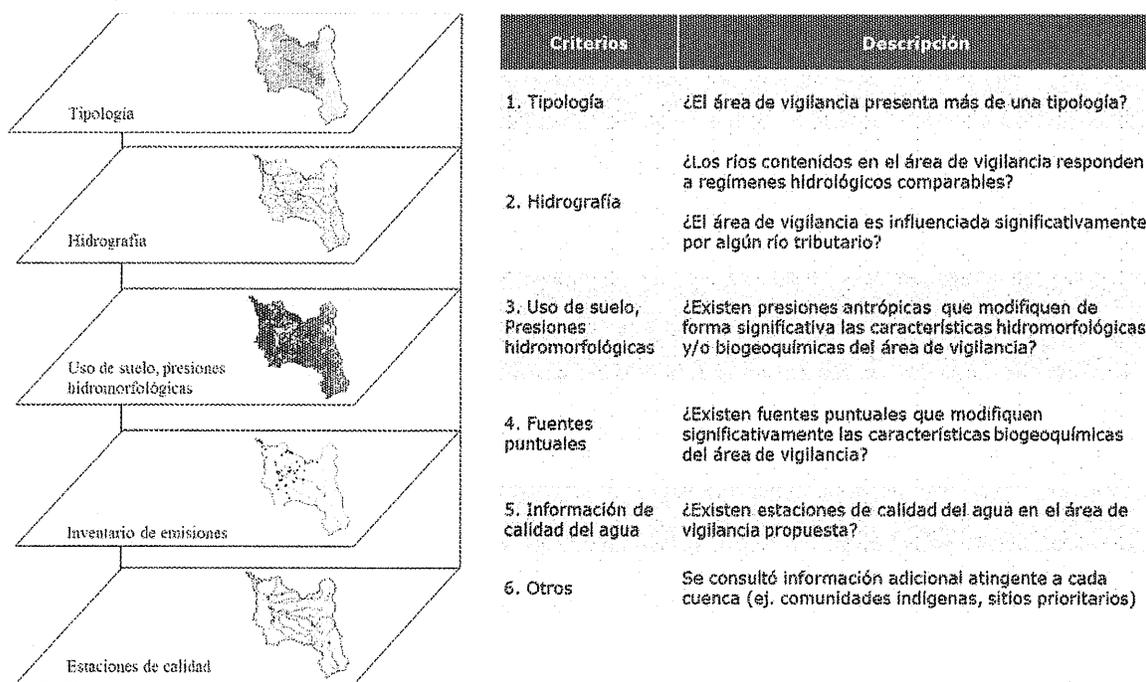
En virtud a los antecedentes expuestos en las secciones anteriores, el Ministerio del Medio Ambiente trabajó en la modificación de los anteproyectos de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales. Este esfuerzo supone la consolidación de una metodología estándar, aplicable a nivel nacional y que simultáneamente contemple las diferencias ecosistémicas y productivas propias de cada una de las ecorregiones del país.

Así, las modificaciones que se presentan a continuación se estructuran de la misma manera que el apartado anterior, dado respuesta a las observaciones que cada etapa y de la generación de la NSCA. Adicionalmente, es importante mencionar que este proceso contó con información adicional y/o actualizada en estos últimos años, así como asesorías nacionales e internacionales que permitieron una mayor robustez a la metodología implementada.

3.1 Delimitación áreas de vigilancia

Se revisaron los criterios para la definición de áreas de vigilancia y se readecuaron de tal manera que todas las cuencas usen los mismos criterios. Para ello se consideró que los patrones físico químicos observados en una estación de referencia no sólo obedecen a las características y presiones que caracterizan al curso de agua principal sino es respuesta de toda su área de drenaje. Siendo consecuente con este enfoque, los análisis realizados utilizaron como unidad mínima de trabajo las subsubcuencas definidas por la Dirección General de Aguas (DGA) (SSubc), siendo cada uno de estos elementos caracterizados con respecto a su tipología, hidrografía, uso de suelo, presiones hidromorfológicas, inventario de emisiones y cobertura de estaciones de calidad, entre otros (Figura 3-1).

Figura 3-1: Criterios utilizados para la delimitación de áreas de vigilancia. Ejemplo de mapas cuenca del río Biobío



La idea central de esta fase del trabajo fue delimitar áreas de vigilancia que permitiesen gestionar adecuadamente la calidad de los ecosistemas y que tendiesen a aislar los efectos producidos por presiones antrópicas significativas. El primer paso fue identificar al interior de cada cuenca zonas hidrográficas con igual tipología. Para esto se utilizaron los resultados de la consultoría "Generación de información cartográfica para el sistema de tipología de ríos y lagos de Chile", trabajo licitado por el Ministerio del Medio Ambiente y ejecutado por el Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Chile. En función de ellos fue posible agrupar subsubcuencas con características similares de altitud, pendiente del cauce, geología, composición del sustrato y caudal. La configuración obtenida permitió generar una propuesta de áreas de vigilancia, la cual fue validada o modificada en consideración de las características hidrológicas, hidromorfológicas, de cobertura de uso de suelo y del inventario de emisiones de cada cuenca. En particular, se utilizaron los datos de las estaciones de aforo DGA para verificar que las áreas de vigilancia propuestas resultasen coherentes en relación a los regímenes hidrológicos de los cursos de agua que contienen, o bien si alguna de ellas era significativamente influenciada por el ingreso de un río tributario, caso en el cual el área de vigilancia propuesta fue seccionada.

El siguiente paso fue analizar el uso de suelo de las áreas de drenaje y las presiones hidromorfológicas existentes. Para esto se consultó el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile y diferentes coberturas cartográficas proporcionadas por servicios como DGA (ej. derechos de agua) y la Comisión Nacional de Riego (ej. canales de derivación), entre otros. Considerando esta información las áreas de vigilancia fueron validadas y/o modificadas en virtud del mosaico de usos (ej. cobertura

zonas agropecuarias, plantaciones forestales) y las modificaciones presentes a lo largo de los cauces normados (ej. extracciones de áridos, bocatomas con altos volúmenes de derivación, represas hidroeléctricas). De forma similar las áreas de vigilancia fueron también validadas y/o modificadas en función de los registros formales de emisión de residuos líquidos (D.S. 90, SISS), sistematizándose y espacializándose las descargas puntuales existentes (relación carga fuente emisora /carga río). Finalmente, a cada una de las áreas de vigilancia propuestas se le asignó una o más estaciones de referencia, ubicadas en puntos cercanos a la zona de cierre de cada una de estas unidades de gestión.

La aplicación de la metodología descrita se tradujo en una importante reducción de áreas de vigilancia en las cuencas de los ríos Maipo y Biobío y en un aumento de las áreas de vigilancia la cuenca del río Valdivia.

3.2 Selección de parámetros

Como se comentó anteriormente la DGA y otros organismos del Estado como la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), además de diversos programas científicos o privados, tienen desplegada una red de monitoreo de parámetros físico químicos en los cursos de agua de las principales macrocuencas de Chile. De forma conjunta en nuestro país existe un marco normativo que demanda el monitoreo de diversos parámetros en los puntos de descarga de las fuentes puntuales².

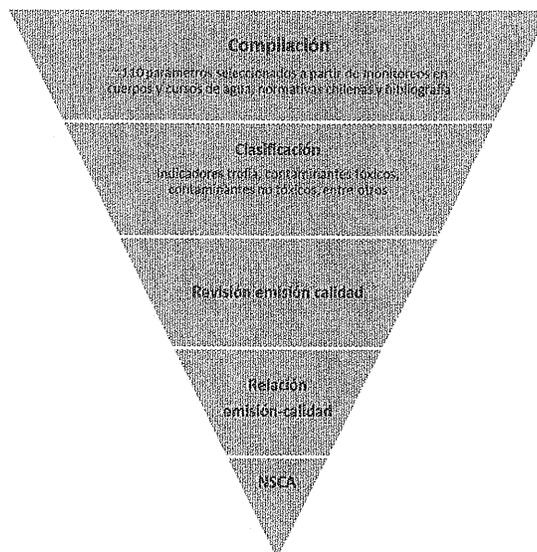
Se procedió a la sistematización de la información de parámetros físico químicos monitoreados en los ecosistemas acuáticos de Chile, que incorporó la actualización de toda la información incluida en los anteproyectos. Luego se caracterizó cada parámetro según su rol en instrumentos de gestión similares a las NSCA. Para esto se consultó experiencias internacionales como por ejemplo la Directiva Marco del Agua Europea³ o las guías técnicas de Australia y Nueva Zelanda⁴. La idea central fue caracterizar los parámetros compilados según nivel de toxicidad y/o como descriptores de los sistemas (ej: pH, oxígeno disuelto, conductividad). El siguiente paso fue analizar, a nivel de cuenca, la relación existente entre los parámetros monitoreados en los cursos de agua y los emitidos desde las fuentes puntuales, la finalidad de esto fue seleccionar parámetros que una vez incluidos en las NSCA puedan ser gestionados a través de medidas o acciones concretas (emisión-calidad). En este sentido se tuvo en consideración que existen numerosos parámetros cuya concentración en los sistemas acuáticos no responden solamente a una emisión en particular sino a variados procesos biogeoquímicos con componente natural o a la combinación de diversas emisiones desde las fuentes puntuales y difusas.

² Se destacan las Normas de Emisión que regulan las descargas de residuos líquidos hacia sistemas de alcantarillado (D.S N°609/1998), aguas marinas y continentales superficiales (D.S N°90/2000) y aguas subterráneas (D.S N°46/2002).

³ Real Decreto 60/2011, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

⁴ ANZECC, A. (2000). "Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality." Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra: 1-103.

Figura 3-2: Esquema de la selección de parámetros incluidos en los proyectos definitivos de NSCA para la protección de aguas superficiales.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente en conocimiento del inventario de emisiones y estimando indirectamente los posibles aportes difusos, se realizó un ranking de los parámetros más relevante en cada cuenca considerando su nivel de toxicidad e influencia de su carga total en relación a la transportada por los ríos (Figura 3-2). En función de estos análisis fueron seleccionados un número acotado de parámetros por cuenca, indicativos de los procesos y patrones físico-químicos de los sistemas a normar y de las presiones identificadas a nivel de fuentes puntuales y difusas de emisión.

3.3 Niveles de calidad

Una vez delimitadas las áreas de vigilancia y seleccionados los parámetros a incluir en las propuestas definitivas de NSCA, el siguiente paso correspondió al establecimiento de una metodología que permitiese definir niveles de calidad. En concreto el enfoque utilizado se basó en dos fuentes de información, la primera proveniente de Evaluaciones de Riesgo Ecológico (ERE) y la segunda correspondiente a los datos obtenidos desde la red de monitoreo de parámetros físico químicos. En presencia de ambos elementos se optó por realizar una verificación cruzada, determinándose si los niveles de protección informados por las aproximaciones de ERE se correspondían con los datos recopilados *in situ* en los cursos a normar.

A nivel internacional, en experiencias como la desarrollada en la Comunidad Europea, la clasificación del estado ecológico y por ende la gestión de los ecosistemas acuáticos se realiza a través de la definición de clases de calidad. Comúnmente se establecen cinco niveles de calidad que cubren desde la muy buena (clase 1) a la muy mala condición físico química (clase 5). La selección de estos niveles de calidad supone conocer con certeza los reales umbrales de protección y/o afectación de cada parámetro a normar (ERE).

En los casos donde la información físico química fue el único elemento de decisión, se estimaron niveles de riesgo relativos en relación a los gradientes espaciotemporales de cada cuenca. Los valores obtenidos de esta última aproximación fueron igualmente validados en torno a datos de ERE reportados para ecosistemas acuáticos comparables, tanto de ámbito nacional como internacional.

3.3.1 *Evaluación de riesgo ecológico*

Una de las características más relevantes de aproximaciones de ERE es que permiten establecer estándares de calidad de agua en función del nivel de protección de las comunidades acuáticas locales, definidos en base a curvas de distribución de sensibilidad de especies (SSD por sus siglas en inglés). Así, esta metodología destaca por permitir una aproximación a la probabilidad que ocurran o estén ocurriendo efectos adversos en sistemas ecológicos por exposición a determinadas sustancias contaminantes (agentes xenobióticos).

Entre las cuenca analizadas, la del río Valdivia destacó por la factibilidad de utilizar información de ERE⁵ para el establecimiento de niveles de calidad de cinco metales. Utilizándose como fuentes de información ensayos ecotoxicológicos en especies de relevancia ecológica de la cuenca y bases de datos internacionales. Además monitoreos realizados por la DGA, DIRECTEMAR y la Universidad Austral de Chile. En función de su alto nivel de utilidad se espera que en años venideros la utilización de ERE se constituya como un elemento central en las metodologías de diseño y dictación de NSCA.

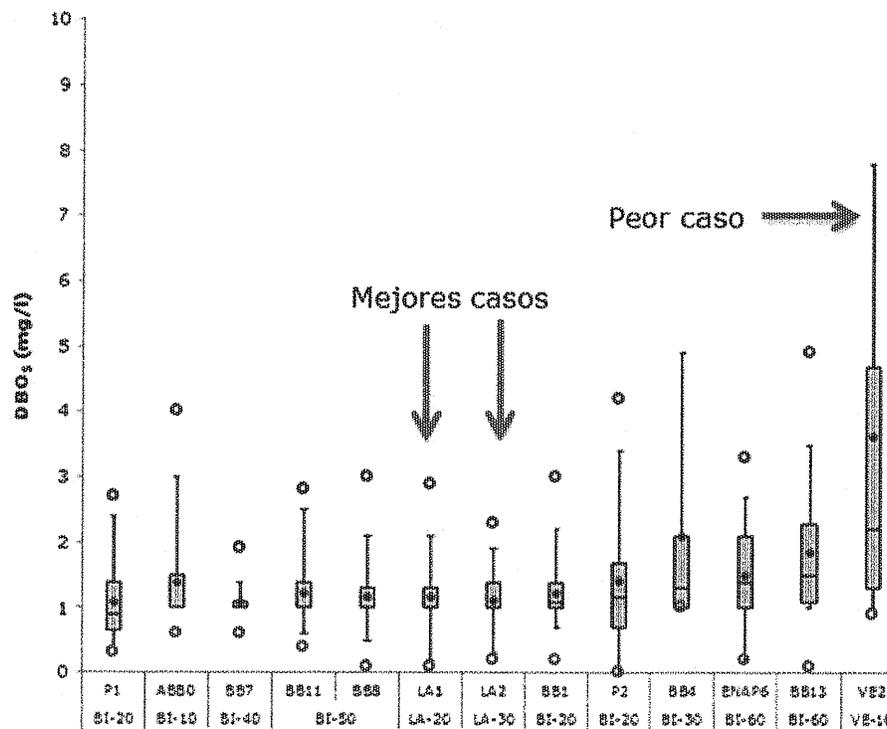
3.3.2 *Clases de calidad*

En específico los criterios utilizados fueron: la clases 1 y 2 se definieron en base a los patrones registrados en la o las mejores estaciones de monitoreos y correspondieron a los percentiles 50 (clase 1) y 95 (clase 2) respectivamente; la clase 4 se fijó como el percentil 95 de la o las peores estaciones; luego las restantes clases correspondieron al valor medio entre las clases 2 y 4 (clase 3) y a los valores superiores a los definidos como clase 4 (clase 5) (Figura 3-4). Para los casos de los parámetros oxígeno disuelto y pH mínimo, cuyo objetivo ambiental supone restringir valores mínimos, el criterio de definición de clase varió utilizándose el percentil 5 en vez del percentil 95.

A escala temporal, se optó por analizar los datos contenidos entre los años 2001 y 2012, periodo que describe adecuadamente los procesos hidrológicos de las cuencas evaluadas y permite evaluar la entrada en vigencia del Decreto Supremo N°90. De forma complementaria una vez definidos los valores umbrales de cada clase de calidad, éstos fueron validados en relación con antecedentes de riesgo ecológico reportados en ecosistemas comparables y con Normas internacionales para la protección de biota acuática.

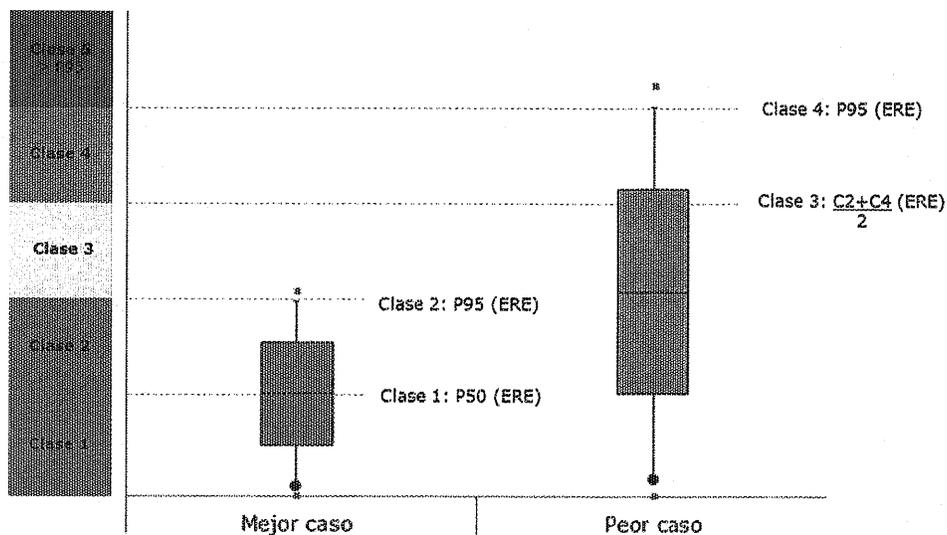
⁵ Evaluación de riesgo ecológico teórico (2009), Evaluación de riesgo ecológico agudo para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (2010) y Evaluación de Riesgo Ecológico Crónico (2011).

Figura 3-3: Ejemplo de la selección de estaciones de referencia para la generación de clases de calidad. Los datos presentados corresponden a la cuenca del río Biobío.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4: Esquema fijación clases de calidad.



Fuente: Elaboración propia

El producto final de esta etapa es tener, para cada parámetro seleccionado y área de vigilancia definida, 5 niveles de clases de calidad. Posteriormente, en la etapa del objetivo

ambiental se define el nivel de norma a alcanzar en base de los criterios que se explicarán a continuación.

3.3.1 *Objetivos ambientales*

Se recabaron antecedentes sobre el estado de conservación de cada unidad de gestión, a nivel de paisaje, hidromorfología y biota. Como primer paso se analizó la interacción espacial entre las áreas de vigilancia y las áreas bajo protección oficial del Estado, tales como parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, sitios prioritarios y santuarios de la naturaleza. Esto permitió identificar las secciones de las cuencas donde ya existen ciertos instrumentos de gestión destinados a la preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental.

El siguiente paso correspondió a la caracterización de las componentes hidromorfológica y biológica. Para esto se recopilaban y/o generaban indicadores de condición, los cuales variaron en especificidad según los estudios disponibles en cada cuenca. Así por ejemplo en la cuenca del río Biobío se analizaron los patrones de presencia y/o ausencia de especies acuáticas nativas que fuesen descriptoras de procesos de perturbación antrópica (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Recopilación de información biológica como apoyo para el establecimiento de niveles de calidad en la cuenca del río Biobío. E: Especie posiblemente extinta, P: Especie con registros actuales de presencia,

AD: Especie no presente según distribución geográfica histórica y preferencias de hábitat, SR: especie sin registros actuales, sin embargo de acuerdo a su distribución debiese estar presente. Fuente de información:

Marquet et al., 2002; GESAM, 2006; Habit et al., 2006.

<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i>	P	P	P-E*	P	AD	AD	P	P	AD	SR	SR
<i>Nematogenys inermis</i>	AD	AD	P	E**	P	AD	AD	AD	AD	AD	AD
<i>Aegla conceptionensis</i>	AD	AD	AD	AD	P	SR	AD	AD	AD	AD	AD
<i>Aegla expansa</i>	AD	AD	AD	AD	P	SR	AD	AD	AD	AD	AD
<i>Aegla pewenchaie</i>	P	P	P	P	AD	AD	SR	P	SR	P	P
<i>Aegla bahamondei</i>	AD	AD	AD	AD	SR	AD	AD	AD	AD	AD	AD

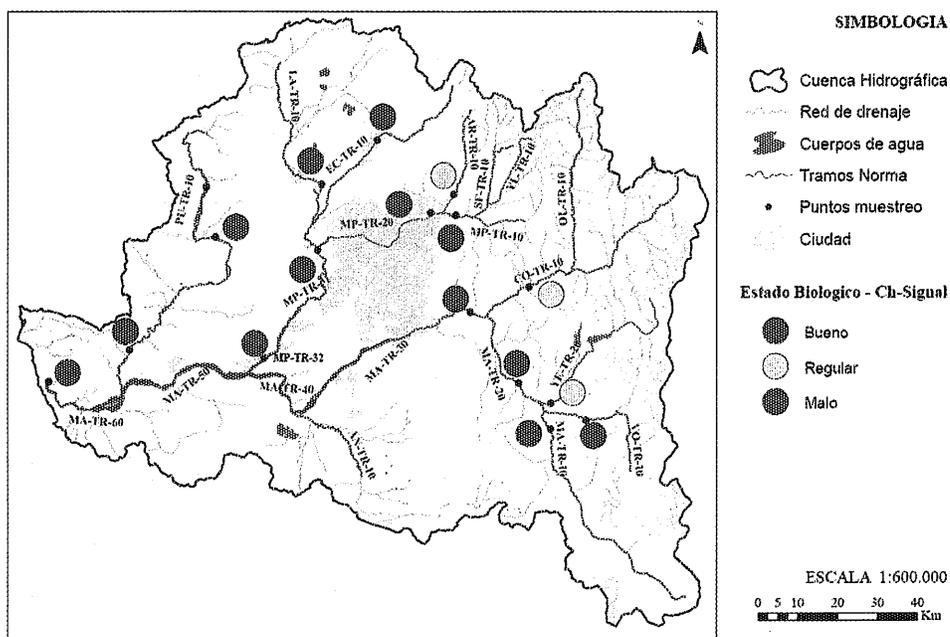
De forma similar en la cuenca del río Maipo se utilizó la información existente sobre indicadores biológicos e hidromorfológicos, principalmente referidas a la aplicación de: i) el índice SIGNAL (Stream Invertebrates Grade Number-Average Level), indicador biológico adaptado a la realidad nacional y que consiste en la identificación de familias de macroinvertebrados bentónicos en cada estación de monitoreo, para las cuales se establece un valor de tolerancia (EULA 2007; 2008 y 2009) y ii) el índice IHG, desarrollado por Ollero et al (2008) y que se constituye como una de las herramientas que permite evaluar la condición hidromorfológica y el estado ecológico de sistemas fluviales (Figura 3-5, Figura 3-6).

En el caso específico de los macroinvertebrados bentónicos, a pesar de que de que las 3 NSCA se circunscriben en dos ecorregiones distintas (mediterránea en el caso de Maipo y Biobío y Lagos Valdivianos en caso de Valdivia) el listado de taxa revisados, en cuanto la

riqueza total por cuenca, no difiere significativamente entre las tres (Maipo=70; BíoBío=89 y Valdivia=67). El listado sistematizado, se revisó con los puntajes asignados por Figueroa (2007) y propuesto para la región Mediterránea de Chile, tanto para el índice ChBMWP como para ChSignal (ChBMWP/n°familias) como proceso comparativo, aunque como bien discute el autor, en Chile por el momento, este análisis es inevitablemente subjetivo, al no contar con mayor respaldo temporal ni de una experiencia robusta que nos permitan afinar las respuestas de los organismos. En el caso específico de los índices aplicados, el grado de tolerancia está dado por un puntaje asignado a cada familia en una escala de 10 a 1, desde las más sensibles a las más tolerantes. Este puntaje ha sido revisado dentro de la literatura científica y son confiables, sin embargo producto de la variabilidad observada el análisis sólo se utilizó para identificar para las zonas más impactadas de la cuenca y las con menor grado de impacto. El foco de los muestreos fue el período de primavera tardía (sep-nov) por comprender una buena aproximación a los meses donde la comunidad biológica se encuentra mejor representada. Se espera avanzar en la Intercalibración de índices bióticos a nivel nacional y en la aplicación de protocolos de muestreo para contar con bases robustas para ser incorporadas en los procesos de elaboración de norma.

Las siguientes figuras muestran espacialmente la información del estado biológico e índices hidromorfológicos para la cuenca del río Maipo, considerando una adaptación de la información generada por el Centro EULA (2007, 2008 y 2009) y por la consultora ECOHYD (2010, 2011).

Figura 3-5: Estado de la calidad del ecosistema acuático de la cuenca del río Maipo según indicadores biológicos. Fuente: EULA (2008,2009).



La información disponible varía según la cuenca analizada, pero en términos generales la componen de los siguientes ítems:

- a) Calidad fisicoquímica histórica de los ríos, generada por la Dirección General de Aguas, DIRECTEMAR y otras instituciones tales como EULA, CENMA, CEA, entre otras.
- b) Información geográfica disponible (Usos de suelo, características hidrológicas de cada cuenca, etc.,)
- c) Modelos hidrodinámicos
- d) Inventarios de emisiones
- e) Modelos de dispersión de emisiones
- f) Evaluación de estructuras comunitarias
- g) Monitoreos biológicos e hidromorfológicos desarrollados de forma puntual por el Ministerio del Medio Ambiente u otras instituciones científicas o privadas
- h) Análisis de riesgo ecológico realizados en los ecosistemas a normar o en otras áreas comparables.
- i) Revisión de Normas Internacionales para la protección de vida acuática
- j) Caracterización y clasificación de especies con problemas de conservación (2013)
- k) Estimación de carga proveniente de fuentes puntuales en cada cuenca (SISS, 2011)
- l) Opinión de expertos nacionales e internacionales (España, 2013)
- m) Generación de información cartográfica para el sistema de tipología de ríos y lagos de Chile”, trabajo licitado por el Ministerio del Medio Ambiente y ejecutado por el Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Chile (MMA,2011)
- n) Elaboración de tablas de Clases de Calidad, (MMA, 2013)

4. ANEXOS

Anexo 4-1: Siglas de parámetros.

Sigla	Parámetro
Al	Aluminio
As	Arsénico
B	Boro
Ca	Calcio
Cd	Cadmio
CE	Conductividad eléctrica
Cl-	Cloruro
CF	Coliformes fecales
Cl	Cloruro
CN	Cianuro
Cr	Cromo total
CT	Coliformes totales
Cu	Cobre
CV	Color verdadero
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
Fe	Hierro
Hg	Mercurio
K	Potasio
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
NT	Nitrógeno total
Na	Sodio
NH ₄	Amonio
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
OD	Oxígeno disuelto
Pb	Plomo
pH	pH
PO ₄	Fosfato
PT	Fósforo total
RAS	Razón de absorción de sodio
Se	Selenio
SO ₄	Sulfato
SST	Sólidos suspendidos totales
Zn	Zinc