SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE LOS RÍOS
CARLOS ANWANDTER N° 466
OFICINA DE PARTES
Folio 666 13-10-2023 SBF

CARTA N° 234453

ANT: 1) Carta de fecha 14 de septiembre de 2023, suscrita por doña Alexia Camino Bucarey, en representación de CODEPROVAL; **2)** Carta de fecha 29 de septiembre de 2023, suscrita por doña Alexia Camino Bucarey, en representación de Corporación para el Desarrollo Región de Los Ríos; **3)** Carta de fecha 05 de octubre de 2023, suscrita por doña Alexia Camino Bucarey, en representación de CODEPROVAL.

MAT.: Da respuesta a cartas señaladas en el ANT.

Santiago, 12 OCT 2023

Señora
Alexia Camino Bucarey
CODEPROVAL
PRESENTE

De nuestra consideración:

Junto con saludar, y en relación con las cartas señaladas en el ANT., en virtud de las cuales vuestra Corporación solicita a este Ministerio informar una serie de materias relacionadas con el procedimiento de dictación de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; informo que, por el presente se da respuesta a cada uno de sus puntos planteados.

En primer lugar, se hace presente que, el procedimiento de dictación de Normas de Calidad se encuentra contenido en el Decreto Supremo N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente; por el cual se aprueba el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión" (en adelante, "Reglamento"), en el cual se establecen principalmente las siguientes etapas: (1) priorización de las normas en el programa de regulación ambiental; (2) desarrollo de estudios científicos; (3) elaboración de un análisis técnico y económico; (4) elaboración y publicación de un anteproyecto de norma; (5) etapa de consulta pública; y, finalmente, (6) la elaboración del proyecto definitivo de la norma, la que debe considerar los antecedentes contenidos en el expediente y el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de consulta pública.

Todas las etapas tienen la debida publicidad mediante un expediente escrito que se encuentra permanentemente disponible para el acceso de cualquier persona (disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=924973).

En virtud de lo anterior, se comunica que, el Ministerio del Medio Ambiente, dando cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 22 del Reglamento, concluyó la elaboración del Proyecto Definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la (en adelante "NSCA cuenca río Valdivia") con fecha 25 de septiembre de 2023, a través del envío al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (en adelante "CMSyCC") del Oficio Ordinario N° 234104, al cual se adjuntó el texto del Proyecto Definitivo, el Análisis General de Impacto Económico y Social, y el Informe de Antecedentes Técnicos para la elaboración del Proyecto Definitivo.

1. **Carta de fecha 14 de septiembre de 2023.**

Teniendo en consideración lo previamente señalado, a continuación, se da respuesta a sus consultas recibidas mediante carta del 14 de septiembre de 2023:

I. Consultas Generales

a) "Dado los cambios relevantes que sufrió el PD respecto al Anteproyecto, resulta relevante acceder a los principales informes que sustentan el PD, y que de manera resumida fueron presentados en la reunión del pasado 1.9.23, a saber:

a. El Informe Técnico; y

b. El AGIES".

Al respecto, se informa que, de conformidad a lo dispuesto en la Resolución Exenta N° 623, de 2023, del Ministerio del Medio Ambiente, el plazo para elaborar el proyecto definitivo de las NSCA cuenca río Valdivia, se extendió hasta el 30 de septiembre de 2023. Por lo tanto, durante el curso de dicho periodo el Ministerio del Medio Ambiente (en adelante, "MMA") aún se encontraba elaborando los antecedentes del proceso, realizando ajustes y, sobretodo, en un proceso de deliberación previa a la adopción de la decisión final, de modo que no se encontraba en la posición de poder entregar dichos documentos, como tampoco bajo la obligación legal de hacerlo[1]. Así las cosas, con fecha 25 de septiembre de 2023, mediante Oficio Ordinario N° 234104, del Ministerio del Medio Ambiente, se remitió al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático ("CMSyCC") el Proyecto Definitivo, junto con su Informe Técnico y el Análisis General de Impacto Económico y Social (en adelante "AGIES"). Por lo anterior, a partir de esa fecha, que marca el término de la etapa de elaboración de proyecto definitivo, los documentos señalados adquirieron el carácter de públicos y se encuentran en situación de poder ser entregados a cualquier solicitante.

En virtud de lo anterior, se adjuntan a la presente carta los documentos solicitados.

b) ¿Por qué se utiliza la calidad del agua hasta el 2020, existiendo datos disponibles hasta el 2022?

Al respecto, se informa que la propuesta del actual Proyecto Definitivo 2023 se trabajó durante el primer semestre del 2022, en respuesta a las observaciones recibidas a la

[1] Ley N° 20.285. Artículo 21.- Las únicas causales de secreto o reserva en cuya virtud se podrá denegar total o parcialmente el acceso a la información, son las siguientes: 1. Cuando su publicidad, comunicación o conocimiento afecte el debido cumplimiento de las funciones del órgano requerido, particularmente: b) Tratándose de antecedentes o deliberaciones previas a la adopción de una resolución, medida o política, sin perjuicio que los fundamentos de aquéllas sean públicos una vez que sean adoptadas.

propuesta de Proyecto Definitivo del año 2021, la cual consideraba información de calidad de aguas hasta el año 2019. En virtud de lo anterior, el Ministerio del Medio Ambiente solicitó mediante Oficio Ordinario N° 223164, 10 de agosto de 2022 a la Dirección General de Aguas la información actualizada hasta el año 2020. Cabe hacer presente que para esa fecha solo se contaba con datos validados disponibles hasta el año 2020 (Quinto informe NSCA Río Valdivia),dado que existe un desfase, entre la fecha del muestreo de la cuenca y la fecha en que se encuentra disponible la información validada de la Dirección General de Aguas, debido al tiempo requerido para realizar los análisis de calidad de agua y su respectivo informe de Laboratorio, para luego validar la información para su posterior publicación mediante los Reportes de Calidad de la NSCA cuenca río Valdivia.

c) ¿Qué nuevos antecedentes técnicos consideraron en el último PD, para generar un PD significativamente diferente al presentado en el 2021?

Al respecto se informa que, el Ministerio del Medio Ambiente recibió comentarios respecto a la propuesta de Proyecto Definitivo elaborada el año 2021, los cuales fueron emitidos por diferentes actores integrantes del Comité Operativo Ampliado, mediante cartas ingresadas a las Oficinas de Parte de la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos[2] y mediante intervenciones realizadas en reuniones desarrolladas en en el marco del proceso de elaboración de estas NSCA[3]. Lo anterior, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 7° del Reglamento, en donde se permite la creación de un Comité Operativo Ampliado constituido por los integrantes del Comité Operativo y personas naturales o jurídicas, ajenas a la Administración del Estado, con el objeto de intervenir en la dictación de una determinada norma o de un grupo de normas afines, como en el presente caso.

Las observaciones más recurrentes, indicaron que la propuesta de Proyecto Definitivo desarrollada el año 2021: (i) habría incrementado los umbrales normativos del anteproyecto aprobado a valores muy permisivos de manera injustificada; (ii) la definición de los mismos umbrales normativos para toda la cuenca estaría desprotegiendo los ecosistemas más prístinos de esta; y, (iii) no se estaría dando cumplimiento al objetivo de las NSCA cuenca del río Valdivia, de mantener o mejorar la calidad de las aguas de la cuenca. Asimismo, se recibieron algunas observaciones que señalaron que los límites propuestos no se encontraban justificados, debido a que serían muy estrictos para un ecosistema sano, los cuales podrían generar impactos negativos en el desarrollo económico del área[4].

A partir del análisis de todas estas observaciones, el Ministerio del Medio Ambiente desarrolló un análisis técnico, con el objetivo de revisar si la propuesta de Proyecto Definitivo desarrollada el año 2021 cumplía con el estándar administrativo y técnico establecido en el artículo N° 21 del Reglamento. Dicho proceso consideró la revisión de la Propuesta de Proyecto Definitivo elaborada el año 2021, la elaboración del respectivo Análisis General de Impacto Económico y Social, y se extendió hasta la elaboración de una nueva propuesta de Proyecto Definitivo durante el año 2023.

---

[2] Véase Folios 5694, 5697 al 5699, 5700, 5762 al 5767, 5768 al 5769 y 5774 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[3] Ver Folios 5684 a 5691, 5805 al 5807 y 5855 al 5860 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[4] Véase Folios 5702-5710; 5697- 5699; 5811- 5842; 5920- 5949; 5965-5969 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

Las principales diferencias entre las propuestas de Proyecto Definitivo elaboradas los años 2021 y 2023 se encuentran en el punto 3.3 del Informe Técnico, así como en el punto 4.6 Actualización de Tabla de Clases de Calidad, entre los cuales se destacan las siguientes:

Ítem	**Propuesta de Proyecto Definitivo de 2021**	**Propuesta de Proyecto Definitivo de 2023.**
Actualización de Base de datos	1987 al 2019	1987-2020
Evaluación de Riesgo Ecológico (ERE):	Excluye ERE debido a la incertidumbre en la relación metal disuelto /metal total (datos en base a estudio UACH 2009)	Reincorpora ERE considerando la mayor cantidad de información disponible para estimar la proporción disueltos/total, considerando la nueva información reportada por la DGA (2016-2020) y la UACH (2014-2020). Para más detalles consultar la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del Informe Técnico
Parámetros	14	15 (Reincorpora Sodio, debido a la recopilación de información sobre emisiones de este parámetro y al análisis de su variabilidad espacial y temporal. Para más detalles consultar la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).
Análisis de la Variabilidad espacial de la cuenca	Homologación de los valores normados en la mayoría de las áreas de vigilancia	Se analiza la variabilidad espacial de la calidad del agua en la cuenca y a partir de ello y se proponen criterios diferenciados para los metales que presentan diferencias significativas de entre las subcuencas del Río Cruces y el Río Calle-Calle las que pueden ser revisados en el anexo 6.4.3
Criterio umbral normativo	Mayoría en Clase 3 (media) para incorporar un margen de incertidumbre.	Mayoría en Clase 2 (óptima) considerando las condiciones actuales de la cuenca y que el objetivo de estas NSCA es "*la conservación o preservación de los ecosistemas hídricos y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos a través de la* ***mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca***" **Cabe destacar que esto considera** • Mantener la calidad histórica de la cuenca del río Valdivia (1987-2020), en aquellos tramos en los cuales no se han registrado variaciones significativas en la calidad fisicoquímica histórica del

		agua y que se relacionan con alta biodiversidad y endemismo. • Recuperar gradualmente las características fisicoquímicas históricas en aquellos tramos intervenidos.

d) ¿Por qué el MMA ha tenido una gran diferencia en responder todas las consultas de académicos de la UACH, agrupaciones Indígenas y otras agrupaciones ciudadanas, según consta en el expediente, pero no ha dado respuesta a las consultas de CODEPROVAL?

Para la elaboración del Proyecto Definitivo el Ministerio del Medio Ambiente analizó las observaciones formuladas tanto en la consulta pública como en la respectiva consulta indígena, revisó los antecedentes contenidos en el expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia e incorporó la nueva información de monitoreo de calidad de las aguas entregada por la Dirección General de Aguas hasta el año 2019. Aquel trabajo concluyó con la presentación de una propuesta de Proyecto Definitivo y de los principales resultados del AGIES al Comité Operativo y al Comité Operativo Ampliado el día 27 de diciembre de 2021. Durante dicha presentación se recibieron diversas observaciones, comentarios y solicitudes por parte de actores integrantes del Comité Operativo Ampliado, las cuales tenían por objeto resolver dudas de carácter técnico.

Según consta en el expediente público, en reunión del Comité Operativo Ampliado de fecha 27 de diciembre de 2021[5], tanto los representantes de comunidades indígenas como los representantes del sector académicos realizaron observaciones a la propuesta de Proyecto Definitivo presentada en dicha sesión, y manifestaron su interés en tener una instancia técnica para resolver dudas respecto de la propuesta presentada, por lo que, en dicha reunión del COA se acordó *"realizar dos reuniones específicas más, con académicos y comunidades, para resolver estas dudas puntuales"*. En virtud de lo anterior se desarrollaron las reuniones que constan en los Folios N° 5805-5807 (Subcomité Científico, de fecha 28 de enero de 2022) y N° 5855-5860 (Reunión con comunidades indígenas integrantes del Comité Operativo Ampliado, de fecha 10 de febrero de 2022).

Cabe hacer presente que, tras dicha instancia, la única comunicación en particular con representantes del sector académico corresponde a la respuesta otorgada mediante Carta N° 45/2023[6] de la Secretaría Regional Ministerial de la Región de Los Ríos, la cual fue remitida dando cumplimiento a lo requerido por la Contraloría General de la República mediante su Oficio N° E364598[7].

Asimismo, respecto de las Comunidades Indígenas, se hace presente que, se desarrolló una segunda reunión con dicho grupo, según consta en Folio N° 5855-5860 del expediente del procedimiento de dictación de la norma, con fecha 26 de mayo de 2022; en respuesta a la solicitud formal efectuada por integrantes del Comité Operativo Ampliado[8]

[5] Véase Folio 5684–5691 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
[6] Véase Folio 6019-6033 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
[7] Véase Folio 6007-6018 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
[8] Véase Folio 5912-5913 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

Por su parte, respecto de "***otras agrupaciones ciudadanas",*** este Ministerio hasta la fecha no ha remitido respuesta a otras agrupaciones, lo cual consta en el expediente público del procedimiento de dictación de la norma.

En virtud de lo anterior consta que no existe la acusada diferencia de trato, ya que el Ministerio del Medio Ambiente sólo ha dado cumplimiento a los procedimientos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento, dando cumplimiento a lo acordado en las reuniones del Comité Operativo Ampliado en el marco del ya referido artículo 7° del Reglamento, recibiendo y agregando al expediente "*los documentos presentados por las personas interesadas en la elaboración de la norma*" de acuerdo a lo establecido en los artículos 8 y 21 del Reglamento.

En este contexto, como se informó anteriormente, todas las observaciones recibidas fueron analizadas en la elaboración de la propuesta de Proyecto Definitivo, cuyo resultado consta en el Informe Técnico del Proyecto Definitivo.

Finalmente, cabe recordar que gran parte de las observaciones realizadas por CODEPROVAL, son una reiteración de los argumentos presentados por dicha Corporación en la Reclamación Judicial en contra del Decreto Supremo N° 1, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, interpuesta ante el Tercer Tribunal Ambiental de Chile por CODEPROVAL; a las observaciones ingresadas en el proceso de Consulta Pública del Anteproyecto; y, al recurso de invalidación del Anteproyecto del año 2019; las cuales han sido respondidos en su debida oportunidad y recogidos en el marco del procedimiento de elaboración de las NSCA de Valdivia.

I. Consultas particulares

1) Justificar cada uno de los criterios técnicos usados para definir las 5 clases de calidad de cada parámetro, y que se presentaron de la siguiente forma, incluyendo:

Las tablas de clases de calidad (TdCC) son una herramienta para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos en relación con la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca. Las tablas se construyen con 5 clases de calidad, cada una de las cuales corresponde a un rango de concentración.

Al respecto, los criterios utilizados en la construcción de las Tablas de Clases de Calidad se encuentran en la sección 4.6 del Informe Técnico, el cual se adjunta a la presente carta, y que además se encuentra de forma permanente disponible en el expediente en el siguiente enlace: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2023/proyectos/6303-6429_12.929_2023_Informe_Tecnico_NSCA_Valdivia.pdf

a) ¿Qué fundamento técnico disponible en el expediente tiene el uso de criterios estadísticos como los usados para establecer normas secundarias de calidad ambiental?
Esto no es lo habitual. Las normas se suelen basar en estudios de riesgo ecológico y de protección. La calidad natural de cualquier río tiene variablidad estadística, y ello NO significa que existe una afectación antrópica.

Por ejemplo, ese es el caso de la norma secundaria de calidad canadiense para el parámetro oxígeno disuelto, la que se señaló que había sido una de las consideradas en la elaboración de este PD

Al respecto, se informa que la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en aguas continentales y marinas[9] (en adelante, "Guía"), en su sección 5.4.1 "Elaboración de Tablas de Clases de Calidad", incluye el uso de análisis estadísticos para la definición de las clases de calidad. En ese sentido, el análisis de datos físico-químicos a través del análisis de variabilidad espacial, temporal y el análisis de *outliers* corresponden a actividades propuestas por la Guía para la definición de las clases de calidad. El uso de estadígrafos de ciertas estaciones de monitoreo para la definición de clases de calidad se encuentra ejemplificado en la Tabla 12 de la Guía.

En este sentido, es importante destacar que, la estadística es una herramienta básica que nos permite inferir la condición de los ecosistemas acuáticos de la cuenca, a través del análisis de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua de un ecosistema y del establecimiento de estadígrafos o indicadores, en función de observaciones puntuales realizadas y su relación con las condiciones ecosistémicas. Al respecto, el uso de estos indicadores o estadígrafos no es ajeno a la elaboración de normativa o lineamientos para la protección de calidad ambiental de ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, para el caso de Australia y Nueva Zelanda, se propone la utilización de percentil 80 o 20 para definir lineamientos en sitios moderadamente perturbados y percentiles 90 o 10 para sitios perturbados[10]. Para el caso de ecosistemas con alto valor ecológico, se propone normar en la calidad actual, considerando la variabilidad natural, lo que equivale al criterio adoptado en estas normas para el mantenimiento de las condiciones actuales.

Por otro lado, en definición de la TdCC de estas NSCA, la clase 1 (excelente) de oxígeno disuelto fue definida según el siguiente criterio: "*Valor homologable a una calidad excelente en las normas y lineamientos de referencia internacional consideradas en esta NSCA*[11]". Para ese caso, la normativa homologable, de calidad excelente fue la europea para la protección de la vida de los peces que indica que el valor de oxígeno disuelto debe ser superior a 9 mg/L el 50% del tiempo[12], Asimismo, de acuerdo a los antecedentes disponibles en el expediente[13], considerando la variabilidad de las concentraciones de oxígeno en las áreas normadas se establecieron valores que fluctúan entre 8 a 9 mg/L, dependiendo si se trata de un área de vigilancia con características limnéticas o si se trata de un área de vigilancia con características estuariales. Lo anterior, considerando que la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que aumenta la clorinidad (SMEWW, 2005 21st Edition).

Canadá y Estados Unidos establecen que la concentración mínima de oxígeno disuelto para la protección de biota de aguas frías en etapas tempranas de desarrollo es de 9,5 mg/L y para la biota de aguas fría en otros estadios de desarrollo es de 6.5 mg/L (CCME, 2007; USEPA, 1986). La concentración mínima recomendada de OD en aguas marinas y estuarinas es de 8,0 mg/L (CCME, 2007).

Cabe destacar que, para ecosistemas relevantes con un alto valor de conservación, tales como los ecosistemas presentes en la cuenca del río Valdivia, ANZECC & ARMCANZ, 2000 proponen utilizar los valores de referencia es decir los valores históricos proponiendo el

---

9 Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=57f4f33c-e43c-495d-a82a-8f081ec981d3&fname=Guia%20NSCA%20Agua.pdf&access=public

10 Información disponible en: https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/defaul t

11 Todas las normas internacionales revisadas pueden se encuentran en la sección 4.6.3 del Informe Técnico.

12 Disponible en: https://www.boe.es/doue/2006/264/L00020-00031.pdf

13 Informe Técnico CP NSCA Cuenca Valdivia Folio 4071-4072

percentil 20 de la distribución de los datos. Manteniendo saturación entre 90 a 110% para ríos de la parte alta de la cuenca; 85 a 110% para ríos de la parte baja de la cuenca; 90 a 110% en Lagos y 80 a110% en estuarios.

La Directiva 2006/44/CE establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de Oxígeno disuelto de 50 % ≥ 9 mg/L; 100 % ≥ 7 mg/L. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9).

En consecuencia, el valor otorgado al oxígeno disuelto (que oscila entre 8 y 9 mg/L), resulta totalmente coherente con los objetivos de la norma, por lo que la razonabilidad del parámetro en cuestión se encuentra totalmente salvaguardada desde que el propio muestreo histórico da cuenta que los niveles normados son totalmente coherentes con la realidad de la cuenca y la información disponible.

Por otra parte, respecto de los fundamentos disponibles en el expediente se informa que, en una primera etapa se recopiló, sistematizó toda la información existente, hasta el año 2009, respecto a la cuenca del río Valdivia. Con lo cual se elaboró el "**Catálogo de Fuentes Bibliográficas relativas a la Cuenca del Río de Valdivia, Región de Los Ríos**" que se encuentra disponible en el expediente público de estas normas[14]. Este catálogo contiene 87 estudios provenientes de diversas fuentes, tanto públicas como privadas, las cuales permiten caracterizar la calidad fisicoquímica del agua, la estructura comunitaria presente tanto en la columna de agua como en el bentos y especialmente describe el deterioro, alteración o degradación significativa ocurridos en el Santuario de La Naturaleza Carlos Anwandter a partir del año 2004.

Posteriormente, en una segunda etapa se analizaron las brechas de información, lo que permitió priorizar la realización de estudios técnicos y científicos necesarios para complementar la información requerida. Estos nuevos estudios permitieron caracterizar al sistema estuarial formado por los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, analizar la calidad fisicoquímica natural o histórica del agua de la cuenca del río Valdivia, caracterizar la biodiversidad y determinar las concentraciones máximas permisibles que aseguran la preservación de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos, entre los cuales se destacan:

- Recopilación y Análisis de Información Ambiental existente de los Estuarios Calle Calle y Valdivia (UACH, 2007)[15].
- Modelamiento Hidrodinámico del Sistema Estuarial de los río Valdivia, Cruces y Calle Calle (UACH-UCSC, 2007)[16].
- Recopilación y análisis de información en apoyo de anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia (Aquambiente, 2007)[17]
- Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia (UACH, 2009)[18].
- Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo

14 Véase Folio 2875 vta del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
15 Véase Folio 16 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
16 Véase Folio 33 al 59; 60; y 752 al 849 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
17 Véase Folio 65 al 254; y 257 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.
18 Véase Folio 259 al 387; 388; y 556 al 748 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

a la Elaboración del Anteproyecto de N.S.C.A para la protección de las aguas de la Cuenca del Río Valdivia, Región de Los Ríos (UCT, 2009)[19].

- Evaluación de Riesgo Ecológico (agudo) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del rio Valdivia, Región de Los Ríos (UCT, 2010)[20].
- Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos (UCT, 2011)[21].
- Identificación, cuantificación y recopilación de valores económicos para los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Valdivia (UCT, 2012)[22].

Posteriormente, en la etapa de elaboración del Proyecto Definitivo, y en el marco de los lineamientos establecidos en la Guía, según consta en el punto N° 4 del Informe Técnico del Proyecto Definitivo, se ha incorporado la siguiente información:

1. Catastro de uso de suelo y vegetación[23] (Anexo 1).
2. Catastro de información de fuentes emisoras puntuales de contaminantes a cuerpos de agua superficiales al año 2020[24],
3. Catastro de las fuentes difusas de contaminantes, asociadas a unidades fiscalizables, según información disponible al año 2020 en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)[25].
4. Análisis de la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua, a partir de los monitoreos sistemáticos de calidad del agua en la cuenca, realizados entre los años 1987 y 2020[26].

Finalmente, la determinación de los valores umbrales para el Proyecto Definitivo de las NSCA del río Valdivia, para cada parámetro y área de vigilancia, se realizó teniendo en consideración el objetivo de este instrumento *("la conservación o preservación de los ecosistemas hídricos y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca")*, la Tabla de Clases de Calidad, el Estado actual de la cuenca y el aumento de la frecuencia de monitoreo desde un monitoreo estacional a un monitoreo mensual.

---

[19] Véase Folio 926 a 1109 y 2875 vta del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[20] Véase Folio 2438 al 2509 vta y 2875 vta del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[21] Véase Folio 2875 vta del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[22] Véase Folio 2558 al 2759 del expediente del procedimiento de dictación de la norma.

[23] Cobertura usos de suelo 1:50.000 (CONAF, 2014. Disponible para descarga en: http://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion) modificada por el Ministerio del Medio Ambiente el 2019.

[24] Para efectos del diseño de estas normas, estas fuentes corresponden a aquellas que realizan descargas a cuerpos de agua superficiales dentro de las áreas de vigilancia normadas de la cuenca del río Valdivia, debiendo cumplir con lo dispuesto en el D.S. MINSEGPRES N° 90/2000.

[25] Fuentes que producen aportes indirectos y/o poseen el potencial riesgo de producir aportes directos a las concentraciones ambientales de los cuerpos de aguas superficiales, ya sea porque se trata de descarga de efluentes que son infiltrados o utilizados para riego, o aguas contactadas. Estos aportes escurren superficial y/o subterráneamente hacia los cuerpos de agua superficiales de esta cuenca, afectando la calidad de sus aguas.

[26] Información presentada en Anexo 4.

b) La normativa internacional usada como referencia para los demás parámetros, y las metodologías que se usaron para homologar los ecosistemas similares con aquellos existentes en la cuenca del río Valdivia

Al respecto, para la construcción de la Tabla de Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia para la elaboración del Proyecto Definitivo 2023, se efectuó una revisión de la inclusión de los parámetros definidos en la sección 4.5 del informe Técnico en regulaciones, normativas o lineamientos de referencia internacional dado sus efectos toxicológicos para la salud de los ecosistemas de agua dulce. Se consideraron las siguientes referencias internacionales: Argentina (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Presidencia de la Nación, 1993), Australia y Nueva Zelanda (ANZECC & ARMCANZ, 2000), Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, 2005), British Columbia (Ministry of Environment & Climate Change Strategy Water Protection & Sustainability Branch, 2021), Canadá (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1987-2011), Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1980-2018), Japón (Ministry of the Environment Government of Japan, 2015) y la Directiva marco del Agua (Directiva Marco del Agua, 2006). Los valores recopilados fueron comparados con la estadística de los datos fisicoquímicos de la cuenca y los resultados obtenidos en estudios de riesgo ecológico para comprender el comportamiento y estado de las áreas de vigilancia de la cuenca.

Finalmente, solo 5 combinaciones de parámetro y clase de calidad (de 80 totales) fueron definidas utilizando valores de normas y lineamientos internacionales. La clase 1 de oxígeno disuelto (ver respuesta anterior) y las clases 1 a 4 de pH, según lo recomendado por la Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces[27]. En este caso, esta normativa se consideró homologable para la cuenca del Valdivia debido a que su naturaleza no es sitio- específica y busca la protección de ictofauna en sus diversos estadios de desarrollo. Lo anterior, es sumamente relevante para la cuenca del río Valdivia debido a su alta biodiversidad y endemismo.

c) Los Informes de Riesgo Ecológico (MMA-UCT, 2009; 2010; 2011) y cómo se relacionan con los límites y criterios de cumplimiento. Cabe señalar que el informe MMA UCT (2009) usó como criterio de cumplimiento el percentil 66, por lo que se requiere saber cómo se transformó esa información de riesgo ecológica en otra con criterio de cumplimiento de percentil 85

Al respecto, es necesario aclarar lo siguiente:

- Que, el criterio de cumplimiento no corresponde al valor de concentración normado, sino que corresponde al criterio de excedencia de estas normas. Es decir, cuántos valores de concentración efectivamente medidos quedarán fuera del análisis de cumplimiento. Por lo anterior, no existe ninguna transformación de la información de riesgo ecológico al criterio de excedencia.

[27] Disponible en: https://www.boe.es/doue/2006/264/L00020-00031.pdf

- Que la Evaluación de Riesgo Ecológico[28] de tipo probabilística utilizada en este proceso normativo no utiliza el percentil 66 como criterio de cumplimiento.

2) En relación al parámetro oxígeno disuelto, se señaló que se usó como referencia la norma canadiense. Al respecto, se consulta lo siguiente:

a) Qué estudios existen sobre los períodos en los cuales las especies sensibles de la cuenca del río Valdivia se encuentran en etapas tempranas de su ciclo de vida y en qué periodos se encuentran en otras etapas. Ello por cuanto la norma referida hace esa distinción, la que no se traspasó a la NSCARV

El estudio de la biología de las poblaciones de peces nativos de agua dulce de Chile es escaso (Habit et al. 2006). Sin embargo, Cifuentes et. al., 2012, entrega información para la mayoría de las especies de fauna íctica nativa del Río San Pedro, señalando que gran parte de estas especies presentan un crecimiento del tipo isométrico, con una alta variación estacional en el factor de condición de las especies (K)[29], lo que pone de manifiesto las distintas estrategias de alimentación y reproducción utilizadas por el ensamble de peces del río San Pedro. Lo que evidencia periodos de desove durante todo el año y, en consecuencia, la presencia de especies de fauna íctica nativa en estadios tempranos de desarrollo.

Sólo como ejemplo, las fechas con bajos K observados para *G. maculatus* (mostrando bruscas bajas en **enero** y luego en **marzo**), coinciden con los hallazgos de huevos reportados por Montoya et al. (2012) en este mismo río y época, por lo cual tales bajas indicarían una época de desove para esta especie. Las alzas de K entre **junio-septiembre** estarían asociadas con un segundo período reproductivo, evidenciado por la presencia de hembras maduras durante **julio-septiembre** en este mismo río (Montoya et al. 2012). Asimismo, Los datos biológicos y reproductivos de la especie endémica P. gillissi son escasos. No obstante, las bruscas caídas de K durante octubre (Fig. 3a) concuerdan con los reportes de Kilian & Campos (1969) sobre un período de desove en **primavera.** Asimismo, Montoya et al. (2012) encuentran huevos durante **finales de primavera y verano** para este mismo sistema fluvial. Hacia **marzo** se detecta un decaimiento de K asociado a la presencia de las mayores abundancias de juveniles (Montoya et al. 2012). Respecto del alza de K observado durante **invierno** (Fig. 3a), registran mayores **abundancias de tallas pequeñas durante julio**. Por lo tanto, dicha alza estaría indicando principalmente la utilización de planicies de inundación por juveniles y reclutas para la alimentación y refugio.

---

[28] La Evaluación de Riesgo Ecológico corresponde a un modelo de evaluación de en el cual se incorpora la incertidumbre y la variabilidad del sistema estudiado, el método probabilístico combina estocásticamente la distribución de posibles Concentraciones Ambientales esperadas (PEC) con la distribución de los posibles efectos (PNEC), generando distintos valores del cuociente de riesgo (CP). Estas distribuciones son determinadas mediante modelos que integran algorítmicamente las distintas variables que intervienen en el nivel de exposición y en el efecto de un agente contaminante. (Suter II 1995, USEPA 1997a, Medina & Encina-Montoya, 2003; William et al. 2010). Al respecto, se destaca que la determinación de niveles de protección para el área en estudio, se efectuó a partir de una evaluación de riesgo ecológico probabilística de acuerdo a la metodología propuesta por Medina & Encina (2004), además se incorporó en el análisis la variabilidad e incertidumbre para estimar el porcentaje de especies protegidas para un nivel de exposición determinada, para lo cual se utilizó una modificación de la metodología de Van Straalen & Denneman (1989).

[29] factor de condición, comúnmente designado como K, es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar" de un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Froese 2006)

b) ¿Qué estudio estadístico se utilizó para convertir el criterio de cumplimiento de la norma canadiense (promedio de 7 días) en percentil 85?

Para la definición de la TdCC de estas NSCA, la clase 1 (excelente) de oxígeno disuelto fue definida según el siguiente criterio: "Valor homologable a una calidad excelente en las normas y lineamientos de referencia internacional consideradas en esta NSCA[30]". Para ese caso, la normativa homologable, de calidad "excelente" **fue la europea para la protección de la vida de los peces** que indica que el valor de oxígeno disuelto debe ser superior a 9 mg/L el 50% del tiempo[31].

En ese sentido, no se utilizó un estudio estadístico para convertir un criterio de cumplimiento de promedio de 7 días a percentil 85.

3) En reunión se señaló que, de acuerdo a la información disponible en el MMA, el ecosistema del río Valdivia no se ha recuperado desde los eventos de 2005, usando para ello datos de las poblaciones de un ave (taguita).

a. ¿Qué estudios existen que vinculen la calidad del agua del Río Cruces con las poblaciones de Taguitas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter? Indicar en qué folio del expediente consta esa información.

Se hace presente que, en reunión del Comité Operativo Ampliado se señaló que existen antecedentes que dan cuenta de la escasa recuperación del Santuario de la Naturaleza, señalando que entre estos antecedentes se destaca la abundancia y distribución de aves herbívoras (Cisnes de cuello negro, Taguas y Tagüitas), de macrófitas (Egeria densa) y de la evaluación de la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014; Universidad Austral de Chile, 2016; Universidad Austral de Chile, 2020; Corporación Nacional Forestal, 2020).

En este contexto, es necesario destacar que ni en la reunión ni en el informe técnico se ha señalado que el único indicador para evaluar el estado del santuario sea la abundancia y distribución de Tagüita.

Lo anterior, debido a que sin perjuicio de que las aves se utilizan como bioindicadoras de cambios ambientales, por su posición en la escala trófica se verán afectados por una gran variedad de factores. Por lo que, esta "bondad" de las aves como concentradoras de efectos, representa en sí mismo un problema cuando pretendamos examinar los cambios en las poblaciones de aves frente a un factor aislado (Green & Figuerola, 2003). Por lo que no podemos utilizarla individualmente, si no que el ecosistema se debe evaluar en forma integral considerando complementariamente otras variables ambientales.

b. Qué estudios señalan que algunos tramos de la cuenca del río Valdivia ya tienen deterioro, según se señaló en la reunión. Indicar en qué folio del expediente consta esa información.

---

[30] Todas las normas internacionales revisadas pueden se encuentran en la sección 4.6.3 del Informe Técnico.
[31] Disponible en: https://www.boe.es/doue/2006/264/L00020-00031.pdf

El informe Técnico[32] señala, que en la cuenca del río Valdivia, existen áreas o tramos que han sufrido daño ambiental[33] y a, partir del año 2004, han evidenciado cambios estadísticamente significativos en las características fisicoquímicas del agua, los cuales se relacionan directamente con la degradación de ecosistemas, con cambios en la distribución, abundancia y biodiversidad en la subcuenca del río Cruces (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014; Universidad Austral de Chile, 2016; Rubilar & Jaramillo, 2020).

A mayor abundamiento, a la fecha no se ha observado una recuperación de las características fisicoquímicas de las aguas del río Cruces, aguas abajo de la descarga de los riles de Celco. De acuerdo a los antecedentes entregados por Holón, 2014[34], el resultado de los análisis estadísticos multivariados y univariados realizados permiten establecer que en columna de agua, los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos presentaron concentraciones significativamente superiores aguas abajo de la descarga de Celco. Para todos estos parámetros, los incrementos resultaron significativamente superiores durante la época estival. Señalando además que los resultados obtenidos permiten establecer que el efecto de la descarga del efluente se asocia principalmente con la columna de agua y, en específico, con los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos, los que tienden a incrementarse aguas abajo de la descarga durante la época estival. Así mismo, según la información reportada por la Universidad Austral de Chile, en el año 2016 sólo existían evidencias de una tendencia a la recuperación de la abundancia poblacional de las aves herbívoras que fueron afectadas por el daño ambiental del año 2004 y no de una recuperación de la abundancia de estas especies. Específicamente, el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) mostró una tendencia a la recuperación a partir del año 2012, la Tagua (*Fulica armillata*) a partir del año 2008, sin embargo, la Tagüita (*Fulica leucoptera*), especie que casi desapareció del área en el año 2005, no ha presentado evidencias de recuperación. Pese a esta leve mejoría, en el año 2020, el Santuario de la Naturaleza volvió a mostrar evidencias de deterioro ambiental, período en que se evidenció un aumento de la turbidez del agua, disminución de las aves herbívoras y un desequilibrio en las macrófitas acuáticas del humedal (Rubilar & Jaramillo, 2020; Corporación Nacional Forestal, 2020)

4) En relación a AGIES

a) ¿Cómo se vinculan los límites de la norma con los beneficios ambientales, en base a la metodología de transferencia de beneficios?
Por ejemplo ¿Cómo se verían modificados los beneficios si el límite para el parámetro Conductividad se multiplicara por dos? En la presentación se señaló lo siguiente: "Estos beneficios son atribuibles a los beneficios asociados a la implementación de las NSCA"
Por lo tanto, cabe preguntarse si los mismos beneficios se obtendrían si la DBO_5 (por ejemplo) fuese de 3 mg/L.

Para vincular en un análisis económico los efectos de los límites regulatorios impuestos por las NSCA, los efectos en los ecosistemas y los impactos tanto sociales como económicos, se utiliza el enfoque de servicios ecosistémicos (SS.EE.). Los SS.EE. se definen como *"la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano."* (TEEB 2010) y

[32] Informe Técnico CP NSCA Cuenca Valdivia Folio 4071-4072.
[33] Sentencia del 27.07.2013 Primer Juzgado de Civil de Valdivia, ROL N° 746-2005.

[34] Holon. 2014. Determinación de influencia de la descarga de efluentes de Planta Valdivia sobre la columna de agua y sedimentos en Río Cruces. Informe preliminar. HOLON. 31 pp + Anexos.

permiten, entre otros, el desarrollo de innumerables actividades culturales, productivas y recreativas de los territorios.

Los límites normados establecen umbrales para mantenerse dentro de una condición de calidad ambiental definida a través de la TdCC. **Los beneficios ambientales asociados a la contribución de SS.EE. provistos por los ecosistemas acuáticos se relacionan a la condición ambiental definida** y caracterizada mediante la clase de calidad normada. Por lo anterior, **no sería correcto asumir que los beneficios son independientes del umbral normativo definido**.

Los SS.EE. fueron concebidos como una forma de dar a conocer y revelar el vínculo directo entre el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas y el bienestar humano. Este enfoque muestra que la mantención de la calidad de los ecosistemas y especies no sólo tiene relación con la conservación en sí, sino que realza los beneficios que la sociedad puede obtener de ellos. Dentro de los beneficios se pueden mencionar la disponibilidad de agua para diversos usos, oportunidades de recreación y ecoturismo, belleza escénica, pesca comercial, navegación, por sólo mencionar algunos.

En este sentido, este enfoque reconoce que existe una estrecha relación entre la protección de los ecosistemas y especies y, el bienestar social. Así, los ecosistemas y especies no son los únicos afectados por un instrumento de gestión ambiental como lo es una NSCA, sino que también las personas que habitan el territorio.

La implementación de instrumentos de gestión ambiental, tales como una NSCA, facilita entonces la mantención de flujos sostenidos de servicios ecosistémicos al mejorar o mantener las condiciones ambientales en el territorio. Limitar las concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua de una cuenca hidrográfica supone beneficios en los servicios ecosistémicos sobre los cuales la calidad físico- química del agua tiene efectos.

De esta forma, el marco de análisis de beneficios utiliza tres pasos: identificación, cuantificación y valoración. La cuantificación y valoración de servicios ecosistémicos representan siempre un desafío, ya que las relaciones cuantitativas entre las propiedades de los ecosistemas, sus funciones y sus servicios no están claramente establecidas a la fecha (de Groot et al., 2010), por lo cual estos pasos no siempre son posibles de realizar. En línea con esto, el enfoque de SS.EE. en la evaluación de beneficios para las NSCA cuenta con métodos que permiten identificar la cadena de efectos, considerando que cambios en los parámetros afectan la provisión de un determinado SS.EE. y este a su vez afecta a un beneficiario (actividad o usuario), siendo un análisis cualitativo de las variaciones en la provisión del SS.EE. dados por cambios específicos en la concentración de un parámetro.

Entonces, la complejidad de la aproximación de SS.EE. en el análisis de impacto regulatorio radica en que la estimación de beneficios busca valorizar cambios marginales, es decir, cambios en la provisión de servicios ecosistémicos producto de cambios marginales en la calidad del agua, los cuales difieren del valor económico total (VET) de un determinado servicio ecosistémico siendo este relativo al valor asociado a la existencia y presunta mantención de los SS.EE. vinculados a la calidad del agua que se está regulando con las NSCA y para el cual existe información bibliográfica (Fisher et al., 2009).

b) ***El AGIES indica que los costos se basan en 8 monitoreos anuales, mientras que la norma establece 12 monitoreos anuales, por lo que los resultados no se condicen con el PD evaluado.***

El AGIES estima los costos de realizar 8 monitoreos extra, dado que, en la actualidad, la Dirección General de Aguas realiza 4 monitoreos al año como parte de la ejecución de la red hidrométrica nacional, lo que totaliza los 12 exigidos en el artículo 7° del Proyecto Definitivo.

c) ***Seria bueno disponer de los costos de abatimiento para cada una de las 31 fuentes emisoras identificadas en la cuenca, mediante la implementación de tecnologías adecuadas para que se dé cumplimiento a las NSCA. En especial revisar lo siguiente:***

Como regla general para la evaluación de Normas Secundarías cuyos costos de abatimiento están dados por la elaboración de un Plan de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, se evita entregar la información específica de los regulados con la finalidad de no levantar antecedentes que pudieran generar inconvenientes para estos mismos, debido a las características de esta evaluación en particular. Para estos efectos, se sugiere revisar la Tabla 17 de AGIES, la que presenta los costos a incurrir por distintas fuentes emisoras, agrupadas por rubro, toda vez que será en el AGIES del correspondiente Plan de Prevención y/o de Descontaminación en el cual se deberá levantar dicha información.

i. ***Saber si se consideró la tecnología de "electro-coagulación" en esta estimación de costos. En caso de que se haya considerado, revisar si existen en el país alguna planta operando con esa tecnología, y que entregue los resultados en los que se basa el AGIES.***

La tecnología "electro-coagulación" no fue parte de las tecnologías seleccionadas en el AGIES del Proyecto Definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia para dar cumplimiento a los umbrales propuestos en el artículo 5° del Proyecto Definitivo.

ii. ***Seria bueno disponer de la última consultoría contratada para estos efectos, en 2021, según se señaló***

Los estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente para estimar los valores de inversión y operación-mantención de las tecnologías utilizadas en el AGIES del Proyecto Definitivo de las NSCA del río Valdivia corresponden a: Fundación Chile (2010)[35], AMPHOS 21 (2014)[36] y ECOTEC (2017)[37]. El estudio AMPHOS 21 (2022)[38] no fue utilizado en este AGIES para mantener la base de estimación de costos comparable entre el AGIES del anteproyecto y el del Proyecto Definitivo.

iii. ***Saber en base a que tecnologías se puede alcanzar la calidad de las NSCA para el parámetro conductividad, y a que costo. Si el abatimiento de dicho parámetro se logra de manera indirecta, a través de la remoción de otros parámetros, indicar metodología usada para realizar dichas conversiones y estimar el costo de abatimiento de ese parámetro de la manera indirecta señalada. Si no existe una manera de garantizar el cumplimiento de dicho***

[35] Disponible en: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf
[36] Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=da2bb3bd-11b8-45eb-876a-ba306fa90583&fname=A21_1127_MMA_Riles_Final_vB.pdf&access=public
[37] Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%20-%20Inventario%20MMA%20-%20INF_FINAL%20E
[38] Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=da2bb3bd-11b8-45eb-876a-ba306fa90583&fname=A21_1127_MMA_Riles_Final_vB.pdf&access=public

parámetro, el AGIES tendría una falla grave pues no representaría los costos reales abatimiento para dar cumplimiento a la norma

Del análisis del estado actual de la cuenca (sección 4.7 del informe técnico) y su respectiva comparación con los umbrales definidos en el artículo 5° del Proyecto Definitivo, se desprende que existirían 2 saturaciones de la conductividad eléctrica (CE) para las áreas de vigilancia RCR3 y RCR4.

El estado actual de estas áreas de vigilancia corresponde a 136 uS/cm y 131 uS/cm respectivamente. Dado que el umbral normativo definido para estas áreas de vigilancia es 123 uS/cm, se requiere reducir 13 uS/cm y 8 y uS/cm respectivamente. En soluciones acuosas, el valor de Conductividad eléctrica es directamente proporcional a la concentración de Sólidos Disueltos Totales (TDS) y puede ser estimado a partir de la siguiente ecuación:

$$TDS\left(\frac{mg}{L}\right) = k \cdot CE\left(\frac{\mu S}{cm}\right)$$

Para agua destilada, el valor de k se aproxima a 0,5, mientras que para agua dulce, se utiliza 0,55. (Rusydi, 2018)[39].

En las áreas de vigilancia RCR3 y RCR4, las sales de cloruro (Cl^-) y sodio (Na^+) también se encontrarían saturadas y su concentración ambiental se reducirá mediante la implementación de tecnologías de abatimiento para alcanzar los límites normativos según se indica en la sección 4 del AGIES del Proyecto Definitivo. En RCR3, se debe reducir 6,3 mg/L de Cl^- y 7,2 mg/L de Na^+, mientras que en RCR4 se debe reducir 3,3 mg/L Cl^- y 4,3 mg/L de Na^+. Estas reducciones cambiarían la concentración de TDS en 13,5 mg/L y 7,6 mg/L respectivamente[40], lo que generaría reducciones a partir de 24 $\mu S/cm$ en RCR3 y 13,8 RCR4, de acuerdo a la ecuación matemática anterior, logrando el cumplimiento normativo.

Si bien, los costos de reducir Conductividad Eléctrica no son evaluados en AGIES debido a que no existe una tecnología de abatimiento "directa" del parámetro, se verifica que la reducción de otros sólidos disueltos normados en esas áreas de vigilancia logrará alcanzar los niveles normados, sin incurrir en costos de tecnologías adicionales.

iv. Saber si los costos por unidad de parámetro tratado diferencia el tratamiento para distintos niveles de cada parámetro. Es decir, si los costos de tratamiento son los adecuados para alcanzar los exigentes límites de las NSC, pues es un hecho público y notorio que los costos de tratamiento aumentan exponencialmente a medida que los parámetros se encuentran menos concentrados. Por ejemplo, es muy diferente el costo de reducir el parámetro DBO_5 de 100 mg/L a 99 mg/L, que reducirlo de 3mg/L a 2mg/L, lo cual resulta crítico para evaluar adecuadamente los costos de cumplimiento de esta norma.

Los costos de implementar tecnologías de abatimiento (inversión y operación-mantenimiento) se determinan a partir de curvas de costo ajustadas cuya variable

[39] Disponible en: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/118/1/012019

[40] Calculadora disponible en: https://www.lenntech.es/calculadoras/tds/tdsyconductividad-electrica.htm#Conversi%C3%B3n%20de%20la%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20a%20TDS

independiente suele ser el caudal o la carga másica a reducir. Por otro lado, la variable dependiente sería el valor de inversión y operación de la tecnología. Estas curvas pueden ser potenciales, cuadráticas o lineales y capturan el efecto de que a mayor carga a reducir o caudal a tratar, los costos aumentan potencialmente, cuadráticamente o linealmente. Se adjunta una curva de costos para reducir DBO_5 mediante lodos activados a modo de ejemplo.

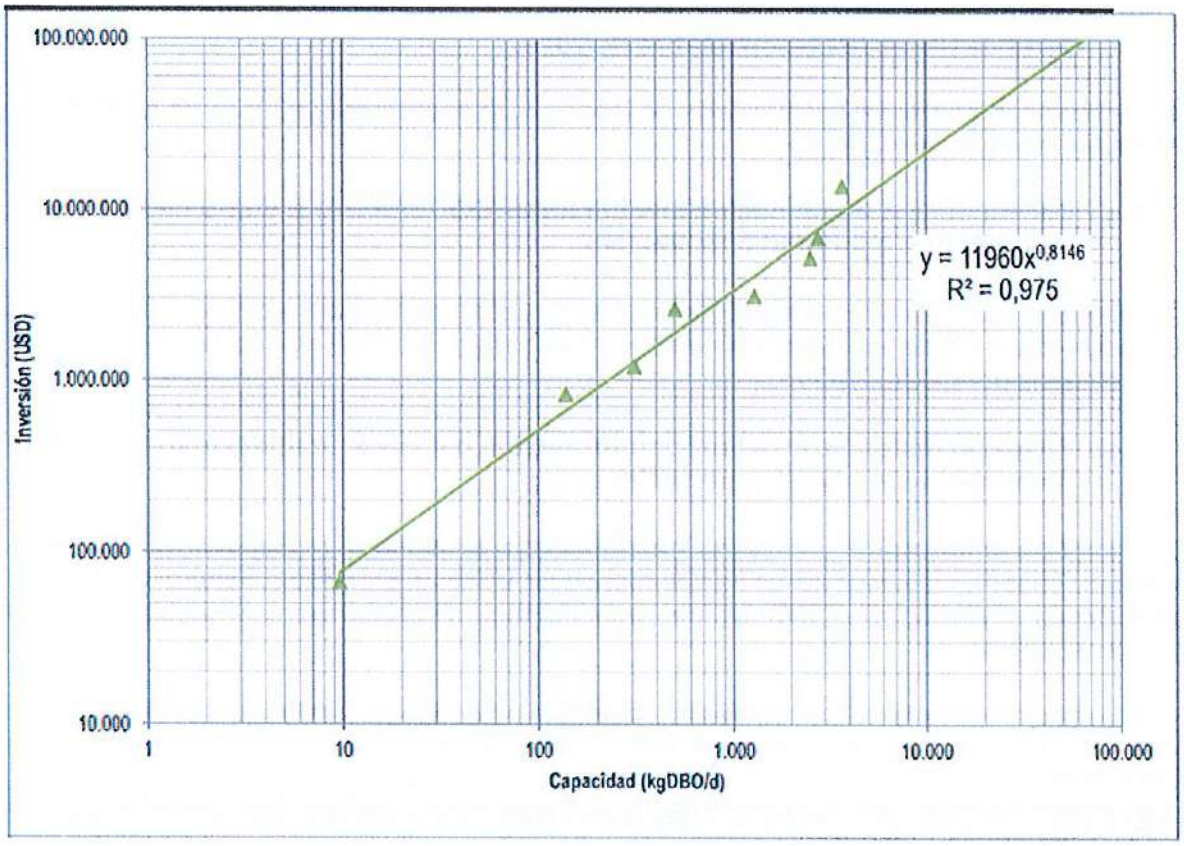


Figura 1. Costos de inversión de lodo activado para la reducción de DBO_5.Fuente: ECOTEC (2017)

5) Sería bueno disponer el detalle de todos los datos que el MMA consideró "outliers" durante el proceso de "depuración" de la base de datos de calidad histórica, y la justificación para considerar cada uno de esos datos como tal.

Las observaciones fuera de rango ("*outliers*"), se identificaron mediante el método de la distancia intercuartil (IQR). Este método consiste en calcular la diferencia entre el valor del percentil 25 y 75 de cada conjunto de datos (IQR). A continuación, se definen como observaciones fuera de rango a aquellos que sean menores al percentil 25 menos 1,5 veces IQR o mayores al percentil 75 más 1,5 veces IQR.

Los valores de los 1144 datos identificados como observaciones fuera de rango fueron verificados desde los informes de laboratorio proporcionados por la DGA para los años 2016 a 2020. Posteriormente se decidió excluir las observaciones fuera de rango **que no pudieron ser verificados mediante informes de laboratorio cuyos valores son cuestionables desde el punto de vista físico**, tales como, valores de oxígeno disuelto del orden de 90 mg/L, saturaciones de oxígeno del 9% y nutrientes en concentraciones

superiores a 1 mg/L. Del mismo modo se decidió mantener las observaciones "fuera de rango" de sales y metales, excepto valores reportados como menores al límite de detección (20 µg/L) para Cobre total en RCC1, debido a que la información entregada por estas observaciones no es representativa de la calidad real de esa área de vigilancia. De esta forma, **de las 1144 observaciones identificadas como "fuera de rango", 45 fueron excluidas**. Los valores excluidos pueden ser consultados en el Anexo 6.3 del Informe Técnico.

2. **Carta de fecha 29 de septiembre de 2023.**

Por su parte, respecto de vuestra carta de fecha 29 de septiembre de 2023, se responde lo siguiente a vuestras solicitudes:

a. **Dar respuesta a dos oficios enviados por CODEPROVAL y uno de la Cámara de Comercio e Industrial de Valdivia.**

Al respecto, se informa que este Ministerio se encuentra tramitando las respectivas Cartas de respuestas, correspondiendo la presente a aquella por la cual se contesta a las cartas presentadas por CODEPROVAL.

b. **Proyecto definitivo de Norma e información base que permitió generar cuadro de parámetros y niveles permitidos.**

En virtud de lo solicitado, y como se ha señalado previamente, se adjunta a la presente carta el Proyecto Definitivo de las NSCA cuenca río Valdivia, el Análisis General de Impacto Económico y Social, y el Informe de Antecedentes Técnicos para la elaboración del Proyecto Definitivo.

Sin perjuicio de lo anterior, se reitera que los antecedentes referidos se encuentran disponibles para vuestra consulta en el expediente público del procedimiento de dictación de la norma:
https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=924973

Además, se hace presente que el Consejo para la Transparencia ha sido conteste, respecto a la entrega de un Proyecto Definitivo no terminado, indicando lo siguiente:

"... la divulgación del antecedente en concreto pedido, perteneciente a un procedimiento en curso, afectaría el debido cumplimiento de las funciones del órgano; atendido que, tal como lo señaló, la Subsecretaría reclamada y fue corroborado en el expediente electrónico del proceso en análisis, lo pretendido constituye una propuesta preliminar, cuyo proceso de elaboración se encuentra en curso a fin de dar cumplimiento a las gestiones que sean necesarias para su debido término, y así ser presentado al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad para su discusión y pronunciamiento. En tal sentido, cabe precisar que lo solicitado no versa en la entrega de un documento cuya negativa en su acceso haya sido meramente justificada en la falta de validación o susceptibilidad de modificación, como acontece en los casos que cita el reclamante, sino que estamos frente a un documento en pleno proceso de trámite y recopilación de antecedentes para el término de su confección y ulterior sometimiento a debate. Luego, es menester señalar que es el propio reglamento el que faculta al organismo para reservar cierta información durante la tramitación del proceso, atendida su naturaleza. De esta forma, **se estima que la entrega prematura del antecedente requerido importaría intervenir y entorpecer la deliberación interna del**

organismo, respecto al desarrollo y conclusión del texto definitivo pretendido, adelantándose incluso a la instancia de discusión que compete al Consejo de Ministros ya referido" (énfasis agregado) (Decisión Amparo Rol N° C1686-2022).

c. **Reunión de análisis de observaciones con equipo técnico del ministerio y/o seremia.**

Al respecto se hace presente que, mediante Oficio Ordinario N° 234104 se remitió al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático la propuesta de Proyecto Definitivo de las NSCA cuenca río Valdivia, el Análisis General de Impacto Económico y Social, y el Informe de Antecedentes Técnicos para la elaboración del Proyecto Definitivo. En virtud de dicha actuación se dio término a la etapa de elaboración del Proyecto Definitivo, quedando dicha propuesta sometida al conocimiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, órgano colegiado que deberá pronunciarse sobre su contenido. Por lo tanto, no es posible acceder a vuestra solicitud de sostener una reunión con los equipos técnicos encargados de elaborar la norma.

Sin perjuicio de lo anterior, se reitera al ser un procedimiento reglado específicamente por el D.S. N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente que, las instancias dispuestas para que terceros ajenos a la administración del Estado puedan incidir en el proceso de dictación de normas de calidad ambiental y emisión corresponden a la participación a través de Comités Operativos Ampliados y la remisión de observaciones durante la etapa de consulta pública del Anteproyecto; ambas instancias se desarrollaron de conformidad a lo establecido por la Ley N° 19.300 y por el Reglamento.

A mayor abundamiento, se hace presente que la consulta pública del Anteproyecto se llevó a cabo entre el 26 de diciembre de 2017 y el 21 de marzo de 2018; asimismo, CODEPROVAL forma parte del Comité Operativo Ampliado de las NSCA del río Valdivia, constituido mediante Resolución Exenta N° 1317, de 2021, del Ministerio del Medio Ambiente; y modificado mediante Resolución Exenta N° 416, de 2023, también del Ministerio del Medio Ambiente; cuyo representante corresponde a la Sra. Alexia Camino Bucarey.

Sin perjuicio de lo anterior, se informa que esta autoridad está disponible a recibir solicitudes de audiencia mediante "Ley de Lobby" para discutir cualquier duda, observación o comentario adicional.

3. **Carta de fecha 04 de octubre de 2023.**

Finalmente, en relación a vuestras solicitudes efectuadas mediante carta de fecha 04 de octubre de 2023, en virtud de la cual solicita a este Ministerio la adopción de las medidas que correspondan para permitir efectuar un nuevo análisis técnico del proyecto definitivo de la norma, en virtud de los supuestos compromisos adoptados por esta autoridad en reunión de Lobby sostenida con fecha 28 de septiembre de 2023; este Ministerio reitera que, el procedimiento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental se encuentra regulado por su reglamento respectivo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

En virtud de lo anterior, se reitera que aquel corresponde a un procedimiento de carácter reglado, el cual contempla principalmente las siguientes etapas: (1) priorización de las normas en el programa de regulación ambiental; (2) desarrollo de estudios científicos; (3)

elaboración de un análisis técnico y económico; (4) elaboración y publicación de un anteproyecto de norma; (5) etapa de consulta pública; y, finalmente, (6) la elaboración del proyecto definitivo de la norma, la que debe considerar los antecedentes contenidos en el expediente y el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de consulta pública. Todas las etapas tienen la debida publicidad mediante un expediente escrito que se encuentra disponible al acceso de cualquier persona (disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=924973).

En consideración de lo anterior, se hace presente nuevamente que, mediante Oficio Ordinario N° 234104, de fecha 25 de septiembre de 2023, el Ministerio del Medio Ambiente remito al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático el Proyecto Definitivo de la NSCA cuenca río Valdivia, junto al Análisis General de Impacto Económico y Social respectivo y el Informe de Antecedentes Técnicos para la elaboración del Proyecto Definitivo. A través de dicha actuación, y de conformidad a lo establecido en el artículo 22 del Reglamento, concluyó la etapa de elaboración del Proyecto Definitivo, quedando dicha propuesta sometida al conocimiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, órgano colegiado que deberá pronunciarse sobre su contenido.

En virtud de lo anterior, no es efectivo que este Ministerio haya comprometido coordinar una reunión en los términos indicados por la solicitante, sino que deberá realizarse a través de los conductos regulares, esto es, a través de "Ley de Lobby".

Sin perjuicio de lo anterior, se hace presente que, respecto de la solicitud para dar respuesta a las cartas presentadas por CODEPROVAL y la Cámara de Comercio e Industria de Valdivia, este Ministerio se encuentra tramitando las respectivas Cartas de respuestas, correspondiendo la presente a aquella por la cual se contesta a las cartas presentadas por CODEPROVAL.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

MARÍA HELOISA ROJAS CORRADI
MINISTRA DEL MEDIO AMBIENTE

MPU/FDB/VRB/AEG/BRS/DMV/SJR/SSB/cph

Adj.:

- Proyecto Definitivo de las NSCA para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del río Valdivia
- Informe Técnico de antecedentes para la elaboración del Proyecto Definitivo de las NSCA para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del río Valdivia
- AGIES para el Proyecto Definitivo de las NSCA para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del río Valdivia

C.C.:

- Gabinete Ministra
- Gabinete Subsecretario
- División Jurídica
- División de Recursos Naturales y Biodiversidad
- SEREMI Medio Ambiente Región de Los Ríos.
- Expediente NSCA río Valdivia.

- Depto. de Ecosistemas Acuáticos, Ministerio del Medio Ambiente.

SGD 13.880-2023

Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL PARA EL PROYECTO DEFINITIVO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

Septiembre 2023

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de normas de calidad y de emisión, así como planes de prevención y/o descontaminación ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (MINSEGPRES, 1994) y en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. Nº 38/2012 del MMA), se requiere de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta regulatoria, de tal forma que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental (DEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una norma de calidad ambiental, desde el desarrollo del anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

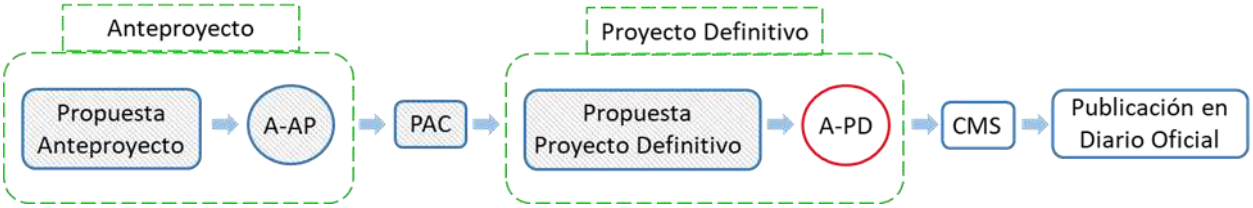
- AGIES del anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana,
- Actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al CMS en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de participación ciudadana, el consejo consultivo, el comité operativo y el consejo de ministros para la sustentabilidad, por lo cual no deben ser considerados como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo corresponden a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes pueden ser, por ejemplo, antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde a la actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo (en rojo, Figura 1) de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) para la

protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia, según la información disponible por el MMA a la fecha de evaluación.

Figura 1. Etapa actual del AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: A-AP=AGIES anteproyecto, PAC=Participación Ciudadana, A-PD=Actualización AGIES proyecto definitivo, CMS=Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

Específicamente, se evalúan los costos asociados al cumplimiento de la norma derivados de la necesidad de monitoreo y fiscalización, los costos de un potencial Plan de Descontaminación Ambiental en la cuenca considerando los valores actuales de concentración en la cuenca y los beneficios identificados, cuantificados y valorizados económicamente, por la protección de especies y ecosistemas.

Resumen

El anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia (en adelante NSCA), en conjunto con el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES), fueron publicados el año 2017 y sometidos a consulta pública por 60 días hábiles. Posteriormente, entre los años 2018 a 2023 se dio término a la elaboración del proyecto definitivo, para el cual se actualizan los costos y beneficios a través del presente AGIES.

Este documento presenta la actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia. Respecto del anteproyecto, el proyecto definitivo de las NSCA considera modificaciones que involucran cambios en el AGIES realizado. A continuación, se detallan estos cambios:

- Se evalúan límites máximos y mínimos permisibles para 15 parámetros[1] en 10 áreas de vigilancia. Estos corresponden a *pH, oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, sulfato, cloruro, demanda biológica de oxígeno (DBO_5), aluminio total, cobre total, hierro total, manganeso total, zinc total, nitrógeno de nitrato, fósforo de ortofosfato, compuestos orgánicos halogenados adsorbibles (AOX) y Sodio.*
- Se actualiza la línea base de calidad de la cuenca del río Valdivia considerando datos entre los años 1987 y 2020[2]. Se incluyen datos de calidad *background* en el análisis, correspondientes al percentil 5 de los datos de calidad (ver Anexo 9.1).
- Se actualiza la línea base de emisiones puntuales, correspondiente a 29 fuentes emisoras, cuya información de emisión corresponde a los años 2018, 2019, 2020 y 2021. La información se obtuvo de reportes de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Se actualiza la línea de base de emisiones difusas, considerando la actualización del "Catastro de uso de suelo"[3], el aumento de hectáreas para dos áreas de vigilancia y cambios en la actualización de información sobre factores de exportación.
- Se considera para el análisis de costos de estas normas, las exigencias establecidas en la RCA N°70[4] del 30 de junio de 2008, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos, mediante la cual se calificó ambientalmente favorable el proyecto "Incorporación de un sistema de filtración por membranas al tratamiento de efluentes y otras mejoras ambientales en Planta Valdivia", cuyo titular es Celulosa Arauco y Constitución S.A (en adelante "RCA N°70/2007). El fin de dicha inclusión, es evitar la doble contabilización de costos (dado que, sus implementaciones debiesen generar reducciones en la calidad de la línea de base).

[1] Se considera al pH como un solo parámetro, independiente que se norme con límite superior e inferior.
[2] Se asume que la calidad actual (línea base) está conformada por el aporte de fuentes emisoras (puntuales y difusas) y las concentraciones que se encuentran de forma natural en el río.
[3] Catastro de uso de suelo y vegetación de CONAF (2014), modificado por el MMA el 2019.
[4] La RCA N° 70/2008 especifica, entre otras obligaciones, la construcción de la nueva bocatoma y la implementación de una planta de osmosis inversa, construcciones que implicarían, entre otros aspectos, una reducción de AOX de 27.18 kg/ día, que sería removido del río, en base a cálculos del considerando n°1136, tabla N°27, de la resolución sancionatoria N° 1.478/2017 de la SMA.

- Respecto al análisis de beneficios, se incorpora una estimación adicional y complementaria a la realizada en el anteproyecto, que utiliza valores unitarios de disposición a pagar (DAP) por mejoras en la calidad del agua de estudios internacionales (ver sección 2.4.7).
- Se actualizan las funciones de costo para tecnologías de abatimiento en fuentes puntuales en base a estudios realizados por AMPHOS 21, 2014; ECOTEC, 2017; Fundación Chile, 2010 y su revisión realizada por el MMA (ver Anexo 9.5).
- Respecto a la estimación de los costos de monitoreo y fiscalización, se consideran 8 campañas adicionales de monitoreo anuales. Esto debido a que el anteproyecto establecía 4 campañas de monitoreo anuales, lo cual aumentó a 12 en el proyecto definitivo.

Del análisis de costos y beneficios[5] del proyecto definitivo se desprende lo siguiente:

- Los límites permisibles de concentración establecidos para 15 parámetros y 10 áreas de vigilancia generarían 30 superaciones (22%) y 109 cumplimientos (78%) respecto a la calidad actual. Las superaciones ocurren en 7 áreas de vigilancia: RCR1, RCR2, RCR3, RCR4, SNCA, RSP y RCC2. Los parámetros superados corresponden a *pH, Oxígeno Disuelto, Sulfato, Cloruro, Aluminio total, Hierro total, Zinc total, Nitrógeno de Nitrato, Fósforo de Ortofosfato, AOX, Cond. Eléctrica* y *Sodio*.
- De las 30 superaciones 19 de ellas pueden ser revertidas a través de la implementación de medidas de abatimiento en los agentes emisores (puntuales), por consiguiente, se logra que, 128 normas cumplan, mientras que las restantes 11 no pueden ser evaluadas[6].
- Los costos de implementación (monitoreo y fiscalización) de la norma se estimaron en US$ 0,07 millones anuales.
- Los costos valorizados por la eventual implementación de un PDA en la cuenca, asociados a revertir 19 superaciones de las normas, se estiman en US$ 1,5 millones anuales.
- La implementación de los limites regulatorios y el cumplimiento de ellos generará un impacto positivo en la calidad del agua y por consiguiente en los procesos y estructuras de los ecosistemas, lo que aporta a la mantención y mejora en la provisión de servicios ecosistémicos (SS.EE.) identificados en la cuenca. El beneficio económico estimado considera metodologías de análisis económico a través de la Disposición a Pago (DAP)[7] por la provisión de servicios ecosistémicos y mejoras en la calidad de las aguas a través de la transferencia de beneficios de valores nacionales e internacionales.
- Se ha incorporado una nueva metodología de evaluación de beneficios, la que considera la estimación de la DAP por mejoras en la calidad de las aguas, a través de tres estudios de meta- análisis, cuya metodología se describe en el capítulo 2. El valor calculado por esta nueva metodología corresponde a US$ 8,94 millones anuales. Cabe recalcar que se opta por considerar como beneficio de las NSCA el valor de US$ 7,31 millones anuales, dado que este valor se sustenta en la metodología utilizada en la evaluación del anteproyecto. Por consiguiente, esta nueva metodología es un aporte adicional a considerar como un posible escenario de beneficios atribuibles a las NSCA evaluadas.

[5] Valor del dólar 873 CLP/dólar, promedio móvil 12 meses para el año 2022. Valor de la UF 35.110 CLP al 31 de diciembre de 2022.
[6] La imposibilidad de evaluar su cumplimiento está dada por distintos motivos metodológicos (falta de información base, inexistencia de medidas de abatimiento, u otros factores.)
[7] La disposición a pagar corresponde a la máxima cantidad de dinero que un individuo pagaría por obtener un bien o servicio (Saz Salazar & García Menéndez, 2002).

- Los beneficios para las NSCA se estiman en US$ 7,31 millones anuales, asociados a la valorización de servicios ecosistémicos. Los beneficios de un eventual PDA se estiman entre US$ 0,86 a 8,94 millones al año.
- Considerando la armonización y complementariedad que existe entre las NSCA y su eventual PDA, se obtienen costos de US$ 1,61 millones anuales y beneficios de US$ 7,31 millones anuales, respectivamente.

Del análisis se concluye que las NSCA de la cuenca del río Valdivia son consistentes con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente, permitiendo la protección de los ecosistemas acuáticos, sus especies y contribuyendo a la conservación de los servicios ecosistémicos de la cuenca, a través de la mantención y las mejoras en la calidad del agua. Con los beneficios y costos valorados monetariamente, se concluye además que las normas son socialmente rentables.

Contenido

1. ANTECEDENTES 7

1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN: INTERPRETACIÓN ECONÓMICA DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL 7
1.2 ASPECTOS DEL DISEÑO DE LA NSCA 8
1.3 ASPECTOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA 9

2. METODOLOGÍA 11

2.1 LÍNEA BASE DE CONCENTRACIONES 11
2.2 LÍNEA BASE DE EMISIONES 12
2.2.1 Emisiones de fuentes puntuales 12
2.2.2 Emisiones de fuentes difusas 13
2.3 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES REGULATORIOS 14
2.3.1 Concentración modelada del río 14
2.3.2 Análisis de factibilidad 16
2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS NSCA 17
2.4.1 Costos de Monitoreo y Fiscalización asociados a la NSCA 17
2.4.2 Consideraciones normativas para el análisis de costos 19
2.4.3 Costos de abatimiento asociados a un eventual PDA 20
2.4.4 Marco conceptual de la valoración económica de beneficios de NSCA. 22
2.4.5 Análisis de beneficios con enfoque de Servicios Ecosistémicos. 24
2.4.6 Valoración de beneficios asociados a la NSCA 25
2.4.7 Valoración de beneficios asociados a un eventual PDA 26

3. COSTOS Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS NSCA 30

3.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA (MONITOREO Y FISCALIZACIÓN). 30
3.2 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS NORMAS 31
3.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies 31
3.2.2 Beneficios para el medio humano, social y económico 32
3.2.3 Beneficios para el Estado 35

4. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO 37

5. COSTOS Y BENEFICIOS ASOCIADOS A UN EVENTUAL PDA 40

5.1 COSTOS DE UN EVENTUAL PDA (MEDIDAS DE ABATIMIENTO) 40
5.2 BENEFICIOS ASOCIADOS A UN EVENTUAL PDA 41
5.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies 41
5.2.2 Beneficios para la población 43

6. COMENTARIOS FINALES 46

7. BIBLIOGRAFÍA 47

8. FICHA DEL AGIES 51

9. ANEXOS 52

9.1 LÍMITES NORMATIVOS PROPUESTOS POR NSCA 52
9.2 CONCENTRACIONES DE "SITUACIÓN ACTUAL" (SIN NSCA) Y CONCENTRACIONES DE "SITUACIÓN CON PROYECTO" (CON NSCA) 53
9.3 SUPERFICIE DE LAS ÁREAS DE VIGILANCIA 56
9.4 COSTOS DE MONITOREO Y FISCALIZACIÓN 57
9.5 TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO PARA FUENTES PUNTUALES 58
9.6 ESPECIES EN ESTADO DE CONSERVACIÓN EN LA CUENCA. 65
9.7 DAP CONSIDERADAS PARA TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS DE ESTUDIOS INTERNACIONALES. 66

1. Antecedentes

La actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia presenta diferencias respecto al AGIES del anteproyecto[8] publicado el año 2017. El proyecto definitivo tiene modificaciones que influyen en el análisis, las cuales se detallan en este capítulo.

1.1 Aspectos generales de la evaluación: interpretación económica de las normas secundarias de calidad ambiental

Una norma secundaria de calidad ambiental (NSCA) establece valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (artículo 3°, D.S. N°38/2012, MMA). Por su parte, el AGIES deberá evaluar los costos y beneficios que implique el cumplimiento de la propuesta de norma[9] (artículo 15, D.S. N°38/2012, MMA).

Una NSCA corresponde a un instrumento de gestión ambiental que por sí solo no obliga un cambio en el comportamiento de los agentes económicos, sólo genera una obligación legal para el Estado. Esto supone un problema desde la perspectiva del análisis económico, pues el análisis costo-beneficio se estructura bajo la premisa de evaluar los costos y beneficios del cambio en el comportamiento de los agentes a partir de cambios marginales. Sin embargo, las NSCA pueden desencadenar la generación de otros instrumentos de gestión ambiental si se superan los límites máximos establecidos[10], específicamente un Plan de Descontaminación Ambiental (de ahora en adelante PDA o Plan, indistintamente)[11], que es obligatorio en las zonas declaradas como saturadas (Artículo N°44, Ley N°19.300, de 1994). Este instrumento exige cambios en el comportamiento de los agentes emisores responsables de las superaciones de la NSCA y por tanto genera costos y beneficios.

En consecuencia, y reconociendo que el AGIES es un instrumento para entregar información a los tomadores de decisión, se evalúan los costos y beneficios de la implementación de la norma como si esta efectivamente generara un cambio en el comportamiento de los agentes, es decir como si hubiese automáticamente un PDA. Este análisis supone un riesgo en la evaluación ya que, en rigor, la implementación de una norma de calidad no genera costos directos de abatimiento, sino que solo costos de monitoreo y fiscalización para el Estado. Asimismo, si efectivamente se implementara un Plan, es decir, si se superan los límites establecidos en la norma de calidad, su aprobación también requiere la elaboración de un AGIES que evalúe las medidas específicas establecidas por el Plan, y por tanto una nueva evaluación de costos y beneficios más detallada que la realizada actualmente. Por ello, el análisis de impacto de una NSCA se debe

[8] Disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/agies-dic_2017.pdf
[9] En este caso se trata del proyecto definitivo.
[10] Con excepción de los parámetros Oxígeno Disuelto y pH mínimo que se consideraran superados también cuando el valor se encuentre bajo lo indicado en sus respectivos límites regulatorios.
[11] Un PDA tiene como finalidad recuperar los niveles señalados por la norma secundaria de calidad ambiental, respectivamente. Esto se realiza a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas (D.S. 39/2012, artículo 2). Inclusive, un Plan puede considerar otros instrumentos de estímulo a acciones de mejoramiento y reparación ambientales (Artículo N° 18 del D.S. 39/2012, MMA, 2012b).

considerar como indicativo y sólo como un ejercicio de identificación de impactos potenciales relacionados con su implementación.

Por lo anterior, para llevar a cabo la evaluación económica de las NSCA, el AGIES evalúa el cumplimiento considerando datos de monitoreo de calidad ambiental relativo a los valores permisibles definidos.

Así, se evalúan aquellos costos asociados al monitoreo y fiscalización requeridos por las NSCA, así como los de un eventual abatimiento requerido para lograr el cumplimiento normativo. También se evalúan aquellos beneficios asociados al mantenimiento o mejora en la provisión de servicios ecosistémicos y/o calidad del agua.

En este sentido, en este informe se presentan por un lado los costos y beneficios derivados de las NSCA y por otro, los costos y beneficios de un eventual el PDA, considerando que existe una armonización y complementariedad entre las NSCA y su eventual PDA.

1.2 Aspectos del diseño de la NSCA

Las modificaciones del proyecto definitivo que inciden en la evaluación se detallan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Cambios en el diseño regulatorio relevantes para la evaluación.

Aspecto	Anteproyecto 2017	Proyecto Definitivo 2023
Parámetros regulados	• 21 parámetros físico-químicos • 10 áreas de vigilancia • En total 204 límites regulatorios	• 15 parámetros físico-químicos (se consideran; *pH, Oxígeno Disuelto, Sulfato, Cloruro, DBO_5, Aluminio total, Cobre total, Hierro total, Manganeso total, Zinc total, Nitrógeno de Nitrato, Fósforo de Ortofosfato, AOX, Cond. Eléctrica y Sodio*). • 10 áreas de vigilancia, pero se suma superficie a las áreas de vigilancia río Cruces 1 (RCR-1) y río Valdivia (RV). • En total 139 límites regulatorios.
Límites de concentración permitida	• Los límites normativos se detallan en el capítulo N° 1.5 AGIES del anteproyecto, tabla 1-4 "Niveles de calidad ambiental establecidos en el anteproyecto de NSCA río Valdivia"	• Se modifican límites regulatorios, por actualización de información y cambio de criterios en la fijación de valores para la tabla de clases de calidad: criterios ecológicos, La estadística es propia de los cuerpos de agua de la cuenca, mientras las referencias de calidad corresponden a normativa y lineamientos internacionales considerando datos al año 2019 a 2020.
Configuración de la cuenca regulada	• Se detalla en la Figura 1-2 y 1-4 del AGIES del anteproyecto. Superficie normada 583.908 hectáreas	• Se aumenta la superficie de las áreas de vigilancia RCR-1 y RV. Esto no afecta el punto de control de las NSCA en dichas áreas de vigilancia, pero aumenta la superficie de influencia que drena sus aguas al punto de control. • Superficie normada 699.070 hectáreas.

Monitoreo y fiscalización	• 4 campañas de monitoreo anuales en las áreas de vigilancia, para los 21 parámetros normados.	• 12 campañas de monitoreos anuales en las áreas de vigilancia, para 15 parámetros normados. • Se evalúa el costo incremental, esto quiere decir que se consideran los costos de monitoreo y fiscalización para 8 campañas de monitoreo anuales en las áreas de vigilancia.

Fuente: elaboración Propia

1.3 Aspectos de la evaluación económica

Además de los cambios asociados al diseño regulatorio se realizaron modificaciones a la evaluación económica, detalladas en la Tabla 2. Dichas modificaciones se originan por cambios tanto de información base utilizada para el diseño regulatorio como de precisiones en los supuestos y metodología empleados.

Tabla 2. Cambios entre AGIES del anteproyecto y proyecto definitivo.

Aspecto	AGIES Anteproyecto	AGIES Proyecto Definitivo 2023
Línea base de calidad de agua	• Percentil 15 y 85 según parámetros para una serie de datos medidos entre 2014 y el 2015.	• Percentil 20 y 85 según parámetros para una serie de datos medidos para los años 2018 a 2020.
Calidad *background*	• Se considera una concentración base de 12 mg/l para Oxígeno Disuelto para todas las áreas de vigilancia. Los otros parámetros poseían un nivel de calidad *background* de 0.	• Para cada parámetro se considera como calidad *background* el percentil 5 (P5) de las concentraciones del periodo 1987-2020 de los datos de cabecera de cuenca para las 4 áreas de vigilancia de RCR y las 3 áreas de vigilancia del RCC. Para RSP, SNCA y RV se utilizó el P5 de cada área de vigilancia específica.
Línea base de emisiones	• Años 2011-2013 para emisiones de fuentes puntuales que reportan al D.S. 90/2000. • Año 2011 para emisiones de PTAS urbanas. • Para la estimación de emisiones para fuentes difusas se utilizan factores de exportación propuestos por literatura (ver tabla 7-5 “Factores de exportación de nutrientes” del AGIES de anteproyecto), y se utilizan datos del Catastro de Bosque Nativo (CONAF 2014).	• Años 2018-2021 de emisiones de todas las fuentes puntuales que reportan al D.S. 90/2000. • Se mantiene la metodología de cálculo de fuentes difusas, solo existen cambios en estas por la ampliación de la superficie de las áreas de vigilancia RCR-1 y RV, y al ajuste de los factores de exportación de nutrientes para la cuenca.

Aspecto	AGIES Anteproyecto	AGIES Proyecto Definitivo 2023
Línea base de emisiones: Fuentes Emisoras Puntuales	• Se consideran 27 fuentes puntuales dentro de la cuenca	• Se consideran 29 fuentes puntuales dentro de la cuenca.
Valorización de Beneficios	• Se emplea transferencia de beneficios a través de un meta – análisis para servicios ecosistémicos identificados en la cuenca. • Se emplea una transferencia de beneficios para un estudio que especifica Disposición a Pago (DAP) para mejorar en la calidad del agua.	• Se mantienen metodologías de valoración del AGIES de anteproyecto, y se actualizan sus valores reportados al año 2022 (valor del Dólar, UF, entre otros). • Se actualiza el número de población y número de hogares según proyecciones del Censo de población 2017, en base a estudio que caracteriza la población de la cuenca (MMA, 2021a). • Se incorpora transferencia de beneficios por disposición a pagar por mejoras en la calidad de las aguas de 3 meta- análisis que consideran 65 estudios internacionales. De estos 65 estudios se utilizaron 27 estudios, los cuales poseen características socio ambientales similares a las de la cuenca.
Costos	• Curvas de costo de abatimiento utilizando como fuente de referencia Fundación Chile, (2010) y AMPHOS 21 (2014) . • Minimización de costos de abatimiento en base a cumplimiento de calidad exigida por la norma, estimando reducción en fuentes emisoras a través de un factor emisión-concentración. • Costos de monitoreo para 4 campañas anuales, y costos de fiscalización de las NSCA por concepto de Horas Profesionales empleadas.	• Se incorpora nuevas curvas de costo de abatimiento y eficiencia de remoción. En base a los estudios de (AMPHOS 21, (2014); ECOTEC, (2017) y; Fundación Chile, (2010). • Se mantiene la metodología de minimización de costos de abatimiento en base a cumplimiento de calidad exigida por las normas, estimando reducción en fuentes emisoras a través de un factor emisión-concentración. • Costos de monitoreos para 8 campañas adicionales a las del anteproyecto. Se consideran los costos de fiscalización por concepto de Horas Profesionales empleadas. • Se incorporan obligaciones contenidas en otros instrumentos de gestión ambiental, incluyendo la RCA N°70/2008, como parte del análisis de costos de estas NSCA.

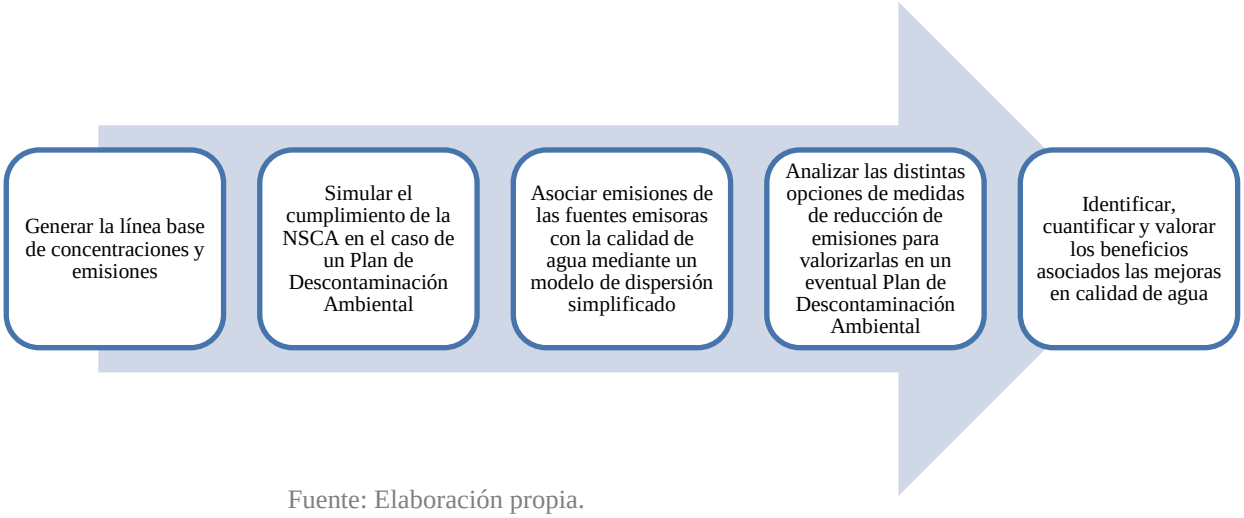
Fuente: elaboración propia

2. Metodología

Con la finalidad de obtener una estimación del impacto general de las NSCA para la cuenca del río Valdivia, se aplica una metodología que permite estimar los beneficios y costos que generaría su implementación para los distintos actores involucrados (Sociedad, Privados y Estado), producto de la mejora en calidad del agua. Esto se realiza sin perjuicio que luego estos costos y beneficios sean reevaluados en un eventual PDA, que considere la evaluación de medidas específicas a implementarse en dicho instrumento, además de información actualizada.

La metodología general empleada en la elaboración del AGIES consiste en (i) generar la línea base de concentraciones y emisiones, (ii) simular el cumplimiento de las NSCA para evaluar el caso de un eventual PDA, (iii) asociar emisiones de las fuentes emisoras con la calidad de agua mediante un modelo de dispersión simplificado, (iv) analizar las distintas opciones de medidas de reducción de emisiones para valorizarlas en costos del cumplimiento de un potencial PDA Ambiental (v) identificar y cuando corresponda y/o las metodologías lo permitan, cuantificar los beneficios que implique el cumplimiento de dichas normas. Las principales etapas para el desarrollo de dicha metodología se representan esquemáticamente en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama general de la metodología de AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

2.1 Línea base de concentraciones

La línea base de calidad del agua (calidad actual) fue proporcionada por el Informe de antecedentes para la elaboración del proyecto definitivo de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. (MMA, 2022b). La dimensión temporal de los datos de las estaciones de monitoreo para la calidad actual supone el período 1987-2020, considerando los percentiles 20 y 85 de los datos.

Con esta información se establece el escenario de “Situación actual” (sin NSCA)[12], el cual es contrastado con la “Situación con proyecto” (con NSCA)[13], por lo tanto, a partir de la

[12] Estos valores se encuentran en Anexo Tabla 25 "Situación actual sin NSCA: Concentración de Línea Base (mg/l) años 2018- 2020, por parámetro normado y área de vigilancia

[13] Estos valores se encuentran en Anexo Tabla 26: Concentración “Situación con NSCA” (mg/l), por parámetro normado y Área de Vigilancia.

comparación de la calidad actual y los límites normativos se establecen los posibles cumplimientos y superaciones de las NSCA.

Se considera un cumplimiento cuando el valor de calidad de la "situación actual" es igual o menor al valor de la "situación con proyecto" es decir menor al límite normativo, por el contrario, cuando el valor de la "situación actual" es mayor que el límite normativo, se considerará como una superación[14].

2.2 Línea base de emisiones

2.2.1 Emisiones de fuentes puntuales

Las fuentes emisoras puntuales en la cuenca del río Valdivia corresponden a 29 empresas tipificadas como fuente emisora según el D.S. N° 90/2000 (MINSEGPRES, 2000), que reportan autocontroles a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) o a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Para caracterizar las emisiones de las fuentes puntuales se utilizó información de emisión para los años 2018, 2019, 2020 y 2021. La Tabla 3 detalla el número de fuentes emisoras según los rubros en los cuales se agruparon para efectos del AGIES y la fuente de información utilizada.

Tabla 3. Rubros y criterio de caracterización de sus fuentes emisoras puntuales.

Rubro	N° fuentes	Año información	Fuente de Información
Aserradero	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Acuícola	6	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Elaboración de productos lácteos	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Matadero/frigorífico	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Celulosa/madera/papel	2	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas	6	2019-2021	Superintendencia de Servicios Sanitarios
	5	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Planta de tratamiento de RILes	4	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Planta procesadora de madera (tratamiento/remanufacturación)	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Plantas procesadoras de alimentos (no agrícolas)	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente
Vinificación/producción de alcohol	1	2018-2020	Superintendencia del Medio Ambiente

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de las fuentes puntuales que deben cumplir y reportar emisiones en el marco del D.S. N°90/2000 se estimaron utilizando la Ecuación 1. Las emisiones fueron caracterizadas para los años 2018, 2019, 2020 y 2021, utilizando el promedio anual de las muestras para cada parámetro.

[14] Para los casos de pH mínimo y Oxígeno disuelto, el valor debe ser igual o mayor.

$$W_{FE_{i,j}} = \frac{C_{Desc_{i,j}} \cdot Q_j \cdot NA_j}{FCU} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

$W_{FE_{i,j}}$: Emisión del parámetro *i* en la fuente emisora *j* (ton/año).
$C_{Desc_{i,j}}$: Concentración promedio anual de la descarga del parámetro *i* en la fuente *j* (mg/L)
Q_j: Caudal de descarga de la fuente *j* (m^3/día).
NA_j: Nivel de actividad de la fuente *j* según rubro al que pertenece (días/año).
FCU: Factor de conversión de unidades (10^6 para mg/L).

Los caudales de las fuentes puntuales que reportan por D.S. N°90/2000, se estimaron con el percentil 90 de los datos anuales de las muestras de caudal reportados. Los caudales de aquellas fuentes cuyo nivel de actividad no es constante durante un año calendario o funcionan menos de 24 horas al día, fueron caracterizados en base a auto reportes de la fuente o caudal supuesto para su rubro.

2.2.2 Emisiones de fuentes difusas

Las emisiones de parámetros provenientes de fuentes difusas relacionadas al uso de suelo son estimadas mediante factores de exportación, para Nitrógeno de Nitrato y Fosforo de Ortofosfato [15] y usos de suelo, en el caso específico de estas NSCA se consideraron las emisiones difusas relacionadas a cada una de las 10 áreas de vigilancia de la cuenca.

El concepto de factor de exportación corresponde a la estimación del aporte de un cierto parámetro por parte de un área específica en dirección a un cuerpo de agua (CENMA, 2019) y fueron obtenidos de literatura especializada. El número de hectáreas por tipo de suelo en la cuenca fue estimado en base a la información de (CONAF, 2014), actualizada por el (MMA 2019). Los factores de exportación para parámetros evaluados por tipo de suelo se muestran en Tabla 4.

Tabla 4. Uso de suelo en la cuenca y factores de exportación (kg/ha/año) para parámetros evaluados.

Uso de suelo	Nitrógeno de Nitrato (kg/ha/año)	Fosforo de Ortofosfato (kg/ha/año)
Agrícola	5,0	0,1
Bosque nativo	1,84	0,19
Matorral	5,8	0,13
Plantaciones	1,09	0,17
Pradera	11,71	0,16
Urbano	0,49	0,25

Fuente: Elaboración propia a partir promedios proporcionales por uso de suelo de Oyarzún *et al*. (1997) León-Muñoz *et al*. (2012), Cárdenas (2007), Kluesener y Lee (1974, citado por Reckhow *et al.* (1980)) y Lin (2004).

Las emisiones difusas relacionadas al uso de suelo de nutrientes *i*, para cada área de vigilancia *k* y cada suelo *u*, se obtuvieron según lo indicado en la Ecuación 2.

[15] *Fósforo de ortofosfato* ($P\text{-}PO_4$) y *nitrógeno de nitrato* ($N\text{-}NO_3$).

$$W_{i,k} = \sum_{u} FE_{i,u} \cdot A_{u,k}$$ Ecuación 2

Donde,

$W_{i,k}$: Emisión total del parámetro *i en* el área de vigilancia *k* (kg/año).
$FE_{i,u}$: Factor de exportación del parámetro *i* por tipo de uso de suelo *u* (kg/ha/año).
$A_{u,k}$: Superficie de uso de suelo *u* en el área de vigilancia *k* (ha).

El Anexo 9.3 presenta las superficies por área de vigilancia y distribución de usos de suelo utilizados para calcular la emisión difusa.

2.3 Evaluación de cumplimiento de los límites regulatorios

Con el objetivo de evaluar el cumplimiento de la NSCA se debe comparar la línea base actual de concentraciones de calidad del agua con los límites regulatorios definidos por parámetro para identificar las eventuales superaciones de la norma. Luego, se modela la concentración en el río respecto a los aportes de emisiones puntuales y difusas para evaluar la reducción de estas fuentes que se requeriría, para alcanzar los niveles normados.

2.3.1 Concentración modelada del río

La calidad actual (línea base) está conformada por el aporte de las fuentes emisoras puntuales y difusas y las concentraciones que se encuentran en forma natural en el medio, como se representa en la Ecuación 3.

$$C_{LB\,i,k} = C_{Natural\,i,k} + C_{FE\,i,k}$$ Ecuación 3

Donde,
$C_{LB\,i,k}$: Concentración observada en el río del parámetro *i* en el área de vigilancia *k* (mg/L).
$C_{Natural\,i,k}$: Concentración natural del parámetro *i* en el área de vigilancia *k* (mg/L).
$C_{FE\,i,k}$: Concentración del parámetro *i* aportada por todas las fuentes emisoras que aportan al área de vigilancia *k* (mg/L).

Si la norma establece niveles de calidad ($C_{NSCA\,i,k}$) menores de la línea base, es decir, el delta ($C_{NSCA\,i,k} - C_{LB\,i,k}$) tiene magnitud negativa[16], se requerirá reducir las emisiones de las fuentes contaminantes. Para determinar esta reducción y que se cumpla con la norma, se simula la concentración observada en la cuenca a partir de las emisiones del parámetro (W). Para modelar la concentración aportada por las fuentes emisoras, y a su vez el cumplimiento normativo por medio de la reducción de emisiones, se emplea un modelo de dispersión, para el cual se requiere la estimación del Factor de Emisión Concentración (FEC), que se expresa mediante la Ecuación 4.

[16] Esta relación es inversa para *Oxígeno disuelto* y *pH mínimo*, pudiendo ser expresada como ($C_{LB\,i,k}$-$C_{NSCA\,i,k}$)

$$C_{FE_{i,k}} = \sum_{j=1}^{N} W_{FE_{i,j}} \cdot FEC_{i,j,k} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde,

$W_{FE_{i,j}}$: Carga aportada por la fuente emisora *j* del parámetro *i* (ton/año).

$FEC_{i,j,k}$: Factor emisión concentración para el parámetro *i*, la fuente emisora *j* (1...N) que aporta en el área de vigilancia *k*.

El FEC corresponde a un factor que se determina por medio de un modelo de dispersión y trasporte de contaminantes simple, permite relacionar las emisiones de las fuentes emisoras con la disminución de las concentraciones en cierta localización (Rioseco et al, 2015). En este análisis, el FEC se estimó considerando la relación entre la concentración presente en el cuerpo de agua y las emisiones de fuentes puntuales y difusas, empleando ponderadores en base a la distancia entre la fuente emisora y la estación de monitoreo directamente "aguas abajo" a la fuente emisora, como se representa en Ecuación 5.

$$FEC_{i,j,k} = \frac{\alpha_{i,k}}{d_{j,k}} \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

$FEC_{i,j,k}$: FEC para el parámetro *i*, la fuente emisora *j* en el área de vigilancia *k*.

$\alpha_{i,k}$: Coeficiente de concentración que relaciona la emisión total del parámetro *i* aportada en cada área de vigilancia *k* con la concentración aportada por fuentes emisoras consideradas.

$d_{j,k}$: Distancia de la fuente emisora *j* a las áreas de vigilancia "aguas abajo" *k* que impacta (km).

El coeficiente $\alpha_{i,k}$ se expresa en la Ecuación 6.

$$\alpha_{i,k} = \frac{\left(C_{LB_{i,k}} - C_{natural_{i,k}}\right)}{\sum_{i,j} W_{FE_{i,j,k}} \cdot Coef_{e_{i,i}} / d_{j,k}} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Para simular el impacto de una potencial reducción de emisiones, se asume que solo las fuentes emisoras catastradas pueden reducir la concentración observada en el río. Por lo tanto, en la Ecuación 7 se plantea la manera de modelar la concentración del río al reducir emisiones mediante la eficiencia de remoción, por parámetro, para estas fuentes emisoras.

$$C_{modelada_{i,k}} = C_{Natural_{i,k}} + \sum_{j=1}^{N} W_{FE_{i,j}} \cdot \left(1 - \varepsilon_{eq_{i,j}}\right) \cdot FEC_{i,j,k} \qquad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

$C_{modelada_{i,k}}$: Concentración modelada en el río del parámetro *i* para las áreas de vigilancia *k* (mg/L).

$C_{natural_{i,k}}$: Concentración natural en el río del parámetro *i* para las áreas de vigilancia *k* (mg/L).

$\varepsilon_{eq_{i,j}}$: Eficiencia equivalente de reducción de emisiones del parámetro *i* para la fuente *j* (%).

La eficiencia equivalente de reducción de emisiones descrita en la Ecuación 8 se calcula en función de la variable de decisión del problema de optimización ($x_{j,m}$).

$$\varepsilon_{eq_{i,j}} = 1 - \prod_{m=1}^{M} \left(1 - \varepsilon_{i,m}\right)^{x_{j,m}} \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

$\varepsilon_{i,m}$: Eficiencia de abatimiento del parámetro *i* para la tecnología de abatimiento *m* (%).

Las eficiencias de remoción de contaminantes están diferenciadas por tipo de fuente (puntual o difusa). En el caso de fuentes puntuales, las eficiencias provienen de Fundación Chile (2010)[17], AMPHOS 21 (2014)[18] y ECOTEC (2017)[19]. En el anexo 9.5 se presenta detalle de las tecnologías de abatimiento para fuentes puntuales y sus eficiencias.

2.3.2 Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad busca determinar las superaciones a la normativa que son posibles de evaluar considerando la información disponible para la simulación de la concentración y la reducción de emisiones. Además, este análisis determina las combinaciones parámetro-área de vigilancia no factibles de evaluar.

Para realizar esta evaluación, se estima el cambio de concentración teórico máximo que se puede obtener al aplicar tecnologías o medidas de abatimiento en las fuentes emisoras, que se representa en la Ecuación 9.

$$\Delta_{concentracion_{i,k}} = C_{base_{i,k}} - C_{Natural_{i,k}} - \sum_{j=1}^{N} W_{FE_{i,j}} \cdot \left(1 - E_{máxima_{i,m}}\right) \cdot FEC_{i,j,l} \qquad \text{Ecuación 9}$$

Donde,

[17] http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf
[18] http://metadatos.mma.gob.cl/servicios/metadata/recursos/downloadRecurso/324149/IF_costos_abat_RILes_AMPHOS.pdf
[19] http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%20-%20Inventario%20MMA%20-%20INF_FINAL%20EMI%20A.pdf&access=public

$\Delta_{concentracion_{i,k}}$: Delta de concentración máxima que es factible alcanzar del parámetro *i* en el área de vigilancia *k* (mg/L).

$E_{máxima_{i,m}}$: Eficiencia máxima de abatimiento (%) para el parámetro *i* y, de todas las tecnologías *m* que abaten dicho parámetro.

Por consiguiente, $\Delta_{concentracion_{i,k}}$ se contrasta con la reducción necesaria, representada por Ecuación 10 para alcanzar el nivel normativo.

$$R_{exigida_{i,k}} = I_{calidad\ actual_{i,k}} - NSCA_{i,k} \qquad \text{Ecuación 10}$$

Donde,

$R_{exigida_{i,k}}$: Reducción exigida por parámetro *i* para el área de vigilancia *k* (mg/L).

$I_{calidad\ actual_{i,k}}$: Indicador de calidad actual para los pares de parámetro *i* - área de vigilancia *k* (mg/L).

$NSCA_{i,k}$: Parámetro *i* -área de vigilancia *k* normados (mg/L).

A partir de la evaluación hecha previamente, las superaciones se clasifican en las categorías de cumplimiento señaladas a continuación:

a) Cumplimiento de la norma. Si las concentraciones modeladas no superan la norma, ésta se cumple.
b) Superación factible de evaluar según información disponible. Las concentraciones modeladas superan la norma y se cuenta con medidas de abatimiento y aportes de emisiones que se pueden reducir. Se evalúan los costos mediante un problema de optimización.
c) Superación no evaluable. Corresponden a superaciones no evaluables según información disponible. Las concentraciones ambientales modeladas a partir de la línea base superan la norma.

   En esta categoría también se clasifican los parámetros respuesta (*Oxígeno Disuelto*, *Conductividad* y *pH*). Estos son aquellos que no necesitan ser abatidos directamente a través del uso de medidas y/o tecnologías de abatimiento y pueden revertirse si se reducen otros parámetros afines, como los nutrientes, los metales, las sales u otros. Un ejemplo de parámetro respuesta es la concentración de *Oxígeno Disuelto*, la cual depende no solo de la carga de contaminantes orgánicos existentes en el río, sino también de la hidrodinámica del río, su turbulencia, la temperatura y la concentración de sales.

2.4 Métodos de análisis de costos y beneficios de las NSCA

La evaluación de costos del proyecto definitivo sigue la siguiente metodología para estimar los costos de fiscalización y monitoreo para el Estado y para la evaluación de costos de abatimiento que recaerían sobre los regulados ante un eventual PDA, por la superación de los límites de las NSCA respecto a la calidad actual.

2.4.1 Costos de Monitoreo y Fiscalización asociados a la NSCA

Los costos de monitoreo comprenden el costo del muestreo y el de análisis de laboratorio de los parámetros regulados. Los costos de monitoreo son atribuidos a las instituciones del Estado y son estimados como expresa la Ecuación 11.

$$C_{Muestreo} = \sum_{i,k,l} \Delta f \cdot \left(\left(C_{Peaje} + C_{Comb} \cdot \frac{d}{r} + C_{Viatico} \cdot N_d \cdot N_p \right) + C_{lab\ i} * AV_{k,i} \right) \qquad \text{Ecuación 11}$$

Donde,

$C_{Muestreo}$:	Costo de muestreo (CLP/año).
Δf:	Aumento de frecuencia (cantidad por año) de monitoreo de las NSCA respecto de frecuencia de monitoreo actual realizado por DGA y MMA (n=4).
C_{Peaje}:	Costo de peajes (CLP).
$C_{lab\ i}$:	Costo de análisis de laboratorio para el parámetro *i*.
C_{Comb}:	Precio del diésel (CLP/L).
$\frac{d}{r}$:	Combustible consumido *(l*) al recorrer la distancia *d* (km) a los puntos de control de las NSCA (l), considerando un rendimiento *r* (km/L).
$C_{Viatico}$:	Valor del viático por persona (CLP/día/persona).
N_d:	Número de días considerados para realizar el muestreo.
N_p:	Número de personas requeridas para realizar el muestreo.
AV:	Áreas de vigilancia *k* para el parámetro *i*.

Se considera pasar de 4 monitoreos anuales que son los realizados en la actualidad, a 12 monitoreos anuales, este AGIES evaluará los costos del valor incremental (8 monitoreos anuales).

En el Anexo 9.4 se detallan los supuestos considerados para evaluar los costos de monitoreo de los distintos servicios involucrados en el muestreo (DGA y MMA).

El costo de análisis de laboratorio se estima en base al número de análisis adicionales, tanto en frecuencia como en cantidad de parámetros, en comparación a aquellosque actualmente realiza la DGA. En Anexo 9.4 se entregan antecedentes de los costos unitarios de análisis de laboratorio por parámetro.

Los costos de fiscalización se calculan según la periodicidad de cada actividad de fiscalización (ver Anexo 9.4). Los costos de fiscalización consideran las horas-persona destinadas y su valor por hora para las instituciones involucradas. La SMA cumple el rol fiscalizador principal; mientras que la DGA y el MMA apoyan a esta tarea, por ejemplo, elaborando Reportes Técnicos de Monitoreo e Informes de Calidad y colaborando en el diseño del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA), entre otros.

2.4.2 Consideraciones normativas para el análisis de costos

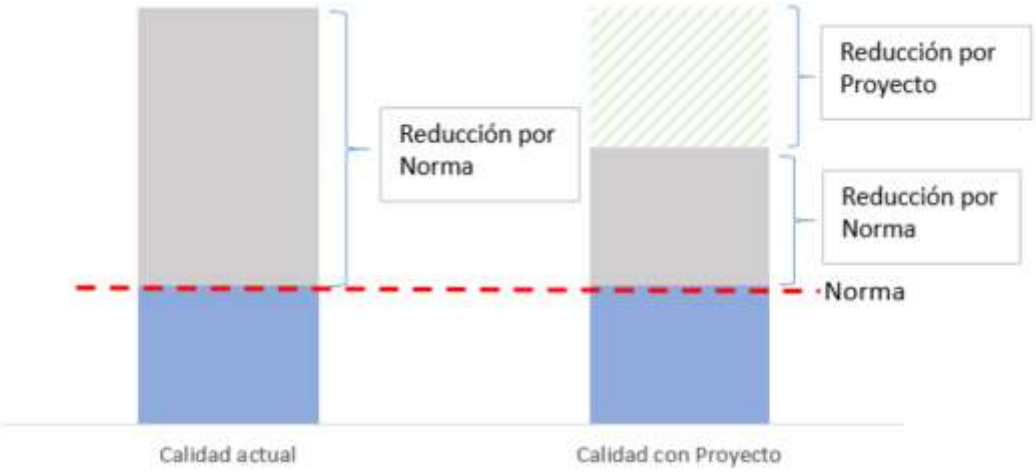
Se incorporó un análisis que evaluó reducciones en la calidad actual del agua por efecto de compromisos ambientales de otros instrumentos de gestión ambiental, los cuales a la fecha no han sido implementados, debiendo hacerlo[20].

La metodología consiste en identificar y descontar del análisis de costos de estas NSCA, aquellos relacionados a reducciones en las concentraciones del río dadas por el cumplimiento de compromisos ambientales establecidos en otros instrumentos de gestión ambiental (por ejemplo, una RCA). Lo anterior, debido a que la metodología de un AGIES asume que todos los agentes regulados están cumpliendo sus compromisos ambientales. Cuando este supuesto no se cumple, la calidad actual del agua del río representa una situación de línea base de concentraciones ambientales diferente a la esperada. En consecuencia, la estimación de costos se realiza empleando el escenario de calidad del agua que se tendría en el río con el cumplimiento de dichos compromisos, evitando una doble contabilización de costos o una cuantificación de costos que no son incrementales a la situación actual regulatoria.[21]

[20] Esto significa, proyectos que poseen una RCA favorable que a la fecha no han sido construidos o implementados. Específicamente se incorporan las exigencias correspondientes a la RCA N° 70/2008.

[21] Esto se refiere a que los costos fueron evaluados considerando que todas las obligaciones normativas de las fuentes presentes en la cuenca son cumplidas, incluyendo las medidas contenidas en la RCA N°70/2008 del titular Celulosa Arauco y Constitución S.A.
Se hace presente que mediante Resolución Exenta N°1.487, de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, se sancionó a Celulosa Arauco y Constitución S.A., por incumplimientos relativos a la no construcción de una planta de osmosis inversa y el no haber construido una nueva bocatoma para la captación de las aguas del proceso “aguas abajo” del punto de descarga del efluente, ambas medidas dispuestas por la RCA N°70/2008. Si bien la sanción fue reclamada por el titular ante el Tercer Tribunal Ambiental (Rol R-64-2018), las alegaciones respecto a dichas sanciones fueron todas rechazadas por el Tribunal mediante sentencia del 10 de febrero de 2020.
Posteriormente las partes recurrieron de casación en la forma y en el fondo ante la Corte Suprema. que fueron rechazados. Por lo anterior, las obligaciones del titular respecto a la referida RCA se encuentran plenamente vigentes. Lo anterior, explica el motivo por el cual los costos por cumplimiento de la RCA N°70/2008 no son incorporados como costos asociados a estas normas, hacerlo de otro modo generaría una doble contabilización de costos.

Figura 3: Escenarios de evaluación implementados en Proyecto Definitivo.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 representa los dos escenarios de evaluación posibles a encontrar en una evaluación de cumplimiento de un AGIES.

El primero denominado "Calidad actual" (ver anexo 9.2), se presenta cuando las fuentes emisoras evaluadas cumplen con cada una de sus obligaciones ambientales (asociadas a emisión al cuerpo de agua). En esta situación la calidad del agua está estrechamente relacionada con la emisión, por lo que el escenario evaluado refleja solamente la reducción asociada a la norma (reducción por norma), y no otras acciones que reflejen cumplimiento regulatorio pendiente.

En la segunda situación, denominada "calidad con Proyecto", la reducción asociada a la norma(Reducción por norma) se calcula luego de incluir en la línea base todas las obligaciones ambientales que a la fecha deberían estar cumpliéndose, es decir, el total del cumplimiento regulatorio vigente (Reducción por Proyecto); ello adiciona reducciones no atribuibles a la norma que se está evaluando, ya que como se ha indicado anteriormente, ello guarda relación con otras obligaciones de carácter regulatorio y que deberían tener efectos en la calidad del agua.

2.4.3 Costos de abatimiento asociados a un eventual PDA

Desde la publicación del AGIES del anteproyecto (año 2017), el Departamento de Economía Ambiental ha revisado y actualizado los insumos asociados a la estimación de costos de tecnologías de abatimiento para fuentes puntuales, las cuales se consideran en la presente evaluación.

En esta evaluación se han considerado 3 estudios en los cuales se recopilan curvas de costos de abatimiento por tecnología, mientras que en el anteproyecto se utilizaron dos de estos estudios los cuales corresponden a Fundación Chile (2010) y AMPHOS 21 (2014). Posterior a la elaboración del anteproyecto finalizó un nuevo estudio realizado por ECOTEC (2017) que recopila información de costos. Estos tres estudios en conjunto son utilizados como insumo para la evaluación del proyecto definitivo.

Por otro lado, el año 2019 el equipo técnico del Departamento de Economía Ambiental realizó una revisión de las curvas de costos presentadas por los estudios anteriormente descritos, con el objetivo de estandarizar sus valores, definiendo para cada tecnología una única curva de costos, y considerando aquella que presentaba mayor certidumbre para estimar costos de abatimiento.

Utilizando estas curvas revisadas (detallado en anexos 9.5) y la metodología empleada en el AGIES del anteproyecto, se calcularon los costos asociados al abatimiento para los parámetros en que la calidad actual sobrepase los niveles normativos propuestos por las NSCA. Estos costos están asociados a excedencias de los límites regulatorios establecidos por las NSCA. Administrativamente, estos costos de abatimiento deben ser asociados a obligaciones explícitas de un eventual PDA, pero en esta etapa normativa, el AGIES de las NSCA busca evaluar eventuales costos de cumplimiento de la norma de calidad propuesta, en caso que un PDA se implemente.

La evaluación de costos asociados a un eventual PDA se conceptualiza como un problema de minimización de costos, como se expresa en la Ecuación 12. La concentración modelada, corresponde a la concentración cuando se reducen las emisiones de las fuentes en la proporción indicada por eficiencia equivalente de reducción de las emisiones (Ecuación 8), calculada en función de la variable de decisión del problema de optimización a evaluar ($x_{j,m}$), como se observa en la Ecuación 12.

$$Min\ Costo_{Total} = \sum_{j=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} Costo_{j,m}(Z_j) \cdot x_{j,m}$$

$$s.a.:$$

$$C_{modelada_{i,k}} < C_{NSCA_{i,k}} \cdot y_{i,k}$$

$$0 \leq x_{j,m} \leq 1$$

Ecuación 12

Donde,

$Costo_{Total}$: Costo total de cumplimiento de las normas (US$ anuales).

$Costo_{j,m}(Z_j)$: Costo (US$ anuales) de la tecnología m para la fuente emisora *j* que tiene un caudal o un área Z_j (m^3/h).

$x_{j,m}$: Proporción (%) del costo por fuente *j* para cada tecnología *m*.

$C_{modelada_{i,k}}$: Concentración modelada del río, considerando abatimiento, del parámetro *i* en el área de vigilancia *k* (mg/L).

$C_{NSCA_{i,k}}$: Concentración exigida en las NSCA del parámetro *i* en el área de vigilancia *k*.

$y_{i,k}$: Variable binaria (1 ó 0) que restringe las concentraciones del parámetro *i* a modelar en el área de vigilancia *k*.

La variable $y_{i,k}$ tiene por objetivo hacer que sea factible encontrar una solución al problema de optimización. Esta se logra simulando el cambio en concentración teórico máximo que se puede lograr en base a la información disponible (ver sección 2.3).

El costo de abatimiento para cada fuente puntual y tecnología ($Costo_{j,m}$), en Ecuación 13, se calcula anualizando el costo de inversión según la vida útil de cada tecnología y sumándolo al costo de operación y mantenimiento. Para esto se utilizan funciones de costo de inversión y

operación-mantenimiento que consideran el caudal como variable independiente y tienen una forma potencial. Los parámetros que componen las curvas de costo (a_m y b_m) se detallan en el Anexo 9.5.

$$Costo_{j,m} = a_m \cdot Q_j^{b_m} \qquad \text{Ecuación 13}$$

Donde,

$Costo_{j,m}(Q_j)$: Costo (US$ anuales) de la tecnología m para la fuente emisora j que tiene un caudal Q_j (m^3/h).

Por otra parte, y con el objetivo de distinguir entre los costos de abatimiento por superaciones que son atribuibles al instrumento evaluado en este AGIES y los costos que son imputables a otros instrumentos de gestión ambiental, se evalúa el cumplimiento de los límites de emisión de otros instrumentos regulatorios. En específico, se consideraron las siguientes normativas de línea base: D.S. N°90/2000 y Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de las fuentes puntuales de la cuenca.

2.4.4 Marco conceptual de la valoración económica de beneficios de NSCA.

El presente AGIES cuenta con aproximaciones metodológicas para la estimación de valores económicos asociados a los beneficios, a través de la identificación, cuantificación y valorización de Servicios Ecosistémicos (SS.EE.), mediante transferencia de beneficios de estudios primarios nacionales e internacionales, considerando variables locales de la cuenca del río Valdivia tales como población, superficie, especies, etc. A continuación, se describen las metodologías utilizadas.

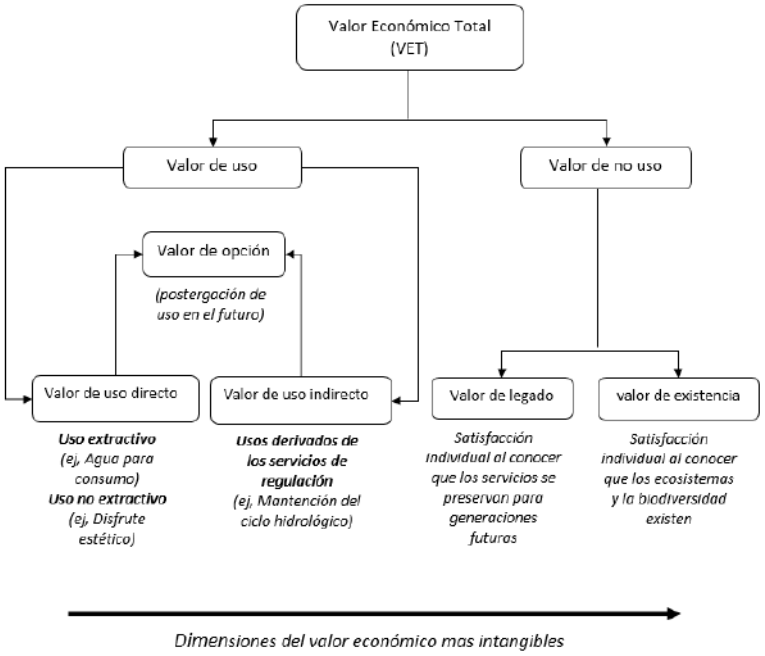
Como se mencionó en el capítulo 1.1, "*La implementación de una NSCA permite la protección de los ecosistemas limitando las concentraciones máximas o mínimas permisibles para los parámetros normados*", esto permite establecer una protección implícita de los ecosistemas y al flujo de bienes y servicios que proveen a la sociedad. La implementación de un eventual PDA en cuerpos de agua superficiales, desencadenado por la superación de los límites establecidos en las NSCA genera beneficios ambientales, sociales y económicos. Estos beneficios se obtienen porque las NSCA buscan mantener o mejorar la calidad de las aguas y así conservar o preservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos

La economía ambiental ha desarrollado distintas metodologías para estimar el valor monetario asociado a estos beneficios, utilizando distintas técnicas de valoración ambiental que permiten la realización de un análisis de costo-beneficio. Dichas técnicas son, debido a su enfoque antropocéntricas, basándose en cómo el ser humano valora el medio ambiente ya sea a través de preferencias reveladas o declaradas[22] (Wegner & Pascual, 2011). Por ello, el beneficio monetizado vinculado a la protección de especies y ecosistemas corresponde a una aproximación del valor que la sociedad otorga a determinados componentes y atributos del ecosistema.

[22] Preferencias reveladas: conjunto de metodologías de valoración económica que estiman el valor económico de bienes o servicios mediante la observación y cuantificación de las preferencias de los consumidores en contextos sustitutos a una transacción real. Preferencias declaradas: conjunto de metodologías de valoración económica que estima el valor de bienes y servicios mediante las declaraciones de preferencias por parte los consumidores, planteadas en situaciones hipotéticas plausibles (Hicks, 2002).

Considerando lo anterior y con el objetivo de evaluar el beneficio para la sociedad de las NSCA, se deben identificar todas las dimensiones en las que el ser humano puede beneficiarse de las especies y ecosistemas que están presentes en la cuenca, de tal forma de conocer el Valor Económico Total (VET) provisto por ellos. Dado que la estimación del VET implica estimar valores de uso y no-uso, de los cuales los valores de no-uso son difícilmente traducibles a un valor monetario, y que algunos economistas consideran estos valores como inconmensurables (Martín-López et al., 2014; Martínez Alier, 2002; Parks & Gowdy, 2013), la estimación del VET posiblemente subestima los beneficios asociados a una política medioambiental. En la Figura 4 se muestran las tipologías de valor que conforman el VET.

Figura 4. Tipologías de valor en el Valor Económico Total de los ecosistemas



Fuente: Adaptado de Martín-López, González y Vilardy (2012).

La manera en que los beneficios que entregan los ecosistemas a las personas han sido representados para operacionalizarlos mediante la conceptualización de Servicios Ecosistémicos (Gómez-Baggethun *et al*., 2010). Estos corresponden a la contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano (MMA 2014).

Los SS.EE., el VET y la calidad del agua están estrechamente relacionados. Esto se debe a que la calidad ambiental subyace y sostiene la estructura y función de los ecosistemas, que a su vez, proporcionan una contribución al bienestar multidimensional de los seres humanos a través de los SS.EE (Díaz *et al*, 2015). A causa de esta relación, se asume que mejoras en la calidad del agua influirán positivamente en la provisión de SS.EE. y con ello se esperan aumentos en el VET. Sin embargo, establecer relaciones que permitan cuantificar claramente diferencias en la provisión del servicio asociado a cambios en la concentración de un contaminante son escasas y sitio-específicas.

Por lo tanto, la evaluación de beneficios asociados a la mantención o mejora en calidad de agua, en el AGIES, se basa en:

- La identificación de los SS.EE. presentes en la cuenca.
- La obtención de una DAP por la protección de los SS.EE. de la cuenca.
- La valoración de potenciales mejoras en la calidad del agua a través de la transferencia de beneficios de una DAP de estudios nacionales.
- La valoración de mejoras en la calidad el agua a través de la transferencia de beneficios de una DAP de estudios internacionales.

2.4.5 Análisis de beneficios con enfoque de Servicios Ecosistémicos.

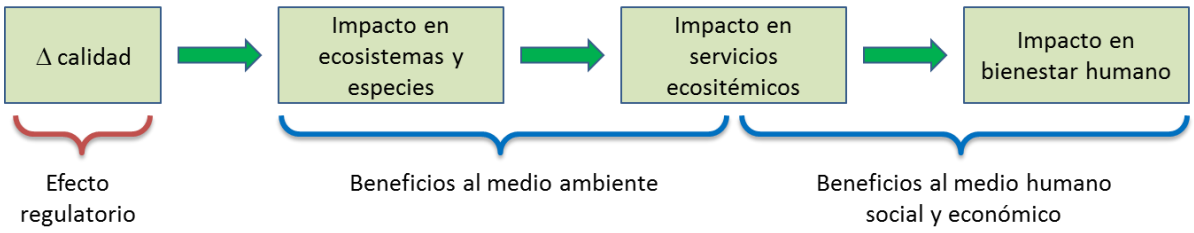
Para vincular en un análisis económico los efectos de los límites regulatorios impuestos por las NSCA, los efectos en los ecosistemas y los impactos tanto sociales como económicos, se utiliza el enfoque de servicios ecosistémicos (SS.EE.). Los SS.EE. se definen como *"la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano."* (TEEB 2010) y permiten, entre otros, el desarrollo de innumerables actividades culturales, productivas y recreativas de los territorios.

Los SS.EE. fueron concebidos como una forma de dar a conocer y revelar el vínculo directo entre el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas y el bienestar humano. Este enfoque muestra que la mantención de la calidad de los ecosistemas y especies no sólo tiene relación con la conservación en sí, sino que realza los beneficios que la sociedad puede obtener de ellos. Dentro de los beneficios se pueden mencionar la disponibilidad de agua para diversos usos, oportunidades de recreación y ecoturismo, belleza escénica, pesca comercial, navegación, por sólo mencionar algunos.

En este sentido, este enfoque reconoce que existe una estrecha relación entre la protección de los ecosistemas y especies y, el bienestar social. Así, los ecosistemas y especies no son los únicos afectados por un instrumento de gestión ambiental como lo es una NSCA, sino que también las personas que habitan el territorio.

La implementación de instrumentos de gestión ambiental, tales como una NSCA, facilita entonces la mantención de flujos sostenidos de servicios ecosistémicos al mejorar o mantener las condiciones ambientales en el territorio. Limitar las concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua de una cuenca hidrográfica supone beneficios en los servicios ecosistémicos sobre los cuales la calidad físico- química del agua tiene efectos. El concepto de beneficios derivados de los SS.EE. se ilustra en la Figura 5.

Figura 5: Beneficios de los servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración Propia

El marco de análisis de beneficios utiliza tres pasos: identificación, cuantificación y valoración. La cuantificación y valoración de servicios ecosistémicos representan siempre un desafío, ya que las relaciones cuantitativas entre las propiedades de los ecosistemas, sus funciones y sus servicios no están claramente establecidas a la fecha (de Groot et al., 2010), por lo cual estos pasos no

siempre son posibles de realizar. En línea con esto, el enfoque de SS.EE. en la evaluación de beneficios para las NSCA cuenta con métodos que permiten identificar la cadena de efectos, considerando que cambios en los parámetros afectan la provisión de un determinado SS.EE. y este a su vez afecta a un beneficiario (actividad o usuario), siendo un análisis cualitativo de las variaciones en la provisión del SS.EE. dados por cambios específicos en la concentración de un parámetro.

Entonces, la complejidad de la aproximación de SS.EE. en el análisis de impacto regulatorio radica en que la estimación de beneficios busca valorizar cambios marginales, es decir, cambios en la provisión de servicios ecosistémicos producto de cambios marginales en la calidad del agua, los cuales difieren del valor económico total (VET) de un determinado servicio ecosistémico siendo este relativo al valor asociado a la existencia y presunta mantención de los SS.EE. vinculados a la calidad del agua que se está regulando con las NSCA y para el cual existe información bibliográfica (Fisher et al., 2009).

En la práctica, el concepto de SS.EE. ha llegado a ser ampliamente asociado con la valoración económica o monetaria (Gómez-Baggethun & Ruiz-Pérez, 2011; Schröter et al., 2014). Esta predominancia de la valoración monetaria se debe esencialmente a que la mayoría de las decisiones territoriales requieren de análisis económico para su implementación, además del argumento de que para cuidar la naturaleza hay que visibilizarla económicamente (Martín-López et al., 2012; TEEB, 2010).

Sin embargo, la entrega de beneficios de los SS.EE. depende de múltiples factores sociales, culturales, espirituales y económicos, por lo que la sola valoración en términos monetarios sólo es capaz de capturar parte del valor real o valor económico total de los SS.EE. De esto surge la necesidad de una evaluación integral de estos, que incorpore los tres dominios del valor: ecológico, sociocultural y económico (de Groot et al., 2010) que combinan información de la oferta y demanda de los SS.EE. (Martín-López et al., 2014). Para esta evaluación se empleó información de identificación de SS.EE. presentes en la cuenca del estudio UCT 2012.

En este análisis se asume que la implementación de una NSCA repercute directamente en la protección de los SS.EE que son relevantes para la mantención del bienestar social y el desarrollo de diversas actividades, tanto productivas como de recreación y esparcimiento. No obstante, el cambio en la calidad del agua no se genera por el solo hecho de entrar en vigencia una norma.

Debido a que los límites máximos de una norma han sido establecidos también en base a la calidad actual del agua de la cuenca, este análisis, estima que con la entrada en vigencia de la NSCA se mantiene la calidad con la que son provistos los servicios ecosistémicos que este ecosistema entrega actualmente (relación entre NSCA y calidad actual), considerando el cumplimiento actual de los límites normativos propuestos. En relación a los parámetros que, de mantenerse las actuales condiciones de la cuenca exceden la norma, se estima un mejoramiento en la calidad de los servicios ecosistémicos analizados que se hace efectivo mediante un PDA.

2.4.6 Valoración de beneficios asociados a la NSCA

La transferencia de beneficios es una técnica de valoración económica que consiste en tomar valores económicos consignados en otros estudios y aplicarlos al caso específico que se desea valorar (MMA, 2017b).

El método consiste en tomar el valor unitario del bien o servicio desde un estudio en particular (o promedio de diversos estudios) y aplicarlo con ciertos ajustes a una nueva evaluación. Los ajustes consideran las diferencias en factores socio- económicos de los sitios y el paso de tiempo. Los factores de ajuste considerados son:

- Inflación, dado que es necesario actualizar los valores monetarios a un año común. Para el caso de Chile se utiliza la herramienta en línea del INE[23] y para el caso de Estados Unidos se utiliza la CPI Inflation Calculator del U.S. Bureau of Labor Statistics[24]. Como fecha de inicio se utiliza el mes de diciembre del año del estudio.
- Paridad de poder de compra (PPC), para casos de estudios de otros países, ya que en cada país la capacidad de compra es distinta y está determinado por distintos tipos de cambio. Por lo tanto, para poder comparar el poder adquisitivo de una moneda en dos países distintos se requiere ajustar el valor mediante el tipo de cambio PPC. El PPC se extrae de las bases de datos del Banco Mundial[25].
- Diferencias en la utilidad marginal del ingreso (UMI), utilizada para comparar la disposición a pagar (DAP) de países con diferentes niveles de desarrollo. La DAP por una mejora en la calidad ambiental difiere entre países y suele venir determinada por las diferencias en los niveles de ingresos y los distintos contextos ambientales. En la mayoría de los casos, los países pobres tienen una apreciación distinta de las circunstancias ambientales, lo que conduce a una DAP menor que un país rico (Figueroa, 2010).

Con esto, la transferencia de beneficios se puede escribir como lo muestra la Ecuación 14

$$Valor_{ajustado} = Valor_{original} \cdot ajuste_{IPC} \cdot PPC \cdot UMI \cdot cambio_{moneda} \qquad \text{Ecuación 14}$$

Donde,

$Valor_{ajustado}$:	Valor ajustado al año 2022 [CLP/unidad]
$Valor_{original}$:	Valor del estudio original [moneda/unidad]
$ajuste_{IPC}$:	Ajuste por IPC obtenido con herramienta de calculadora de IPC
PPC:	Paridad de poder de compra = 0,6
UMI:	Utilidad marginal del ingreso = 0,32
$cambio_{monedal}$:	Tipo de cambio monetario [CLP/moneda original]

La transferencia de beneficios permite entonces obtener a través de la identificación de SS.EE. en la cuenca y de estudios primarios que obtengan la DAP para SS.EE. y en ecosistemas similares, valores económicos que se asocian al beneficio que entrega la cuenca actualmente dada sus condiciones de línea base. Con esto es posible establecer una relación en la cual se asume como supuesto que, dada la implementación de las NSCA los SS.EE. generados por los Ecosistemas mantendrán sus flujos actuales, y por ende su valor económico.

2.4.7 Valoración de beneficios asociados a un eventual PDA

A. Valoración de beneficios a través de transferencia de beneficios para estudios nacionales

[23] disponible en http://encina.ine.cl/CALCULADORA/
[24] disponible en https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm
[25] World Bank. DataBank. World Development Indicators. PA.NUS.PPPC.RF. Disponible en: http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators

La transferencia de beneficios para la estimación de éstos, que generaría un eventual PDA, se basó en el estudio de Huenchuleo *et al*. (2016). En dicho estudio se estima la Disposición a Pagar (DAP) marginal para dos atributos que pueden mejorar en relación a la calidad de las aguas. Este estudio fue realizado en las cuencas de los ríos Mataquito e Itata, representando así una aproximación a los beneficios que contiene características sociales, económicas y ambientales en la DAP a nivel nacional.

Para el presente análisis se utiliza un promedio de ambos resultados (DAP seleccionado para el río Itata y DAP seleccionado para el río Mataquito), los cuales se ajustan según IPC. Los valores obtenidos se presentan en Tabla 5.

Tabla 5: Valores de beneficios según (Huenchuleo et al., (2016) para una mejora en la calidad del agua en cuencas de Chile, ajustados por IPC.

DAP marginal	CLP/hogar/año			CLP/hogar/año	USD/hogar/año
	2009			2022	
	Mataquito	Itata	promedio	promedio	promedio
Riesgo de contaminación del río (1% menos)	162	236	199	267,96	0,31
Especies amenazadas (1 menos)	210	199	204,5	276,03	0,32

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de reducción del riesgo de contaminación del río se calculó en base al número de parámetros que revierten su excedencia producto de un eventual PDA. Esto representa el delta de concentración que se revertiría con la aplicación de un eventual PDA, dado los escenarios de cumplimientos para la línea base evaluada considerando el escenario actual, calculados según la siguiente ecuación (Ecuación 15).

$$\%\ de\ riesgo\ = \%\ excedencias\ base - \ \%\ excedencias\ con\ plan \qquad \text{Ecuación 15}$$

Por otra parte, a través de información secundaria de especies presentes en la cuenca (ver Anexo 9.6), se puede obtener el número de especies (27) que habitan este ecosistema y que se podrían ver beneficiadas con la implementación de un eventual PDA, según distintos estados de conservación. Con esos valores es posible calcular la DAP marginal y transferirlo a la cuenca del río Valdivia.

Finalmente utilizando la Ecuación 16, multiplicamos la DAP marginal promedio por el número de hogares para obtener el valor de los beneficios asociados a la reducción de la concentración dada por el cumplimiento normativo producto de la implementación de un eventual PDA.

$$Beneficio = DAP_{Marginal} \cdot N°\ Hogares \qquad \text{Ecuación 16}$$

Donde,

$DAP_{Marginal}$: Valor de Disposición A Pago (CLP o US$/hogar-año).

$N° \ Hogares$: Número de hogares en las comunas del área de influencia de la NSCA de la cuenca del río Valdivia.

B. Valorización de beneficios a través de Transferencia de Beneficios usando estudios internacionales.

Si bien en el AGIES de anteproyecto se utilizó la valoración de beneficios a través de transferencia de beneficios para estudios nacionales, en el presente documento se incluye una estimación adicional y complementaria, la cual utiliza valores unitarios de disposición a pagar (DAP) por mejoras en la calidad del agua de estudios internacionales. Lo anterior, permite integrar al análisis de beneficios una diversidad de estudios, con el objeto de complementar y demostrar más de una sola aproximación al valor económico atribuible a la implementación de un eventual PDA.

La metodología adicional utilizada consiste en obtener el valor de DAP por mejoras en la calidad del agua. Para estimar este valor económico se utilizan 3 meta-análisis (Johnston et al., 2017, 2005; Van Houtven et al., 2007) que recopilan valores de DAP de 65 estudios internacionales.

De los 65 estudios internacionales, se seleccionaron 27[26] de ellos, los cuales consideran valores de DAP, para ecosistemas similares a los de la cuenca del río Valdivia.

La estimación de beneficios se establece por la cantidad monetaria dispuesta a pagar por hogar y la cantidad de hogares beneficiados por la regulación normativa, según lo establecido en la Ecuación 17.

$$Beneficio = DAP_{calidad} \cdot N° \ Hogares \ \cdot Factor \ personas/hogar \qquad \text{Ecuación 17}$$

Donde,

$DAP_{calidad}$: Valor de Disposición A Pago (CLP o US$/hogar-año)
$N° \ Hogares$: Número de hogares de la cuenca del río Valdivia
$Factor \ personas/hogar$ Número de personas por hogar a nivel nacional (3,1)

Como valor del DAP se utilizó un promedio de los estudios analizados correspondiente a US$ 82,23 hogar por año y considera 27[27] de los 65 estudios evaluados. Los valores de DAP unitario para estos 27 estudios se presentan en el Anexo 9.7

De los valores unitarios de DAP de los 3 meta análisis considerados (Johnston et al., 2017, 2005; Van Houtven et al., 2007), se seleccionaron únicamente los realizados en cuerpos de agua fluviales (incluyendo entre ellos humedales), dadas las características de la cuenca del río Valdivia. Así, se obtienen 27 valores unitarios de DAP que fueron ajustados por Paridad de Poder Adquisitivo (PPA)[28] e inflación para ser transferidos a la realidad nacional según los lineamientos contenidos en la Guía metodológica para la transferencia de beneficios (MMA, 2017).

[26] Este criterio se basó en optar por los valores que los meta-análisis mencionados reportasen para mejoras en la calidad en ríos (i.e. no considera mar, ni lagos).

[28] El PPA corresponde a un indicador económico empleado para comparar el nivel de vida entre países. El PPA evalúa las monedas de distintos países por medio de un conjunto de bienes y servicios (canasta) y considera que dos

Para el valor del dólar americano se asumió el promedio de los últimos doce meses (1US$=873 CLP)[29].

Se asume como supuesto de evaluación que la población beneficiada por las NSCA corresponde a aquella que habita las comunas que se encuentran dentro de la cuenca del río Valdivia. Para esto, se utilizó como base de información datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2017), específicamente datos de proyecciones del CENSO al año 2022, y el estudio denominado "Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental u Otros Instrumentos de Gestión Relacionados a Calidad del Agua" (MMA, 2021a) el cuál estimo la población de la cuenca en de 303.233 habitantes.

monedas están balanceadas cuando la canasta tiene el mismo precio en todos los países. El PPA se cumplirá solo para canastas de bienes y servicios comparables e idénticos, transables en el mercado (Iribarren, 2006).

[29] Promedio móvil 2022.

3. Costos y beneficios de la implementación de las NSCA

3.1 Costos de implementación de la norma (monitoreo y fiscalización).

El AGIES estimó que la implementación de las NSCA significará un costo de US$ 0,07 millones al año dados por costos de monitoreo y fiscalización. En la Tabla 6 se presentan los costos desglosados:

Tabla 6: Costos totales atribuibles a las NSCA

Tipo de Costos	Valor presente [MM USD]	Costo anualizado [MM USD/año]	Costos %
Monitoreo	0,390	0,054	73%
Fiscalización	0,159	0,020	27%
TOTAL	**0,549**	**0,074**	100%

Fuente: Elaboración propia

Los costos de fiscalización ascienden a US$0,02 millones anuales y recaen sobre los distintos servicios públicos involucrados. La mayor parte de los costos serían para la SMA (63%), luego para la DGA (16%) y, en menor medida para el MMA (20%), tal como se detalla en Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7: Resultados costos anuales de fiscalización por Servicio Público.

Documento o actividad	Servicio público			
	MMA (MM USD/año)	**SMA** (MM USD/año)	**DGA** (MM USD/año)	**Totales** (MM USD/año)
Elaborar PMCCA	0,002	0,004	0	0,007
Elaboración Reportes Técnicos de Monitoreo	0	0	0,003	0,003
Elaboración Informes Técnicos de Cumplimiento	0	0,007	0	0,007
Elaboración Informes de Calidad	0,002	0	0	0,002
Actividades de fiscalización en terreno	0	0,001	0	0,001
Totales	**0,004**	**0,013**	**0,003**	**0,020**
Porcentaje del total	20%	63%	16%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Resultados costos de fiscalización por Servicio Público

Servicio público	Valor presente [MM USD]	Costo anualizado [MM USD/año]
MMA	0,032	0,004
SMA	0,101	0,013
DGA	0,026	0,003
TOTAL	**0,159**	**0,020**

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró el costo de fiscalización en terreno por parte de la SMA, no obstante, a la fecha no es práctica habitual que la SMA acompañe en terreno a la DGA a tomar muestras.

La Tabla 9, por otro lado, desglosa los costos de monitoreo en montos anualizados.

Tabla 9: Resultados costos de monitoreo

Concepto	Costo anualizado [MM USD/año]	Nota
Campañas de terreno adicional	0,014	8 campañas adicionales de terreno
Análisis adicional de laboratorio de parámetros regulares	0,040	8 monitoreos adicionales para las estaciones de 10 áreas de vigilancia
TOTAL	**0,054**	

Fuente: Elaboración propia. Nota: no se consideran costos asociados a análisis de laboratorio de parámetros adicionales, ya que actualmente la DGA monitorea los parámetros del Proyecto Definitivo.

3.2 Beneficios de la implementación de las normas

Los beneficios de la implementación de las normas se presentan clasificados de acuerdo con el receptor e incluyen los siguientes, que son discutidos en detalle a continuación.

1. Beneficios sobre ecosistemas y especies
    - Protección del medio ambiente y especies
2. Beneficios para el medio humano social y económico
    - Mantenimiento de los servicios ecosistémicos
    - Puesta en valor del recurso hídrico y sus servicios a la comunidad
3. Beneficios para el Estado
    - Mejora de indicadores de imagen país

3.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies

i. <u>Protección del medio ambiente y especies</u>

La cuenca del río Valdivia posee un alto valor ambiental representando en una alta diversidad biológica y alto endemismo. Este valor ambiental es justamente lo que busca proteger las NSCA y por tanto los beneficios para el medio ambiente y sus especies son, entre otros, el mantenimiento de las poblaciones de especies acuáticas.

Estudios indican que en esta cuenca se han identificado al menos 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 119 especies de aves, 2 especies de mamíferos acuáticos y 25 especies de fauna íctica (Praus et al., 2011; UCT, 2012). De estas especies, 27 están clasificadas en alguna categoría de conservación.

Además, según (Habit & Victoriano, 2012) la cuenca del río Valdivia se encuentra entre las cuencas más ricas en peces nativos del país. Entre estas especies destaca *Diplomystes camposensis* (tollo, bagre), especie microendémica exclusiva de la cuenca del río Valdivia, cuyo hábitat presenta importantes amenazas actuales y potenciales debido a la contaminación, fragmentación, artificialización, y la introducción de especies piscícolas exóticas (Arratia, 1987; Vila et al., 2006). También está presente *Percilia gillissi* (carmelita), una especie endémica del centro-sur de Chile. Se estima que esta especie estaría extinta en la zona centro del país (río Maipo), ya que no se han encontrado ejemplares de la especie en estudios recientes, siendo sus principales amenazas la depredación por especies introducidas y la alteración de hábitat por actividades antrópicas (Habit et al., 2006; Soto et al., 2006).

3.2.2 Beneficios para el medio humano, social y económico

i. Mantenimiento de los servicios ecosistémicos

La protección de ecosistemas en la cuenca del río Valdivia por medio de las NSCA genera, a su vez, la mantención en la provisión de servicios ecosistémicos. De las 48 clases de SS.EE. descritos por (Haines-Young y Potschin (2012) se identifican para la cuenca del río Valdivia 35 servicios ecosistémicos que se relacionan a los parámetros a regular en el PD-NSCA-Valdivia, según matriz CENMA (2016). De estos se seleccionaron 20 que tienen directa relación con la calidad del agua en el contexto de las NSCA del río Valdivia. Como se observa, se identificaron servicios de provisión, regulación y culturales, lo que permite tener un análisis homogéneo en relación a diversos tipos de servicios ambientales y beneficios que provee de la cuenca.

Tabla 10: Servicios ecosistémicos identificados en la cuenca del río Valdivia

Sección	División	Grupo	Clase	Nro SS.EE
Provisión	Nutrición	Biomasa	Plantas silvestres	1
			Animales silvestres	2
		Agua	Agua superficial para consumo humano	3
	Materiales	Biomasa	Fibras y otros materiales vegetales o animales para uso directo	5
			Material vegetal o animal de uso agrícola	6
			Material genético de toda la biota	7
		Agua	Agua superficial no para bebida	8
Regulación y mantenimiento	Regulación de desechos, tóxicos y otros	Regulación por biota	Bioremediación biótica por microorganismos, plantas y animales	13
			Filtración, secuestro, almacenamiento o acumulación por microorganismos, plantas y animales	14
	Mantenimiento de condiciones biológicas, químicas y físicas	Protección del hábitat y pool génico	Polinización y dispersión de semillas	20

Cultural	Interacciones físicas e intelectuales con la biota, ecosistemas y paisajes.	Interacciones físicas y experienciales	Uso experiencial de plantas, animales y paisajes	26
			Uso físico de paisajes	27
		Interacciones intelectuales y representativas	Ciencia	28
			Educación	29
			Herencia cultural	30
			Entretenimiento	31
			Estético	32
	Interacciones espirituales, simbólicas, y otros con biota, ecosistemas y paisajes.	Espiritual y/o emblemático	Sacro o religioso	33
		Otros usos culturales	Existencia	34
			Legado	35

Fuente: Elaboración propia

Respecto al servicio ecosistémico de provisión de agua, la ciudad de Valdivia abastece habitualmente su demanda de agua potable desde la cuenca del estero Llancahue, en períodos estivales de bajos caudales, este centro urbano debe recurrir a una captación de agua adicional directamente desde el sector Cuesta Soto en el río Calle- Calle.

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[30] en el río Cruces y San Pedro y el avistamiento de avifauna en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, que en conjunto proveen los servicios ecosistémicos de recreación y turismo (uso experiencial de plantas, animales y paisajes, uso físico de paisajes, entretenimiento).

Otro aspecto interesante de resaltar es que el sistema hídrico del río Valdivia es parte fundamental de la identidad de la región de Los Ríos, siendo ésta reconocida como una zona de alta densidad de ríos navegables, utilizados como vía de transporte turístico y recientemente como vía de navegación en base a un modelo de transporte fluvial sustentable (servicio de patrimonio cultural e identidad).

Asimismo, esta alta complejidad ecosistémica (lagos, ríos, canales, estuario) constituye un escenario ideal para el desarrollo de estudios asociados a diferentes áreas de investigación, tales como ecología, hidrología y oceanografía, proveyendo de los servicios de ciencia y educación).

Para una mayor descripción de los SS.EE. en la cuenca consultar de forma referencial el informe de UCT (2012). La identificación de SS.EE. por área de vigilancia (AV) se muestra en la Tabla 11.

[30] De especies tanto nativas como exóticas

Tabla 11: Matriz AV-receptor en la cuenca

Tramo/Receptor	Acuicultura	Agricultura	Ganadería	Industria	Patrimonio Cultural y antropológico	Turismo náutico/ Deportes Acuáticos	Recreación informal	Salud Ecosistemas y Biodiversidad
RCR1	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
RCR2	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
RCR3	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
RCR4						✓	✓	✓
SNCA			✓	✓	✓	✓	✓	✓
RSP			✓		✓	✓	✓	✓
RCC1	✓		✓	✓		✓	✓	✓
RCC2			✓			✓	✓	✓
RCC3				✓		✓	✓	✓
RV	✓			✓		✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se infiere que existen ciertas actividades en la cuenca que están íntimamente relacionadas con la calidad del agua y que se benefician de ésta. Entre ellas se encuentran la acuicultura, agricultura, ganadería, actividades de recreación, entre otras.

ii. Puesta en valor del recurso hídrico y sus servicios a la comunidad

Se estimó un aproximado del valor de los servicios ecosistémicos presentes en la cuenca por transferencia de valores del estudio de Schuyt y Brander (2004) el cual considera valores de DAP para SS.EE. presentes en humedales. Se consideran estos valores dada la importancia del humedal del río Cruces dentro de esta NSCA.

En la Tabla 12 se detallan los valores DAP del estudio. Para calcular el valor total de los SS.EE. presentes en la cuenca (Tabla 13), los valores de la Tabla 12 se multiplican por la superficie de cuerpos de agua presentes en la cuenca en base a la metodología utilizada en el AGIES AP.

Tabla 12: Valores de SS.EE. según estudio de Schuyt & Brande (2004) transferidos a la realidad nacional

	Mediana del valor económico unitario				
	Valor original	Valor ajuste IPC	Valor ajuste PPC	Valor ajuste DAP	Valor en pesos
Año	2000	2022	2022	2022	2022
Servicio ecosistémico	USD/ha/año	USD/ha/año	USD/ha/año	USD/ha/año	CLP/ha/año
Pesca recreacional	374	638	383	122	106.929
Amenidad/recreación	492	839	504	161	140.667
Filtración de agua	288	491	295	94	82.341
Biodiversidad	214	365	219	70	61.185
Protección de hábitat	201	343	206	66	57.467
Abastecimiento de agua	45	77	46	15	12.866
Materiales	45	77	46	15	12.866
TOTAL	**1.659**	2.829,8	1.697,9	543,3	474.321,4

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 13 muestra los resultados de esta valoración con valores actualizados al año 2022.

Tabla 13: Resultados de valoración de Servicios Ecosistémicos año 2022.

Servicio Ecosistémico	**Valor por SS.EE. [MM US$/año]**
Pesca recreacional	1,65
Amenidad/recreación	2,17
Filtración de agua	1,27
Biodiversidad	0,94
Protección de hábitat	0,89
Abastecimiento de agua	0,20
Materiales	0,20
TOTAL	**7,31**

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Beneficios para el Estado

i. <u>Mejora de indicadores de imagen país</u>

La evaluación del desempeño ambiental desarrollada por OCDE/ELAC (2016), señala como uno de los próximos pasos a seguir en materia de recursos hídricos, es expandir el alcance de las normas de calidad del agua, donde la implementación de la presente norma es sin duda un paso que contribuye a mejorar el desempeño ambiental de Chile.

En este sentido, se añade una nueva NSCA para la calidad de las aguas del país que se suma a las 6 existentes. En términos de superficie de cuenca involucrada se pasa de 54.951 a 61.941 km^2 relacionados a NSCA, lo que representa un 8,2% de la superficie continental de Chile.

Además, el país suma la protección de una de las 177 áreas importantes para las aves (IBA, por sus siglas en inglés) existentes en Chile reconocidas por *Birdlife International*[31] que suman una superficie total de 46.855 km^2 en el país.

[31] http://www.birdlife.org/worldwide/programme-additional-info/important-bird-and-biodiversity-areas-ibas

4. Análisis de Cumplimiento

De las 139 normas propuestas por la NSCA 108 de ellas cumplen considerando la situación de calidad actual. Mientras que, existen 30 límites que superan la regulación propuesta, tal como lo muestra la Tabla 14.

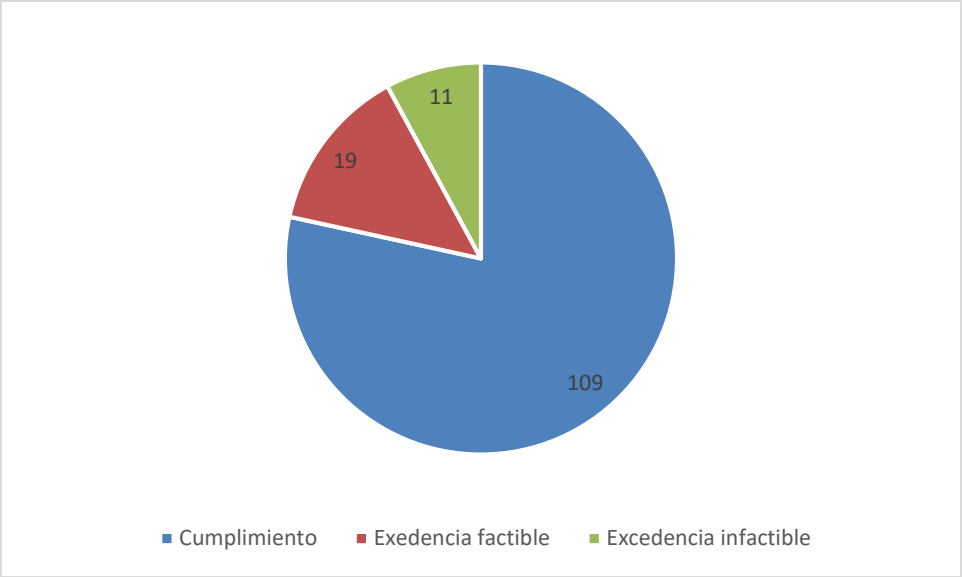
Tabla 14: Análisis de cumplimiento por parámetro.

Parámetros	Cumplimiento	Superaciones	Total
pH	19	1	20
Oxígeno Disuelto	5	5	10
Sulfato	5	1	6
Cloruro	3	3	6
DBO_5	10	0	10
Aluminio total	8	2	10
Cobre total	10	0	10
Hierro total	6	4	10
Manganeso total	10	0	10
Zinc total	9	1	10
Nitrógeno de Nitrato	8	2	10
Fósforo de Ortofosfato	8	2	10
AOX	1	4	5
Cond. eléctrica	4	2	6
Sodio	3	3	6
TOTAL	109	30	139

Fuente: Elaboración propia

El Grafico 1 representa los resultados globales observados anteriormente, en ellos se observa que un 78% (109 normas) de los límites normativos poseen pleno cumplimiento, mientras que 30 normas poseen superación (22%); de estas superaciones, 19 normas son consideradas como excedencias factibles a revertir y 11 normas son consideradas como infectables de abatir.

Gráfico 1: Análisis de cumplimiento general, numero de normas.



Fuente: elaboración propia

Respecto de los límites normativos que verían superados al contrastar la calidad actual y el proyecto definitivo, de establecerse un eventual PDA sería factible implementar tecnologías de abatimiento para 19 de ellos. (ver sección 2.3.2).

La Tabla 15 presenta las excedencias que pueden generar cumplimientos dada la aplicación de tecnologías de abatimiento a las fuentes emisoras, no se incorpora el área de vigilancia RV, RSP y RCC1 ya que presenta pleno cumplimiento de los parámetros.

Tabla 15: Excedencias posibles de revertir por área de vigilancia.

Parámetro	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RCC2	RCC3
Sulfato		1					
Cloruro		1	1	1			
Aluminio total					1		1
Hierro total		1	1		1		
Zinc total					1		
Nitrógeno de Nitrato	1		1				
Fósforo de Ortofosfato						1	
AOX		1		1	1		
Sodio		1	1	1			

Fuente: Elaboración propia.

La implementación de medidas de abatimiento para las fuentes emisoras, permiten alcanzar los valores propuestos por la norma para aquellos parámetros que sobrepasan la norma propuesta, dada la calidad actual. Al simular este cambio y luego de revertir los valores sobrepasados representados en la Tabla 15, obtenemos el análisis de cumplimiento posterior a la simulación de

un potencial PDA. En este nuevo escenario, se darían cumplimiento a 128 normas, quedando solamente 11 normas sin posibilidad de evaluarse. Tal como se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16Cumplimiento normativo, con implementación de abatimientos.

Análisis de Cumplimiento	Normas
Cumplimiento	128
Excedencia factible	0
Excedencia infactible	11
Total	**139**

Fuente: elaboración Propia

5. Costos y beneficios asociados a un eventual PDA

5.1 Costos de un eventual PDA (medidas de abatimiento)

Respecto de los costos de abatimiento, la Tabla 17 desglosa por rubro el costo anual que significaría la implementación de un eventual plan considerando el cumplimiento de los límites normados. Estos costos han sido estimados siguiendo la metodología indicada en el capítulo 2.3. Se puede observar que los costos corresponden a US$ 1,54 millones de dólares al año, siendo un 53% de estos asociados al rubro de *Planta de papeles y cartones*, un 11% asociado al sector *Planta de Tratamiento de Aguas* servidas, un 18% a emisión *Difusa*, un 4% a *plantas procesadoras de madera* y solo un 2% a *Aserraderos.*

Tabla 17: Costos de abatimiento por rubro [MM USD/Año].

Rubro	Valor presente [MM USD]	Costo anualizado [MM USD/año]	Participación en los costos %
Aserradero	0,22	0,03	2%
Centro de cultivo de peces	1,43	0,19	13%
Difusa	1,98	0,27	18%
Planta de papeles y cartones	5,98	0,81	53%
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas	1,01	0,18	11%
Planta procesadora de madera	0,42	0,06	4%
Total	**11,04**	**1,54**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia.

Al considerar la armonización y complementariedad que existe entre las NSCA y su eventual PDA, se obtienen costos totales de US$ 1,61 millones al año, la Tabla 18 presenta estos resultados:

Tabla 18 Resumen de costos asociados a la NSCA y un eventual PDA.

Tipo de instrumento	Tipo de costo	Valor presente [MM USD]	Costo anualizado [MM USD/año]
NSCA	Monitoreo	0,390	0,054
	Fiscalización	0,159	0,020
Eventual Plan de Descontaminación Ambiental	Abatimiento	11,04	1,54
Costo Total		**11,589**	**1,61**

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Beneficios asociados a un eventual PDA

Los beneficios de un eventual plan de descontaminación (PDA) para el cumplimiento de la norma se presentan clasificados de acuerdo con el receptor e incluyen los siguientes, que son discutidos en detalle a continuación.

i. Beneficios sobre ecosistemas y especies
   - Reducción de la carga contaminante
   - Protección de medio ambiente y especies
   - Reducción del riesgo para la protección de especies

ii. Beneficios para la población
   - Identificación y valoración de potenciales mejoras en la calidad del agua

5.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies

i. Reducción de la carga contaminante

La Tabla 19 presenta los datos de emisión de línea base en kilogramos por día para cada una de las áreas de vigilancia, por parámetro regulado. Las barras rojas representan la estimación de la emisión de fuentes puntuales, mientras que las barras verdes representan la estimación de la emisión de fuentes difusas. Se puede observar que son tres áreas de vigilancia las que reciben una mayor cantidad de emisiones. RCR-2, RCC-1 y RV, en orden descendente.

Tabla 19: Emisión de línea base [kg/día] para cada área de vigilancia por parámetro.

Parámetro	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3	Total
Sulfato		34.095,4	1.045,9		530,2	3.339,2		5.508,8		255,8	44.775,4
Cloruro	306,0	1.917,5	882,9		449,0	4.861,0		6.792,6		2.680,1	17.889,1
Demanda Biológica de Óxigeno	380,2	300,7	11,8		13,4	9.391,7		2.509,0		4.163,5	16.770,2
Aluminio total		302,4			0,02	50,9		44,1		18,6	416,0
Cobre total		382,9			0,003	2,5		3,0		3,7	392,2
Hierro total		191,3									191,3
Manganeso total		262,2			0,006	6,3		5,5		4,0	278,0
Zinc total		1,0			0,002	7,1		210,3		9,7	228,1
Nitrógeno de Nitrato	630,6	1.605,1	251,4	41,4	1.065,3	4.333,3	1.379,3	1.071,7	13,1	1.069,0	11.460,3
Fósforo de Ortofosfato	43,1	71,6	23,2	2,0	64,3	318,0	76,2	209,5	1,3	85,2	894,5
AOX		53,4									53,4
Sodio		473,2									473,2

Fuente: Elaboración propia.

*Considera la emisión de Fósforo Total, ya que Fósforo de Ortofosfato es una fracción de éste.

Bandas en color rojo: estimación emisión desde fuentes puntuales; Bandas en color verde: estimación emisión desde fuentes difusas; Bandas en color azul: estimación emisiones totales.

En cuanto al análisis de las reducciones de las emisiones, la Tabla 20 contrasta las emisiones de línea base para todas las áreas de vigilancia, con las emisiones proyectadas para el cumplimiento de las NSCA, es decir, con implementación de medidas de abatimiento en un eventual PDA. Las reducciones generadas ("delta de reducción") son el resultado de la resta entre las emisiones de línea base considerando las obligaciones ambientales vigentes y las emisiones requeridas con NSCA.

Respecto a los parámetros con superaciones, en la Tabla 20 se observa que las reducciones respecto de la línea base para los parámetros normados que sobrepasan la norma.

Tabla 20. Línea base y reducción de emisiones de parámetros requeridas por las NSCA

Parámetro	Base (kg/día)	Considerando la NSCA (kg/día)	Delta de reducción (kg/día)	Porcentaje reducción
Sulfato	44.775,4	35.219,5	9.555,8	*21%*
Cloruro	17.889,1	16.658,8	1.230,2	*7%*
Aluminio total	416,0	307,4	108,7	*26%*
Hierro total	191,3	115,8	75,5	*39%*
Zinc total	228,1	227,9	0,2	*0%*
Nitrógeno de Nitrato	11.460,3	11.368,6	91,7	*1%*
Fósforo de Ortofosfato	894,5	662,8	231,6	*26%*
AOX	53,4	6,0	47,3	*89%*
Sodio	473,2	314,0	159,2	*34%*

Fuente: elaboración propia

*Considera la emisión de Fósforo Total, ya que Fósforo de Ortofosfato es una fracción de éste, y Nitrógeno total como Nitrógeno de Nitrato.

ii. Protección del medio ambiente y especies

La reducción de emisiones presentada en la Tabla 20 contribuye a la protección de los ecosistemas acuáticos, dado que, por ejemplo, altas concentraciones de fósforo de ortofosfato y nitrógeno de nitrato, pueden afectar la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos, ya que el aumento de la producción primaria puede disminuir la tasa fotosintética y las concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua (resultando en aumento del estado trófico del ecosistema lo cual podría derivar en la muerte de peces por hipoxia).

Cabe destacar la reducción de las emisiones de *AOX* en las áreas de vigilancia RCR-4 y SNCA, compuesto potencialmente tóxico para la biota acuática.

De esta forma, los límites que establecen las normas buscan mantener las buenas condiciones ambientales de esta cuenca y recuperar gradualmente, en un eventual plan de descontaminación, parámetros en áreas de vigilancia específicas que se encuentran en una condición desfavorable en comparación al resto de la cuenca, lo cual genera beneficios para la protección de la biota y el ecosistema fluvial en su conjunto.

iii. Reducción del riesgo para la protección de especies

El objeto de protección ambiental de las NSCA es la calidad de las aguas del área a normar, considerando ésta como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, las cuales interactúan entre sí definiendo el hábitat disponible para las especies, y por tanto condicionando la presencia o ausencia de éstas, así como también el desarrollo y reproducción de las mismas. Al respecto, si bien para efectos de la gestión de la calidad de las aguas, así como también para el establecimiento de NSCA, se simplifica esta interacción mediante la medición y análisis de distintas variables de forma independiente (parámetros físicos, químicos y biológicos), es relevante tener en consideración que lo observado en el ecosistema es el resultado de la interacción de múltiples factores naturales y antrópicos.

Considerando lo anterior, la reducción de riesgo para la protección de especies corresponde a un beneficio derivado de la mejora en clases desfavorables de calidad ambiental entre el escenario actual y el escenario con cumplimiento normativo, lo cual se logra mediante la implementación de un eventual plan de descontaminación ambiental.

El riesgo evitado se calculó entonces como el cambio de clases de calidad que logra alcanzar los valores normados en las áreas de vigilancia y parámetros a recuperar por medio de un eventual plan de descontaminación ambiental.

Al realizar una comparación porcentual entre las clases de calidad actual con las del proyecto definitivo presentadas en el Informe de antecedentes para la elaboración del proyecto definitivo de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. (MMA 2022b) de estas normas, para los 139 datos disponibles (normas evaluadas), se observa que un 10% de las normas corresponden a clase 1, un 49% corresponden a clase 2 y un 41% corresponden a clase 3, no existiendo límites normativos para clases el eventual plan disminuirá desde 7,3% a 1,8% las calidades de clase 4 y 5. Por consiguiente la norma establecerá un rango de clases de calidad entre buena y aceptable para la conservación del ecosistema y la provisión de los servicios ecosistémicos de la cuenca.

5.2.2 Beneficios para la población

i. Identificación de potenciales mejoras en la calidad del agua

El mejoramiento de la calidad del agua como resultado de la implementación de un potencial PDA generaría, a su vez, una mejora en la calidad de la provisión de servicios y bienes ecosistémicos.

De 30 servicios ecosistémicos identificados, todos se verían beneficiados por la implementación de un eventual plan y, por lo tanto, todos los receptores de la cuenca, como se observa en la Tabla 21 Actividades productivas como la acuicultura, agricultura y la pesca deportiva pueden tener beneficios económicos, ya sea por menores costos de tratamiento o por una posible mayor productividad de peces.

Tabla 21 Matriz parámetro-receptor en la cuenca

Parámetro/ SSEE	Receptor																								
	Productores			Comerciales/Industriales					Gobierno y Residencial		Subsistencia			Recreacional						Inspiracional		Aprendizaje		No uso	
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Aluminio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AOX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conduct.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DBO_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo de ortofosfato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hierro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sodio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manganeso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrógeno de Nitrato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxígeno di	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SO_4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinc	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Respecto al servicio ecosistémico de provisión de agua en la ciudad de Valdivia, existe una relación directa entre el mejoramiento de calidad del agua al limitar el cloruro y el hierro y los beneficios económicos de la regulación. La ciudad de Valdivia recurre a la captación de agua adicional desde el río Calle- Calle, sin embargo, según la empresa sanitaria -proveedora del servicio de agua potable- el cloruro y el hierro constituyen parámetros de riesgo (Aguasdecima 2016), por lo cual una reducción de estos parámetros, producto de la implementación un plan de descontaminación generaría beneficios para la empresa y toda la población al disminuir el riesgo relacionado a estos parámetros.

ii. Cuantificación de potenciales mejoras en la calidad de los servicios ecosistémicos

¿Es posible cuantificar cambios en los SE producto de un plan?

La cuantificación de beneficios relacionados con la implementación de instrumentos regulatorios sobre sistemas acuáticos es altamente compleja. En primer término, habitualmente el control de parámetros contaminantes no aumenta la cantidad de servicios ecosistémicos sino sólo su calidad, lo que es extremadamente difícil de precisar. Un problema mayor se debe al desconocimiento de la relación funcional entre los parámetros reducidos (*AOX, cloruro, Fósforo de ortofosfato*) y los SS.EE. A modo de ejemplo, ¿cómo se puede determinar el aumento o el mejoramiento en la calidad de la provisión del SSEE ligado al turismo como consecuencia de la reducción de *AOX* al nivel norma? No cabe ninguna duda que aquellos turistas que acceden a estos ecosistemas han mejorado su experiencia, lo que conlleva beneficios económicos, e incluso posiblemente ha aumentado el turismo, pero saber con precisión el impacto en la reducción de un solo parámetro y a niveles específicos, es decir, el beneficio en el margen es inviable.

En general, los estudios de valoración se han concentrado en evaluar la reducción de variables que tienen un impacto que la población pueda reconocer inmediatamente. Por ejemplo, valoración de reducción de nutrientes (*nitrógeno* y *fósforo*) para evitar eutrofización de las aguas. Si bien este fenómeno no es conocido por la población en general, es posible explicar que implica crecimiento excesivo de algas, que cambia el aspecto del agua y que no permite el contacto directo con las aguas. Otro parámetro común para la evaluación es el cambio en transparencia, el cual no se norma para la cuenca del río Valdivia.

iii. Valoración de potenciales mejoras en la calidad del agua

DAP Nacional: Al igual que en AGIES del anteproyecto (capítulo 5.2), la actualización de beneficios siguen la metodología propuesta por Huenchuleo et al., 2016 y actualizada al año 2022, descrita en la tabla siguiente.

Tabla 22: Resultados de beneficios asociados a un PDA.

Criterio	Δ de cambio	Valor [MM US$/Año]
Riesgo de contaminación del río (%)	21%	0,01
Especies amenazadas (número)	27	0,84
Total		**0,86**

Fuente: Elaboración propia

En particular, y tal como se presenta en la Ecuación 3 del presente documento, la disminución del riesgo de contaminación del río evaluada asciende a un 21%, equivalente a reducir las 20 superaciones de las 139 normas evaluadas.

DAP internacional: Se presentan los resultados obtenidos para la propuesta de transferencia de beneficios asociadas a 3 meta-análisis realizados por Johnston et al,, 2017, 2005; Van Houtven et al,, 2007, considerando la población asociada a las NSCA. El beneficio total se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23: Beneficio total para la cuenca, asociado a mejoras en la calidad del AGUA en MM USD/año

Valor DAP (US$/hogar-año)	N° de hogares	Beneficios Totales (MM US$/año)
82,23	108.696	8,94

Fuente: Elaboración propia

La eventual implementación de un PDA en la cuenca del Rio Valdivia generaría beneficios de entre US$ 0,86 y US$ 8,94 millones por año, dependiendo respectivamente, si se utilizan los valores de DAP en mejoras de calidad del agua nacional o los valores de DAP por mejoras en la calidad de las aguas internacional.

Si bien todas estas metodologías permiten cuantificar a través de distintas aproximaciones el valor económico atribuible a la implementación del plan, estas no deben ser sumadas y es correcto considerarlas como aproximaciones distintas de cálculo de beneficios.

6. Comentarios Finales

El Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) aplica un análisis costo-beneficio de los instrumentos de gestión ambiental con el objeto de apoyar a los tomadores decisiones en la generación de medidas de política ambiental que sean más eficientes y eficaces.

A partir de las observaciones surgidas en la participación ciudadana, proceso de diseño del proyecto definitivo y actualización de antecedentes disponibles para la evaluación, se concluye lo siguiente:

La evaluación de cumplimiento establece qué, existirán 30 superaciones (22%) y 119 cumplimientos (78%) respecto a la calidad actual. Las superaciones ocurren en 7 áreas de vigilancia: RCR1, RCR2, RCR3, RCR4, SNCA, RCC2 y RCC3. Los parámetros superados corresponden a pH, oxígeno Disuelto, *Sulfato, Cloruro, Aluminio total, Hierro total, Zinc total, Nitrógeno de Nitrato, Fósforo de Ortofosfato, AOX y Sodio*.

De las superaciones generadas, 19 de ellas pueden ser revertidas a través de la implementación de medidas de abatimiento, concluyendo que 128 normas cumplirán los límites establecidos y 11 de ellas no pueden ser evaluadas.

Respecto de los costos, estos se separan en:

- US$ 0,07 millones anuales, asociados a la implementación de las NSCA, por concepto de monitoreo y fiscalización.
- US$ 1,54 millones anuales, asociados a un potencial PDA, por abatimiento en fuentes emisoras.

El análisis de beneficios genera los siguientes resultados:

- US$ 7,31 millones anuales, asociados a beneficios por la implementación de las NSCA, los cuales corresponden a la valorización por la mantención de SS.EE., utilizando como referencia la transferencia de beneficios de estudios nacionales.
- Beneficios de entre US$ 0,86 millones y US$ 8,94 millones anuales asociados a los beneficios de un potencial PDA, por concepto de valorización de mejoras en las condiciones de los SS.EE. aportados por la cuenca, utilizando como referencia la transferencia de beneficios de estudios nacionales e internacionales respectivamente.

Considerando la armonización y complementariedad que existe entre las NSCA y su eventual PDA, se obtienen costos de US$ 1,61 y beneficios de US$ 7,31 millones anuales, respectivamente.

Es importante mencionar que tanto los beneficios asociados a las NSCA, como los calculados para el potencial PDA, son al menos el doble de los respectivos costos, razón por la cual, en cualquiera de los escenarios evaluados, y considerando la armonización y complementariedad que existe entre las NSCA y su eventual PDA, se obtienen beneficios mayores a los costos.

En consecuencia, el AGIES sugiere que el proyecto definitivo de NSCA es socialmente rentable y produciría una mejora significativa para la población y biodiversidad que habita el territorio contemplado por las normas.

7. Bibliografía

AMPHOS 21, 2014. Generación de información base para la evaluación de normas de calidad ambiental y emisión: revisión y actualización sobre tecnologías y costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. http://metadatos.mma.gob.cl/servicios/metadata/recursos/d, Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente. Elaborado por AMPHOS21 para el Ministerio del Medio Ambiente de Chile., Santiago.

Arratia, G., 1987. Description of the primitive family Diplomystidae (Siluriformes, Teleostei, Pisces): morphology, taxonomy and phylogenetic implications. onner Zool. Monogr.

Barnthouse, L., Suter, G., 1986. User's manual for ecological risk assessment. Environmental Sciences DivisionPublication No. 2679. Prepared forOffice of Research and DevelopmentU.S. Environmental Protection Agency.

Cárdenas, P., 2007. Cambios en la exportación y retención de nitrógeno y fósforo causado por la conversión de bosque nativo a plantaciones forestales en microcuencas de la cordillera de la costa en el sur de Chile. Esc. Ciencias, Fac. Ciencias. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

CENMA, 2019. Revisión y edición técnica de capítulos AGIES de Instrumentos de Gestión Ambiental de Calidad del Agua.Anexo 1: Valores Recomendados para la estimación de Aporte de las Fuentes Difusas., 2019.

CENMA, 2016. Generación y complementación de información base para laelaboración de los AGIES relacionados con recursos hídricos. Aplicación práctica en la cuenca del río Elqui y en la cuenca del río Mataquito.

CONAF, 2014. Catastros de uso de suelo y vegetación [WWW Document]. URL http://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion

de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., R.S., D.G., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecol. Complex. 7, 260–272. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006

Díaz, S., Demissew, S., Joly, C., Lonsdale, W.M., Larigauderie, A., 2015. A Rosetta Stone for Nature's Benefits to People. PLoS Biol. 13, 1–8. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002040

ECOTEC, 2017. Inventario de tecnologías de tratamiento de residuos industriales líquidos y actualización de costos de tecnologías de tratamiento. http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%, Informe Final. Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.

Figueroa, B., 2010. Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Ministerio del Medio Ambiente de Chile, PNUD, GEF.

Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecol. Econ. 68, 643–653. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014

Fundación Chile, 2010. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en sistemas hídricos: estimación de costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf. Elabor. para la Com. Nac. del Medio Ambient.

Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C., 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment

schemes. Ecol. Econ. 69, 1209–1218. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007

Gómez-Baggethun, E., Ruiz-Pérez, M., 2011. Economic valuation and the commodification of ecosystem services. Prog. Phys. Geogr. 35, 613–628. https://doi.org/10.1177/0309133311421708

Habit, E., Dyer, B., Vila, I., 2006. Estado de Conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Gayana 70, 100–113.

Habit, E., Victoriano, P., 2012. Composición, origen y valor de conservación de la ictiofauna del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana 76, 10–23. https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100002

Haines-Young, R., Potschin, M., 2012. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), Report to the European Environment Agency. https://doi.org/10.1093/nq/s3-XII.307.392-a

Hicks, R., 2002. A Comparison of Stated and Revealed Preference Methods for Fisheries Management. Department of Coastal and Ocean Policy. Virginia Institute of Marine Science The College of William and Mary.

Huenchuleo, C.A., Barkmann, J., Marggraf, R., 2016. Attitudinal determinants of willingness - to-pay for river ecosystem improvements in central Chile: A choice experiment. Cienc. e Investig. Agrar. 43, 125–137. https://doi.org/10.4067/s0718-16202016000100011

INE, 2017. Comunas: Población estimada al 30 de junio por sexo y edad simple 2002-2020. Base de datos.

Johnston, R.J., Besedin, E.Y., Iovanna, R., Miller, C.J., Wardwell, R.F., Ranson, M.H., 2005. Systematic Variation in Willingness to Pay for Aquatic Resource Improvements and Implications for Benefit Transfer: A Meta - Analysis. Can. J. Agric. Econ. / Rev. Can. D' Agroéconomie 53, 221–248. https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2005.04018.x

Johnston, R.J., Besedin, E.Y., Stapler, R., 2017. Enhanced Geospatial Validity for Meta-analysis and Environmental Benefit Transfer: An Application to Water Quality Improvements. Environ. Resour. Econ. 68, 343–375. https://doi.org/10.1007/s10640-016-0021-7

Kluesener, J.W., Lee, G.F., 1974. Nutrient loading from a separate storm sewer in Madison, Wisconsin. J. Water Pollut. Control Fed. 46, 920–936.

León-Muñoz, J., Echeverría, C., Marcé, R., Riss, W., Sherman, B., Iriarte, J.L., 2013. The combined impact of land use change and aquaculture on sediment and water quality in oligotrophic Lake Rupanco (North Patagonia, Chile, 40.8°S). J. Environ. Manage. 128, 283–291. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.008

Lin, J.P., 2004. Review of Published Export Coefficient and Event Mean Concentratoin (EMC) Data.

Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., Garcia-Lorene., M., Montes, C., 2014. Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. Ecol. Indic. 37, 220–228. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.003

Martín-López, B., González, J., Vilardy, S., 2012. Ciencias de la Guía Docente Guía Docente. https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2011.11.018

Martínez Alier, J., 2002. El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración, Quinta Edi. ed. Espiritrompa.

MINSEGPRES, 2000. D.S. 90/2000.Norma De Emision Para La Regulacion De Contaminantes Asociados a Las Descargas De Residuos Liquidos a Aguas Marinas Y Continentales Superficiales. Ministerio Secretaria General de la Presidencia.

MINSEGPRES, 1994. Ley 19300. APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Chile.

MMA, 2021a. Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de

Normas.pdf.
MMA, 2022b. Informe de antecedentes para la elaboración del proyecto definitivo de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia.
MMA, 2020b. Decreto 15. ESTABLECE REGLAMENTO DE LA LEY Nº 21.202, QUE MODIFICA DIVERSOS CUERPOS LEGALES CON EL OBJETIVO DE PROTEGER LOS HUMEDALES URBANOS. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile.
MMA, 2019. Catastro de uso de suelo y vegetación actualizado.
MMA, 2017. Guía metodológica para la transferencia de beneficios.
MMA, 2014. PROPUESTA SOBRE MARCO CONCEPTUAL, DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.
MMA, 2012a. Decreto 38. APRUEBA REGLAMENTO PARA LA DICTACIÓN DE NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE EMISIÓN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
MMA, 2012b. Decreto 39. APRUEBA REGLAMENTO PARA LA DICTACIÓN DE PLANES DE PREVENCIÓN Y DE DESCONTAMINACIÓN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile.
OCDE/ELAC, 2016. Environmental Performance Reviews: Chile 2016. PAris.
Oyarzún, C.E., Campos, H., Huber, A., 1997. Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso del suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región). Rev. Chil. Hist. Nat. 70, 507–519.
Parks, S., Gowdy, J., 2013. What have economists learned about valuing nature? A review essay. Ecosyst. Serv. 3. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.002
Praus, S., Palma, M., Domínguez, R., 2011. La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile. Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile.
Reckhow, K, Beaulac, M., Simpson, J., 1980. Modeling Phosphorus Loading and Lake Response Under Uncertainty: A Manual and Compilation of Export Coefficients. Washington, DC.
Rioseco Vallejos, G., Mardones Poblete, C., Jiménez del Río, J., 2015. Efecto directo e indirecto de la dispersión de las emisiones industriales sobre la regulación ambiental. Rev. análisis económico 30, 79–96. https://doi.org/10.4067/s0718-88702015000200004
Saz Salazar, S. del, García Menéndez, L., 2002. Disposición a pagar versus disposición a ser compensado por mejoras medioambientales:: evidencia empírica. IX encuentro Econ. pública, hacienda y medio Ambient. 7 y 8 febrero 2002, 2002.
Schröter, M., van der Zanden, E.H., van Oudenhoven, A.P.E., Remme, R.P., Serna-Chavez, H.M., de Groot, R.S., Opdam, P., 2014. Ecosystem Services as a Contested Concept: A Synthesis of Critique and Counter-Arguments. Conserv. Lett. 7, 514–523. https://doi.org/10.1111/conl.12091
Schuyt, K., Brander, L., 2004. The Economic Values of the World's Wetlands, Environmental Studies. Amsterdam.
Soto, D., Arismendi, I., González, Sanzana, J., Jara, F., Jara, C., Guzmán, E., Lara, A., 2006. Southern Chile, Trout and salmon country: invasión patterns and threats for native species. Rev. Chil. Hist. Nat. 79, 97–117.
TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems & Biodiversity: Synthesis Report, De Economist. https://doi.org/10.1007/BF02331707
UCT, 2012. Identificación, Cuantificación y Recopilación de Valores Económicos para los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca del Río Valdivia.
UCT, 2011. Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las Normas Secundarias de

Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región .

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

Van Houtven, G., Powers, J., Pattanayak, S.K., 2007. Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis? Resour. Energy Econ. 29, 206–228. https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.01.002

Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., Ramírez, R., 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile.

Wegner, G., Pascual, U., 2011. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. Glob. Environ. Chang. 21, 492–504. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.008

8. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia.
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia
	Tipo de regulación	Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Agua
	Fecha de término AGIES	1 de Marzo de 2023
	Alcance geográfico	Cuenca del río Valdivia
	Instrumento nuevo o revisión	Nuevo
	Área de aplicación	Ecosistemas Acuáticos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, valoración económica de beneficios ambientales.
	Normativas consideradas para análisis de costos	Decreto supremo N°90/2000 MINSEGPRES RCA 70/08
	Nivel de evaluación de beneficios	Se valoraron beneficios por protección de Servicios Ecosistémicos y por mejoras en la calidad de las aguas, utilizando transferencia de beneficios.
	Tasa de descuento	6%
	Modelo de dispersión	FEC
	Información de Línea Base	2018-2021
Parámetros	Valor del dólar	873 pesos/dólar
	Valor de la UF	35.110 pesos/UF
	Beneficios estimados en MM USD/año	NSCA: 7,3 Potencial PDA: 0,86 – 8,94
	Costos estimados en MM USD/año	NSCA: 0,07 Potencial PDA:1,54

9. Anexos

9.1 Límites Normativos propuestos por NSCA

Tabla 24: valores establecidos por la NSCA

Parámetros	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
pH (max)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
pH (min)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Oxígeno disuelto	9	9	8	8	7	7	9	8	8	8
Sulfato	4	18	18	18			4	4		
Cloruro	3	11	11	11			3	3		
DBO5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Aluminio total	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,144	0,2	0,2	0,2
Cobre total	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Hierro total	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,244	0,244	0,244	0,244
Manganeso total	0,033	0,033	0,033	0,08	0,08	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Zinc total	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
Nitrógeno de nitrato	0,09	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,09	0,09	0,09	0,09
Fósforo de ortofosfato	0,007	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,007	0,007	0,007	0,007
AOX	0,006	0,018		0,018	0,006				0,006	
Conductividad eléctrica	46	123	123	123			46	46		
Sodio	4	16	16	16			4	4		

Fuente: Elaboración Propia

9.2 Concentraciones de "Situación actual" (sin NSCA) y concentraciones de "Situación con Proyecto" (con NSCA)

Tabla 25 "Situación actual sin NSCA: Concentración de Línea Base (mg/l) años 2018- 2020, por parámetro normado y área de vigilancia

Parámetros	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
pH (max)	6,90	7,43	7,02	6,93	7,28	7,20	7,30	7,52	7,05	7,24
pH (min)	6,31	6,52	6,38	6,03	6,44	6,42	6,81	6,90	6,42	6,66
Oxígeno disuelto	8,98	8,85	8,70	6,03	7,80	7,75	8,90	8,54	7,80	8,54
Sulfato	1,50	19,10	17,20	16,00			2,10	1,80		
Cloruro	1,90	15,20	17,30	14,30			1,30	1,50		
DBO5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Aluminio total	0,16	0,18	0,27	0,15	0,43	0,18	0,14	0,16	0,17	0,26
Cobre total	0,011	0,004	0,011	0,009	0,010	0,004	0,008	0,007	0,006	0,005
Hierro total	0,69	0,42	0,39	0,35	0,51	0,28	0,07	0,10	0,11	0,13
Manganeso total	0,03	0,03	0,02	0,04	0,08	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
Zinc total	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrógeno de nitrato	0,10	0,11	0,22	0,14	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,06
Fósforo de ortofosfato	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
AOX	0,01	0,072		0,05	0,05				0,004	
Conductividad eléctrica	39,00	119,00	136,00	131,00			46,00	44,20		
Sodio	4,00	23,00	23,20	20,60			3,50	3,80		

Fuente: Elaboración Propia en base a información entregada por el Departamento de Ecosistemas Acuáticos. Valores de pH en unidad de pH, valores para otros parámetros en (mg/l), - sin información

Tabla 26: Concentración "Situación con NSCA" (mg/l), por parámetro normado y Área de Vigilancia.

Parámetros	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
pH (max)	6,90	7,43	7,02	6,93	7,28	7,20	7,30	7,52	7,05	7,24
pH (min)	6,31	6,52	6,38	6,03	6,44	6,42	6,81	6,90	6,42	6,66
Oxígeno disuelto	8,98	8,85	8,70	6,03	7,80	7,75	8,90	8,54	7,80	8,54
Sulfato	14,40	12,58	11,75			2,10	1,80			14,40
Cloruro	11,00	11,00	9,47			1,30	1,50			11,00
DBO5	1,46	1,20	1,25	1,99	1,92	0,84	0,84	1,17	1,76	1,46
Aluminio total	0,13	0,19	0,11	0,30	0,11	0,14	0,13	0,15	0,20	0,13
Cobre total	0,004	0,01	0,01	0,01	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004
Hierro total	0,33	0,31	0,29	0,36	0,19	0,07	0,10	0,11	0,13	0,33
Manganeso total	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Zinc total	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrógeno de nitrato	0,11	0,21	0,14	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,06	0,11
Fósforo de ortofosfato	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004	0,01	0,01	0,00	0,01
AOX	0,01		0,01	0,01				0,00		0,01
Conductividad eléctrica	119,00	136,00	131,00			46,00	44,20			119,00
Sodio	15,87	16,00	14,27			3,50	3,80			15,87

Fuente: Elaboración Propia en base a información entregada por el Departamento de Ecosistemas Acuáticos. Valores de pH en unidad de pH, valores para otros parámetros en (mg/l), - sin información

Tabla 27: valores de Calidad background (mg/l).

Parámetros	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
Oxígeno disuelto	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41
Sulfato	0,47	0,47	0,47	0,47		1,10	0,30			
Cloruro	1,10	1,10	1,10	1,10		0,40	0,80			
Aluminio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Cobre total	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Hierro total	0,200	0,200	0,200	0,200	0,130	0,040	0,010	0,010	0,010	0,070
Manganeso total	0,008	0,008	0,008	0,008	0,005	0,000	0,002	0,002	0,002	0,006
Zinc total	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Nitrógeno de nitrato	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,002	0,002	0,002	0,002
Fósforo de ortofosfato	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
AOX	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Conductividad eléctrica	13,00	13,00	13,00	13,00		16,00	24,00			
Sodio	1,80	1,80	1,80	1,80		2,35	2,32			

Fuente: Elaboración Propia en base a información entregada por el Departamento de Ecosistemas Acuáticos.

9.3 Superficie de las áreas de vigilancia

En Tabla 28 se detalla la superficie, en hectáreas, de cada una de las áreas de vigilancia definidas en el proyecto definitivo, desglosadas por el tipo de uso del suelo en cada área de vigilancia.

Tabla 28. Superficie en hectáreas por uso del suelo y por área de vigilancia

Uso de suelo	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RSP	RCC1	RCC2	RCC3	RV
Áreas Sin Vegetación	1	1	8	0	8	8	75	16	5	4
Áreas Urbanas-Industriales	29	889	362	0	472	78	686	50	1.008	1.196
Bosques	21.054	40.507	3.370	1.380	53.741	14.529	75.212	10.825	393	57.429
Cuerpos de Agua	10	335	109	203	2.232	400	841	593	318	5.148
Humedales	13	212	9	399	5.114	0	170	7	70	2.773
Nieves y Glaciares	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Praderas y Matorrales	21.636	45.603	6.460	1.639	41.269	2.0020	51.699	6.067	605	13.408
Terrenos Agrícolas	1.876	6.713	171	350	2.275	281	5.209	27	0	16
Terrenos Silvícolas	10.505	30.942	4.236	1.209	31.081	5.873	35.930	9.003	513	42.161

Fuente: Elaboración propia

9.4 Costos de monitoreo y fiscalización

Los valores utilizados para el cálculo de los costos de campaña se muestran en la Tabla 29, estos costos base consideran campaña de monitoreo con una duración de 2 días.

Tabla 29 Valores considerados para una campaña de monitoreo.

Concepto	Valor	Unidad
Distancia total a recorrer	450	km
Rendimiento vehículo	10	km/L
Precio combustible (Diesel)	1061	CLP/L
Peajes	5.000	CLP
Valor hora hombre	5.000	CLP/h/ind
Trabajadores	2	individuos
Viáticos*	59.000	CLP/día/ind
Número de horas en terreno	16	horas
Número de días	2	días

Fuente: Elaboración propia en base a http://cl.toponavi.com/113872-31937; 2) http://www.consumovehicular.cl/?q=comparador#/ estadísticas CNE, mayo 2023; http://www.intervialchile.cl/peajes-y-tarifas/; y sitio web de transparencia institucional
*valores referenciales a un profesional grado 11 del MMA.

Los costos unitarios de los análisis de laboratorio según parámetro utilizados en la evaluación se detallan en la Tabla 30. Estos valores consideran un promedio de cotizaciones obtenidas de Hidrolab, SGS y EULA[32].

Tabla 30 Costos unitarios de monitoreo según parámetro

Parámetro	Costo [UF]
Al	0,22
AOX	3,5
Cl-	0,16
Cond	0,06
Cu	0,18
DBO5	0,35
Fe	0,2
Sodio	0.2
Mn	0,13
NO3	0,36
OD	0,02
pH	0,02
P-PO4	0,54
SO4	0,17
Zn	0,19

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones señaladas en texto

Respecto de los costos de fiscalización, estos se presentan en la Tabla 31.

[32] Cotizaciones realizadas al año 2020.

Tabla 31: Valores considerados para costos fiscalización.

Concepto	Servicio	Valor HH [CLP/h]	Número horas [h]	Frecuencia
Elaboración PMCCA	SMA	18.630	100	1 vez
Elaboración PMCCA	MMA	14.000	250	1 vez
Elaboración Reporte Técnico de Monitoreo	DGA	36.000	74	8 veces/año
Elaboración Informe Técnico de Cumplimiento de la NSCA	SMA	18.630	300	1 vez/año a partir del 1° año
Fiscalizar actividades de monitoreo	SMA	37.260	32	8 veces/año
Elaboración Informe de calidad de la NSCA	MMA	14.000	100	1 vez/año a partir 1° año

Fuente: Elaboración propia en base a información por comunicaciones personales con funcionarios encargados y sitios web de transparencia institucional

9.5 Tecnologías de abatimiento para fuentes puntuales

La Tabla 32 presenta los valores de eficiencia por parámetro para las tecnologías utilizadas de los estudios realizados por el MMA: Fundación Chile (2010), AMPHOS 21 (2014) y ECOTEC (2017).

Tabla 32: Eficiencia de remoción por tecnología

Tecnología de abatimiento	Parámetro	Eficiencia
BioAOSinTanqAd	*Fósforo de ortofosfato*	90%
BioLag	*DBO_5*	82%
BioLag	*Fósforo de Fosfato*	77%
BioLod	*DBO_5*	85%
BioLod	*Fósforo de Fosfato*	18%
BioLodComp	*Fósforo de Fosfato*	80%
BioReAnF7	*Sulfato*	73%
BioReAnF7	*DBO_5*	73%
BioReAnF7	*Fósforo de Fosfato*	35%
BioReBio	*DBO5*	90%
BioReBio	*Fósforo de Fosfato*	92%
BioWet	*DBO5*	90%
BioWet	*Fósforo de Fosfato*	90%
FisAdsCind	*DBO_5*	97%

Tecnología de abatimiento	Parámetro	Eficiencia
FisAdsDAA	*DBO_5*	90%
FisAl	*Fósforo de Fosfato*	90%
FisArr	*AOX*	93%
FisEled	*Sulfato*	90%
FisElex	*AOX*	95%
FisFlo	*DBO_5*	95%
FisFlo	*Fierro total*	85%
FisFlo	*Manganeso total*	85%
FisInt	*Sulfato*	95%
FisInt	*Cloruro*	98%
FisInt	*Aluminio total*	97%
FisInt	*Manganeso total*	98%
FisNan	*Fierro total*	95%
FisOsm	*DBO_5*	100%
FisOxiAg	*AOX*	95%
FisOxiAire	*AOX*	95%
FisOxiAO	*DBO_5*	95%
FisOxiAO	*AOX*	95%
FisPre	*DBO_5*	83%
FisPre	*Cobre total*	73%
FisPre	*Fierro total*	51%
FisPre	*Manganeso total*	90%
FisPre	*Zinc total*	70%
FisPre	*Fósforo de Fosfato*	84%
FisPreR	*DBO_5*	95%
FisPreR	*Fierro total*	85%
FisPreR	*Manganeso total*	85%
FisPreTR	*DBO_5*	95%
FisPreTR	*Fierro total*	85%
FisPreTR	*Manganeso total*	85%
FisSepN	*DBO_5*	95%
FisSepN	*Fierro total*	85%
FisSepN	*Manganeso total*	85%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 33 presenta los valores de inversión y operación-mantención para las tecnologías utilizadas de los estudios realizados por el MMA: Fundación Chile (2010), AMPHOS 21 (2014) y ECOTEC (2017).

Tabla 33: Antecedentes de las curvas de costos de tecnologías para fuentes puntuales.

Código tecnología	Tipo de costo	Unidad Caudal	Unidad función	a	b
FisArr	Inversión	**m3/h**	US$	5,6	0,6
	OyM	**m3/h**	US$/m3	3	-0,69
FisInt	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	77,675	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	3,494	-0,4
BioAOSinTanqAd	Inversión	**m3/d**	US$	237	0,6426
	OyM	**m3/d**	US$/m3	0	-0,265
FisAdsDAA	Inversión	**m3/d**	US$	2.108	0,6
	OyM	**m3/d**	US$/m3	4	-0,424
FisAdsCind	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	21.935	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	5.484	-0,4
FisBek	Inversión	**L/h**	US$	7.870	0,4117
	OyM	**L/h**	US$/m3	59	-0,763
BioBiomet	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	264.072	-0,26
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	14.048	-0,4
BlueProFisPre	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	1.631	-0,072
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	233	-0,044
BioBri	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	210.456	-0,349
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	18.941	-0,349
MemBrm	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	276.547	-0,355
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	5.883	-0,143
FisCla	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	18	-0,5516
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	14.969.088	-1
QuimCoFloc	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	42.918	-0,671
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	3.819	-0,703
FisCoas	Inversión	**L/s**	US$	5.471	0,4
	OyM	**L/s**	US$/m3	0	-0,611
FisPreC	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	1.422	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	89	-0,4
FisDecSO2	OyM	**m3/d**	US$/m3	0	-0,12
FisPreR	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	421	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	43	-0,4
DesUV	Inversión	**L/s**	US$	11.208	0,5351

	OyM	**L/s**	US$/m3	9	-0,987
FisDes	Inversión	**m3/d**	US$	30.153	0,4
	OyM	**m3/d**	US$/m3	12	-0,4256
BioReAnCL	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	38.076	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	5.984	-0,4
Electrcoag	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	18.198	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	178	-0,091
FisEled	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	192.810	-0,455
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	150.468	-0,374
FisElex	Inversión	**m3/d**	US$	11.357	0,6
	OyM	**m3/d**	US$/m3	5	-0,214
4_Bard	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	461.362	-0,67
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	66.660	-0,712
FisExt	Inversión	**m3/mes**	US$	31.451	0,6
FisPreFil	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	15.602	-0,309
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	2.340	-0,309
FisFil2	Inversión	**m3/h**	US$	16.583	0,3
	OyM	**m3/h**	US$/m3	0	-0,135
BioFilHor	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	23.351	-0,237
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	2.738	-0,4
BioFilVer	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	401.161	-0,405
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	38.631	-0,486
FisFlo	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	52.941	-0,508
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	4.630	-0,451
TraInt	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	834	-0,3
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	1.699	-0,28
BioLag	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	675.119	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	391	0,1292
BioLod	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	91.820	-0,167
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	211.462	-0,476
BioLodComp	Inversión	**m3/h**	US$	51.963	0,5919
	OyM	**m3/h**	US$/año	4.997	0,5937
MLEFilt	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	442.955	-0,6449
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	48.152	-0,659
MLE	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	375.194	-0,623
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	39.815	-0,631
FisNan	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	53.599	-0,275

	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	11.001	-0,324
QuimNe	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	11.202	-0,377
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	313	-0,036
FisAl	Inversión	**m3/d**	US$	94.193	0,1356
	OyM	**m3/d**	US$/m3	0	-0,16
FisOxiAg	Inversión	**m3/d**	US$	25.238	0,6
	OyM	**m3/d**	US$/m3	3	-0,131
FisOxiAire	Inversión	**m3/d**	US$	18.929	0,6
	OyM	**m3/d**	US$/m3	2	-0,131
Ozon	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	19.534	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	819	-0,266
FisOxiAO	Inversión	**m3/d**	US$	22.714	0,6
	OyM	**m3/d**	US$/m3	2	-0,131
FisPre	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	19.394	-0,537
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	1.506	-0,539
RBC	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	403.122	-0,533
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	28.495	-0,528
BioReBio	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	302.390	-0,45
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	24.479	-0,514
FisSepN	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	8.461	-0,582
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	1.269	-0,582
FisSepA	Inversión	**m3/h**	US$	14.078	0,6
	OyM	**m3/h**	US$/m3	0	-0,45
FisSki	Inversión	**L/h**	US$	2.593	0,1714
	OyM	**L/h**	US$/m3	11	-0,558
FisPreTR	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	436	-0,4
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	43	-0,4
TraTor	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	0	-0,1
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	4.313	-0,321
BioReAnF7	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	12.875	-0,234
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	3.282	-0,042
FisUlt	Inversión	**m3/h**	US$/m3/h	28.627	-0,221
	OyM	**m3/h**	US$/año/m3/h	7.599	-0,229
BioWet	Inversión	**m3/d**	US$	8.124	0,7281
	OyM	**m3/d**	US$/m3	0	-0,546

Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Chile (2010), AMPHOS 21 (2014) y ECOTEC (2017)
*OyM: Operación y Mantención

La Tabla 34 detalla los nombres y el código de tecnología para las tecnologías descritas anteriormente.

Tabla 34: Códigos y nombres de tecnologías de abatiendo evaluadas para fuentes puntuales

Código tecnología	Nombre Tecnología
FisArr	Arrastre por Aire (Air Sripping)
FisInt	Electrodesionización
BioAOSinTanqAd	EBPR (Enhanced Biological Phosphorus Removal)
4_Bard	Etapa 4 Bardenpho
BioBiomet	Biometanización
BioBri	BRI
BioFilHor	Filtros Biológicos Horizontales
BioFilVer	Filtros Biológicos Verticales
BioLag	Lagunas de oxidación
BioLod	Lodos Activados
BioLodComp	Lodos Activados+complemento Nt
BioReAnCL	EGSB
BioReAnF7	UASB
BioReBio	SBR
BioWet	Wetlands
BlueProFisPre	BLUE PRO - Precipitación química
DesUV	Desinfección UV
Electrcoag	Electrocoagulación
FisAdsCind	Adsorción por carbón activado
FisAdsDAA	Adsorción con diferentes materiales
FisAl	Adsorción con aluminio
FisBek	Bekosplit
FisCla	Clarificación
FisCoas	Coalescencia
FisDecSO2	Decloración
FisDes	Destilación
FisEled	Electrodiálisis
FisElex	Electroxidacion
FisExt	Extracción por Solvente
FisFil2	Filtros AMIAD
FisFlo	Flotación
FisNan	Nanofiltración
FisOsm	Ósmosis inversa

FisOxiAg	Oxidación con Agua Supercrítica
FisOxiAire	Oxidación con Aire Húmedo
FisOxiAO	POA
FisPre	Precipitación Química
FisPreC	Cribado
FisPreFil	Filtración
FisPreR	Desbaste
FisPreTR	Tamizado
FisSepA	Separadores por Gravedad y Sedimentación
FisSepN	Sedimentación
FisSki	Skimmer
FisUlt	Ultrafiltración - Microfiltración
MemBrm	BRM
MLE	Modificación a Ludzack Ettinger (MLE)
MLEFilt	MLE + Filtración
Ozon	Ozonización
QuimCoFloc	Coagulación -Floculación
QuimNe	Neutralización
RBC	Rotación Biologica de Contacto
TraInt	Intercambiador de Calor
TraTor	Torres de Enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia

9.6 Especies en estado de conservación en la cuenca.

Tabla 35: especies presentes en la cuenca, y su estado de conservación

Tipo	Nombre Científico	Estado de conservación
Macroinvertebrados	*Aegla manni*	VU
Macroinvertebrados	*Virilastacus araucanius*	VU
Macrófitas	*Galium leptum*	EN
Peces	*Basilichthys australis*	NT
Peces	*Odontesthes mauleanum*	VU
Peces	*Cheirodon australe*	VU
Peces	*Cheirodon galusdae*	VU
Peces	*Cheirodon kiliani*	EN-R
Peces	*Cheirodon pisciculus*	VU
Peces	*Trichomycterus areolatus*	VU
Peces	*Aplochiton taeniatus*	EN
Peces	*Aplochiton zebra*	EN
Peces	*Brachygalaxias bullocki*	VU
Peces	*Percichthys melanops*	VU
Peces	*Percilia gillissi*	EN
Peces	*Geotria australis*	VU
Peces	*Mordacia lapicida*	EN
Peces	*Diplomystes camposensis*	EN
Peces	*Diplomystes chilensis*	EN-R
Peces	*Hatcheria macraei*	VU
Peces	*Aplochiton marinus*	EN
Peces	*Odontesthes brevianalis*	VU
Anfibios	*Calyptocephalella gayi*	VU
Anfibios	*Rhinoderma darwini*	EN
Mamíferos	*Lontra provocax*	EN
Aves	*Buteo ventralis*	VU
Aves	*Nycticryphes semicollaris*	EN

Fuente: Elaboración Propia
EN: en peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazada, EN-R: En peligro

9.7 DAP consideradas para transferencia de beneficios de estudios internacionales.

Tabla 36: Valores de DAP considerados para la transferencia de beneficios.

Autor	DAP (USD/hogar/año)
Banzhaf et al, (2011)	25,77
Borisova et al, (2008)	37,01
Cameron and Huppert (1989)	39,48
Clonts and Malone (1990)	82,03
Collins and Rosenberger (2007)	14,98
Collins et al, (2009)	99,24
Croke et al (1987)	61,78
Cronin (1982)	125,86
Desvousges et al (1983)	152,02
Desvousges et al, (1987)	52,63
Downstream Strategies (2008)	10,49
Farber and Griner (2000)	68,67
Gramlich (1977)	159,82
Hite (2002)	49,47
Lant and Roberts (1990)	110,95
Lant and Tobin (1989)	105,27
Londoño Cadavid and Ando (2013)	31,85
Loomis (1996)	74,19
Matthews et al (1999)	17,32
Olsen et al (1991)	65,12
Rowe et al (1985)	107,30
Sanders et al (1990)	110,94
Takatsuka (2004)	236,23
Walsh et al, (1978)	149,29
Wattage (1993)	44,37
Whitehead (2006)	154,13
Whitehead and Groothuis (1992)	33,91
Promedio	**82,23**

Fuente: Elaboración propia en base a Johnston et al., 2017, 2005; Van Houtven et al., 2007. Todas las referencias de la tabla están contenidas en Johnston et al., 2017, 2005; Van Houtven et al., 2007

INFORME DE ANTECEDENTES TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DEFINITIVO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

DOCUMENTO PREPARADO POR:

DEPARTAMENTO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

DIVISIÓN DE RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Septiembre de 2023

1 INTRODUCCIÓN 4

2 PROCEDIMIENTO PARA LA DICTACIÓN DE NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL 4

2.1 Etapas y plazos del procedimiento de dictación de NSCA 4

2.2 Reglas especiales para el proceso de elaboración de NSCA 7

3 PRINCIPALES ANTECEDENTES CONTENIDOS EN EL EXPEDIENTE DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA 8

3.1 Estado de avance del Proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia 8

3.1.1 Anteproyecto 11

3.1.2 Consulta Pública del Anteproyecto 14

3.1.3 Consulta Indígena del Anteproyecto 18

3.2 Línea de tiempo proceso de elaboración NSCA cuenca río Valdivia 20

3.3 Principales Modificaciones entre el Anteproyecto y el Proyecto Definitivo 21

4 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DEFINITIVO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA 24

4.1 Objetivo y ámbito de aplicación 24

4.2 Antecedentes Generales 26

4.2.1 Cuenca del río Valdivia 26

4.2.2 Cambio Climático 33

4.3 Información Disponible 34

4.4 Actualización de las Áreas de vigilancia 36

4.5 Definición de parámetros a normar 44

4.6 Actualización de Tabla de Clases de Calidad 55

4.6.1 Evaluación de Riesgo Ecológico de la cuenca del río Valdivia 56

4.6.2 Base de datos y Estadística 59

4.6.3 Normas internacionales 62

4.6.4 Tabla de Clases de Calidad Ambiental de la cuenca del Río Valdivia 64

4.7 Análisis del estado actual de la cuenca 68

4.8 Determinación de valores umbrales de las normas 70

4.9 Definición de los criterios de cumplimiento 78

4.9.1 Representatividad de las muestras 79

5 REFERENCIAS 82

6 ANEXOS 88

6.1 Anexo 1: Cartografía usos de suelo cuenca del río Valdivia..... 88

6.2 Anexo 2: Catastro de fuentes puntuales al año 2019 89

6.3 Anexo 3. Datos excluidos del análisis estadístico por presentar anomalías sin causa aparente. 92

6.4 Anexo 4. Estadística Descriptiva de los datos y análisis de tendencia temporal y espacial 94

6.4.1 Estadística descriptiva por fuente de información.....94

6.4.2 Estadística descriptiva por tramos de la cuenca 95

6.4.3 Variabilidad Espacial de los datos.....102

6.4.4 Tendencia Temporal de los datos.....111

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe entrega los antecedentes, información y análisis realizados para el proceso de elaboración del proyecto definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia (en adelante "Proyecto Definitivo").

La información presentada en este informe considera los antecedentes contenidos en el expediente público de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia (en adelante "NSCA cuenca Valdivia"), el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de Consulta Pública, en virtud de lo indicado en el artículo 20 del D.S. N°38 de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que "Aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión" y los acuerdos a los cuales se arribó en el proceso de consulta indígena del anteproyecto de estas normas iniciado mediante Resolución Exenta N° 783, de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente y que constan en el acta de acuerdos y desacuerdos de fecha 27 de agosto de 2021.

Los antecedentes presentados en este informe fueron puestos a disposición del Departamento de Economía Ambiental para la actualización del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES), como parte del proceso de elaboración del Proyecto Definitivo.

2 PROCEDIMIENTO PARA LA DICTACIÓN DE NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL

La Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en su artículo 2°, letra ñ), define a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (en adelante "NSCA") como "aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza".

En base a lo anterior, las NSCA son un instrumento de gestión ambiental que, en el caso del medio hídrico, permiten conservar o preservar los ecosistemas acuáticos de cuencas hidrográficas, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca y, consecuentemente, contribuyen a la conservación de las funciones ecológicas de estos ecosistemas, así como de los servicios ecosistémicos que estos proveen.

2.1 Etapas y plazos del procedimiento de dictación de NSCA

Las etapas del procedimiento para la dictación de NSCA se encuentran establecidas en el artículo 32 de la Ley Nº 19.300, así como en el Decreto Supremo N°38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que "Aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión" (en adelante "Reglamento").

En específico, el artículo 6° del referido Reglamento, indica que este proceso "*comprenderá las siguientes etapas: desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consulta a organismos competentes, públicos y privados, y análisis de las observaciones formuladas. Todas las etapas deberán tener una adecuada publicidad*".

En este sentido, las etapas señaladas y los plazos establecidos para cada una de ellas se resumen en la Figura 1.

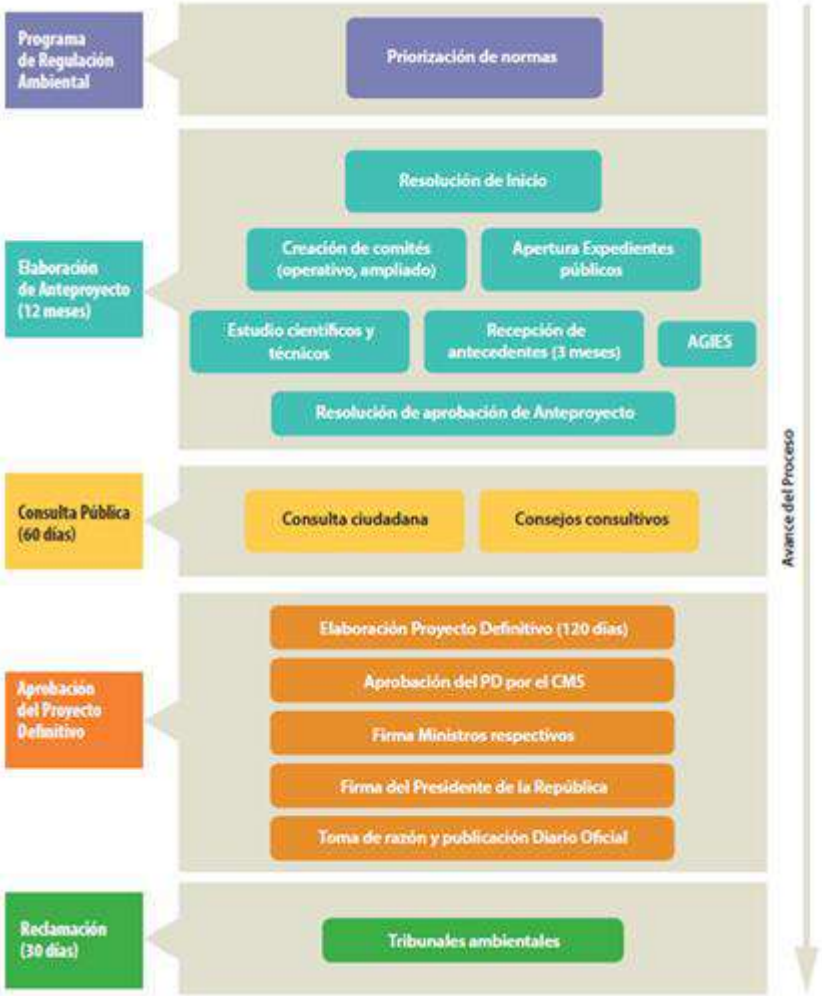


Figura 1. Etapas y plazos del proceso de elaboración de normas de calidad, según D.S. N° 38/2012 (MMA, 2017).

En términos generales pueden identificarse 4 etapas. En una primera instancia, se encuentra la Priorización de las Normas en el Programa de Regulación Ambiental por parte del Ministerio del Medio Ambiente. En efecto, tal como lo señala el Reglamento en el artículo 10°, "*Corresponderá al Ministro definir un programa de regulación ambiental que contenga los criterios de*

sustentabilidad y las prioridades programáticas en materia de políticas, planes y programas de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión y demás instrumentos de gestión ambiental".

La segunda etapa consiste en la Elaboración del Anteproyecto, descrita en el artículo 12 del Reglamento, el cual dispone que: "*La elaboración del Anteproyecto de norma se iniciará mediante resolución dictada al efecto por el Ministro una vez efectuada la publicación a que se refiere el artículo 10. Dicha etapa durará doce meses. El Ministro podrá encargar estudios u ordenar aquellas actividades necesarias para preparar el inicio de la elaboración del Anteproyecto de norma*."

La tercera etapa es de Consulta Pública, ésta comienza una vez se haya publicado la Resolución de aprobación del Anteproyecto y, según lo indicado por el artículo 20 del Reglamento: "*Dentro del plazo de sesenta días, contado desde la publicación de la resolución señalada en el artículo 17, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto de norma"*.

La cuarta etapa corresponde a la Elaboración del Proyecto Definitivo, la cual es descrita en el artículo 21 del Reglamento, señalándose que: "*Dentro de los 120 días siguientes de vencido el plazo a que se refiere el artículo precedente, considerando los antecedentes contenidos en el expediente y el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de consulta, se elaborará el proyecto definitivo de norma*".

Adicionalmente, el artículo 22 del Reglamento indica los pasos a seguir una vez elaborado el proyecto definitivo de la norma, disponiendo que: "*Agotado el plazo a que hace referencia el artículo anterior, el Ministro remitirá el proyecto definitivo de norma al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad para su discusión y pronunciamiento, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 71, letra f), de la ley N° 19.300*.

El proyecto definitivo de norma será conocido por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad en la sesión ordinaria o extraordinaria siguiente a la fecha de su presentación. El asunto deberá agregarse a la tabla respectiva".

Posteriormente, el proyecto definitivo debe ser sometido a consideración del Presidente de la República, según lo indicado en el artículo 23 del Reglamento: "*Emitido el pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, el proyecto definitivo de norma será sometido a la consideración del Presidente de la República para su decisión*".

Finalmente, es importante indicar que nuestro ordenamiento jurídico establece un recurso especial de reclamación frente a los decretos supremos que establezcan Normas de Calidad Ambiental o de Emisión. El artículo 40 del Reglamento indica que: "*Los decretos supremos que establezcan normas primarias y secundarias de calidad ambiental y de emisión, serán reclamables ante el Tribunal Ambiental competente, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 50 de la ley N°*

19.300, por cualquier persona que considere que no se ajustan a dicha ley y a la cual le causen perjuicio.

El plazo para interponer el reclamo será de treinta días, contado desde la fecha de publicación del decreto en el Diario Oficial, o desde la fecha de su aplicación, tratándose de las regulaciones especiales para casos de emergencia".

2.2 Reglas especiales para el proceso de elaboración de NSCA

Considerando la naturaleza y objetivos de las normas secundarias de calidad ambiental, en el Título Tercero párrafo 2° del D.S. 38/2012 MMA se establecen las Reglas especiales para la determinación de Normas secundarias de calidad ambiental.

En este contexto, entre los artículos 29 al 32 se establece que, para la determinación de las normas secundarias de calidad ambiental, se recopilarán los antecedentes y se encargará la preparación de estudios o investigaciones técnicas, científicas, toxicológicas y otras que sean necesarias para establecer los niveles de exposición o carencia para la protección o conservación del medio ambiente o la preservación de la naturaleza.

Para lo cual deberá considerarse el sistema global del medio ambiente, además de las especies y componentes del patrimonio ambiental, que constituyan el sostén de poblaciones locales y los antecedentes relativos a las condiciones de explotación de los recursos naturales renovables.

Adicionalmente, se deberán considerar, conjuntamente, los siguientes criterios:

a) Riesgo o alteración significativa del patrón de distribución geográfica de una especie de flora o fauna o de un determinado tipo de ecosistema nacional, especialmente de aquellos que sean únicos, escasos o representativos, que ponga en peligro su permanencia, capacidad de regeneración, evolución y desarrollo;

b) Riesgo o alteración significativa en la abundancia poblacional de una especie, subespecie de flora o fauna, o de un determinado tipo de comunidad o ecosistema, que ponga en peligro su existencia en el medio ambiente;

c) Riesgo o alteración de los componentes ambientales que son materia de utilización por poblaciones locales, en especial genes, especies, ecosistemas, suelo, agua y glaciares, y

d) Riesgo o degradación significativa de monumentos nacionales, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Finalmente, toda norma secundaria de calidad ambiental señalará los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, el ámbito de aplicación territorial, el plazo para su entrada en vigencia, el

programa y los plazos de cumplimiento y la forma para determinar cuándo se entiende sobrepasada.

Los protocolos, procedimientos, métodos de medición y análisis para determinar el cumplimiento de la norma de calidad serán establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente. Para tales efectos y en conformidad a lo dispuesto en el artículo 48 bis de la ley Nº 19.300, la Superintendencia deberá remitir al Ministerio, en un plazo de 60 días hábiles, contados desde la publicación en el Diario Oficial del decreto que establezca la norma respectiva, la propuesta de resolución mediante el cual establezca dichos protocolos, procedimientos y métodos. Emitido el informe del Ministerio, la Superintendencia, dentro del plazo de 30 días hábiles, deberá dictar la mencionada resolución.

3 PRINCIPALES ANTECEDENTES CONTENIDOS EN EL EXPEDIENTE DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

3.1 Estado de avance del Proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia

El proceso de elaboración de las NSCA para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia (NSCA cuenca río Valdivia) comenzó, en principio en dos procesos separados, por una parte, mediante Resolución Exenta N° 393, de 31 de marzo de 2005, del Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, se dio inicio a la dictación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas del río Cruces, X Región, mientras que mediante la Resolución Exenta N° 3.401, de 18 de diciembre de 2006[1], del Director Ejecutivo (S) de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, se dio inicio a la elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia.

Posteriormente, mediante Resolución Exenta N° 947, de 14 de septiembre de 2010[2], se acumulan los procesos antes referidos, debido principalmente a que se trata de una única cuenca, que, en la parte media baja está constituida por el sistema estuarial, formado por los ríos Calle Calle, Cruces y Valdivia, en el cual, sus aguas pueden mezclarse dependiendo de la circulación mareal.

De esta manera, mediante Decreto Supremo N°1, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, se dictaron las NSCA cuenca río Valdivia, las cuales a través de su publicación en el Diario Oficial entraron en vigencia el día 27 de noviembre de 2015[3].

---

[1] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/170_Folio_N__0001-0099.pdf

[2] Disponible en: http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/Folio_N__1382-1482.pdf

[3] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/Folio_3458-3461_D.O._27.11.2015_NSCA_Valdivia.pdf

Sin embargo, durante el año 2016 y, en virtud de lo establecido en el artículo 50 de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y del artículo 17 N° 1 de la Ley N°20.600 que Crea los Tribunales Ambientales, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile admitió a trámite las reclamaciones interpuestas en contra del Decreto Supremo referido, por Celulosa Arauco y Constitución S.A. (R-26-2016), Forestal Río Calle Calle S.A. (R-27-2016) y la Corporación Para el Desarrollo de la Región de Los Ríos ("CODEPROVAL") (R-25-2016).

Posteriormente y luego de analizados los antecedentes, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile dictó sentencia el 29 de septiembre de 2016[4], resolviendo:

- Rechazar la reclamación interpuesta por la empresa Forestal Calle Calle.
- Acoger las reclamaciones interpuestas por la corporación Codeproval y por la empresa Celulosa Arauco, solo por falta de motivación suficiente del decreto reclamado, como resultado de las diversas deficiencias sustantivas y adjetivas de los análisis generales del impacto económico y social.
- Anular el decreto reclamado, así como la Resolución Exenta N° 478, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba anteproyecto de NSCA cuenca río Valdivia, y todos los actos administrativos trámites dictados a partir de esta última.
- Ordenar al Ministerio del Medio Ambiente reanudar, en el más breve plazo posible, el procedimiento administrativo, a partir de la elaboración de un análisis general del impacto económico y social de las normas contenidas en el anteproyecto que el Ministerio del Medio Ambiente oficialice, dando cumplimiento al D.S. N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

Posteriormente, en virtud de lo establecido en Arts. 764 y 767 del Código de Procedimiento Civil el Consejo de Defensa del Estado, en representación del Ministerio del Medio Ambiente interpuso un recurso de Casación en el fondo (Corte Suprema Rol N° 83344-2016) para impugnar la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile. Finalmente, el 26 de julio de 2017, la Tercera Sala de la Corte Suprema[5] resuelve rechazar el recurso de casación en el fondo deducido en contra de la sentencia del 29 de septiembre de 2016 del Tercer Tribunal Ambiental de Chile, quedando ésta a firme y ejecutoriada.

Dado lo anterior, y en cumplimiento de la sentencia, el Ministerio del Medio Ambiente reanudó el proceso de elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia, a través de la Resolución Exenta N° 909, del 07 de septiembre de 2017, otorgando un plazo de tres meses para la generación del Anteproyecto y la elaboración del Análisis General del Impacto Económico y Social (en adelante

[4] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/Sentencia_3__TA_29.09.2016.pdf

[5] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/Sentencia_Corte_Suprema_26.07.2017.pdf

"AGIES"), plazo que fue ampliado a través de la Resolución Exenta N° 1382 del 07 de diciembre de 2017 hasta el 22 de diciembre de 2017.

Posteriormente, a través de la Resolución Exenta N° 1431 del 15 de diciembre de 2017, del Ministerio del Medio, se aprobó el Anteproyecto de las Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia[6] y se ordenó someterlo a consulta pública. Dando inicio al proceso de consulta pública, el cual se llevó a cabo entre el 26 de diciembre de 2017 y el 21 de marzo de 2018. Asimismo, el Anteproyecto fue sometido a la opinión del Consejo Consultivo Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos[7] y al Consejo Consultivo Nacional[8].

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N° 783, del 30 de agosto de 2018[9], se dispuso la realización de un proceso de consulta a pueblos indígenas sobre el Anteproyecto (en adelante "PCI"), el cual concluyó, mediante la Res. Ex. N° 1495 del 23 de diciembre de 2021[10], que declara el cierre del Proceso de Consulta Indígena. El proceso de consulta en las regiones de La Araucanía y Los Ríos se dividió en varias etapas, que incluyeron la planificación, la entrega de información y la difusión, la deliberación interna y el diálogo con un grupo representativo de todas las comunas que participaron en el proceso.

Además, se llevó a cabo una etapa de sistematización por parte del Ministerio, que concluyó con un informe[11] disponible al público que dio cuenta del proceso consultivo.

El proceso de consulta duró un total de 822 días hábiles, desde la fecha de publicación de la Resolución Exenta que dio inicio hasta la fecha de publicación de la Resolución Exenta que dio cierre a la consulta. El Ministerio del Medio Ambiente destinó un presupuesto de $54.930.730 para llevar a cabo el proceso.

Posterior a dichas instancias de consulta, el MMA realizó el análisis de las observaciones formuladas, revisión de los antecedentes contenidos en el expediente público de la norma, y evaluación de la nueva información de monitoreo de calidad de las aguas entregada por la Dirección General de Aguas (DGA) hasta el año 2019 y trabajó en una propuesta de proyecto definitivo que fue presentada al Comité Operativo (CO) y al Comité Operativo Ampliado (COA) de

---

[6] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/res_aprueba_AP.pdf

[7] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/56c_Folio_3755_3756.pdf

[8] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/af7_OF.N__175463_MMA.pdf

[9] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/Folio_4667-4669.pdf

[10] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2022/proyectos/5605-5609_2021.12.23_Res_Ex_1495_cierre_CI_pagenumber.pdf

[11] Disponible en: https://consultaindigena.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/01/Informe_sistematizacion_PCI_NSCA_rio_Valdivia_.pdf

estas normas el día 27 de diciembre de 2021 (en adelante "propuesta PD 2021"). A continuación, el MMA recibió comentarios respecto a la "propuesta PD 2021" emitidos por los integrantes del COA, mediante cartas ingresadas a las Oficinas de Parte de la SEREMI del Medio Ambiente de la región de los Ríos[12] y mediante intervenciones en reuniones realizadas en el marco del proceso de elaboración de estas NSCA[13]. Las observaciones más recurrentes, indican que la propuesta PD 2021: (i) habría incrementado los umbrales normativos del anteproyecto aprobado a valores muy permisivos de manera injustificada, (ii) la definición de los mismos umbrales normativos para toda la cuenca estaría desprotegiendo los ecosistemas más prístinos de esta y (iii) no se estaría dando cumplimiento al objetivo de las NSCA de mantener o mejorar la calidad de las aguas de la cuenca.

A partir de estas observaciones, el MMA comienza una etapa de revisión de la propuesta PD 2021 que se extiende hasta el año 2023 ("propuesta PD 2023"). Este informe da cuenta de la metodología empleada para la elaboración de esta nueva propuesta de Proyecto Definitivo que se encarga de las principales inquietudes levantadas sobre la propuesta PD 2021.

La elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia se encuentra priorizada en el Programa de Regulación Ambiental 2020-2021, aprobado mediante Resolución Exenta N° 440, del 26 de mayo de 2020, del Ministerio del Medio Ambiente[14] y en el Programa de Regulación Ambiental 2022-2023, aprobado mediante Resolución Exenta N°1206 del 30 de septiembre de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente[15].

A continuación, se presenta un resumen más detallado sobre las etapas del proceso de elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia que ya se encuentran finalizadas.

3.1.1 *Anteproyecto*

Con el objetivo de "conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca", en el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental se establecieron estándares de calidad ambiental para 21 parámetros que en su conjunto permitirían aportar a la mantención del estado trófico (NO_3 y PO_4), de las condiciones hidroquímicas (Cl, SO4, Na, Conductividad), de las condiciones de oxigenación, acidez y alcalinidad del agua de la cuenca (O_2, DBO_5, pH), así como proteger estos ecosistemas de efectos letales y subletales generados por metales pesados (Cr, Al, Fe, Mn, Zn, Cu totales y disueltos) y otros elementos relevantes por su toxicidad (AOX). Contribuyendo a mantener las condiciones fisicoquímicas del agua que hacen posible la evolución

[12] Ver folios 5694, 5697 al 5699, 5700, 5762 al 5767, 5768 al 5769 y 5774.

[13] Ver folios 5684 a 5691, 5805 al 5807 y 5855 al 5860.

[14] Disponible en: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1146129

[15] Disponible en: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1183483

y desarrollo de las especies y que aseguran la provisión de los servicios ecosistémicos a la sociedad en su conjunto.

Lo anterior, bajo un enfoque de desarrollo sustentable, beneficiando además a los sectores relacionados con mantención de hábitats y desarrollo de oportunidades de recreación y ecoturismo, provisión hídrica relacionado a usos para consumo humano y otros usos productivos. Adicionalmente, permite la protección del patrimonio ancestral de las comunidades indígenas existentes en la cuenca.

Pare ello se realizó:

- Análisis de la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua en la cuenca, a partir de la información reportada por la DGA, en la cuenca del río Valdivia, y otras fuentes de información.
- Revisión y análisis de los usos de la cuenca para determinar los potenciales contaminantes, de origen antrópico, de mayor relevancia.
- Revisión de normas internacionales.
- Revisión de las principales características ecológicas de la cuenca, de biodiversidad, endemismo y presencia de especies con problemas de conservación en relación a la calidad del agua existente.
- Evaluación de Riesgo Ecológico para metales.

La cuenca del río Valdivia se destaca por la alta biodiversidad y endemismo de las especies presentes en la cuenca, así como por sus características oligotróficas, con bajos niveles de nutrientes, y excelente nivel de oxigenación. Adicionalmente, esta cuenca destaca por sus características hidroquímicas, por tratarse de sistemas de muy baja mineralización (aguas muy blandas) caracterizadas por la baja concentración de sales (Cl, Na, K, Mg, Ca, SO4) y baja conductividad, constituyéndose en una cuenca en que las características fisicoquímicas de sus aguas, dan cuenta de condiciones únicas y escasas a nivel nacional.

Al relacionar la calidad del agua de la cuenca con las características ecológicas, tales como su biodiversidad y endemismo, fue posible observar que existe una directa relación entre la fauna íctica nativa con las condiciones fisicoquímicas del agua de la cuenca. Registrándose la mayor biodiversidad y endemismo en aquellos tramos dónde se observan características oligotróficas, con bajos niveles de nutrientes, altos niveles de oxigenación y baja concentración de sales (Cl, Na, K, Mg, Ca, SO4) y conductividad.

Por lo que es posible señalar que la mantención de las características fisicoquímicas del agua de la cuenca, especialmente la de tramos alto valor de conservación, así como de alta riqueza específica, promueve la conservación del patrimonio ambiental, la provisión de servicios ecosistémicos, contribuyendo al cumplimiento del objetivo de protección de estas normas. En consecuencia, la mantención de estas características fisicoquímicas resulta fundamental para garantizar la mantención de la biodiversidad de la cuenca y velar por la preservación de la naturaleza.

Por otro lado, en la cuenca del río Valdivia, existen áreas o tramos que, a partir del año 2004, han evidenciado cambios estadísticamente significativos en sus características fisicoquímicas, los cuales se relacionan directamente con la degradación de ecosistemas, con cambios en la distribución, abundancia y biodiversidad en la cuenca (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014; Universidad Austral de Chile, 2016). Por lo que fue necesario incorporar, como criterio para establecer los valores a normar, la recuperación gradual de las características fisicoquímicas históricas en aquellos tramos intervenidos. De la misma forma, fue necesaria la determinación de niveles máximos de tolerancia de las especies para parámetros antrópicos como los metales totales y disueltos, los cuales se obtuvieron a partir estudios de Evaluación de Riesgo Ecológico (tanto agudos como crónicos) de tipo probabilísticos, de acuerdo a la metodología propuesta por Medina & Encina, 2003, que además incorporó análisis de variabilidad e incertidumbre para estimar porcentaje de especies protegidas para un nivel de exposición determinada, para lo cual se utilizó una modificación de la metodología de Van Straalen & Denneman, 1989.

Por tal motivo, se determinaron los siguientes criterios para establecer el valor a normar en al Anteproyecto:

- Mantener la calidad histórica de la cuenca del río Valdivia (1987-2016), en aquellos tramos en los cuales no se han registrado variaciones significativas en la calidad fisicoquímica histórica del agua y que se relacionan con una alta biodiversidad y endemismo.
- Recuperar gradualmente las características fisicoquímicas históricas en aquellos tramos intervenidos

En este contexto cabe destacar que, para ecosistemas relevantes con un alto valor de conservación, tales como los ecosistemas presentes en la cuenca del río Valdivia, ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone utilizar los valores de referencia para definir los lineamientos de calidad de agua. Es decir, los valores históricos definiendo el percentil 80 de la distribución de los datos. Por el contrario, para ecosistemas perturbados recomienda utilizar un percentil menor, con el objetivo de recuperar este ecosistema.

Por lo anteriormente señalado, para determinar los niveles de calidad ambiental del Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia, se realizó un análisis de las características fisicoquímicas históricas de la cuenca en relación a la biodiversidad y endemismo de la cuenca, una revisión de normas internacionales que tienen como objetivo la protección de la biota acuática, Evaluación de Riesgo Ecológico, revisión de estudios de indicadores biológicos, y la elaboración la Tabla de Clases de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia.

Mayor información respecto de la elaboración del Anteproyecto se encuentra disponible en el "Informe Técnico Consulta Pública Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas continentales Superficiales de la Cuenca del Río Valdivia"[16]

3.1.2 *Consulta Pública del Anteproyecto*

La consulta pública del Anteproyecto se llevó a cabo entre el 26 de diciembre de 2017 y el 21 de marzo de 2018, recibiéndose un total de 109 observaciones de 28 observantes. El análisis de cada una de las observaciones formuladas, en el proceso de consulta pública, se encuentra disponible en el expediente público de las normas (Folios 4870-5114[17]). Respecto de éste, en forma general se puede señalar que, sin perjuicio de que se recibió una gran diversidad de observaciones, tanto positivas como negativas, la mayoría tiene relación con la percepción, de algunos observantes, de que el MMA no habría dado cumplimiento a la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile.

Por este motivo en la mayoría de las respuestas se recuerda a los observantes que su observación ya fue rechazada por el Tercer Tribunal Ambiental de Chile y se explica, en detalle, todas las acciones realizadas por el Ministerio para dar cabal cumplimiento a dicha sentencia. Ente las cuales se destacan:

- Retrotraer el proceso a la etapa de Anteproyecto
- Elaborar un Nuevo AGIES que cumple con todos los requisitos y estándares establecidos por el Tribunal (el nuevo AGIES estima beneficio de la NSCA y un eventual Plan de prevención y/o Descontaminación, a través de la valoración de los servicios ecosistémicos)

A continuación, se entrega una síntesis de las principales observaciones recibidas y el análisis de éstas.

- **Positivas**

Se recibieron observaciones positivas, en las cuales se valora el esfuerzo realizado por el MMA para proteger el patrimonio ambiental de la cuenca del río Valdivia, por incorporar y valorar los servicios ecosistémicos de la cuenca y especialmente, porque la implementación de las NSCA podría facilitar la gestión integral de la cuenca del río Valdivia, y por lo cual resultan fundamentales para la sostenibilidad de la cuenca y de sus habitantes.

- **Respecto del proceso de consulta pública**

---

[16] Informe Técnico Consulta Pública NSCA Cuenca Valdivia. Disponible en expediente público a Folio 4025 al 4098 https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/Folio_4025-4095_informe.pdf

[17] Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/2014870-5114_RESPUESTAS_PAC_VALVIDIA.pdf

Algunas observaciones señalan que el proceso de consulta pública, ejecutado por el MMA, no cumple con estándares mínimos de participación ciudadana.

En este contexto se señaló a los observantes, que, con el objetivo de promover la participación informada de la comunidad, en cumplimiento de la normativa vigente (D.S. N°38 de 2012, MMA, y Res. Ex. N°601 de 2015, MMA), se realizaron las siguientes acciones:

a) Publicación extracto Anteproyecto en el Diario Oficial (22.12.2017);

b) Publicación extracto Anteproyecto en el Diario la Tercera (24.12.2017) y

c) Publicación del Anteproyecto y todos los antecedentes vinculados al proceso de consulta, en la plataforma electrónica (link: http://consultasciudadanas.mma.gob.cl).

Por otro lado, la Seremi del Medio Ambiente realizó acciones adicionales con el objetivo de potenciar criterios de representatividad, diversidad y pluralismo en la comunidad, tales como la publicación de información del proceso en el diario regional, el envío de correos electrónicos masivos y cartas de invitación (a personas naturales, representantes de organizaciones locales de base y ambientales, empresas, servicios públicos y municipios), en los cuales se difundieron las actividades de la consulta, los canales de acceso a la información relevante y las distintas modalidades de participación y entrega de observaciones al Anteproyecto. Asimismo, se ejecutaron 5 Talleres de información, se realizaron reuniones informativas con los Alcaldes de Los Lagos, Máfil y Loncoche y se realizó gestión de prensa y redes sociales.

- **Respecto del cumplimiento de la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile**

Gran parte de las observaciones recibidas, en el proceso de consulta pública, son similares a las reclamaciones ingresadas al Tribunal, que fueron rechazadas en la sentencia del 29 de septiembre de 2016. Por lo que se destacan los considerandos de la sentencia, en los cuales se rechazaron las siguientes reclamaciones presentadas por CODEPROVAL, Forestal Calle Calle y Arauco:

- Considerando 35: supuesta Infracción a los principios de celeridad, eficacia y eficiencia (decaimiento del Procedimiento).

- Considerando 36: supuesta Infracción al principio de publicidad, sin participación pública, sin colaboración de los ministerios y servicios públicos relacionados.

- Considerando 37: supuesta Infracción al principio de igualdad en el trato.

- Considerando 38: que el procedimiento administrativo debió primeramente invalidar o revocar el decreto archivado.

- Considerando 40: que el decreto reclamado adolece de vicios de motivación, que el MMA no ha actuado en forma razonada. No encontrando referencia o antecedentes científicos que los funden mínimamente en el expediente administrativo, ni tampoco en la regulación comparada.

- Considerando 48: falta de estimación del incremento de tarifas reguladas a la población que deberán realizar las empresas de servicios sanitarios para financiar las inversiones para cumplir esta norma.

- Considerando 65: Omisión de estudio Informe Final del Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces.

Asimismo, se informan las acciones desarrolladas por el MMA, con el objeto de dar estricto cumplimiento a la sentencia. Para ello se hizo necesario hacer presente a los observantes que el Tribunal no cuestionó el D.S. N° 1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente, en cuanto a su objeto de protección ambiental, parámetros normados, niveles de calidad ambiental, ni áreas de vigilancia. El Tribunal ha dejado sin efecto la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) sólo por falta de motivación suficiente del decreto reclamado, como resultado de "las diversas deficiencias sustantivas y adjetivas del AGIES" (resuelvo segundo de la sentencia). Al respecto, la sentencia determinó que existieron vicios procedimentales y de motivación únicamente en lo relativo a los Análisis Generales de Impacto Económico y Social (AGIES). Por lo que el MMA elaboró un nuevo AGIES que cumple con todos los requisitos y estándares establecidos por el Tribunal (el nuevo AGIES estima beneficio de la NSCA y un eventual Plan de prevención y/o Descontaminación, a través de la valoración de los servicios ecosistémicos).

- **Respecto del AGIES:**

Respecto a las observaciones en relación al AGIES, se informa que la sentencia se estableció la existencia de vicios procedimentales y de motivación únicamente en lo relativo a los Análisis Generales de Impacto Económico y Social (AGIES). En cuanto a la fundamentación del AGIES, el fallo sostiene que la determinación de los costos adoleció de falta de antecedentes y contenía una escueta presentación de los cálculos, lo que provocó que la determinación de los costos no estuviera debidamente fundada. Por otra parte, el Tribunal estima que no hubo una justificación suficientemente fundamentada para no cuantificar los beneficios generados por la Norma.

En este contexto se informa que, dando cumplimiento a la sentencia, el Ministerio reanudó el procedimiento a partir de la elaboración de un nuevo AGIES, el cual sirve de base al presente Anteproyecto sometido a consulta pública, subsana las deficiencias y se hace cargo de las observaciones realizadas por el Tribunal tanto de forma como de fondo.

En el nuevo AGIES se estima la valoración económica del impacto de la regulación detallando los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la Norma, así como a un eventual plan de descontaminación; se siguen los estándares exigidos por la legislación y la referida sentencia; y, se robustece y funda adecuadamente el Anteproyecto de Norma. Así, con el nuevo AGIES se complementan los antecedentes sociales y económicos que permiten el control de la NSCA de la cuenca del río Valdivia y sus resultados dan cuenta de cómo los beneficios superan a los costos.

De esta forma considerando la armonización y complementariedad que existe entre las NSCA y su Plan de Descontaminación, se obtienen costos del orden de 1,63 millones [USD/año] y beneficios estimados en 5,8 millones [USD/año].

- **Respecto de las observaciones sobre las NSCA (objetivo ambiental, parámetros, concentraciones, áreas de vigilancia y estudios que fundan las NSCA):**

Se informa a los observantes que los niveles de calidad ambiental normados se han fijado con un criterio de realismo y proporcionalidad, teniendo como objetivo mantener la calidad actual de las aguas y recuperarla en aquellos sectores de la cuenca que así lo requieran, porque han perdido su calidad histórica o sufrido daño ambiental. En este contexto, se hace presente que elaborar normas de calidad ambiental demasiado laxas, trae como consecuencia la pérdida de calidad en sectores que son de alta significancia para la biodiversidad local y nacional, generando un costo mayor para la sociedad a largo plazo.

En relación a la supuesta imposibilidad de cumplimiento de los valores normados se destaca que, en general, estos corresponden a los niveles de concentración que hoy se registran en la cuenca, ya que en gran parte de la cuenca la calidad actual se ha mantenido dentro de los rangos históricos de variación. A mayor abundamiento, se informa que las características ecológicas de la cuenca, tales como su alta biodiversidad y endemismo se relacionan directamente con las condiciones fisicoquímicas históricas de las aguas de la cuenca, es decir con las características fisicoquímicas reportadas por la Dirección General de Aguas (DGA), desde el año 1987 hasta el año 2017

Asimismo, se informa, que el Tribunal, luego de discurrir sobre los vicios procedimentales y de motivación de la Norma, en un apartado distinto, analiza la proporcionalidad del D.S. N°1/2015 MMA, afirmando en el considerando sexagésimo segundo, que los tres primeros requisitos de la proporcionalidad concurren en el D.S. N°1/2015 MMA, e incluso en el decreto archivado. En este sentido, el Tribunal Ambiental estimó que la NSCA del río Valdivia persigue una finalidad legítima, es idónea para el fin buscado y necesaria. Así, el Tribunal sólo cuestionó el cuarto requisito, esto es, la proporcionalidad en sentido estricto, que dice relación con que la gravedad de la intervención ha de ser adecuada al objetivo de la intervención, ya que para ello, el Tribunal recondujo su examen al análisis de los costos y beneficios contemplados en el AGIES, el cual presentaba las deficiencias antedichas, por lo que el Tribunal concluye que el D.S. N°1/2015 MMA carece de proporcionalidad en sentido estricto debido sólo a la ausencia de antecedentes sociales y económicos que permitan su control.

- **Respecto de la falta de Consulta Indígena:**

El proceso de elaboración del presente Anteproyecto consideró la pertinencia de la Consulta Indígena. Por lo que mediante la Res. Ex. N° 783/2018 MMA, se dispuso la realización de un proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia y se ordenó convocar a los pueblos indígenas y sus instituciones representativas a la primera reunión de planificación del proceso de consulta de conformidad a lo dispuesto en el artículo 15 del DS N° 66, de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social.

- **Respecto del uso de Normas Internacionales como referencia:**

Durante el proceso de elaboración de las NSCA Valdivia se ha realizado una exhaustiva revisión de normas internacionales, a modo de referencia, cuyo objetivo es la protección de ecosistemas acuáticos. De la revisión realizada se deprende que, tanto los parámetros regulados en el Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia (2017), así como sus límites máximos o mínimos permitidos, son similares a lo normado en las regulaciones de los siguientes países: miembros de la Unión Europea, Alemania, Italia, Suecia, Reino Unido, España, Países Bajos, Suiza, Argentina, Australia y Nueva Zelanda, Brasil, Canadá; Estados Unidos y Japón.

3.1.3 *Consulta Indígena del Anteproyecto*

En virtud del Convenio 169 Sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de la Organización Internacional del Trabajo y del Decreto Supremo N°66, de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social, (en adelante "D.S. N° 66/2013") el Ministerio del Medio Ambiente dispuso, mediante la Resolución Exenta N° 783, del 30 de agosto de 2018, la realización de un proceso de consulta a pueblos indígenas sobre el Anteproyecto (en adelante "PCI"), convocándose para ello a los pueblos indígenas y sus instituciones representativas. El Proceso de Consulta Indígena se llevó a cabo con organizaciones del pueblo Mapuche que integran las comunas de Los Lagos, Valdivia, Lanco y San José de la Mariquina, correspondientes a la región de Los Ríos, y las comunas de Villarrica y Loncoche, correspondientes a la región de La Araucanía.

El PCI contempló la implementación total de las cinco etapas señaladas en el artículo 16 del D.S. N° 66/2013, lo cual consta en el Informe de Sistematización elaborado por el Departamento Ciudadanía de la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana del Ministerio del Medio Ambiente, de noviembre de 2021[18]. Los acuerdos alcanzados durante este proceso constan en el acta de fecha 27 de agosto de 2021.

En términos generales, se llegaron a acuerdos relacionados a incorporar definiciones en el decreto y en el proyecto definitivo, por ejemplo:

- Definir "Ecosistemas hídricos" y "Servicios Ecosistémicos"
- Áreas de vigilancia, incorporar la parte alta del Río Cruces al área de vigilancia Rio Cruces (RCI).
- Áreas de vigilancia, incorporar el área de drenaje de los humedales Angachilla y Santo Domingo como parte del área de vigilancia del Río Valdivia (RV).

[18] Informe Final de Sistematización del Proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las Normas Secundarías de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. Disponible en: https://consultaindigena.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/01/Informe_sistematizacion_PCI_NSCA_rio_Valdivia_.pdf

Respecto a la frecuencia de monitoreo, el Anteproyecto consideraban 4 campañas de monitoreo al año con representatividad estacional, y las comunidades solicitaron aumentar a una frecuencia mensual, con un total de 12 campañas al año.

También, respecto a los informes de calidad, que fueran elaborados anualmente por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y que esta información sea compartida con las comunidades.

Además, y por primera vez se establece un Programa de involucramiento Comunitario (PIC) en normas secundarias de calidad ambiental, nunca había existido una instancia de seguimiento de la regulación cuando ésta se está implementando.

Lo que busca es que el Ministerio elabore un programa y que se defina como principales deberes del PIC: Informar a las comunidades respecto al monitoreo de la norma. Socializar el contenido del Informe Técnico de Cumplimiento de la SMA y comunicar el cumplimiento de la NSCA mediante la exposición del informe de Calidad del MMA. Realizar talleres de educación ambiental de la calidad de las aguas de la cuenca, capacitación ambiental y cultural de la cosmovisión Mapuche. Propiciar la participación de organizaciones sociales de base sin fines de lucro tanto indígenas como no indígenas (ONG, fundaciones, Juntas de vecinos. que están haciendo acciones de resguardo de la mejora de la calidad de las aguas). Permitir a los participantes la presentación de consultas, observaciones y/o propuestas. Reconocer la existencia y participación permanente en las secciones del PIC de un Consejo Mapuche Kümekeche.

El proceso concluyó, mediante la Res. Ex. N° 1495 del 23 de diciembre de 2021, que declara el cierre del Proceso de Consulta Indígena.

3.2 Línea de tiempo proceso de elaboración NSCA cuenca río Valdivia

En base a los antecedentes expuestos entre la sección 3.1 del presente informe, la **Figura 2** presenta los hitos más relevantes en el proceso de elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia.

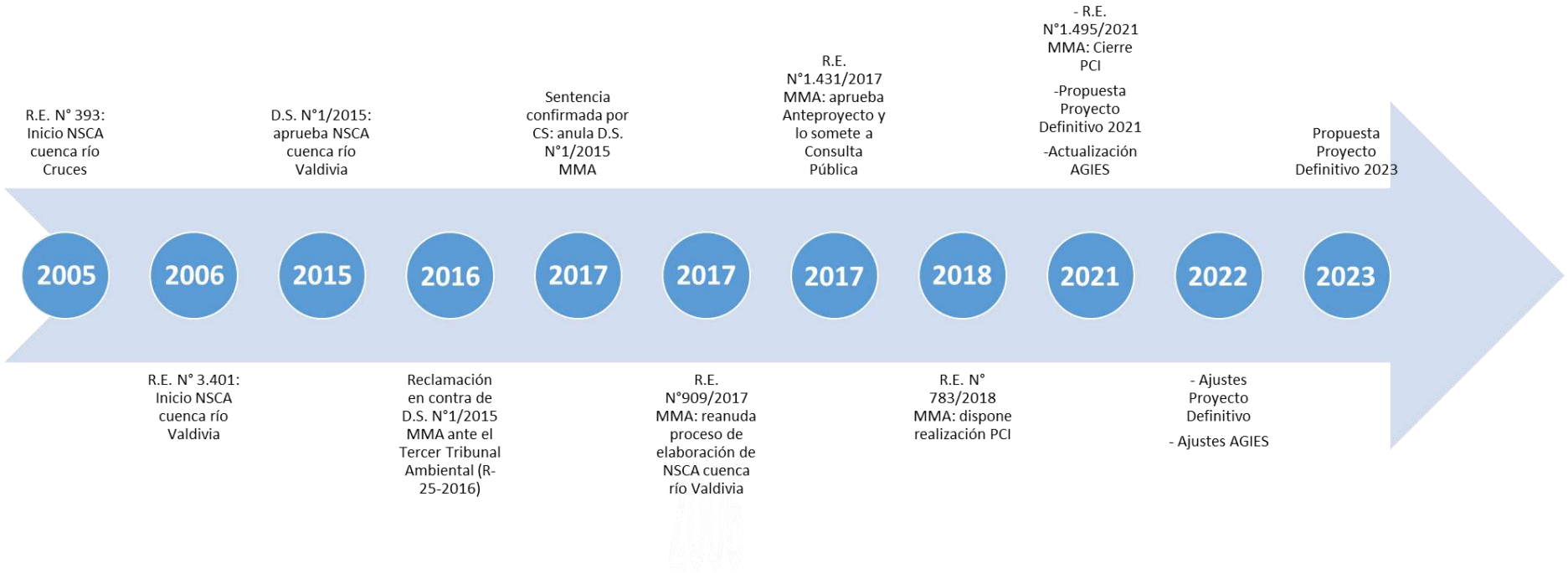


Figura 2. Línea de tiempo de principales hitos del proceso de elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia.

3.3 Principales Modificaciones entre el Anteproyecto y el Proyecto Definitivo

Este informe presenta la propuesta de Proyecto Definitivo 2023, que entrega la justificación técnica de los umbrales normativos incluidos en este instrumento de gestión ambiental y, además, busca subsanar las observaciones realizadas por el Comité Operativo Ampliado a la propuesta PD 2021. La **Tabla 1** presenta un resumen de los cambios que ha sufrido este instrumento a lo largo de las distintas etapas de elaboración y la justificación resumida de los cambios implementados.

Tabla 1. Resumen de las principales diferencias entre el anteproyecto de las NSCA cuenca río Valdivia y ambas propuestas de Proyecto Definitivo.

Item	Anteproyecto aprobado mediante R.E. N°1431/2017	Propuesta de Proyecto Definitivo 2021	Propuesta de Proyecto Definitivo 2023	Justificación
Metodología de diseño del Instrumento de gestión ambiental	De acuerdo a lo indicado en el D.S. 38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente y a lineamientos generales, de la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017), aplicados de forma previa a su dictación.	De acuerdo a lo indicado en el D.S. 38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente y a la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017)	De acuerdo a lo indicado en el D.S. 38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente y a la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017)	El Ministerio del Medio Ambiente aprobó la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas mediante R.E. N°1502/2017, posterior a la publicación del Anteproyecto de estas NSCA. A partir de la aprobación de este documento, el diseño de NSCA debe seguir los lineamientos planteados en este documento.
Disponibilidad de información	Red Hidrométrica Nacional de la DGA, “Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios” y datos de seguimiento Ambiental de la Planta Celco Valdivia hasta el año 2016.	Red Hidrométrica Nacional de la DGA, “Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios” y datos de seguimiento Ambiental de la Planta Celco Valdivia hasta el año 2019.	Red Hidrométrica Nacional de la DGA depurada, “Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios” y datos de seguimiento Ambiental de la Planta Celco Valdivia hasta el año 2020.	Bajo el principio de mejora continua, el Ministerio del Medio Ambiente utiliza la información, de carácter oficial, más actualizada. Por tal razón, a medida que se desarrollaron las diversas propuestas del instrumento, se incorporó en su diseño una mayor cantidad de información de calidad fisicoquímica del agua. Adicionalmente, se realizó una depuración de la base de datos, considerando criterios estadísticos y opinión

Item	Anteproyecto aprobado mediante R.E. N°1431/2017	Propuesta de Proyecto Definitivo 2021	Propuesta de Proyecto Definitivo 2023	Justificación
				experta para la exclusión de valores observados poco consistentes (fuera de rango). Para más detalles consultar la sección 4.3.
Áreas de Vigilancia	10	10 (considera acuerdos alcanzados en el Proceso de Consulta Indígena).	10 (considera acuerdos alcanzados en el Proceso de Consulta Indígena).	Para ambas propuestas de Proyecto Definitivo, el Ministerio de Medio Ambiente realizó una actualización de las áreas de vigilancia aprobadas en el Anteproyecto de estas NSCA. Esta actualización incorpora los acuerdos del proceso de Consulta Indígena y la mejor disponibilidad de productos cartográficos para su delimitación. Tanto las Áreas de Vigilancia de la propuesta PD 2021 como la de la propuesta PD 2023 son las mismas. Para más detalles consultar la sección 4.4
Parámetros red de Control	21	14	15	Para ambas propuestas de Proyecto Definitivo, el Ministerio de Medio Ambiente redujo la cantidad de parámetros a normar respecto de las aprobadas en el Anteproyecto de estas NSCA. Estas reducciones se basan en: a) la falta de información respecto a las fuentes emisoras y valores de calidad ambiental; b) la posibilidad de ser controlados, a través de sus fracciones totales y c) su escasa variabilidad temporal. La propuesta de PD 2023 se diferencia de la propuesta de PD 2021 por la reincorporación del Sodio a la red de control, debido a la recopilación de información sobre emisiones de este parámetro y al análisis de su variabilidad espacial y temporal. Para más detalles consultar la sección 4.5

Item	Anteproyecto aprobado mediante R.E. N°1431/2017	Propuesta de Proyecto Definitivo 2021	Propuesta de Proyecto Definitivo 2023	Justificación
Información utilizada para la construcción de las Tablas de Clase de Calidad	Evaluación de riesgo ecológico, Normativa Internacional que tiene el mismo objetivo de estas NSCA, Base de datos (1987-2016), estadística de la cuenca y relación con la presencia de especies indicadoras de buena y mala calidad de agua.	Normativa Internacional, Base de datos (1987-2019) y estadística de la cuenca.	Evaluación de riesgo ecológico, Normativa Internacional que tiene el mismo objetivo de las NSCA, Base de datos (1987-2020) y estadística de la cuenca.	Las Tablas de Clases de Calidad Ambiental deben ser construidas con la mayor cantidad de información disponible. Sin embargo, la propuesta de PD 2021 excluyó la información de riesgo ecológico levantada para la cuenca del río Valdivia, debido a que sus resultados se relacionan a la fracción disuelta de los metales pesados analizados. Para la propuesta de PD 2023 se reincorpora esta información, considerando la mayor cantidad de información disponible para estimar la proporción disueltos/total, considerando la nueva información reportada por la DGA (2016-2020) y la UACH (2014-2020). Para más detalles consultar la sección 4.6
Criterio Umbral normativo	Mayoría en Clase 2 (óptima)	Mayoría en Clase 3 (media)	Mayoría en Clase 2 (óptima)	La definición del umbral normativo (valor normado) depende del objetivo de las NSCA y del estado actual de cada área de vigilancia en la cuenca. El objetivo de estas NSCA es "la conservación o preservación de los ecosistemas hídricos y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos a través de la **mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca**". La principal diferencia entre la propuesta PD 2021 y la propuesta PD 2023 es que para las combinaciones parámetro/área de vigilancia que se encuentran actualmente en "clase 2 (óptima)" se decidió normar esa calidad, mientras que en la propuesta PD 2021 se decidió normar en "clase 3 (media)" para incorporar un margen de incertidumbre. Para más detalles consultar la sección 4.8

4 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DEFINITIVO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

4.1 Objetivo y ámbito de aplicación

Las normas secundarias de calidad ambiental son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (art. 2ñ Ley N° 19.300; art. 3 D.S. 38/2012 MMA). Es decir, el bien jurídico protegido por estas normas o el objetivo de protección que estas persiguen es la **protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza**[19]**.** En este contexto a) las condiciones para garantizar el uso y aprovechamiento racionales o la reparación de los ecosistemas acuáticos, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración; b) las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas y c) las condiciones que permiten mejorar el medio ambiente, prevenir y controlar su deterioro, constituyen el eje central del proceso de elaboración de estas normas.

Por esta razón, el art. 31 del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. Nº 38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente), dispone que en la elaboración de una norma secundaria de calidad ambiental deberán considerarse, conjuntamente, entre otros, a) *riesgo o alteración significativa del patrón de distribución geográfica de una especie de flora o fauna o de un determinado tipo de ecosistema nacional, especialmente de aquellos que sean únicos, escasos o representativos, que ponga en peligro su permanencia, capacidad de regeneración, evolución y desarrollo*; b) *riesgo o alternación significativa en abundancia poblacional de una especie, subespecie de flora o fauna, o de un determinado tipo de comunidad o ecosistema, que ponga en peligro su existencia en el medio ambiente*; y c) *riesgo o alteración de los componentes ambientales que son materia de utilización por poblaciones locales, en especial*

---

[19] Ley 19.300 Art. 2:

b) Conservación del Patrimonio Ambiental corresponde al uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración;

p) Preservación de la Naturaleza corresponde al conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones, destinadas a asegurar la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas del país;

q) Protección del Medio Ambiente corresponde al conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinados a mejorar el medio ambiente y a prevenir y controlar su deterioro

genes, especies, ecosistemas, suelo, agua y glaciares. En consecuencia, estos son los criterios que deben fundar toda norma secundaria de calidad ambiental.

En el caso particular de las NSCA cuenca Valdivia, su objetivo es "*la conservación o preservación de los ecosistemas hídricos*[20] *y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos*[21] *a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca*".

Para cumplir este objetivo se debe considerar el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del ecosistema, las cuales interactúan entre sí definiendo el hábitat disponible para las especies, y por tanto condicionando la presencia o ausencia de éstas, así como también su desarrollo y reproducción.

En este contexto se destaca que, si bien, para efectos del proceso de elaboración de estas normas, como para la gestión de la calidad de las aguas, se simplifica esta interacción mediante la medición y análisis de distintas variables de forma independiente, (parámetros físicos, químicos y biológicos), estableciendo niveles de calidad ambiental para cada parámetro por área de vigilancia[22], es relevante tener en consideración que lo observado en el ecosistema es el resultado de la interacción de múltiples factores naturales y antrópicos.

En el proceso de elaboración del Proyecto Definitivo de las NSCA cuenca Valdivia, tanto los niveles de calidad ambiental como las áreas de vigilancia, se definieron teniendo como referencia los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017) y, consecuentemente, mediante el análisis de la información de calidad de aguas disponible, de forma de establecer umbrales acordes a las características intrínsecas de cada área a normar, con un enfoque ecosistémico.

Es importante señalar que el enfoque ecosistémico empleado en el diseño de las NSCA permite que estas normas contribuyan a la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas que requieren de agua con condiciones adecuadas de calidad (por ejemplo, riego, turismo, pesca artesanal, entre otros (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

El ámbito de aplicación territorial de estas normas corresponde a la cuenca del río Valdivia, la cual se encuentra ubicada administrativamente en las regiones de La Araucanía y Los Ríos. Un mayor

---

[20] Ecosistemas Hídricos: sistemas dinámicos y complejos de organismos vivos y componentes abióticos, los que dependen significativamente de las aguas superficiales de la cuenca, que interactúan como una unidad funcional.

[21] Servicios Ecosistémicos: contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano. Los que se clasifican en servicios de provisión, regulación y mantención, y culturales.

[22] Área de Vigilancia: área de drenaje de un curso de agua continental superficial, o una parte de él, que se establece y delimita para efectos de asignar y controlar su calidad ambiental.

detalle de las características generales de esta cuenca y las especies presentes en ella se encuentra en la sección 4.2 del presente informe.

4.2 Antecedentes Generales

4.2.1 *Cuenca del río Valdivia*

La cuenca del río Valdivia, es una cuenca binacional, que se encuentra ubicada en las regiones de La Araucanía y Los Ríos, tiene una superficie aproximada de 11.355,5 km^2 (Dirección General de Aguas (DGA) & Enlaces SpA., 2021) y está constituida principalmente por las subcuencas de los ríos Cruces y Calle Calle.

Con un caudal medio anual de 66 m^3/s [23], el río Cruces nace en la parte noreste de la cuenca, en la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén, para luego tomar un curso suroriental hasta la confluencia con el río Calle Calle, dando origen al río Valdivia, en la ciudad homónima, a una distancia de 15 km de la bahía de Corral, el cual tiene un caudal medio anual de 428 m^3/s [24]. Por su parte, la subcuenca del río Calle Calle, se origina en el extremo poniente del lago Lacar, en el nacimiento del río Huahum y se extiende hasta la confluencia del río Calle Calle con el río Cruces.

La parte alta de la cuenca del río Valdivia está formada por un sistema fluviolacustre, en la cual existe un número importante de grandes lagos conectados entre sí, respecto de los cuales destacan los lagos Calafquén, Pirihueico, Neltume, Panguipulli y Riñihue (Cade-idepe, 2004). La parte baja de esta cuenca está formada por el río San Pedro, el cual constituye el desagüe del lago Riñihue, para continuar con el río Calle Calle y, posteriormente, por un complejo sistema estuarial formado por los ríos Calle Calle, Cruces y Valdivia.

Los estuarios corresponden a cuerpos de agua costeros semicerrados que se extienden hasta el límite efectivo de la influencia de la marea, dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salina, es diluida significativamente con agua dulce derivada de la escorrentía superficial y puede sustentar organismos eurihalinos, ya sea durante una parte o la totalidad de su ciclo de vida. Los estuarios poseen una función biológica irremplazable en la producción y el desarrollo de numerosas especies, a tal punto que son reconocidos como verdaderas “áreas de crianza” y hábitats promotores para el desarrollo de larvas de distintas especies de peces, debido a su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria. Es por ello que históricamente los estuarios han sido focos de asentamientos humanos, lo que actualmente representa el difícil desafío de protección de estos ecosistemas altamente complejos y sensibles. Uno de los estuarios más importantes del centro-sur de Chile es el del río Valdivia, el cual reviste una gran importancia

---

[23] Promedio caudales medios mensuales 2010-2019 de la estación Río Cruces en Rucaco, Código BNA 10134001-5. Disponible en: https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes

[24] Promedio caudales medios mensuales 2010-2019 de la estación Río Calle Calle en Pupunahue, Código BNA 10122003-6. Disponible en: https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes

ambiental y económica, registrándose en los últimos años un gran incremento de las actividades productivas asociadas a la cuenca (Universidad Austral de Chile, 2008)[25].

El sistema estuarial de la cuenca del río Valdivia corresponde al tipo neotectónico, positivo y de mezcla parcial (Pino, Perillo, & Santamaria, 1994; Perillo, 1995). Con un régimen de mareas semidiurnas (registrando las mayores diferencias de alturas de marea durante la noche) y de tipo micromareal, es decir, con rangos mareales que no superan los 2 metros. La circulación mareal estuarial es reflejo de la interacción entre mareas y topografía submarina, existiendo en el caso del estuario de los ríos Valdivia y Calle Calle un canal principal bien desarrollado y escasas planicies submareales e intermareales. Otra característica importante es la existencia de canales mareales que comunican estuarios, como el canal Cantera que une los estuarios Valdivia y Tornagaleones y el canal Cau-Cau, que comunica los estuarios Cruces y Valdivia (Universidad Austral de Chile y Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2007)[26].

El estuario del río Calle Calle – Valdivia tiene su límite superior en la localidad de Pishuinco (39° 48' 15''S, 73° 05' 30''W), lugar hasta donde se hace sentir el efecto de la onda de marea. Este límite se origina en la definición de un estuario, como un cuerpo de agua costero donde ocurre mezcla de agua salada y dulce, a través de una conexión libre con el mar, y que se extiende hasta el límite de influencia de la onda mareal (Universidad Austral de Chile, 2007)[27].

En la parte terminal del estuario del río Cruces, se ubica el humedal río Cruces, con una superficie de 4.877 ha. Éste corresponde a un humedal costero estuarial, que se formó como consecuencia del hundimiento del terreno por el terremoto de 1960, el cual, con el objetivo de preservar el patrimonio natural del país, fue declarado “Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo” (Decreto Supremo N° 2.734, del 3 de junio de 1981, del Ministerio de Educación). Adicionalmente, por ser un sitio de relevancia para las especies, comunidades, ecosistemas en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981 fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de la Convención de Ramsar, denominado “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter” (N°6CL001, Lista RAMSAR). Además, su valor intrínseco desde la perspectiva de la biodiversidad, este humedal permite el control de la erosión, retención de sedimentos, retención de nutrientes, estabilización del clima, el control de caudales, control de sedimentación, almacenaje de aguas, lo que reduce los riesgos de inundación para la población y presenta un gran valor por su potencial uso en recreación, turismo e interés educacional (Universidad Católica de Temuco, 2010; Universidad Católica de Temuco, 2012)[28]. Esta y otras áreas puestas bajo protección oficial ubicadas en la cuenca del río Valdivia se muestran en la

[25] Folio 259 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

[26] Folio 33 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

[27] Folio 16 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

[28] Folios 2438 y 2558 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

Figura 3.

Según información del Censo 2017, en la cuenca del río Valdivia habita una población de aproximadamente 300 mil habitantes, de los cuales alrededor de 70 mil se consideran pertenecientes a un pueblo indígena u originario. De acuerdo con el catastro de uso de suelo y vegetación (Corporación Nacional Forestal, 2014) [29], modificado por el MMA el 2019[30], los principales usos de suelos de la cuenca del río Valdivia corresponden a bosque[31] (49%), praderas y matorrales (25%) y terrenos silvícolas (17%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales y actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Además, esta cuenca es de importancia turística para la región de Los Ríos y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable (Universidad Católica de Temuco, 2012). En ella se encuentran tres Zonas de Interés Turístico (ZOIT): Valdivia, Corral y Panguipulli (Subsecretaria de Turismo, 2020).

La cuenca del río Valdivia destaca por la alta biodiversidad y endemismo de las especies presentes en la cuenca. Estudios señalan que en esta cuenca habitan al menos 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 119 especies de aves, 2 especies de mamíferos acuáticos, 19 especies de anfibios y 25 especies de fauna íctica (Centro de Ecología Aplicada, 2003; Oporto, 2009; Praus, Palma, & Dominguez, 2011; Universidad Católica de Temuco, 2009[32]; 2010; 2012; Universidad de Chile, 2016; Habit, y otros, 2019). De este total de especies, 27 especies se encuentran en categoría de conservación (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Además, según Habit & Victoriano (2012), la cuenca del río Valdivia se encuentra entre las cuencas más ricas en peces nativos del país. Entre estas especies destaca *Diplomystes camposensis* (tollo, bagre), especie microendémica exclusiva de la cuenca del río Valdivia, cuyo hábitat presenta importantes amenazas actuales y potenciales por contaminación, fragmentación, artificialización, y por la introducción de especies piscícolas exóticas (Arratia, 1987; Vila, Veloso, Schlatter, & Ramirez, 2006) y *Percilia gillissi* (carmelita) especie endémica del centro-sur de Chile. Asimismo, la cuenca del río Valdivia es una de las cuencas del país con mayor riqueza de especies de anfibios (Habit, y otros, 2019).

Por otro lado, la cuenca del río Valdivia se destaca por sus características oligotróficas, con bajos niveles de nutrientes, y excelente nivel de oxigenación. Adicionalmente, por sus características hidroquímicas, por tratarse de sistemas de muy baja mineralización (aguas muy blandas)

---

[29] Disponible para descarga en: http://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B15CA318D-12F7-486B-A2AB-C0BAF8903ED6%7D

[30] Incorpora información relevante desde el punto de vista ambiental, tal como la creación de la categoría silvicultura para agregar las plantaciones forestales.

[31] Bosque nativo y bosque mixto.

[32] Folio 926 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

caracterizadas por la baja concentración de sales (Cl, Na, K, Mg, Ca, SO4) y baja conductividad, constituyéndose en una cuenca en que las características fisicoquímicas de sus aguas, dan cuenta de condiciones únicas y escasas a nivel nacional.[33]

En este contexto, al relacionar la calidad del agua de la cuenca con las características ecológicas, tales como su biodiversidad y endemismo, fue posible observar que existe una directa relación entre la fauna íctica nativa con las condiciones fisicoquímicas del agua de la cuenca. Registrándose la mayor biodiversidad y endemismo en aquellos tramos dónde se observan características oligotróficas, con bajos niveles de nutrientes, altos niveles de oxigenación y baja concentración de sales (Cl, Na, K, Mg, Ca, SO4) y conductividad. De hecho, de las de 18 especies de fauna íctica nativa presentes en la cuenca del río Valdivia, 14 habitan en el río San Pedro, es decir, el 81% de las especies nativas registradas en la cuenca del río Valdivia, incluyendo lagos, tributarios y ríos principales (Campos, 1985; Vila, Fuentes, & Contreras, 1999; Ruiz & Marchant, 2004; Habit & Victoriano, 2012). En este contexto, cabe destacar que el río San Pedro ocupa un tramo proporcionalmente corto respecto del total de la cuenca (aprox. 40 km de largo, es decir, menos del 40%). En este sentido, en la cuenca del río Biobio la composición y abundancia de las comunidades de peces presentan diferencias significativas entre los sitios de muestreo y sus asociaciones con variables de calidad de agua (Colin, Habit, Manosalva, Maceda-Veiga, & Górski, 2022). De hecho, la estructura de la comunidad de peces mostró una clara separación entre las zonas de contaminación y las zonas de referencia. Lo que también podría estar influenciado por las alteraciones hidromorfológicas provocadas por las centrales hidroeléctricas. Específicamente, el ensamble de peces en los sitios de referencia fue significativamente diferentes de aquellas en sitios caracterizados por contaminación, tanto urbana como urbana e industrial. El grupo más diferente estuvo fuertemente influenciado por la conductividad y la concentración de nitrato.

Por lo anterior, es posible señalar que la mantención de las características fisicoquímicas del agua de la cuenca, especialmente la de tramos alto valor de conservación, así como de alta riqueza específica, promueve la conservación del patrimonio ambiental, la provisión de servicios ecosistémicos, contribuyendo al cumplimiento del objetivo de protección de estas normas. **En consecuencia, la mantención de estas características fisicoquímicas resulta fundamental para garantizar la mantención de la biodiversidad de la cuenca y velar por la preservación de la naturaleza.**

Por otro lado, en la cuenca del río Valdivia, existen áreas o tramos que han sufrido daño ambiental[34] y a, partir del año 2004, han evidenciado cambios estadísticamente significativos en las características fisicoquímicas del agua, los cuales se relacionan directamente con la degradación de ecosistemas, con cambios en la distribución, abundancia y biodiversidad en la

---

[33] Más antecedentes disponibles en: Expediente público, a fojas 3264 a 3268. Disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/055_Informe_Tecnico_septiembre__2014.pdf y Expediente público, a fojas 4073 a 4077. Disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/Folio_4025-4095_informe.pdf

34 Sentencia del 27.07.2013 Primer Juzgado de Civil de Valdivia, ROL N° 746-2005

subcuenca del río Cruces (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014; Universidad Austral de Chile, 2016; Rubilar & Jaramillo, 2020).

A mayor abundamiento, a la fecha no se ha observado una recuperación de las características fisicoquímicas de las aguas del río Cruces, aguas abajo de la descarga de los riles de Celco. De acuerdo a los antecedentes entregados por Holón, 2014, el resultado de los análisis estadísticos multivariados y univariados realizados permiten establecer que en columna de agua, los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos presentaron concentraciones significativamente superiores aguas abajo de la descarga de Celco. Para todos estos parámetros, los incrementos resultaron significativamente superiores durante la época estival. Señalando además que los resultados obtenidos permiten establecer que el efecto de la descarga del efluente se asocia principalmente con la columna de agua y, en específico, con los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos, los que tienden a incrementarse aguas abajo de la descarga durante la época estival. Así mismo, según la información reportada por la Universidad Austral de Chile, 2016 sólo existían evidencias de una tendencia a la recuperación de la abundancia poblacional de las aves herbívoras que fueron afectadas por el daño ambiental del año 2004 y no de una recuperación de la abundancia de estas especies. Específicamente el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) mostró una tendencia a la recuperación a partir del año 2012, la Tagua (*Fulica armillata*) a partir del año 2008, sin embargo la Tagüita (*Fulica leucoptera*), especie que casi desapareció del área en el año 2005, no ha presentado evidencias de recuperación. Pese a esta leve mejoría, en el año 2020, el Santuario de la Naturaleza volvió a mostrar evidencias de deterioro ambiental, período en que se evidenció un aumento de la turbidez del agua, disminución de las aves herbívoras (Figura 4 y Figura 5) y un desequilibrio en las macrófitas acuáticas del humedal (Rubilar & Jaramillo, 2020; Corporación Nacional Forestal, 2020). .

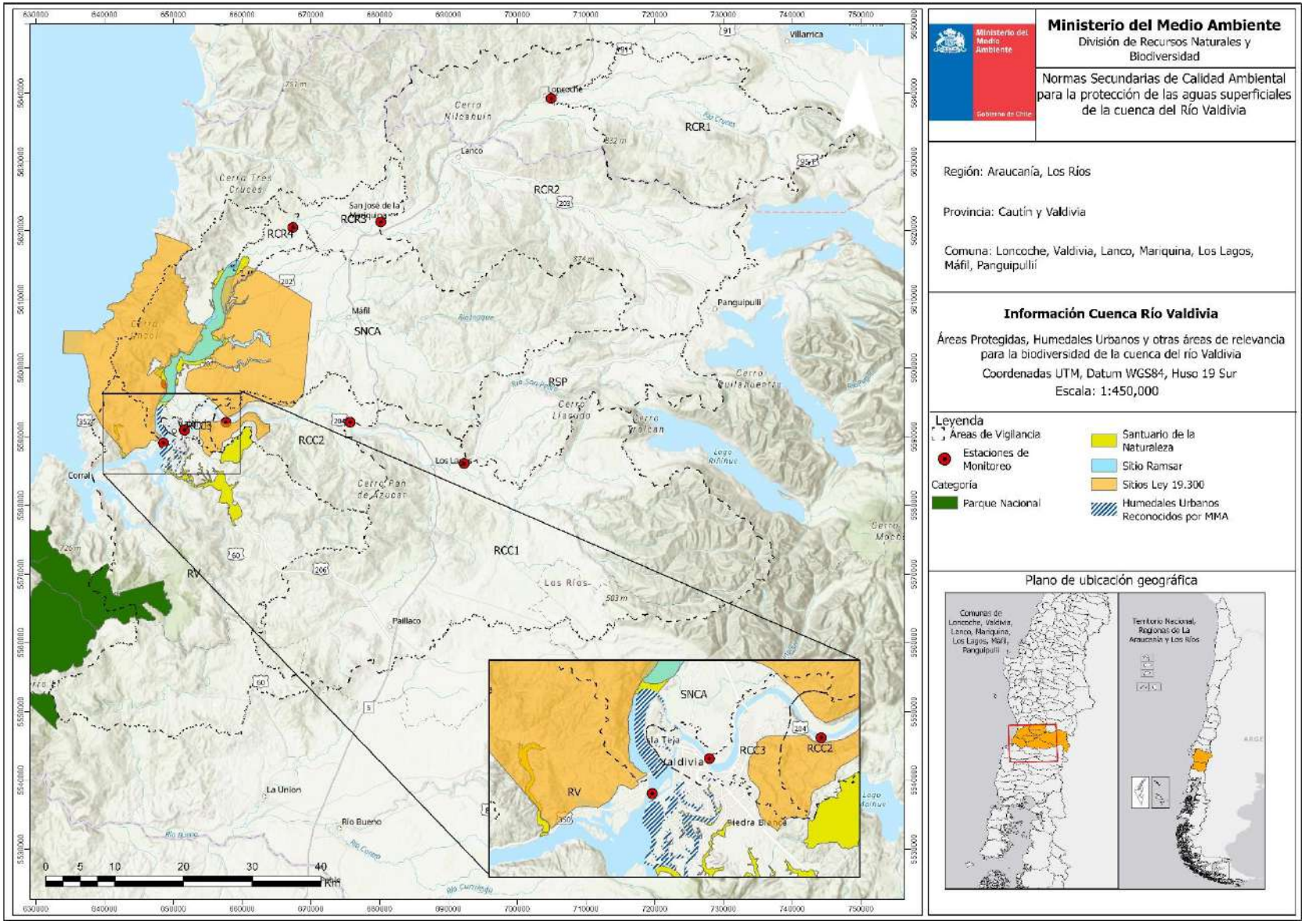


Figura 3. Áreas puestas bajo protección oficial del Estado de Chile dentro de la cuenca del río Valdivia.

.

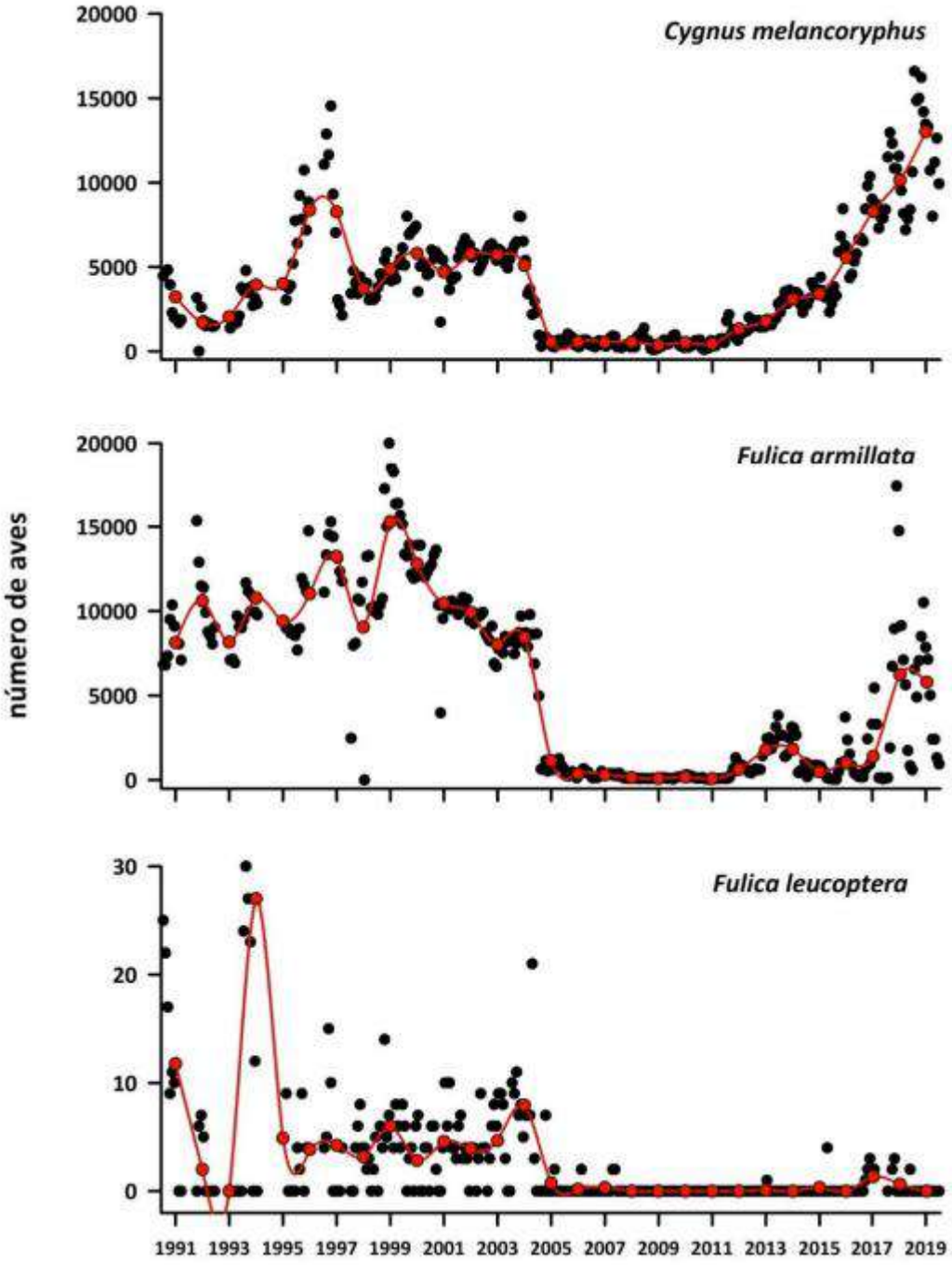


Figura 4. Variabilidad intra e inter anual (puntos negros y línea roja, respectivamente) en el número de ejemplares de *C. melancoryphus*, *F. armillata* y *F. leucoptera* entre enero del año 1991 y diciembre del año 2019. Fuente de datos: CONAF. Tomada de UACH, 2020.

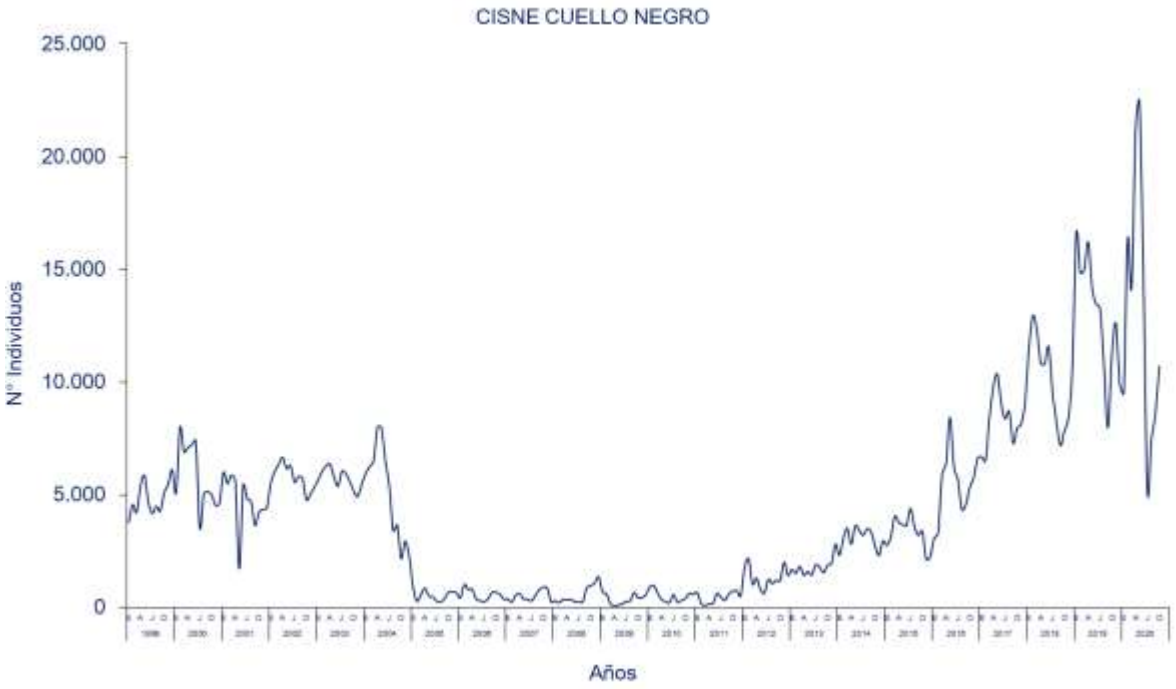


Figura 5. Abundancia de *C. melancoryphus* en el Santuario de la Naturaleza entre los años 1999-2020 (fuente: CONAF)

4.2.2 ***Cambio Climático***

La mayoría de las actividades socioeconómicas desarrolladas en la cuenca del río Valdivia, tales como la ganadería, agricultura, sector forestal, dependen del clima y de la disponibilidad de recurso hídrico en cantidad y calidad adecuada. A escala regional, los mayores impactos relacionados al cambio climático tienen que ver con aluviones, avenidas torrenciales, inundaciones, sequías e incendios forestales. (Comité Regional de Cambio Climático, Región de los Ríos., 2022).

En término de las principales variables hidrológicas de la cuenca, se proyecta que, para el periodo 2035-2065 bajo escenario de emisiones RCP8.5, las precipitaciones anuales disminuirán en un 11% (261 mm), la temperatura media anual aumentará en un 120% (1,2°C), la cantidad de días al año sobre los 25°C aumentarán en un 134% (29 días), la frecuencia de sequias aumentará en un 14% y la cantidad de nieve anual acumulada disminuirá en un 63% (7,6 mm) (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

El CORECC de Los Ríos determinó el riesgo frente a las amenazas climáticas para varios sectores en el periodo 2017-2050. El sector Turismo tendrá un riesgo climático “intermedio” que variará hasta “alto” y “muy alto” asociado a la pérdida de biodiversidad y a la pérdida de atractivos turísticos (Comité Regional de Cambio Climático, Región de los Ríos., 2022).

La mantención y conservación de los ecosistemas naturales es fundamental para limitar los riesgos ocasionados por factores climáticos, debido a que estos prestan servicios de regulación y mitigación frente a eventos extremos tales como inundaciones y sequías. (Comité Regional de Cambio Climático, Región de los Ríos., 2022). Asimismo, considerando el escenario de cambio climático y sequía extrema, que generan una mayor vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos, debido a la disminución de caudales y, en consecuencia, disminución de la capacidad de dilución (Universidad de Chile, 2016); se hace particularmente relevante contar con instrumentos de gestión ambiental (IGA) que permitan la protección de la calidad del agua y ecosistemas acuáticos. De esta manera, la implementación y el cumplimiento de los objetivos de las NSCA cuenca río Valdivia, contribuirán a la adaptación frente al cambio climático, mediante la conservación de los ecosistemas acuáticos de la cuenca y los servicios ecosistémicos de regulación que estos proveen.

4.3 Información Disponible

Para la elaboración del Proyecto Definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia se recopilaron datos físico-químicos de calidad de agua superficial levantados por la Dirección General de Aguas (DGA) como parte de los reportes oficiales de calidad de aguas, obtenidos desde la Red Hidrométrica Nacional[35]. Además, la data oficial se complementó con datos de los informes de seguimiento ambiental de Celulosa Arauco y Constitución S.A. – Planta Valdivia (en adelante "Celco") reportados a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)[36], y con los resultados del monitoreo realizado por la Universidad Austral de Chile (UACh), en el marco del "Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios"[37]. La información disponible se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de las estaciones de monitoreo fisicoquímico de calidad ambiental de agua superficial en la cuenca del río Valdivia de la Dirección General de Aguas.

Cauce	Nombre de Estación	Código BNA / Código Estación	Disponibilidad de datos
Río Cruces	Río Cruces en Loncoche	10130002-1	2005-2020
Río Cruces	Celco, Control	E0	2008-2020
Río Cruces	UACh Ciruelos	1	2015-2020
Río Cruces	Río Cruces antes bocatoma Celco	10134004-k	2005-2020

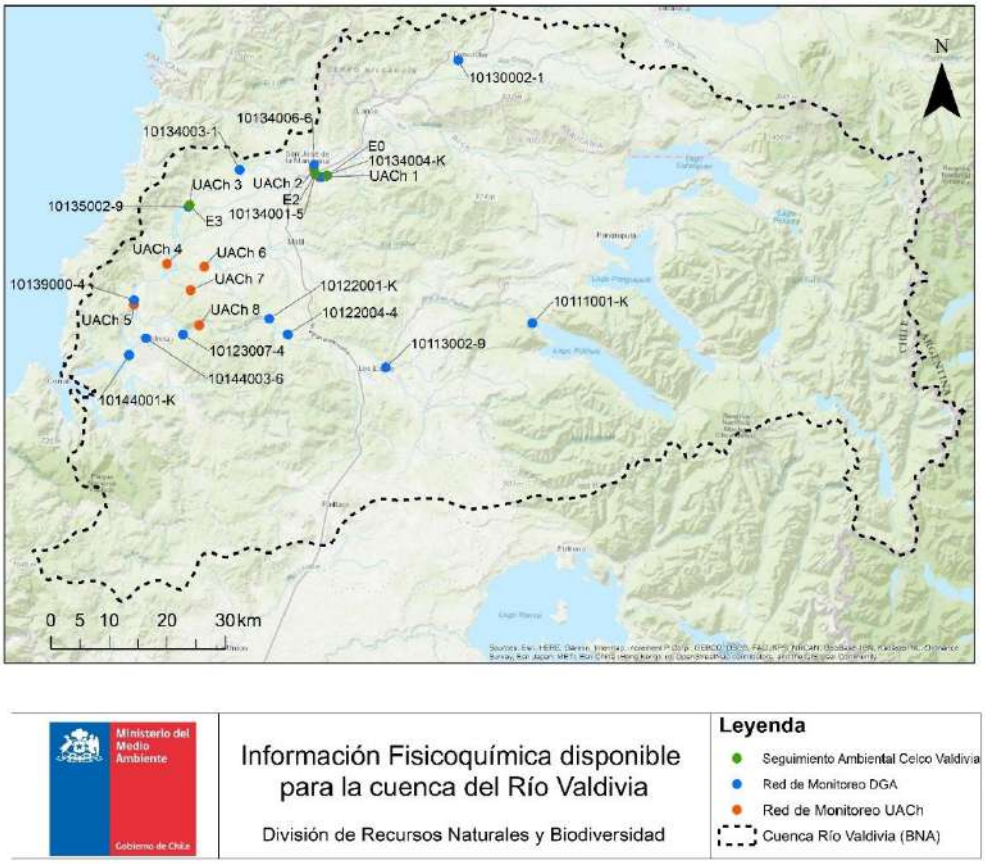
[35] Disponible en: https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes

[36] Disponible en: https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable/Ficha/2564

[37] Disponible en: https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1848

Cauce	Nombre de Estación	Código BNA / Código Estación	Disponibilidad de datos
Río Cruces	Río Cruces en Rucaco	10134003-1	1987-2020
Río Cruces	Celco, Puente Rucaco	E2	2002-2020
Río Cruces	UACh Rucaco	2	2015-2020
Río Cruces	Río Cruces aguas abajo estación Cruces en Rucaco	10134006-6	2016-2020
Río Cruces	Río Cruces en Cahuincara	10134003-1	2005-2020
Río Cruces	UACh San Luis	3	2015-2020
Río Cruces	Celco, Entrada del Humedal	E3	2002-2020
Río Cruces	Río Cruces en San Luis de Alba	10135002-9	2016-2020
Río Cruces	UACh Santa Clara	4	2015-2020
Río Cruces	Río Cruces en Punucapa	10139000-4	2016-2020
Río Cruces	UACh Punucapa	5	2015-2020
Río Cruces	UACh Pichoy	6	2015-2020
Río Cruces	UACh Cayumapu	7	2015-2020
Río Valdivia	Río Valdivia en transbordador (CA)	10144001-k	1987-2020
Río San Pedro	Río San Pedro en desagüe lago Riñihue	10111001-k	1987-2020
Río San Pedro	Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	10113002-9	2016-2020
Río Calle Calle	Río Calle Calle aguas arriba balsa San Javier	10122004-4	2016-2020
Río Calle Calle	Río Calle Calle en Balsa San Javier	10122001-k	1987-2020
Río Calle Calle	UACh Calle Calle	8	2015-2020
Río Calle Calle	Río Calle Calle antes cuesta Soto	10123007-4	2016-2020
Río Calle Calle	RÍo Calle Calle antes confluencia canal Cau Cau	10144003-6	2016-2020

Adicionalmente, la **Figura 6** muestra un mapa con la ubicación de las diversas estaciones de monitoreo presentes en la cuenca del río Valdivia.



Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

Información Fisicoquímica disponible para la cuenca del Río Valdivia

División de Recursos Naturales y Biodiversidad

Leyenda
- Seguimiento Ambiental Celco Valdivia
- Red de Monitoreo DGA
- Red de Monitoreo UACh
- Cuenca Río Valdivia (BNA)

Figura 6. Información fisicoquímica de calidad del agua disponible para la cuenca del Río Valdivia. (Fuente: Elaboración propia). Coordenadas en UTM WGS 84 – Huso 18.

4.4 Actualización de las Áreas de vigilancia

Las áreas de vigilancia de NSCA corresponden a subdivisiones del área a normar, en unidades espaciales homogéneas, que se delimitan para el control de la calidad de las aguas. Para definir estas áreas se realiza un análisis integral de la cuenca a normar, considerando la información espacial disponible. A partir de esta, se realiza una subdivisión en áreas de vigilancia relativamente homogéneas y que faciliten la gestión de la calidad de las aguas una vez implementadas las NSCA.

Actualmente, las áreas de vigilancia se definen teniendo como referencia los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Para estos efectos se recopila, sistematiza y analiza geográficamente información hidrológica, topográfica, administrativa y de carácter ambiental para delimitar áreas de vigilancia con información de calidad de aguas para cada una de ellas, que compartan características comunes en cuanto a condiciones ambientales y/o presiones, y que en términos de gestión faciliten la implementación de eventuales planes de prevención y/o descontaminación ambiental, en el caso de ser necesario.

Las NSCA cuenca río Valdivia establecen diez (10) áreas de vigilancia (Figura 7), que en el proyecto definitivo quedarán definidas por la delimitación de sub-áreas de drenaje de la cuenca del río Valdivia, cumpliendo los siguientes criterios:

1. Contar con características relativamente homogéneas, en relación a características propias de área, ya sean de tipo natural, asociadas a procesos y funciones de los ecosistemas y/o desarrollo de actividades antrópicas.
2. Contar con información de calidad del agua en cada una de las áreas de vigilancia establecidas.
3. Contar con, al menos, una estación de monitoreo de la Dirección General de Aguas (DGA) en cada una de las áreas definidas, con la finalidad de permitir un adecuado monitoreo y control de las NSCA cuenca río Valdivia.

Durante el proceso de elaboración del Anteproyecto se definieron 10 áreas de vigilancia, las cuales han sido modificadas en el Proyecto definitivo, mediante el ajuste de los límites de dos de estas áreas de vigilancia (RCI y RV), sobre la base de la actualización de información de base y los aportes recibidos durante el proceso de consulta indígena. En particular, se actualizaron los siguientes aspectos relativos a la delimitación de las áreas de vigilancia:

1. Actualización de la delimitación de áreas de drenaje de la cuenca del río Valdivia, utilizando ArcGIS Pro 2.5.0 con la extensión Spatial Analist y el conjunto de herramientas de hidrología, en base al uso del modelo digital de elevación (DEM) ALOS – PALSAR, corregido por CIREN el año 2016 para obtener mosaicos regionales del DEM ALOS a 12.5 m [38].

2. Ajuste en la delimitación de las áreas de drenaje de la cuenca del río Valdivia en relación con los límites internacionales del país, para esto se utilizó la última información disponible de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL), el cual se encuentra basado en cartografía IGM 1:50.000 [39].

3. Cambio de abreviatura de las áreas de vigilancia (AV) de los ríos Cruces y Calle Calle, con la finalidad de facilitar el uso de la nomenclatura de estas áreas:

AV - Anteproyecto	**AV - Proyecto Definitivo**
RCI	RCR1

[38] Disponible en: http://www.ide.cl/index.php/imagenes-y-mapas-base

[39] Disponible en: http://www.ide.cl/index.php/limites-y-fronteras/item/1531-limites-internacionales-de-chile

RCII	RCR2
RCIII	RCR3
RCIV	RCR4
RCCI	RCC1
RCCII	RCC2
RCCIII	RCC3

4. Modificación del nombre del sector referencia hasta donde se extiende el área de vigilancia RCCI (RCC1). De tal manera que, en la Tabla 3, tercera columna para el área de vigilancia RCC1, dónde dice "Hasta: Rio Calle Calle en Balsa San Javier", se modifica a "Hasta: Río Calle Calle antes Balsa San Javier". Lo anterior, en base a observaciones realizadas durante el proceso de Consulta Ciudadana[40].

5. Modificación de las coordenadas de la estación de monitoreo del área de vigilancia RV, las cuales fueron redefinidas en terreno a solicitud de la Superintendencia de Servicios Sanitarios[41].

6. Modificación de los límites de dos áreas de vigilancia en virtud de los acuerdos alcanzados en el proceso de Consulta Indígena (acta del 27 de agosto de 2021):

RCR1: incorporación del área de drenaje de la naciente del río Cruces, localizada en la comuna de Villarrica y considerada como no normada en el Anteproyecto, como parte de la primera área de vigilancia del río Cruces (RCR1).

RV: incorporación del área drenaje de los humedales Angachilla y Santo Domingo, localizado en la comuna de Valdivia y considerado como no normado en el Anteproyecto, al área de vigilancia del río Valdivia (RV), ya que este sector se encuentra dentro del área de drenaje natural de esta área de vigilancia.

[40] Observaciones ID 14 y 18 (detalladas en Folio 5028 y 5043 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia). https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/2014870-5114_RESPUESTAS_PAC_VALVIDIA.pdf

[41] Folio 4606 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia.

Adicionalmente, es importante señalar que, en la definición de áreas de vigilancia del Proyecto Definitivo no se considerará como un área a normar la parte alta de la cuenca del río Valdivia, conformada por un sistema fluvio-lacustre descrito en la sección 1.1 del presente informe. Lo anterior se sustenta en el hecho que, si bien este sistema corresponde a parte de la cuenca aportante al área de vigilancia RSP y, por tanto, podría ser considerada en el diseño de NSCA de ecosistemas acuáticos fluviales, se ha decidido abordar el diseño de NSCA para estos lagos de forma independiente[42], con la finalidad de que el diseño normativo para la protección de los estos ecosistemas lénticos se ajuste a criterios técnicos específicos para la elaboración de NSCA de lagos (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Sin perjuicio de lo anteriormente señalado el Lago Riñihue, como parte de la cuenca aportante al área de vigilancia RSP, podrá ser considerado como área de vigilancia en la Red de Observación[43] del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua (PMCCA)[44].

Respecto a los puntos de monitoreo de estas normas para la evaluación del cumplimiento normativo, las áreas de vigilancia con características limnéticas (RCR1, RCR2, RCR3, RCR4, RSP y RCC1) serán controladas en el tramo final de cada área de vigilancia, de acuerdo con lo establecido en los lineamientos metodológicos del MMA (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Lo anterior se sustenta en que el flujo de agua de los ríos es unidireccional y, por tanto, la calidad del agua en el punto final de dichas áreas de vigilancia es representativa de las mismas. En cuanto las áreas de vigilancia ubicadas en el sistema estuarial (SNCA, RV, RCC2 y RCC3), donde la dirección y velocidad de la corriente es modulada por el ingreso de la marea (Universidad Austral de Chile y Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2007), éstas serán monitoreadas en un punto representativo de las mismas. Finalmente, es importante señalar que, para el control de todas las áreas de vigilancia, se ha considerado que las estaciones de control cuenten con información previa de calidad del agua.

---

[42] El Programa de Regulación Ambiental 2020-2021, aprobado mediante Res. Ex. N° 440, del 26 de mayo de 2020, del Ministerio del Medio Ambiente, priorizó la elaboración de NSCA para la protección de las aguas de los lagos nor-patagónicos del sur de Chile en que se incluyen estos sistemas lacustres. Adicionalmente, el MMA inició el proceso de elaboración de estas normas mediante Resolución Exenta N°73 del 2022.

[43] Red de Observación: red integrada por estaciones de la red de monitoreo de calidad de las aguas que incluyen parámetros adicionales y complementarios a los establecidos en las NSCA, o por estaciones adicionales a dicha red, con la finalidad de generar información complementaria y necesaria para la comprensión del estado de calidad de los cuerpos de agua y sus ecosistemas asociados, así como para apoyar futuros procesos de revisión de las NSCA.

[44] PMCCA: programa sistemático de monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de la calidad de las aguas en un periodo y en un área determinada, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las NSCA.

La Tabla 3 describe cada área de vigilancia que establecerá el Proyecto Definitivo, señalando sus coordenadas de inicio y término, así como también las coordenadas de las estaciones monitoras (EMO) de estas normas, que se considerarán para la Red de Control[45].

[45] Red de Control: red de monitoreo de la calidad de las aguas conformada por un conjunto de estaciones de monitoreo distribuidas en áreas de vigilancia en las cuales se determina el cumplimiento normativo de los parámetros establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental (NSCA).

Tabla 3. Áreas de vigilancia que se establecerán en el proyecto definitivo de las NSCA cuenca río Valdivia y estaciones de monitoreo (EMO) que se considerarán para la Red de Control. Coordenadas en UTM WGS 84 – Huso 18 Sur.

Cauce	Área de Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM referenciales de inicio y término		Estación Monitora (EMO) Coordenadas UTM		
			N	E	N	E	Código BNA
Río Cruces	RCR1	De: Naciente río Cruces	5.633.843	749.145	5.639.216	704.953	10130002-1
		Hasta: Río Cruces en Loncoche	5.639.216	704.953			
Río Cruces	RCR2	De: Río Cruces en Loncoche	5.639.216	704.953	5.621.274	680.179	10134006-6
		Hasta: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163			
Río Cruces	RCR3	De: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163	5.620.448	667.389	10134003-1
		Hasta: Río Cruces en Cahuincura	5.620.448	667.389			
Río Cruces	RCR4	De: Río Cruces en Cahuincura	5.620.448	667.389	5.614.407	658.770	10135002-9
		Hasta: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.407	658.770			
Río Cruces	SNCA	De: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.407	658.770	5.597.711	648.966	10139000-4
		Hasta: Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.372	648.860			
Río Valdivia	RV	De: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.480	649.650	5.589.100	648.554	10144001-k
		Hasta: Desembocadura en bahía de Corral de los ríos Valdivia y Tornagaleones	5.583.721	638.387			

Río San Pedro	RSP	De: Desagüe Lago Riñihue	5.595.015	717.500	5.586.112	692.294	10113002-9
		Hasta: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925			
Río Calle Calle	RCC1	De: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925	5.592.119	675.706	10122004-4
		Hasta: Río Calle Calle antes de Balsa San Javier	5.592.245	674.754			
Río Calle Calle	RCC2	De: Río Calle Calle antes Balsa San Javier	5.592.245	674.754	5.592.106	657.641	10123007-4
		Hasta: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144			
Río Calle Calle	RCC3	De: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144	5.590.989	651.623	10144003-6
		Hasta: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Valdivia	5.590.480	649.650			

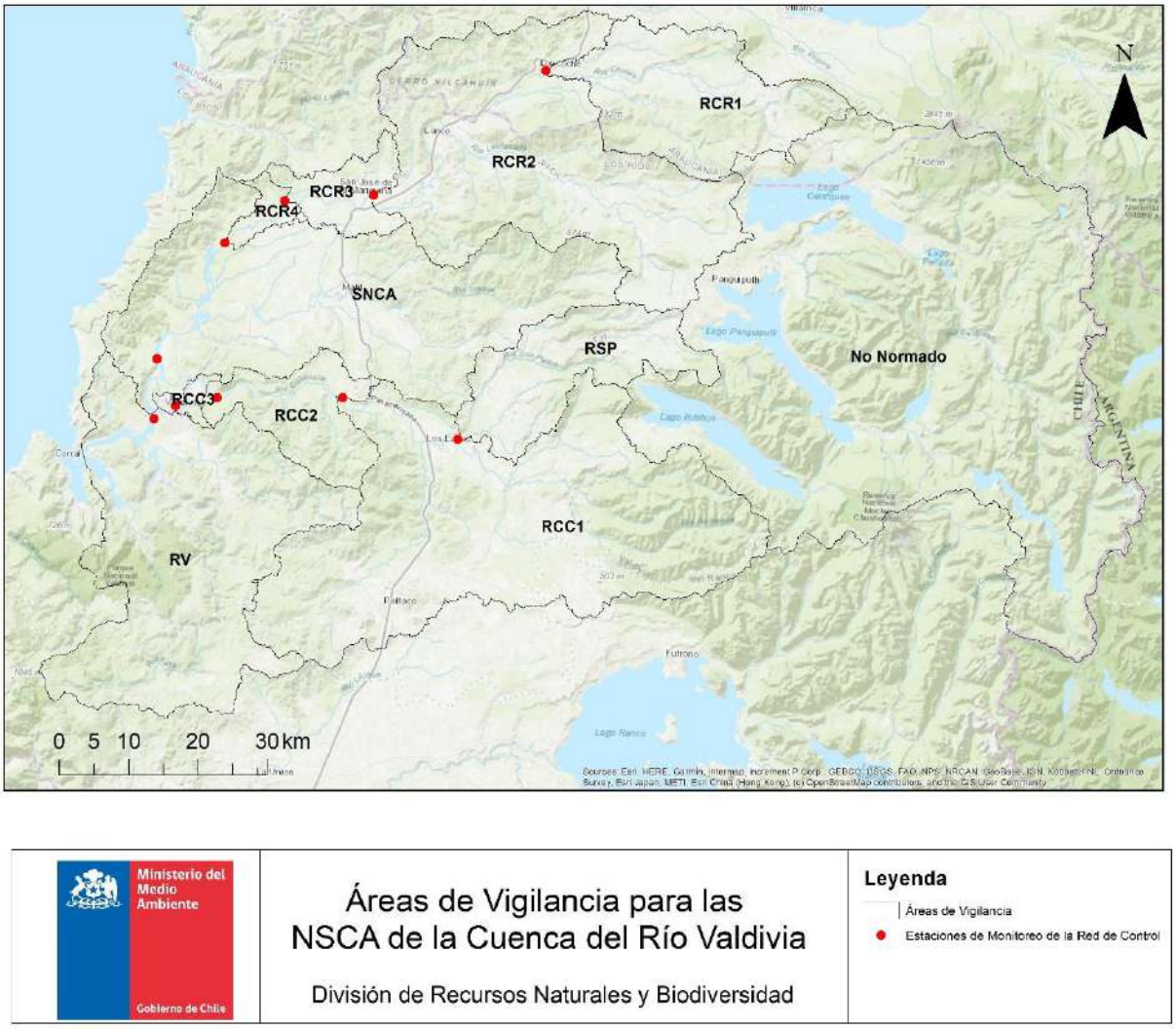


Figura 7. Áreas de vigilancia, establecidas en las NSCA cuenca río Valdivia. En puntos rojos se marcan las coordenadas referenciales de las estaciones monitoras de cada una de las áreas de vigilancia.

Finalmente, se destaca que en el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua (PMCCA) pueden considerarse otras estaciones de monitoreo adicionales y complementarias a las señaladas en la Tabla 3, como parte de la Red de Observación, con la finalidad de generar información complementaria y necesaria para la comprensión del estado de calidad de los cuerpos de agua de esta cuenca y sus ecosistemas asociados, así como para apoyar futuros procesos de revisión de estas normas.

4.5 Definición de parámetros a normar

Considerando que el objetivo de estas normas es "Conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca" y que durante el proceso de elaboración del Anteproyecto se establecieron estándares de calidad ambiental para 21 parámetros que en su conjunto permiten mantener el estado trófico (NO_3 y PO_4), las condiciones hidroquímicas (Cl, SO_4, Na, Conductividad), las condiciones de oxigenación, de acidez y alcalinidad del agua de la cuenca (O_2, DBO_5, pH) y proteger estos ecosistemas de efectos letales y subletales generados por metales pesados (Cr, Al, Fe, Mn, Zn, Cu totales y disueltos) y otros elementos relevantes por su toxicidad (AOX).

Durante el proceso de elaboración del Proyecto Definitivo, y en el marco de los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017), se realizó una reevaluación de los parámetros, considerando un análisis actualizado de la información disponible, lo cual derivó en el establecimiento de 15 parámetros a normar.

La información base de la cuenca que fue analizada durante la elaboración del Proyecto Definitivo, con la que se llegó a la propuesta de 15 parámetros, consistió en:

1. Catastro de uso de suelo y vegetación[46] (Anexo 1).
2. Catastro de información de fuentes emisoras puntuales de contaminantes a cuerpos de agua superficiales al año 2020[47],
3. Catastro de las fuentes difusas de contaminantes, asociadas a unidades fiscalizables, según información disponible al año 2020 en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)[48].
4. Análisis de la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua, a partir de los monitoreos sistemáticos de calidad del agua en la cuenca, realizados entre los años 1987 y 2020[49].

El análisis mantuvo el criterio del Anteproyecto de normar parámetros de relevancia ambiental (básicos, tóxicos y/o indicadores de presiones antrópicas), considerando la actualización del análisis de las presiones antrópicas que tienen el potencial de generar efectos en la calidad de las

---

[46] Cobertura usos de suelo 1:50.000 (CONAF, 2014. Disponible para descarga en: http://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion) modificada por el MMA el 2019.

[47] Para efectos del diseño de estas normas, estas fuentes corresponden a aquellas que realizan descargas a cuerpos de agua superficiales dentro de las áreas de vigilancia normadas de la cuenca del río Valdivia, debiendo cumplir con lo dispuesto en el D.S. MINSEGPRES N° 90/2000.

[48] Fuentes que producen aportes indirectos y/o poseen el potencial riesgo de producir aportes directos a las concentraciones ambientales de los cuerpos de aguas superficiales, ya sea porque se trata de descarga de efluentes que son infiltrados o utilizados para riego, o aguas contactadas. Estos aportes escurren superficial y/o subterráneamente hacia los cuerpos de agua superficiales de esta cuenca, afectando la calidad de sus aguas.

[49] Información presentada en Anexo 4.

aguas de la cuenca (fuentes puntuales y difusas) y, además, se evaluó el traspaso, desde la Red de Control a la Red de Observación de estas normas, de aquellos parámetros que requieren un mayor periodo de monitoreo para recabar datos suficientes para caracterizar de forma adecuada dicho parámetro en la cuenca del río Valdivia. En consecuencia, de los 21 parámetros incluidos en el Anteproyecto, se consideró pertinente que 6 de ellos se traspasaran a la Red de Observación.

A continuación, se mencionan cada uno de esos parámetros y las razones para que sean incluidos en la Red de Observación y no en la de Red de Control de estas normas:

Cromo total

El cromo es un elemento que se puede encontrar en el agua como cromo (III) o cromo (VI), siendo un elemento tóxico a bajas concentraciones, principalmente en su forma hexavalente (ANZECC & ARMCANZ, 2000). En la cuenca del río Valdivia el 87% de los monitoreos realizados hasta el año 2020 han registrado concentraciones de cromo total menores al límite de detección de la técnica analítica (entre 0,6 y 50 µg/L). De manera referencial, se puede mencionar que entre los años 2019 y 2020, el 58% de las observaciones estuvieron bajo el límite de detección de la técnica analítica correspondiente a 0,6 µg/L y el percentil 85 de los datos corresponde a 2,9 µg/L. Estos valores son inferiores a los recomendados por la EPA y de aquellos considerados como tóxicos para la mayoría de las especies evaluadas por Australia y Nueva Zelanda, para las fracciones antes mencionadas (Environmental Protection Agency USA, 1995; ANZECC & ARMCANZ, 2000).

Por lo tanto, debido a que los valores de cromo total medidos en la cuenca son bajos, sin una variabilidad detectable en el tiempo, y a que no se han identificado en la cuenca del río Valdivia fuentes puntuales y/o difusas de relevancia para este parámetro, el cromo total será monitoreado como parte de la Red de Observación, de forma de mantener información actualizada de este parámetro y así detectar cambios en su tendencia que pudiesen justificar su inclusión futura en la Red de Control.

Metales disueltos: Aluminio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc

En los ecosistemas acuáticos (columna de agua), los metales totales están constituidos por la suma de los metales que se encuentran en la fracción disuelta y los metales que se encuentran en la fracción particulada (más detalles respecto de esta información se encuentran disponibles en el expediente público en los folios 3255 al 3301).

Existen numerosos antecedentes, tanto en la literatura nacional como internacional, respecto de los efectos adversos relacionados con el aumento de los metales en ecosistemas acuáticos (en los componentes ambientales agua, sedimento y biota). Estos antecedentes dan cuenta principalmente de dos vías de exposición. La primera está principalmente asociada a la fracción disuelta de los metales, la que se evalúa comúnmente a través de bioensayos y cuya toxicidad puede ser mayor o menor dependiendo de las condiciones del medio (Dureza, Carbono Orgánico Disuelto, pH, entre otros).

La segunda se relaciona con las formas de alimentación de la biota presente en los ecosistemas acuáticos, especialmente con los organismos filtradores y con los que se alimentan directamente

de material particulado, tales como los detritívoros, suspensivoros o ramoneadores, entre otros. Este mecanismo permite la bioacumulación y bioconcentración de metales en los organismos y reproduce sus efectos en los niveles tróficos superiores, a través de la biomagnificación producida en depredadores. Esta vía de exposición, al estar relacionada con la fracción particulada de los metales se evalúa a través del seguimiento de metales totales.

Ambas vías de exposición se derivan de la biodisponibilidad y/o la movilización de los metales desde el ambiente hacia los organismos, la que por distintos mecanismos de transporte y alimentación puede movilizar los metales que se encuentran en la columna de agua hacia la biota. En consecuencia, la fracción biodisponible o fácilmente movilizable a la biota corresponde a la fracción disuelta y la particulada.

Adicionalmente, es importante destacar que el proceso de transformación entre metales disueltos y particulados es un proceso reversible y altamente dinámico, el cual, es modulado por las condiciones biofisicoquímicas del ecosistema acuático, de tal manera que, dependiendo principalmente de pH, contenido de materia orgánica, temperatura, condiciones de óxido reducción, condiciones de mezcla y actividad biológica los metales pueden pasar desde la condición particulada a la disuelta y viceversa. (Más detalles respecto de esta información se encuentran disponibles en el expediente público en los folios 3255 al 3301).

Los metales pesados son transportados preferencialmente sobre el material particulado. Cuando éste está depositado, constituye un reservorio que es en potencia contaminante para la biota a través del contacto directo o por la liberación de contaminantes al cuerpo de agua (Hernández Peñalver, García Melian, Cañas Pérez, & Sardiñas Peña, 1999). Generalmente el 90% de los metales pesados se encuentran en sistemas acuáticos asociados a partículas de materia en suspensión y a los sedimentos conformando arcillas, hierro, hidróxido de manganeso, carbonatos, sustancias orgánicas y material biológico. El tipo y estabilidad de los compuestos sólidos mencionados anteriormente son factores decisivos en la movilidad. Las formas químicas generalmente difieren en su habilidad para ser transferidos al ecosistema (Pinzón Uribe, 1995).

Internacionalmente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) realiza una revisión de diferentes normas ambientales europeas[50], proponiendo valores para las distintas clases de calidad establecidas por estas normas para las fracciones, tanto disueltas y totales de los metales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 2007). Este mismo documento muestra el ejemplo de la Norma ambiental "ICPDR" (*International Commission for the Protection of the Danube River*) en la que los metales Cobre y Zinc se norman para la fracción disuelta y total, a la vez, en algunas clases de calidad (buena calidad).

Respecto de normar metales totales y disueltos a la vez, es de destacar que mientras la fracción total de un metal afecta a un tipo de organismo en la cuenca, la fracción disuelta afecta a otro tipo de organismos del mismo ecosistema. Así, en el caso de los metales totales, su inclusión en las NSCA cuenca Valdivia posibilita evaluar sus efectos sobre especies claves del ecosistema como

[50] (EU: 78/659/EEC; RO GD 161; WFD-inland waters; ICPDR y ECE)

son los organismos filtradores, detritívoros y ramoneadores, principalmente macroinvertebrados y peces. Por otra parte, los metales disueltos afectan, principalmente, a otros organismos tales como bacterias, microalgas, protozoos, macroalgas y macrófitas (Simon, 2003; Rorberts & Hale, 2001). Todos estos organismos, constituyen la trama trófica de un ecosistema, con lo cual no se debe descuidar el efecto de compuestos tóxicos, sobre ninguno de ellos.

A su vez, se hace presente que los metales constituyen un riesgo en el medio ambiente, pues son sustancias con una gran estabilidad química ante procesos de biodegradación, por lo que no desaparecen del medio ambiente, sino que son transferidos a otros lugares y pueden cambiar de estado o combinarse con otras sustancias, y en algunos casos dar lugar a formas más tóxicas del metal, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos (Svobodová, Lloyd, Máchová, & Vykusová, 1993; Mancera Rodríguez & Álvarez León, 2006).

Si bien se reconoce la importancia de normar concentraciones de metales disueltos en cuerpos de agua, dada la importancia de esta fracción en cuanto a la biodisponibilidad y toxicidad para la biota acuática (Adams, y otros, 2020), en las áreas de vigilancia de la cuenca del río Valdivia se cuenta, a 2019, con solo 15 datos de metales disueltos, que sumado a la ecotoxicidad sitio-específica de estos parámetros, aporta incertidumbre en relación con la variabilidad natural de estos metales en el tiempo, lo que dificulta la definición de umbrales de norma.

Atendidas las razones expuestas, estos parámetros se han incluido en la Red de Observación, buscando reforzar el monitoreo y aumentar la cantidad de datos disponibles para, en la revisión de estas NSCA, definir su eventual incorporación en la red de control.

Al respecto, es importante señalar que la medición de metales totales considera tanto la fracción particulada como la disuelta. En general, la fracción disuelta es la que se encuentra más biodisponible para las especies, pero fracciones particuladas también pueden disponibilizarse frente a cambios en las condiciones del medio (Adams, y otros, 2020), por lo que es recomendable mantener el monitoreo tanto de las fracciones totales como de las disueltas.

Por lo tanto, las fracciones totales de estos metales, que consideran en su medición tanto la fracción disuelta como la particulada, se mantienen en la Red de Control, y el monitoreo directo de metales disueltos se incorporará como parte de la Red de Observación, de forma que una vez que se cuente con mayor cantidad de datos y sea posible conocer con mayor certeza la variabilidad de estas fracciones, se evalúe la pertinencia de su incorporación futura a la Red de Control.

En conclusión, para la elaboración del proyecto definitivo de las NSCA cuenca río Valdivia se proponen 15 parámetros a normar: pH, Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad Eléctrica (CE), Sulfato (SO4-), Cloruro (Cl-), Sodio (Na+), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), Aluminio Total (Al_tot), Cobre Total (Cu_tot), Hierro Total (Fe_tot), Manganeso Total (Mn_tot), Zinc Total (Zn_tot), Nitrógeno de Nitrato (N-NO3), Fósforo de Ortofosfato (P-PO4) y Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX). La Tabla 4 presenta un listado de dichos parámetros, algunos antecedentes relevantes para su control.

Tabla 4. Parámetros a normar y justificación de su selección.

N°	Parámetro	Justificación de selección
1	pH	En general, es importante normar el pH no solo por su impacto directo sobre las especies, sino que también por su efecto sobre la toxicidad de otros parámetros. En la cuenca del río Valdivia, los límites propuestos en la norma mantienen la calidad histórica natural de la cuenca y aseguran condiciones de óxido reducción que disminuyen la probabilidad de disolución de metales y aumento de amoniaco. Lo anterior, debido a que, los metales pesados que pueden formar compuestos, por ejemplo, con carbonatos, sulfatos y materia orgánica (Khayatzadeh & Abbasi, 2010) presentan baja toxicidad para las especies acuáticas y una parte de estos precipita y se acumula en los sedimentos del fondo. Sin embargo, cuando baja el pH, por ejemplo, por lluvia ácida o por fuentes de contaminación que favorecen la actividad biológica anaeróbica, los metales pesados pueden resuspenderse en la columna de agua y afectar a la biota acuática por su gran toxicidad (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Por ejemplo, en medio acuoso, la presencia de nitrógeno amoniacal está regulada por un equilibrio químico que determina la existencia de dos formas: una forma no ionizada, el amoníaco (NH3), y una forma ionizada, el ión amonio NH4. Existe una gran cantidad de trabajos que analizan los efectos del nitrógeno amoniacal sobre los organismos acuáticos refiriéndose particularmente a la relación directa entre el pH y la toxicidad. La concentración de amoníaco aumenta con el incremento del pH[51], así, el pH 8,5 favorece la formación de amoniaco (NH3)[52] - compuesto tóxico para la biota acuática - a partir de amonio (NH4+), desplazando el equilibrio de la ecuación, y el pH 6,3 solubiliza metales, volviéndolos más biodisponibles y por tanto tóxicos. La Comunidad Económica Europea establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener un rango de pH entre 6 a 9. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (Directiva Marco del Agua, 2008). Canadá y Estados Unidos establecen que el rango de pH para protección de la biota acuática de agua dulce es de 6.5 a 9.0 (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1987; Environmental Protection Agency USA, 1995), mientras el rango de pH para aguas marinas y estuarinas debe estar dentro del rango de 7.0 - 8.7 unidades, a menos que pueda demostrarse que dicho pH es el resultado de procesos naturales. Japón[53] establece un rango de pH de 6.5 a 8.5 con el objetivo

[51] Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Argentina, 2004. Desarrollo de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a amoniaco.

[52] Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Argentina, 2004. Desarrollo de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a amoniaco.

[53] Ministry of the Environment Government of Japan, 1997. Environmental Quality standards for conservation of living environment. Disponible en: http://www.env.go.jp/en/water/wq/wp.pdf

		de conservar recursos naturales propios de ríos y lagos, mientras que para aguas costeras establece un rango de 7.8 a 8.3.
2	Oxígeno disuelto	El oxígeno disuelto es un parámetro fundamental en el agua, siendo esencial para el metabolismo de organismos acuáticos aeróbicos (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999). Las concentraciones de oxígeno normadas fluctúan entre 7 a 9 mg/L, dependiendo si se trata de un área de vigilancia con características limnéticas o si se trata de un área de vigilancia con características estuariales. Lo anterior, considerando que la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que aumenta la clorinidad (American Public Health Association (APHA), 2005). Canadá y Estados Unidos establecen que la concentración mínima de oxígeno disuelto para la protección de biota de aguas frías en etapas tempranas de desarrollo es de 9,5 mg/L y para la biota de aguas fría en otros estadios de desarrollo es de 6.5 mg/L (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999; Environmental Protection Agency USA, 1986). La concentración mínima recomendada de OD en aguas marinas y estuarinas es de 8,0 mg/L (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999). Cabe destacar que, para ecosistemas relevantes con un alto valor de conservación, tales como los ecosistemas presentes en la cuenca del río Valdivia, la normativa australiana y neozelandesa propone utilizar los valores de referencia es decir los valores históricos proponiendo el percentil 20 de la distribución de los datos. Manteniendo saturación entre 90 a 110% para ríos de la parte alta de la cuenca; 85 a 110% para ríos de la parte baja de la cuenca; 90 a 110% en Lagos y 80 a110% en estuarios. La Directiva 2006/44/CE establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de Oxígeno disuelto de 50 % ≥ 9 mg/L; 100 % ≥ 7 mg/L. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9) (Directiva Marco del Agua, 2006).
3	Conductividad Eléctrica	La conductividad eléctrica es un parámetro relacionado con las concentraciones de iones disueltos en el agua, tales como sodio, cloruros y sulfatos. La presencia de sales en aguas dulces, pueden generar estrés salino, afectando la osmoregularización de las especies. Las sales en cuerpos de agua dulce pueden tener tanto un origen natural (geología) como antrópico (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Las descargas de residuos industriales líquidos de rubros ubicados en la cuenca contienen conductividades significativamente mayores a las condiciones naturales (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014), por lo que estas podrían estar impactando la calidad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Cabe destacar que, para ecosistemas relevantes con un alto valor de conservación, tales como los ecosistemas presentes en la cuenca del río Valdivia ANZECC & ARMCANZ, 2000 proponen utilizar los valores de referencia, es decir los valores históricos. Proponiendo el percentil 80 de la distribución de los datos. Así mismo señala que la conductividad para zonas de corrientes de tierras altas variará

		dependiendo de la geología de la cuenca. Valores bajos se encuentran en regiones alpinas (30 µS/cm) y tierras altas orientales (55 µS/cm), valores medios (90 µS/cm) en los ríos de Tasmania y valores altos (350 µS/cm) en los ríos NSW. Para aquellas áreas de vigilancia que se encuentran ubicadas en el estuario, este parámetro no es normado. Lo anterior, en atención a que en estas áreas la conductividad presenta una gran variabilidad natural, que responde directamente a la intrusión salina.
4	Sulfato	La presencia de sales en aguas dulces, pueden generar estrés salino, afectando la osmoregularización de las especies. Las sales en cuerpos de agua dulce pueden tener tanto un origen natural (geología) como antrópico (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Las descargas de residuos industriales líquidos de rubros ubicados en la cuenca contienen sulfatos significativamente mayores a las condiciones naturales (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014), por lo que estas podrían estar impactando la calidad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca.
5	Cloruro	La presencia de sales en aguas dulces, pueden generar estrés salino, afectando la osmoregularización de las especies. Las sales en cuerpos de agua dulce pueden tener tanto un origen natural (geología) como antrópico (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Las descargas de residuos industriales líquidos de rubros ubicados en la cuenca contienen concentración de cloruro significativamente mayores a las condiciones naturales (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014), por lo que estas podrían estar impactando la calidad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca.
6	Sodio	La presencia de sales en aguas dulces, como aquellas compuestas por sodio, sulfatos y cloruros, puede generar estrés salino, afectando la osmoregularización de las especies. Las sales en cuerpos de agua dulce pueden tener tanto un origen natural (geología) como antrópico (MMA, 2017). Las descargas de residuos industriales líquidos de rubros ubicados en la cuenca contienen sodio en concentraciones significativamente mayores a las condiciones naturales (Holon, Investigación en Recursos Naturales, 2014), por lo que estas podrían estar impactando la calidad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Adicionalmente, se recopilaron datos de emisión de Sodio para fuentes emisoras de la cuenca (Autocontrol del D.S. 90/2000)[54] y literatura científica que documenta la emisión de Sodio desde las Plantas de Tratamiento de Aguas (Patterson, 2001) y celulosas (Singhal & Thakur, 2008). Información que no estaba disponible para la elaboración de la propuesta PD 2021.
7	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5)	La demanda biológica de oxígeno (DBO_5) es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación bioquímica de la materia orgánica a dióxido de carbono en cinco días. La DBO_5 es un indicador de la concentración másica de compuestos orgánicos biodegradables. Con esta variable se mide la cantidad de oxígeno consumido por

[54] Disponibles en: https://snifa.sma.gob.cl/DatosAbiertos

		bacterias y otros microorganismos heterótrofos al degradar la carga orgánica en el agua en un periodo, frecuentemente, de 5 días. Es importante normar este parámetro, porque la degradación de materia orgánica puede producir una demanda de oxígeno en el agua, tal que la concentración de oxígeno puede disminuir por debajo de valores necesarios para la vida acuática, especialmente en el caso de vertebrados (crustáceos, peces, entre otros) (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Se considera como un parámetro complementario a la medición de oxígeno disuelto. Asociado principalmente a la descarga de compuestos orgánicos biodegradables de fuentes puntuales (industrial en general, plantas de tratamiento de aguas servidas, celulosas/papeleras, agroindustria, acuicultura). Asociado al aporte de compuestos orgánicos biodegradables de fuentes difusas (aguas servidas crudas, ganadería, depósitos de basura). La Directiva 2006/44/CE establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de $DBO_5 \leq 3$ mg/L. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9). CONAMA Brasil, 2011[55] que establece un máximo de 3 mg/L para aguas de clase 1. Mientras que Japón[56] establece un estándar de DBO_5 de 1mg/L con el objetivo de conservar recursos naturales propios de ríos y lagos, mientras que para aguas costeras establece valor de 2mg/L. En este contexto, se hace presente que las aguas de la cuenca del río Valdivia, por sus propias características es biológicamente comparable con las clases I a II de calidad biológica en Alemania, las cuales se distinguen con los siguientes valores: clase I: $DBO_5 < 1$ mg O2/l; Clase I-II: $DBO_5 = 1\text{-}2$ mg O2/l; Clase II: DBO5 = 2 - 6 mg O2/l.
8	Aluminio total	Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática. La geología del país hace que en muchas zonas las aguas naturalmente presenten altas concentraciones de sales y metales. En varias cuencas, por ejemplo, en los ríos Valdivia y Biobío, se observan valores altos de aluminio y hierro, provocados por arrastres de material en la escorrentía superficial, especialmente con las primeras lluvias intensas de otoño o invierno. Sin embargo, siempre se debe revisar, si las prácticas antrópicas del entorno de la cuenca o del cuerpo de agua marina, pueden

[55] Res. N° 357, de CONAMA Brasil del 17 de marzo de 2005. Publicado en el DOU N°53, de 18/03/2005, págs. 58-63, modificada por la Resolución 410/2009 y la 430/2011.

[56] Ministry of the Environment Government of Japan, 1997. Environmental Quality standards for conservation of living environment. Disponible en: http://www.env.go.jp/en/water/wq/wp.pdf

		aumentar este efecto, por ejemplo, la minería o silvicultura (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de agua potable, sistemas de agua potable rurales, celulosas/papeleras). Aportado por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos). La USEPA establece como concentración para la protección de la biota acuática un valor de aluminio total de 0.75 mg/L como concentración máxima (aguda) (Environmental Protection Agency USA, 2018) y 0.087 mg/L para toxicidad crónica[57] Australia y Nueva Zelanda propone de 0,150 mg/L para un nivel de protección de especies de 80% (ANZECC & ARMCANZ, 2000). Brasil propone valores de 0,1 mg/L para aguas de clase 1 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, 2005) [58] y Canadá propone un valor de 0,1 mg/L para aguas con pH mayor a 6.5 (Canadian Council of Ministers of the Environment).
9	Cobre total	Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática. La biodisponibilidad del cobre para los organismos acuáticos depende de la concentración total, de su estado de oxidación y de su combinación con otras moléculas. La toxicidad del cobre sobre tales organismos está principalmente asociada a su forma iónica (Cu2+). Existen varios estudios que sugieren la existencia de una relación directa entre la toxicidad del cobre y determinadas variables ambientales (folio 3278vta, DVD). Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos, industria forestal). La normativa australiana y neozelandesa propone valores de 0,001 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0,0014 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 0,0018 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 0,0025 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%. (ANZECC & ARMCANZ, 2000) La Directiva 2006/44/CE establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener

[57] El valor de 87 µg/l se basa en un ensayo de toxicidad con *striped bass* en agua a pH = 6,5 - 6,6 y dureza <10 mg/L. Datos de toxicidad del efluente de la planta 3M, Middleway, Virginia Occidental "(mayo de 1994) indican que el aluminio es sustancialmente menos tóxicos a pH y dureza más altos, pero los efectos del pH y la dureza no están bien cuantificados. En ensayos con trucha, a pH y dureza bajos, los efectos aumentaron con el aumento concentraciones de aluminio total, aunque la concentración de aluminio disuelto se mantuviera constante, lo que indica que el aluminio total es una medida más apropiada que la disuelta, al menos cuando el aluminio en partículas es principalmente partículas de hidróxido de aluminio.

[58] Res. N° 357, de CONAMA Brasil del 17 de marzo de 2005. Publicado en el DOU N°53, de 18/03/2005, págs. 58-63, modificada por la Resolución 410/2009 y la 430/2011.

		concentraciones de Cobre disuelto ≤ 0.005 mg/L[59]. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9) (Directiva Marco del Agua, 2006). El CCME establece que la calidad del agua para la protección de la biota acuática cuando la dureza del agua es de 0 a <82 mg / L, es de 0.002 mg / L. (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1987)
10	Hierro total	Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática. La geología del país hace que en muchas zonas las aguas naturalmente presenten altas concentraciones de sales y metales. En varias cuencas, por ejemplo, en los ríos Valdivia y Biobío, se observan valores altos de aluminio y hierro, provocados por arrastres de material en la escorrentía superficial, especialmente con las primeras lluvias intensas de otoño o invierno. Sin embargo, siempre se debe revisar, si las prácticas antrópicas del entorno de la cuenca o del cuerpo de agua marina, pueden aumentar este efecto, por ejemplo, la minería o silvicultura (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de agua potable, sistemas de agua potable rurales, celulosas/papeleras). Aportado por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos). Canadá[60] propone un valor de 0.3 mg/l como concentración de largo plazo para la protección de la biota acuática. Brasil[61] propone valores de 0.3 mg/L para aguas de clase 1. Argentina[62] establece un nivel guía de calidad para Hierro disuelto con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 1.37 mg/L.
11	Manganeso total	Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática. El manganeso es un metal que puede bioacumularse en peces y afectar su crecimiento (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). La normativa australiana y neozelandesa propone valores de 1,2 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 1,9 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 2,5 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 3,6 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%. (ANZECC & ARMCANZ, 2000). Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos).

[59] Para una dureza del agua de 10 mg/L $CaCO_3$

[60] Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

[61] Res. N° 357, de CONAMA Brasil del 17 de marzo de 2005. Publicado en el DOU N°53, de 18/03/2005, págs. 58-63, modificada por la Resolución 410/2009 y la 430/2011.

[62] Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento55.pdf.

12	Zinc total	Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática. El zinc es un metal que puede bioacumularse en peces y macroinvertebrados (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). La normativa australiana y neozelandesa propone valores de 0,0024 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0,008 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 0,015 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 0,031 mg/L para un nivel de protección de especies de 80% (ANZECC & ARMCANZ, 2000). Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos).
13	Nitrógeno de nitrato	Parámetro asociado al estado trófico de los ecosistemas acuáticos (Dodds, Jones, & Welch, 1998). Esta forma química de nitrógeno es muy soluble, por eso está fácilmente disponible y aumenta los niveles de trofía de los ecosistemas ecosistema (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). El contenido de nutrientes en los cursos de agua depende, en gran medida, del aporte de éstos por el escurrimiento de aguas desde la superficie que drena hacia cada una de las áreas de vigilancia, así como también de las numerosas viviendas que no cuentan con cobertura de alcantarillado, teniendo soluciones particulares de aguas servidas. Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de aguas servidas, acuicultura, agroindustria). Aportado principalmente a través de fuentes difusas (aguas servidas crudas, agricultura, ganadería, depósitos de basura). Como elemento tóxico para las especies ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone valores de concentración de Nitrato de 0.017 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0.7 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 3,4 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 17 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%. Por otro lado, como regulador de la eutroficación, ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone para ecosistemas ligera a moderadamente perturbados valores de Nitrógeno total de 0,35 mg/L para lagos; 0,25 mg/L para ríos de la parte alta de la cuenca de 0.5 mg/L para ríos de la parte baja de la cuenca y 0,3 para estuarios.
14	Fósforo de ortofosfato	Parámetro asociado al estado trófico de los ecosistemas acuáticos (Dodds, Jones, & Welch, 1998). El Ortofosfato es el fósforo inorgánico, incluyendo los fosfatos condensados. Existe biota que se alimenta de esta forma química de fósforo, pero también hay especies que utilizan el fósforo orgánico disuelto (< 0,45 µm) o particulado (>0,45 µm) (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). En ríos, el fósforo total (disuelto + particulado y orgánico + inorgánico) es normalmente el parámetro limitante del estado trófico del ecosistema (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). El contenido de nutrientes en los cursos de agua depende, en gran medida, del aporte de éstos por el escurrimiento de aguas desde

		la superficie que drena hacia cada una de las áreas de vigilancia, así como también de las numerosas viviendas que no cuentan con cobertura de alcantarillado, teniendo soluciones particulares de aguas servidas. Sin embargo, también es relevante considerar que en la geología del territorio chileno existen tipos de rocas que pueden aportar fósforo a los recursos hídricos y explicar algunos incrementos locales o estacionales de fósforo total y sus fracciones (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de aguas servidas, acuicultura, agroindustria). Aportado principalmente a través de fuentes difusas (aguas servidas crudas, agricultura, ganadería). Por otro lado, como regulador de la eutroficación, ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone para ecosistemas ligera a moderadamente perturbados valores de Fósforo total (Pt) de 0,01 mg/L para lagos; 0,02 mg/L para ríos de la parte alta de la cuenca y 0,05 mg/L para ríos de la parte baja de la cuenca y de 0,03 para estuarios. CCME (2007) para Fosforo total propone los siguientes rangos según estado trófico a) ultra-oligotrófico <4µg/l; b) oligotrófico 4-10 µg/l; c) mesotrófico 10-20; meso-eutrófico 20-35; d) eutrófico 35-100 µg/l; e) hiper-eutrófico> 100 µg/l.
15	Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	Los compuestos orgánicos halogenados adsorbibles (AOX) corresponden a la suma de todos compuestos orgánicos de halógenos (Cloro, Bromo, Yodo y Flúor) adsorbibles. Especialmente los grupos de organoclorados y de organobromados contienen compuestos muy tóxicos para la vida acuática y para las personas. Los compuestos organoclorados son altamente persistentes (Hellawell, 1989), ya que su hidrofobicidad permite su concentración en el ambiente, en compartimentos como los sedimentos y tejidos grasos (proceso de bioacumulación). Además, por ser de difícil biodegradación son concentrados a lo largo de la cadena trófica (proceso de biomagnificación), observándose este fenómeno hasta en aves y mamíferos marinos que se alimentan de especies acuáticas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). La toxicidad depende de su composición, en la industria del papel se generan AOX persistentes de elevada toxicidad, que generan efectos tóxicos que varían desde carcinogenicidad y mutagenicidad a toxicidad aguda (Singh & Chandra, 2019). Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (celulosas/papeleras, plantas de tratamiento de aguas servidas, plantas de tratamiento de agua potable).

4.6 Actualización de Tabla de Clases de Calidad

Las tablas de clases de calidad son una herramienta para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos en relación con la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca. Las tablas se construyen con 5 clases de calidad, cada una de las cuales corresponde a un rango de concentración. El valor señalado en cada clase representa el valor máximo de su rango, por lo que su valor mínimo viene

dado por el valor señalado en la clase anterior. Estos rangos se fijan en base a la mayor cantidad de información biológica, ecotoxicológica, estadística y otros antecedentes relacionados con el estado de los ecosistemas acuáticos que se encuentre disponible (MMA, 2017).

A continuación, se presentan las variables utilizadas para la construcción de las tablas de clases de calidad de las NSCA cuenca río Valdivia.

4.6.1 *Evaluación de Riesgo Ecológico de la cuenca del río Valdivia*

El proceso de elaboración del Anteproyecto incorporó como herramienta complementaria la Evaluación de Riesgo Ecológico (Universidad Católica de Temuco, 2009; 2010; 2011), la cual permitió estimar empíricamente los niveles máximos de tolerancia de las especies locales claves o aquellas que, por su importancia funcional, son especies de relevancia ecológica en estos ecosistemas. Obteniendo, por tanto, información respecto de la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre las especies expuestas a determinados contaminantes (parámetros fisicoquímicos), todo ello, con el objetivo de proteger al ecosistema en su conjunto. De esta manera, se establecieron niveles de calidad ambiental para Aluminio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc, que aseguran la protección de efectos letales y subletales para un 70 a 100% de las especies presentes en el ecosistema.
De acuerdo a lo señalado en UCT, 2010, los valores de LC_{50}[63] estimados a partir de los ensayos de metales sobre las especies locales y/o nativas fueron realizados con la fracción disuelta (biodisponible) a partir de la disolución de sus sales (sulfato aluminio $Al_2(SO4)_3$, cloruro de cobre($CuCl_2$), cloruro de fierro ($FeCl_3$), Cloruro de manganeso ($MnCl_2$), cloruro de zinc (ZnCl2)). Para extrapolar estos resultados a la fracción total, se calcularon los factores de corrección (fracción disuelta/fracción total) a partir de las series de muestreos realizados en el estudio "Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia". En la **Tabla 5**, se muestra la distribución de los resultados de los LC_{50} para los metales en su estado disuelto y en la **Tabla 6** se muestra la relación porcentual entre Metales Disueltos y Metales Totales.

[63] UCT, 2010. Evaluación de Riesgo Ecológico (agudo) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del rio Valdivia, Región de Los Ríos. Información disponible en el expediente público, folios: 2438 al 2509vta y 2875vta

Tabla 5. Distribución de los LC50 para Aluminio, Cobre, Fierro, Manganeso y Zinc, obtenidos en los bioensayos. Tomada de (Universidad Católica de Temuco, 2010).

Percentil	LC50 metales disueltos				
	Al (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)
0	0.04	0	0.03	0.5	0.03
0.1	0.14	0.03	0.6	0.6	0.12
0.2	0.38	0.08	1.7	1.2	0.13
0.3	1.3	0.19	3.1	2.8	0.8
0.4	2.86	0.2	3.8	3.3	0.98
0.5	3.2	0.21	5.2	4.7	1.6
0.6	5.38	0.26	6.1	5	1.6
0.7	6.8	0.37	6.7	6.2	2.19
0.8	9.7	0.8	8.6	9.4	4.2
0.9	16.82	2.8	10.1	22	7
1	25.7	8.4	15.8	127.6	118.1

Tabla 6. Resumen relación Metales Disueltos y Metales Totales (porcentual). Tomada de (Universidad Católica de Temuco, 2010).

Estaciones Metales	Promedio
Aluminio	12.0
Cobre	12.0*
Hierro	15.9
Manganeso	7.0
Zinc	35.0

La estimación de la concentración de no efecto (PNEC), se realizó utilizando los resultados de los bioensayos de toxicidad aguda mostrados en la **Tabla 5**, para lo cual se calcularon las ecuaciones que relacionaban los percentiles y LC50. El nivel de protección propuesto para ser utilizado en el anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de la biota de las aguas del río Valdivia, se realizó estimando las concentraciones de no efecto (PNEC) considerando su variabilidad mediante estimación de los percentiles y utilizando un factor de seguridad de 50 y 100 (OECD, 1992), de tal forma que el valor recomendado corresponde al valor de la PNEC que protege el 70% de las poblaciones expuestas.

Tabla 7. Los valores estimados de PNEC para factores de seguridad de 50 y 100 que protegen sobre el 70% de las especies expuestas se muestran en la siguiente tabla. Tomado de (Universidad Católica de Temuco, 2010).

% Especies Protegidas	PNEC AL		PNEC Cu		PNEC Fe		PNEC Mn		PNEC Zn	
	FS		FS		FS		FS		FS	
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
1	0.01	0	0.001	0.000	0	0	0.14	0.07	0.002	0.001
0.9	0.02	0.01	0.005	0.002	0.08	0.04	0.16	0.08	0.007	0.003
0.8	0.06	0.03	0.013	0.007	0.22	0.11	0.34	0.17	0.01	0.004
0.7	**0.22**	**0.11**	**0.031**	**0.016**	**0.39**	**0.2**	**0.8**	**0.4**	**0.046**	**0.023**
0.6	0.48	0.24	0.032	0.016	0.47	0.24	0.94	0.47	0.056	0.026
0.5	0.53	0.27	0.034	0.017	0.65	0.32	1.34	0.67	0.092	0.046
0.6	0.89	0.45	0.04	0.021	0.76	0.38	1.42	0.71	0.092	0.05
0.3	1.13	0.57	0.06	0.030	0.83	0.42	1.76	0.88	0.125	0.06
0.2	1.61	0.81	0.13	0.065	1.08	0.54	2.67	1.34	0.24	0.12
0.1	2.8	1.4	0.45	0.226	1.27	0.63	6.25	3.13	0.4	0.2
0	4.27	2.14	1.35	0.677	1.98	0.99	36.3	18.1	6.754	3.38

Durante el proceso de actualización de la información para la elaboración del Proyecto Definitivo 2023, se incorporó la nueva información de metales totales y disueltos levantada por la Dirección General de Aguas para el período 2016 al 2020 y de metales particulados y disueltos levantada por la Universidad Austral de Chile para el período 2014-2020, con el objetivo de mejorar la información para estimar la relación entre metales totales y disueltos. A partir de lo cual se estimó la siguiente relación porcentual entre metales totales y disueltos:

Tabla 8. Relación fracción Disuelta/Total calculada a partir de la Información de DGA para el período 2016-2020 y UACH 2014-2020

Metal	DGA % disuelto	UACH % disuelto	Promedio % disuelto
Aluminio	35,4	38,4	36,8
Hierro	33,2	17,7	25,4
Manganeso	47,9	97,1	72,5
Cobre	55,1	*	55,1
Zinc	56,7	*	56,7

*No se puede establecer una relación, ya que la mayor parte de los datos (particulados y disueltos) se encuentra bajo el Límite de detección de la metodología analítica.

Finalmente, se realizó una estimación de las concentraciones de no efecto (PNEC) para la fracción total considerando un factor de seguridad de 50 y 100, a partir de los resultados del análisis de riesgo ecológico para PNEC de la fracción disuelta (**Tabla 7** y **Tabla 5**) y la actualización de la razón entre metales disueltos y totales (**Tabla 8**). Los resultados se presentan en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Ajuste de los valores estimados de PNEC para factores de seguridad de 50 y 100, a partir de la actualización de la relación porcentual entre metal disuelto y total.

% Especies protegidas	PNEC Al (mg/l)		PNEC Cu (mg/l)		PNEC Fe (mg/l)		PNEC Mg (mg/l)		PNEC Zn (mg/l)	
	FS		FS		FS		FS		FS	
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
100	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,014	0,007	0,001	0,001
90	0,008	0,004	0,001	0,001	0,047	0,018	0,017	0,008	0,004	0,002
80	0,021	0,010	0,003	0,001	0,134	0,051	0,033	0,017	0,005	0,002
70	0,071	0,035	0,007	0,003	0,244	0,093	0,077	0,039	0,028	0,014
60	0,155	0,078	0,007	0,004	0,299	0,114	0,091	0,046	0,035	0,017
50	0,174	0,087	0,008	0,004	0,409	0,157	0,130	0,065	0,056	0,028
40	0,292	0,146	0,009	0,005	0,480	0,184	0,138	0,069	0,056	0,028
30	0,370	0,185	0,013	0,007	0,528	0,202	0,171	0,086	0,077	0,039
20	0,527	0,264	0,029	0,015	0,677	0,259	0,259	0,130	0,148	0,074
10	0,914	0,457	0,102	0,051	0,795	0,304	0,607	0,303	0,247	0,123
0	1,397	0,698	0,305	0,152	1,244	0,476	3,520	1,760	4,166	2,083

4.6.2 *Base de datos y Estadística*

Los datos físico-químicos usados para la determinación de los percentiles que definen las clases de calidad provienen de la base de datos DGA 1987-2020[64] de las estaciones de monitoreo definidas para cada área de vigilancia que se establecerá en el Proyecto Definitivo (Tabla 3). Estos datos fueron complementados con datos provenientes de otras estaciones monitoras de la DGA que cuentan con información de calidad de aguas en la cuenca, ya que 7 de las 10 estaciones monitoras a utilizarse para la Red de Control de estas normas comenzaron a operar a partir del año 2016 y datos provenientes de los informes de seguimiento ambiental de Celulosa Arauco de "Celco" y con los resultados del monitoreo realizado por UACh, en el marco del "Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios"[65]. A continuación, se detalla cómo fue construida la base de datos fisicoquímicos para cada área de vigilancia incorporada en el Proyecto Definitivo.

- **Área de vigilancia RCR1**: Datos de la estación monitora DGA "Río Cruces en Loncoche" (código BNA 10130002-1, vigente desde 2005). Se complementó con datos de AOX (no medido por la DGA) provenientes de la estación "Ciruelos" de UACH y datos fisicoquímicos

[64] La actualización de la información de monitoreos fisicoquímicos se fundamenta en disponer de la mejor información disponible para la toma de decisiones, así como también responde a reiteradas observaciones realizadas en el proceso de Consulta Ciudadana, las cuales solicitan utilizar para el diseño normativo información más actualizada.

[65] Disponible en: https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1848

de la estación “E0” de Celco. Lo anterior, debido a que para este tramo no se cuenta con datos de AOX, por lo que se presume que el valor de AOX que se encuentra aguas abajo de esta estación es representativa del Área.

- **Área de vigilancia RCR2**: Datos de la estación monitora DGA “Río Cruces aguas abajo de estación Rucaco” (código BNA 10134006-6, vigente desde 2016). Se complementó con datos 1987-2003, previos al inicio de operación de la planta de CELCO Valdivia, de la estación DGA “Río Cruces en Rucaco” (código BNA 10134001-5) separadas por aproximadamente 1,5 km, ubicada en zona de dilución. Adicionalmente, para el periodo noviembre 2005 - junio 2016, se complementa con los datos de la estación DGA “Río Cruces Bocatoma CELCO” (código BNA 10134004-K, vigente desde noviembre de 2005).
- **Área de vigilancia RCR3:** Datos de la estación monitora DGA “Río Cruces en Cahuincura” (código BNA 10134003-1, vigente desde 2005).
- **Área de vigilancia RCR4:** Datos de la estación monitora DGA “Río Cruces en San Luis de Alba” (código BNA 10135002-9, vigente desde 2016), Se complementó con datos fisicoquímicos de la estación “E3” de Celco y datos de AOX (no medido por la DGA) provenientes de la estación “San Luis” de UACH.
- **Área de vigilancia SNCA:** Datos de la estación monitora DGA “Río Cruces en Punucapa” (código BNA 10139000-4, vigente desde 2016), se complementó con datos de AOX (no medido por la DGA) provenientes de la estación “Punucapa” de UACH.
- **Área de vigilancia RV:** Datos de la estación monitora DGA “Río Valdivia en Transbordador (CA)” (código BNA 10144001-k, vigente desde 1987).
- **Área de vigilancia RSP:** Datos de la estación monitora DGA “Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca” (código BNA 10113002-9, vigente desde 2016).
- **Área de vigilancia RCC1:** Datos de la estación monitora DGA “Río Calle Calle aguas arriba balsa San Javier-Antilhue” (código BNA 10122004-4, vigente desde 2016). Se complementó con datos 1987-2015 de la estación DGA “Río Calle Calle en balsa San Javier” (código BNA 10122001-K). Es importante señalar que, ambas estaciones se encuentran distanciadas por menos de 500 m.
- **Área de vigilancia RCC2:** Datos de la estación monitora DGA “Río Calle Calle antes cuesta Soto” (código BNA 10123007-4, vigente desde 2016).
- **Área de vigilancia RCC3:** Datos de la estación monitora DGA “Río Calle Calle antes confluencia canal Cau Cau” (código BNA 10144003-6, vigente desde 2016), se complementó con datos de AOX (no medido por la DGA) provenientes de la estación “Calle-Calle” de UACH.

Posteriormente se agruparon los datos por parámetro y área de vigilancia y se identificaron observaciones fuera de rango (“*outliers*”) mediante el método de la distancia intercuartil (IQR).

Este método consiste en calcular la diferencia entre el valor del percentil[66] 25 y 75 de cada conjunto de datos (IQR). A continuación, se definen como observaciones fuera de rango a aquellos que sean menores al percentil 25 menos 1,5 veces IQR o mayores al percentil 75 más 1,5 veces IQR.

Los valores de los 1144 datos identificados como observaciones fuera de rango fueron verificados desde los informes de laboratorio proporcionados por la DGA para los años 2016 a 2020. Posteriormente se decidió excluir las observaciones fuera de rango que no pudieron ser verificados mediante informes de laboratorio cuyos valores son cuestionables desde el punto de vista físico, tales como, valores de oxígeno disuelto del orden de 90 mg/L, saturaciones de oxígeno del 9% y nutrientes en concentraciones superiores a 1 mg/L. Del mismo modo se decidió mantener las observaciones "fuera de rango" de sales y metales, excepto valores reportados como menores al límite de detección (20 µg/L) para Cobre total en RCC1, debido a que la información entregada por estas observaciones no es representativa de la calidad real de esa área de vigilancia. De esta forma, de las 1144 observaciones identificadas como "fuera de rango", 45 fueron excluidas. Los valores excluidos pueden ser consultados en el Anexo 6.3.

Finalmente, la cantidad de datos disponibles luego de la depuración y validación de las bases de datos para cada combinación parámetro-área de vigilancia se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Cantidad de datos disponibles por parámetro y área de vigilancia considerados en la construcción de tablas de clases de calidad mediante criterios estadísticos.

Parámetro \ Área de Vigilancia	RCC1	RCC2	RCC3	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	RSP	RV	SNCA
Aluminio total	75	18	18	43	70	44	18	18	72	17
Cloruro total	73	19	19	50	77	50	19	19	74	19
Cobre total	92	18	18	49	105	49	18	18	107	18
Conductividad especifica 25°C	107	19	19	49	104	50	19	19	105	18
Demanda bioquímica de oxigeno	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17
Fosforo de ortofosfato	83	18	18	34	81	36	19	18	80	18
Hierro total	109	19	19	50	105	50	19	19	106	19
Manganeso total	83	18	18	49	79	49	18	18	81	18
Nitrógeno de nitrato	86	18	16	32	81	33	18	17	84	17
Oxígeno disuelto	99	19	19	50	91	49	19	19	95	19
pH	104	16	17	48	101	49	18	18	105	17
Sodio total	73	18	18	49	76	49	18	18	73	18
Sulfato	67	19	19	45	72	44	19	19	68	19

[66] **Percentil:** Corresponde al valor en la posición "k" de la serie de valores medidos y ordenados de forma creciente para cada área de vigilancia y parámetro ($X1 \leq X2 ... \leq Xk ... \leq Xn-1 \leq Xn$). La posición "k" se calcula por medio de la siguiente fórmula: $k = q*n$, donde "q" corresponde al valor del percentil deseado, tal que una proporción de los datos se encuentren bajo de la fracción "q", y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos durante el periodo analizado. Si el valor "k" no corresponde a un número entero, éste deberá ser aproximado al número entero más próximo.

Parámetro \ Área de Vigilancia	RCC1	RCC2	RCC3	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	RSP	RV	SNCA
Zinc total	81	18	18	49	78	49	18	18	80	18
Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	-	12	-	168	-	-	213	-	-	12

4.6.3 *Normas internacionales*

Para la construcción de La Tabla de Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia para la elaboración del Proyecto Definitivo 2023 se efectuó una revisión de la inclusión de los parámetros definidos en la sección 4.5 en regulaciones, normativas o lineamientos de referencia internacional dado sus efectos toxicológicos para la salud de los ecosistemas de agua dulce. Se consideraron las siguientes referencias internacionales: Argentina (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Presidencia de la Nación, 1993), Australia y Nueva Zelanda (ANZECC & ARMCANZ, 2000), Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, 2005), British Columbia (Ministry of Environment & Climate Change Strategy Water Protection & Sustainability Branch, 2021), Canadá (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1987-2011), Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1980-2018), Japón (Ministry of the Environment Government of Japan, 2015). Los valores recopilados fueron comparados con la estadística de los datos fisicoquímicos de la cuenca y los resultados obtenidos en estudios de riesgo ecológico para comprender el comportamiento y estado de las áreas de vigilancia de la cuenca. La Tabla 11 contiene un resumen de los valores recopilados para los parámetros a normar en la cuenca del río Valdivia.

Tabla 11. Normas, estándares y lineamientos extranjeros para los parámetros a normar con la finalidad de proteger ecosistemas acuáticos continentales.

Parámetro	Origen	Criterio	Valor	Unidad
Aluminio total	Estados Unidos	Concentración Aguda	0,75	mg/L
Aluminio total	Estados Unidos	Concentración Crónica	0,087	mg/L
Aluminio total	Australia y Nueva Zelanda	99% protección de especies	0,027	mg/L
Aluminio total	Australia y Nueva Zelanda	95% protección de especies	0,055	mg/L
Aluminio total	Australia y Nueva Zelanda	90% protección de especies	0,08	mg/L
Aluminio total	Australia y Nueva Zelanda	80% protección de especies	0,15	mg/L
Aluminio total	Canadá	Concentración Crónica	0,1	mg/L
Cloruro	Estados Unidos	Concentración Aguda	860	mg/L
Cloruro	Estados Unidos	Concentración Crónica	230	mg/L
Cloruro	Canadá	Concentración Aguda	640	mg/L
Cloruro	Canadá	Concentración Crónica	120	mg/L
Cloruro	Canadá, British Columbia	Concentración Aguda	600	mg/L
Cloruro	Canadá, British Columbia	Concentración Crónica	150	mg/L
Cobre total	Australia y Nueva Zelanda	99% protección de especies	0,001	mg/L
Cobre total	Australia y Nueva Zelanda	95% protección de especies	0,0014	mg/L
Cobre total	Australia y Nueva Zelanda	90% protección de especies	0,0018	mg/L

Parámetro	Origen	Criterio	Valor	Unidad
Cobre total	Australia y Nueva Zelanda	80% protección de especies	0,0025	mg/L
Cobre Total	Canadá	Concentración Crónica	0,002	mg/L
Cobre Total	Argentina	Protección vida acuática	0,002	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	Japón	Conservación del ambiente	10	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	Japón	Conservación del ambiente natural	1	mg/L
Hierro total	Estados Unidos	Concentración Aguda	1	mg/L
Hierro total	Canadá	Concentración Crónica	0,3	mg/L
Hierro total	Canadá, British Columbia	Concentración Aguda	1	mg/L
Manganeso total	Brasil	Aguas Clase 1	0,1	mg/L
Manganeso total	Brasil	Aguas Clase 3	0,5	mg/L
Manganeso total	Australia y Nueva Zelanda	99% protección de especies	1,2	mg/L
Manganeso total	Australia y Nueva Zelanda	95% protección de especies	1,9	mg/L
Manganeso total	Australia y Nueva Zelanda	90% protección de especies	2,5	mg/L
Manganeso total	Australia y Nueva Zelanda	80% protección de especies	3,6	mg/L
Manganeso total	Argentina	Protección de la vida Acuática	0,1	mg/L
Nitrógeno de nitrato	Canadá, British Columbia	Concentración Crónica	0,677	mg/L
Nitrógeno de nitrato	Canadá, British Columbia	Concentración Aguda	7,404	mg/L
Nitrógeno de nitrato	Canadá	Concentración Crónica	2,935	mg/L
Nitrógeno de nitrato	Canadá	Concentración Aguda	124,15	mg/L
Oxígeno Disuelto	Europa	Aguas para la protección de la vida de los peces (no menor el 50% del tiempo)	9	mg/L
Oxígeno Disuelto	Europa	Aguas para la protección de la vida de los peces (no menor el 100% del tiempo)	7	mg/L
Oxígeno Disuelto	Canadá	Protección de especies de aguas frías en etapas tempranas	9,5	mg/L
Oxígeno Disuelto	Canadá	Protección de especies de aguas frías en etapas tardías	6,5	mg/L
Oxígeno Disuelto	Estados Unidos	Concentración Crónica	6,5	mg/L
Oxígeno Disuelto	Estados Unidos	Concentración Aguda	4,0	mg/L
pH	Europa	Aguas para la protección de la vida de los peces	6-9	-
Sulfato	Brasil	Aguas Clase 1	250	mg/L
Sulfato	Brasil	Aguas Clase 3	250	mg/L
Zinc total	Brasil	Aguas Clase 1	0,18	mg/L
Zinc total	Brasil	Aguas Clase 3	5	mg/L
Zinc total	Estados Unidos	Concentración Crónica	0,12	mg/L
Zinc total	Estados Unidos	Concentración Aguda	0,12	mg/L
Zinc total	Australia y Nueva Zelanda	99% protección de especies	0,0024	mg/L
Zinc total	Australia y Nueva Zelanda	95% protección de especies	0,008	mg/L
Zinc total	Australia y Nueva Zelanda	90% protección de especies	0,015	mg/L
Zinc total	Australia y Nueva Zelanda	80% protección de especies	0,031	mg/L

Parámetro	Origen	Criterio	Valor	Unidad
Zinc total	Argentina	Protección de la vida acuática	0,03	mg/L
Zinc total	Japón	Conservación del Medio Ambiente	0,03	mg/L

4.6.4 *Tabla de Clases de Calidad Ambiental de la cuenca del Río Valdivia*

La Tabla de Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia para la elaboración del Proyecto Definitivo (Tabla 13) presenta la clasificación de los valores de concentraciones ambientales para los distintos parámetros normados. Estas clases son definidas en virtud de alguno de los criterios establecidos en la Tabla 12, los cuales en su mayoría se relacionan con la variabilidad de los datos disponibles de calidad de aguas en la cuenca. Al respecto hay dos excepciones:

- El establecimiento de un rango único de pH para la Clase 1 a la Clase 4, fue definido en función del análisis de los datos de pH observados en la cuenca del río Valdivia. Adicionalmente, se utilizó como referencia lo recomendado por la Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo[67], relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces, y de manera referencial el rango establecido en las normas de calidad primaria para la protección de aguas continentales superficiales y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo (D.S. MINSEGPRES N° 143 y N° 144, del año 2009). Es importante señalar, que el rango definido corresponde a valores característicos de esta cuenca.
- Para Conductividad Eléctrica y los iones Sulfato, Cloruro y Sodio, el cálculo de percentiles para determinar todas las clases de calidad se realizó solo con los datos disponibles de las estaciones ubicadas en áreas de vigilancia con características limnéticas (RCR1, RCR2, RCR3, RCR4, RSP y RCC1), ya que para aquellas áreas de vigilancia que se encuentran ubicadas en el estuario estos parámetros presentan una alta variabilidad natural, que responde directamente a la intrusión salina y por tanto en dichas áreas de vigilancia no son parámetros normados.

La Tabla 12 presenta los criterios utilizados para la definición de las clases de calidad para la elaboración del Proyecto Definitivo las NSCA cuenca del río Valdivia.

Tabla 12. Definición clases de calidad y criterios de definición de cada una de ellas por parámetro.

Clase 1: Excelente	Concentraciones ambientales de referencia para la cuenca. Criterios de definición por parámetro: 1. Percentil 50 de la distribución de todos los datos de calidad fisicoquímica del agua del área de vigilancia de referencia (aquella con mejor valor de percentil 50 para el respectivo parámetro).

[67] Disponible en: https://www.boe.es/doue/2006/264/L00020-00031.pdf

	2. Valor homologable a una calidad excelente en las normas y lineamientos de referencia internacional consideradas en esta NSCA[68]
Clase 2: Óptima	Concentraciones ambientales consideradas como óptimas para la conservación y preservación de los ecosistemas acuáticos. Criterios de definición por parámetro: 1. Percentil 95 de la distribución de todos los datos de calidad fisicoquímica del agua del área de vigilancia con menor valor de percentil 95 (mayor valor de percentil 5 para oxígeno disuelto) para el respectivo parámetro. 2. Valor de Estudio de riesgo ecológico para protección de entre un 70%-80% de las especies de la cuenca. Considera un factor de seguridad entre 50-100 y la razón histórica entre fracción disuelta y total para metales totales.
Clase 3: Media	Concentraciones ambientales medianamente aceptables que representan un ecosistema con perturbación antrópica. Criterios de definición por parámetro: 1. Valor de la media de las concentraciones definidas en la Clase 2 y la Clase 4. 2. Percentil 50 de la distribución de todos los datos de calidad fisicoquímica del agua del área de vigilancia con mayor valor de percentil 50. Exclusivo para Aluminio total, Hierro total y Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX), donde los valores obtenidos con el criterio anterior son elevados para ser considerados como adecuados para la cuenca del río Valdivia. Para Aluminio total se considera el percentil 50 del área de vigilancia con mayor valor de percentil 50 para la subcuenca del río Cruces y del río Calle Calle por separado debido a diferencias significativas[69] en el comportamiento de este metal para cada subcuenca. 3. Promedio de la distribución de todos los datos de calidad fisicoquímica del agua para el Fósforo de Ortofosfato, donde los valores obtenidos mediante los criterios anteriores no son adecuados para la cuenca del río Valdivia
Clase 4: Mala	Concentraciones ambientales que pueden producir riesgo de daños en la estructura y funciones del ecosistema o en algunas especies en particular. Criterios de definición por parámetro: 1. Percentil 95 de la distribución de todos los datos de calidad fisicoquímica del agua del área de vigilancia con mayor valor de percentil 95 (menor valor de percentil 5 para el oxígeno disuelto). 2. Valor de Estudio de riesgo ecológico para protección de un 40% de las especies de la cuenca. Considera un factor de seguridad entre 50-100 y la razón histórica entre fracción disuelta y total para metales totales.

[68] De acuerdo a los datos presentados en sección 4.6.3

[69] Los resultados de los test estadísticos para diferencias significativas de entre las subcuencas del Río Cruces y el Río Calle-Calle pueden ser revisados en el anexo 6.4.3

Clase 5: Muy Mala	Concentraciones ambientales inaceptables. Criterios de definición por parámetro: 1. Valores superiores al valor establecido como clase 4. (menores al valor establecido como clase 4. Exclusivo para oxígeno disuelto y pH).

La Tabla 13 presenta la Tabla de Clases de Calidad para la elaboración del Proyecto Definitivo, en concordancia con los criterios y consideraciones anteriormente expuestos.

Tabla 13. Tabla de Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia por parámetros, señalando entre paréntesis el criterio de utilizado, definidos en Tabla 12.

Parámetro	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
pH	-	6,3 - 8,5				< 6,3 ó > 8,5 (1)
OD	mg/L	9(2)	8 (1)	7 (1)	6 (1)	< 6(1)
CE	uS/cm	36 (1)	46 (1)	123 (1)	200 (1)	> 200 (1)
SO4-	mg/L	1 (1)	4 (1)	18 (1)	32 (1)	> 32 (1)
Cl-	mg/L	1 (1)	3 (1)	11 (1)	18 (1)	> 18 (1)
Na+	mg/L	3 (1)	4 (1)	16 (1)	28 (1)	> 28 (1)
DBO5	mg/L	< 2 (1)	2 (1)	5 (1)	8 (1)	> 8 (1)
Al_tot	mg/L	0,022 (1)	0,144 (1)	0,2 (2) y 0,3 (2)	1,1 (1)	> 1,1 (1)
Cu_tot	mg/L	0,0005 (1)	0,005 (1)	0,013 (1)	0,021 (1)	> 0,021 (1)
Fe_tot	mg/L	0,06 (1)	0,244 (2)	0,36 (2)	0,48 (2)	> 0,48 (1)
Mn_tot	mg/L	0,0031 (1)	0,033 (2)	0,08 (1)	0,130 (2)	> 0,130 (1)
Zn_tot	mg/L	0,005 (1)	0,028 (2)	0,04 (1)	0,056 (2)	> 0,056 (1)
N-NO3	mg/L	0,043 (1)	0,09 (1)	0,21 (1)	0,33 (1)	> 0,33 (1)
P-PO4	mg/L	0,003 (1)	0,007 (1)	0,016 (3)	0.086 (1)	> 0.086 (1)
AOX	mg/L	0,005 (1)	0,006 (1)	0,018 (2)	0,054 (1)	> 0,054 (1)

Las diferencias entre las tablas de clases de calidad del Anteproyecto y la Tabla 13**,** y consecuentemente en los valores norma, se explican principalmente por la actualización de la información de calidad del agua que fue analizada.

Destaca la incorporación, desde el año 2016, de nuevas estaciones de monitoreo de calidad de agua de la DGA que abarcan todas las áreas de vigilancia propuestas en estas normas, y el monitoreo de todos los parámetros propuestos en el Anteproyecto, lo cual permitió recopilar y posteriormente analizar información de calidad del agua sitio-específica para cada área de vigilancia y parámetro propuesto.

Lo anterior, junto con la incorporación en el diseño normativo de los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017), el análisis de las observaciones recibidas durante el proceso de participación ciudadana[70], y la incorporación de los acuerdos alcanzados durante el Proceso de Consulta Indígena, que derivarán en el perfeccionamiento y robustecimiento de estas normas.

Por lo tanto, el diseño del Proyecto Definitivo busca abordar las brechas de información de calidad de calidad del agua identificadas en los procesos de consulta del Anteproyecto, logrando diseñar un instrumento regulatorio que considere una mayor cobertura espacial y temporal en el análisis de la mejor información disponible.

Por otro lado, las diferencias entre las tablas de clases de calidad de la "propuesta PD 2021" y la Tabla 13**,** y consecuentemente en los valores norma, se explican principalmente por la actualización de la información de calidad del agua que fue analizada (datos hasta 2019 en "propuesta PD 2021" y datos hasta 2020 en "propuesta PD 2023") y la incorporación de criterios de riesgo ecológico, normativa internacional y uso de estadígrafos separados por subcuencas de acuerdo al variabilidad espacial obtenida.

La **Tabla 14** muestra una comparativa de los criterios técnicos para la definición de la Tabla de Clases entre la propuesta PD 2021 y la propuesta PD 2023.

Tabla 14. Porcentaje de los valores (cantidad) de la tabla de clase de calidad que fueron definidos en función del tipo de información disponible para cada propuesta de Proyecto Definitivo.

Criterio de Definición TdCC	**Propuesta PD 2021**	**Propuesta PD 2023**
Normativa o recomendación Internacional	7,14% (5 de 70)	6,25% (5 de 80)
Riesgo Ecológico	0,00% (0 de 70)	7,50% (6 de 80)
Datos Observados o Estadígrafos de la cuenca	92,86% (65 de 70)	86,25% (69 de 80)%

[70] Esto incluye el análisis actualizado de la información disponible de calidad de aguas de la cuenca (al 2020), la consecuente selección de parámetros a normar y, sus niveles de calidad ambiental por área de vigilancia, considerando la factibilidad técnica y económica de su cumplimiento en el diseño normativo.

4.7 Análisis del estado actual de la cuenca

El análisis del estado actual de la cuenca es un ejercicio que se hace para evaluar, utilizando los criterios de cumplimiento establecidos (percentil 85/20 de los dos últimos años), en qué clase de calidad se encuentra cada parámetro normado en cada área de vigilancia. Además, permite predecir el comportamiento que tendría la implementación de la normativa bajo el supuesto que los patrones medidos y observados se repitiesen en el futuro.

La Tabla 15 presenta el análisis del estado actual de la cuenca del río Valdivia, el cual se realiza en base a los criterios de cumplimiento establecidos en la sección 4.9 (percentil 85 y/o 20), durante el periodo 2019-2020.

Tabla 15. Estado actual de la cuenca del río Valdivia (periodo 2019-2020) para la definición de la propuesta de PD 2023.

Parámetro	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
pH	6,31 - 6,9	6,52 - 7,43	6,38 - 7,02	6,03 - 6,93	6,44 - 7,28	6,42 - 7,2	6,81 - 7,3	6,9 - 7,52	6,42 - 7,05	6,66 - 7,24
OD	8,98	8,85	8,70	6,03	7,80	7,75	8,90	8,54	7,80	8,54
CE	39,0	119,0	136,0	131,0	3054,0	3668,0	46,0	44,2	46,0	722,0
SO4-	1,5	19,1	17,2	16,0	107,5	128,9	2,1	1,8	2,0	24,4
Cl-	1,9	15,2	17,3	14,3	876,5	1042,6	1,3	1,5	1,3	165,9
Na+	4,0	23,0	23,2	20,6	501,8	543,7	3,5	3,8	3,6	67,4
DBO5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Al_tot	0,158	0,179	0,270	0,148	0,431	0,177	0,144	0,155	0,168	0,263
Cu_tot	0,0114	0,0041	0,0105	0,0087	0,0102	0,0041	0,0078	0,0068	0,0056	0,0050
Fe_tot	0,69	0,42	0,39	0,35	0,51	0,28	0,07	0,10	0,11	0,13
Mn_tot	0,0264	0,0265	0,0235	0,0368	0,0760	0,0162	0,0130	0,0210	0,0120	0,0120
Zn_tot	0,0132	0,0122	0,0260	0,0248	0,0286	0,0137	0,0113	0,0116	0,0101	0,0115
N-NO3	0,098	0,110	0,217	0,140	0,092	0,087	0,050	0,050	0,053	0,064
P-PO4	0,011	0,008	0,009	0,008	0,008	0,008	0,005	0,007	0,009	0,004
AOX	0,010	0,072	S.I.	0,049	0,051	S.I.	S.I.	S.I.	0,004	S.I.

S.I. indica “Sin Información” para la combinación de Parámetro y Área de Vigilancia indicada.

4.8 Determinación de valores umbrales de las normas

La determinación de los valores umbrales para el Proyecto Definitivo, para cada parámetro y área de vigilancia, se realiza teniendo en consideración el objetivo de las NSCA cuenca río Valdivia, la Tabla de Clases de Calidad (Tabla 13), la calidad actual de la cuenca (Tabla 15) y el aumento de la frecuencia de monitoreo desde un monitoreo estacional a un monitoreo mensual.

Para determinar los valores norma, y de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (MMA, 2017), se utiliza como valor umbral de norma aquel que representa el límite superior de cada clase, ya que éste corresponde a un valor característico que proviene del análisis de los datos de calidad de agua de la cuenca realizado. En general, las clases 2 y 4 representan concentraciones observadas el 95% de los casos en áreas de vigilancia de la cuenca que se encuentran en la mejor y peor calidad ambiental respectivamente, mientras que la clase 3 representa una condición intermedia entre la clase 2 y la clase 4. Al respecto, es esperable que las áreas de vigilancia con menores valores de determinados parámetros, y que no han experimentado tendencias al alza de acuerdo a los datos disponibles (ver anexo 6.4), presenten una calidad actual en las clases 1 o 2, y por el contrario, que aquellas áreas de vigilancia con mayores valores se encuentren en una clase de calidad 3, 4 o 5. En términos generales, estas normas establecerán que aquellos parámetros que en determinadas áreas de vigilancia tienen una calidad actual en Clase 3, Clase 4 o Clase 5 deben ser recuperados al valor de la Clase 2 o 3 (concentraciones ambientales óptimas o medias), mientras que el resto de los parámetros y áreas de vigilancia deben mantener su calidad ambiental en valores de la Clase 2 (concentraciones ambientalmente óptimas). Estos criterios, fueron contrastados con los resultados de los análisis de variabilidad espacial realizados, para establecer diferencias en los umbrales normativos entre las diversas subcuencas (ver anexo 6.4).

Finalmente, se señala que actualmente la DGA realiza 4 monitoreos de calidad del agua en cada estación monitora de las áreas de vigilancia establecidas. En el proyecto definitivo, éstas aumentarán a 12 campañas de monitoreo con representatividad mensual. En consecuencia, debido a la mayor información que estará disponible a consecuencia de la entrada en vigencia de estas normas, los valores normados se han definido considerando que podrían existir variaciones, en comparación a las condiciones observadas a la fecha, en la estimación de los estadígrafos utilizados para la evaluación del cumplimiento de estas normas. Lo anterior, debido a potenciales situaciones recurrentes con efectos temporales en la calidad de las aguas en meses que no han sido monitoreados frecuentemente por la DGA en esta cuenca. Por lo tanto, los parámetros aluminio, cobre, hierro, manganeso, nitrógeno de nitrato y fósforo de ortofosfato serán normados en Clase 3 (media) en algunas áreas de vigilancia. En particular, esto se aplica para los parámetros cuyas concentraciones establecidas como Clase 3 fueron consideradas adecuadas para mantener las condiciones de la cuenca.

La Tabla 16 presenta los niveles de calidad ambiental por área de vigilancia para los 15 parámetros a normar en el Proyecto Definitivo.

Tabla 16. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia de las NSCA cuenca río Valdivia.

N°	Elemento o compuesto	Unidad	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
1	pH	-	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5
2	Oxígeno disuelto	mg/L	> 9	> 9	> 8	> 8	> 7	> 7	>9	> 8	> 8	> 8
3	Conductividad Eléctrica	uS/cm	46	123	123	123	-	-	46	46	-	-
4	Sulfato	mg/L	4	18	18	18	-	-	4	4	-	-
5	Cloruro	mg/L	3	11	11	11	-	-	3	3	-	-
6	Sodio	mg/L	4	16	16	16	-	-	4	4	-	-
7	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Aluminio (total)	mg/L	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,144	0,2	0,2	0,2
9	Cobre (total)	mg/L	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
10	Hierro (total)	mg/L	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,244	0,244	0,244	0,244
11	Manganeso (total)	mg/L	0,033	0,033	0,033	0,082	0,082	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
12	Zinc (total)	mg/L	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
13	Nitrógeno de nitrato	mg/L	0,09	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,09	0,09	0,09	0,09
14	Fósforo de ortofosfato	mg/L	0,007	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,007	0,007	0,007	0,007
15	Comp. Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	0,006	0,018	-	0,018	0,006	-	-	-	0,006	-

"-"indica "No Normado" para la combinación de Parámetro y Área de Vigilancia correspondiente.

De acuerdo con el estado actual de la cuenca (Tabla 15) y los valores umbrales establecidos en la Tabla 16, los parámetros y áreas de vigilancia que serán recuperados mediante un potencial plan de descontaminación corresponden a los presentados en la Tabla 17.

Tabla 17. Parámetros y Áreas de Vigilancia a ser recuperados.

Parámetro	**Área de Vigilancia**
pH	RCR4
Oxígeno Disuelto	RCR1, RCR2, RCR4, RSP, RCC2
Conductividad Eléctrica	RCR3 y RCR4
Sulfato	RCR2
Cloruro	RCR2, RCR3 y RCR4
Sodio	RCR2, RCR3 y RCR4
Aluminio total	SNCA y RCC3
Hierro total	RCR1, RCR2, RCR3 y SNCA
Zinc total	SNCA
Nitrógeno de nitrato	RCR1 y RCR3
Fósforo de ortofosfato	RCR1 y RCC2
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	RCR1, RCR2, RCR4 y SNCA

La Tabla 18 presenta un resumen de la propuesta normativa, indicado el número total de combinaciones de parámetros y áreas de vigilancias a normar e información relativa a las excedencias, considerando la información contenida en la Tabla 16 y el estado actual de cuenca (Tabla 15).

Tabla 18. Descriptores de la propuesta normativa

N° total de normas	139
N° total de eventuales saturaciones	30

Parámetros con eventuales saturaciones	Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad Eléctrica, Sulfato, Cloruro, Sodio, Aluminio total, Hierro total, Zinc total, Nitrógeno de nitrato, Fósforo de ortofosfato y Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)
% de saturación	22%
% de normas definidas en una calidad excelente	2% (3 de 119, exceptuando normas de pH)
% de normas definidas en una calidad óptima	53% (63 de 119, exceptuando normas de pH)
% de normas definidas en una calidad media	45% (53 de 119, exceptuando normas de pH)

Las **Figura 8**, **Figura 9**, **Figura 10** y **Figura 11** muestran ejemplos de la clasificación del estado actual de la calidad de agua de cada área de vigilancia de la cuenca en función de la tabla de clases definida en la Tabla 13. para Cloruro, Aluminio total, Hierro total y AOX y, a la derecha, la clasificación definida por el límite normativo definido en la Tabla 16, para cada parámetro.

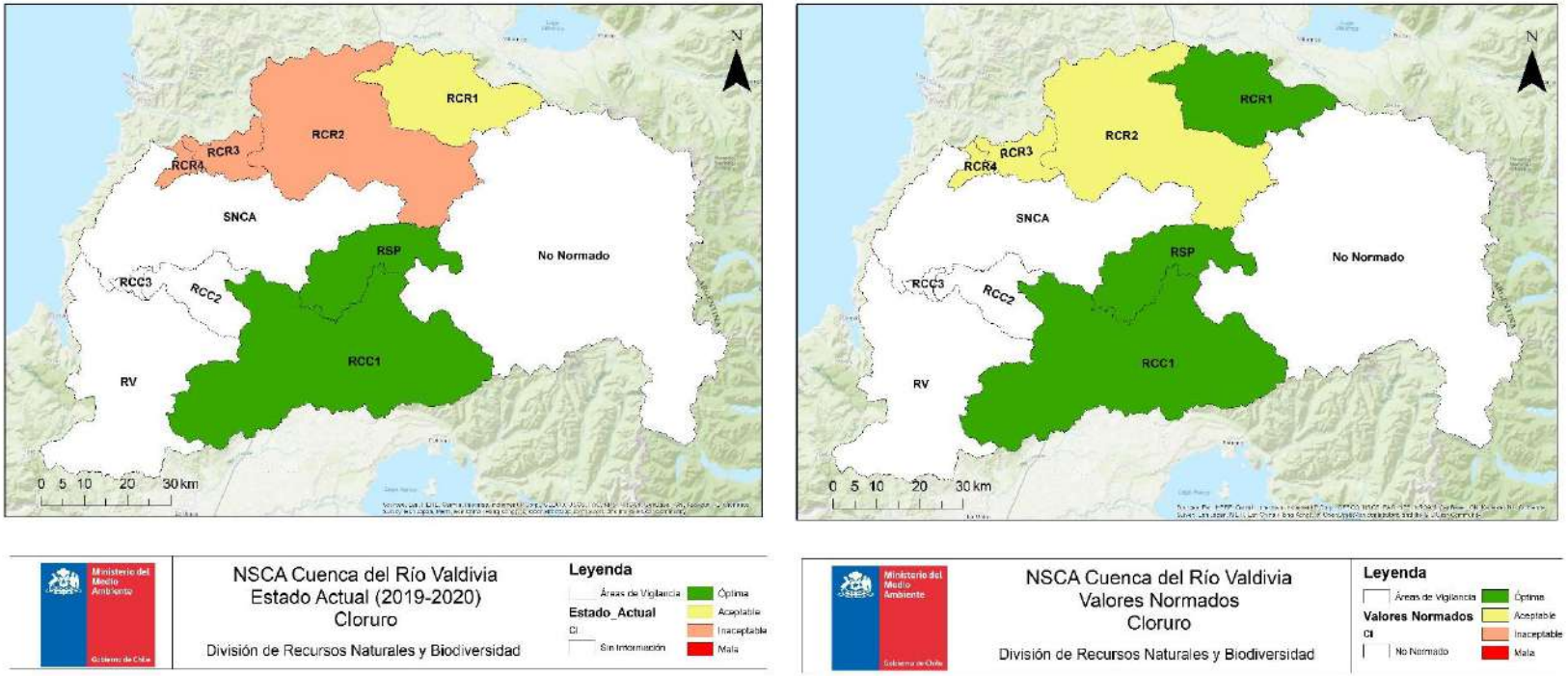


Figura 8. Estado actual (2019-2020) de los cloruros en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

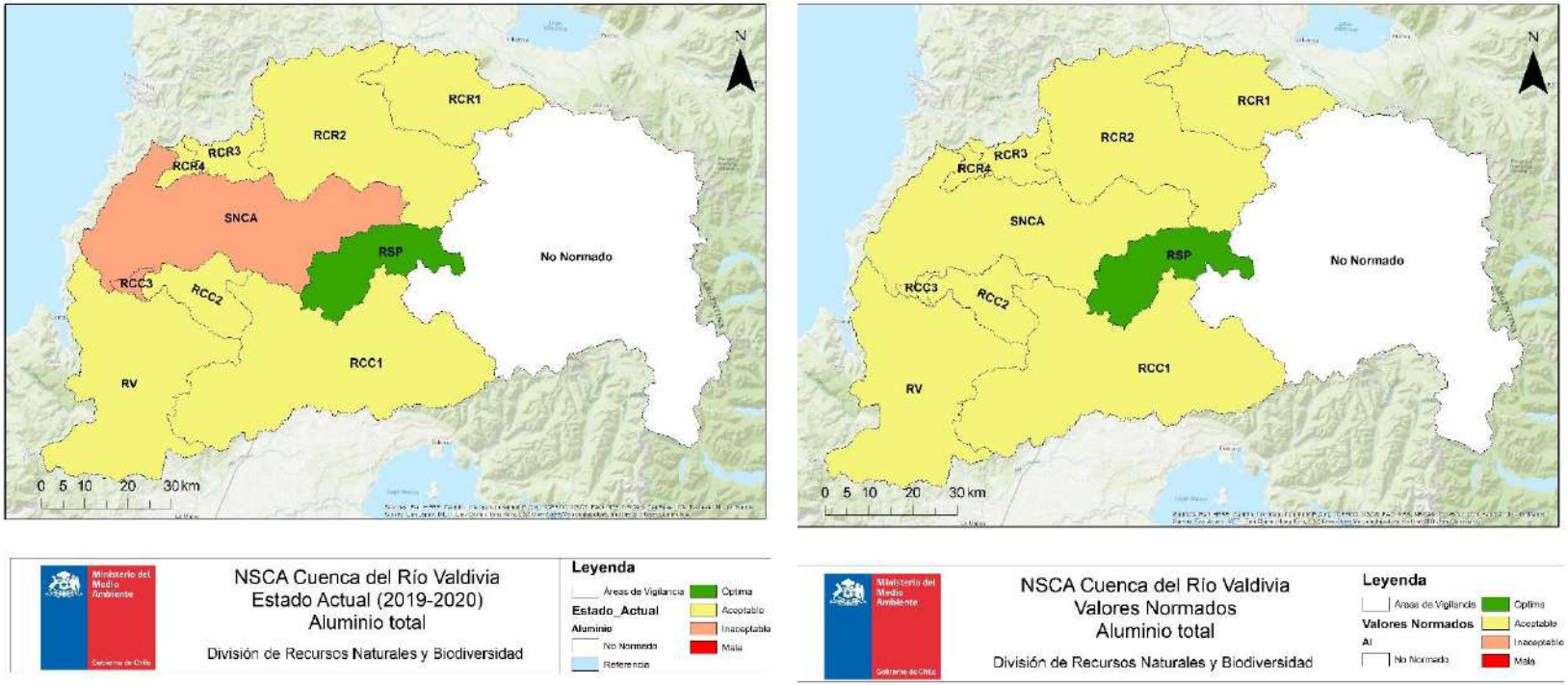


Figura 9. Estado actual (2019-2020) del Aluminio total en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

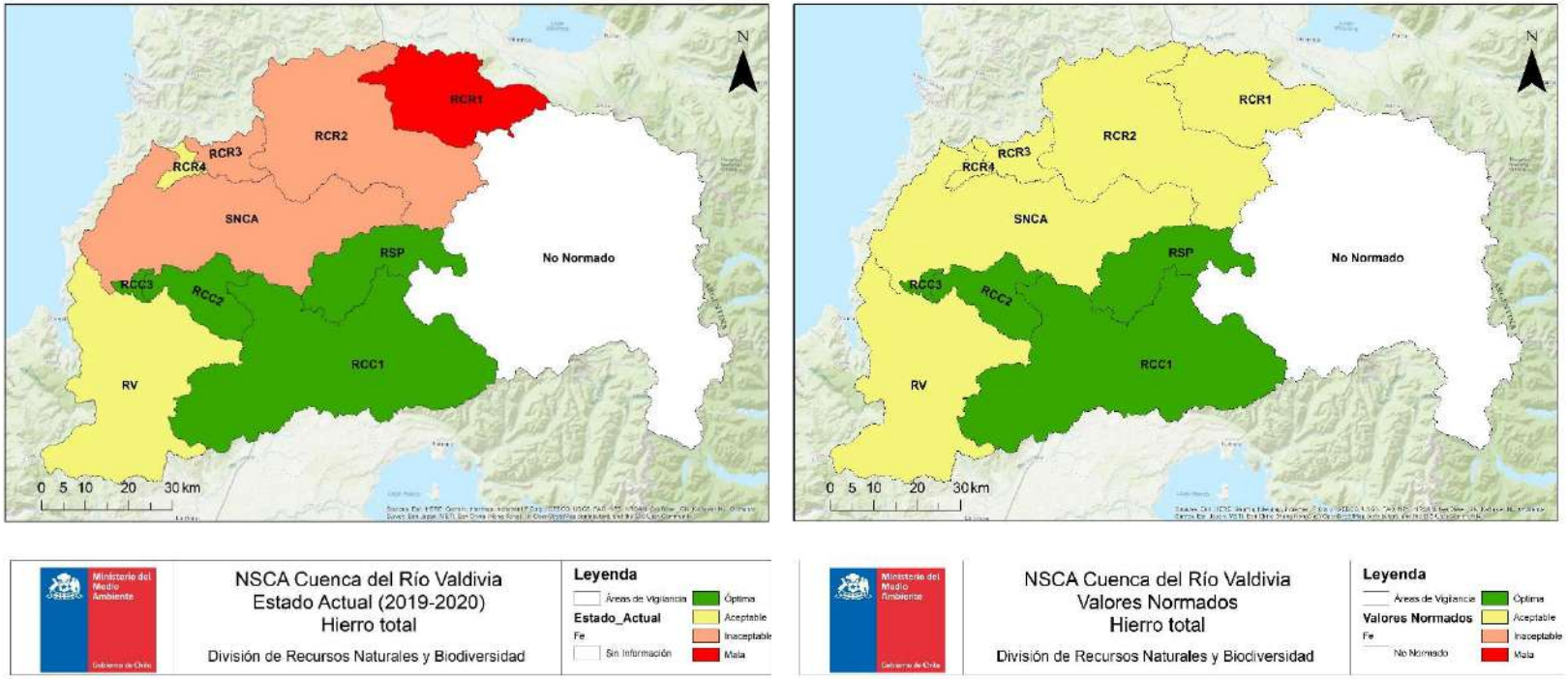


Figura 10. Estado actual (2019-2020) del Hierro total en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

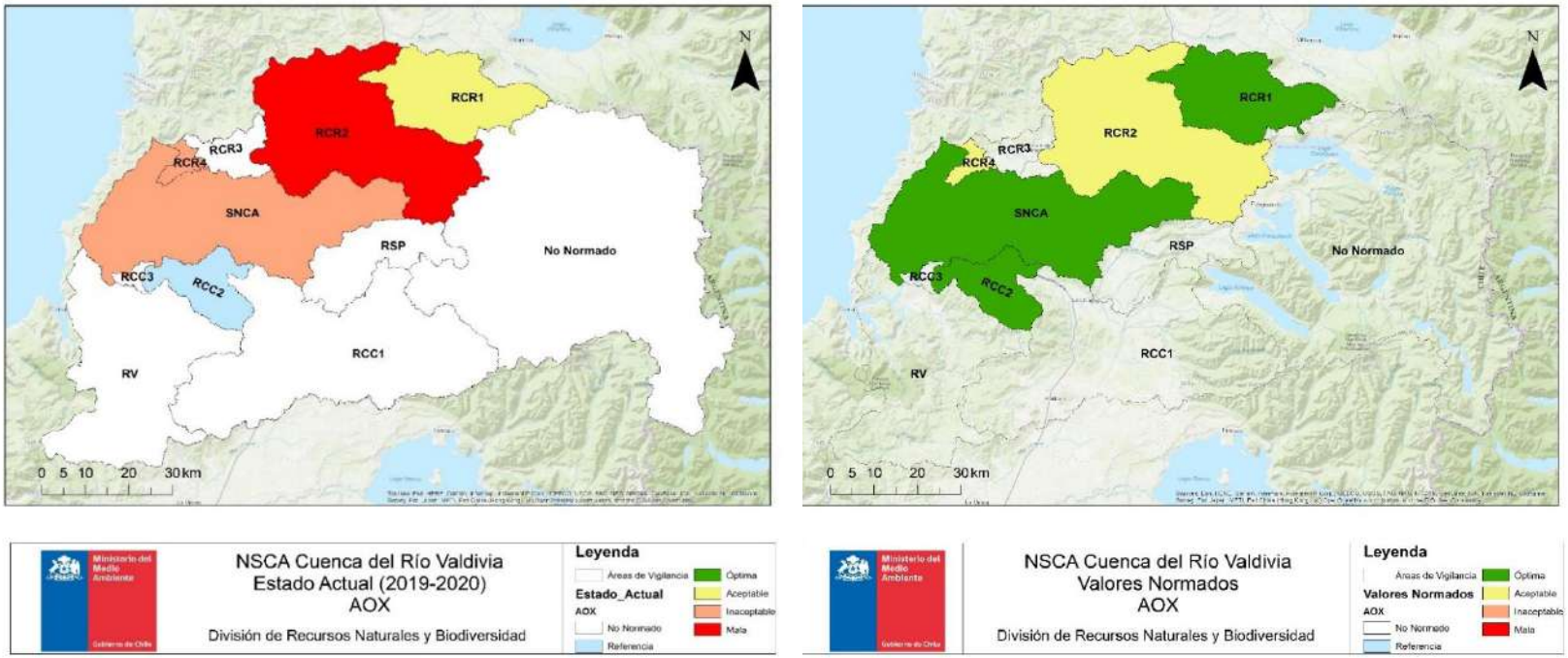


Figura 11. Estado actual (2019-2020) de los compuestos orgánicos halogenados (AOX) en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

4.9 Definición de los criterios de cumplimiento

El cumplimiento de las NSCA se evalúa, en la mayoría de los casos, a través de un análisis estadístico prestablecido en el cuerpo del Decreto Supremo que las aprueban (Ministerio del Medio Ambiente, 2017). Sin perjuicio de lo anterior, pueden considerarse criterios de cumplimiento adicionales, tales como la excedencia del valor umbral establecido en las NSCA en un cierto número de monitoreos consecutivos y/o en un tiempo predefinido.

El cumplimiento de las NSCA cuenca río Valdivia deberá verificarse anualmente, de acuerdo al Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA), el cual deberá dictarse en un plazo máximo de seis meses desde la publicación del Decreto Supremo que apruebe estas normas.

En cuanto a los criterios de cumplimiento, el Proyecto Definitivo considerará doce (12) monitoreos al año, con representatividad mensual, estableciendo que se consideran sobrepasadas las normas ante una o más de las siguientes circunstancias:

1. Cuando el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, supere los valores establecidos en las normas.
2. Para el control del oxígeno disuelto, cuando el percentil 20 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, sea menor a los valores establecidos en las normas.
3. En el caso del control de pH, cuando el percentil 20 y/o el percentil 85, de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, se encuentre fuera del rango establecido en las normas.
4. Si en un año de monitoreo, uno o más parámetros superan al menos en tres (3) oportunidades los límites establecidos en las normas.

El aumento de la frecuencia de monitoreo en relación con el Anteproyecto se justifica en el acta de acuerdos del PCI, de fecha 27 de agosto de 2021 y en las observaciones recibidas en el proceso de consulta pública de estas normas[71]. Por lo tanto, para la evaluación de cumplimiento de las NSCA cuenca río Valdivia se contará con 24 datos de cada parámetro por área de vigilancia (2 años con 12 monitoreos cada uno), lo que conlleva que el percentil 85 y el percentil 20 correspondan a los datos en la posición 20 y la posición 5, respectivamente (en ambos casos se excluyen 4 datos en la comparación con los niveles de calidad ambiental de estas normas).

Adicionalmente, al aumentar la frecuencia de monitoreo se considera oportuno que se consideren sobrepasadas las NSCA si uno o más parámetros superan al menos en 3 oportunidades los límites establecidos en un año de monitoreo (cuarto criterio), es decir en un 25% de los meses de un año.

---

[71] Observaciones ID 14 y 18 (detalladas en el archivo adjunto al Folio 4570 del expediente público de las NSCA cuenca río Valdivia).

4.9.1 *Representatividad de las muestras*

De acuerdo a lo señalado en el artículo N° 8 del Proyecto Definitivo de las NSCA cuenca Valdivia, para efectos de evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad, se deberán considerar muestras representativas. Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) certificar previamente y de manera fundada la falta de representatividad de las muestras cuando estas se vean afectadas por situaciones excepcionales y/o eventos naturales, tales como sequías, aluviones, incendios forestales, etc.

Dentro de los eventos naturales, se encuentran aquellos que inciden significativamente en la variabilidad de un parámetro normado, pero que exceden el alcance de estas normas, dado que provocan una variación temporal para la cual los ecosistemas se encontrarían acostumbrados y presentarían mecanismos de adaptación. En este sentido, para el control de las normas, es necesario levantar información adicional que resulta esencial para poder identificar si la variabilidad de los parámetros normados se produce a causa de fenómenos naturales (disturbios) o antrópicos. De tal manera de permitir un adecuado control del cumplimiento de las normas, así como entregar la información que permita gestionar las "actividades antrópicas" que afectan la calidad fisicoquímica de las aguas de la cuenca del río Valdivia.

Algunos metales pesados normados y el oxígeno disuelto, podrían ser afectados por variables naturales transitorias, tales como la precipitación y el aumento de la temperatura del agua producida por los cambios estacionales. Por lo tanto, para efectos de evaluar la representatividad de las muestras de Aluminio, Hierro, Manganeso y Oxígeno disuelto, se deberían considerar los antecedentes expuestos a continuación.

4.9.1.1 Metales pesados

El material en suspensión y disuelto que transportan los causes durante y posteriormente a la ocurrencia de tormentas se relaciona con el aporte de sedimentos y erosión de las laderas de la cuenca. De esta forma, los períodos de precipitación intensa pueden provocar crecidas, avenidas e inundaciones que generar un aumento de arrastre de sedimentos hacia los cauces superficiales movilizando sedimentos en el ecosistema acuático (Preciado & Arganis, 2010).

El origen de la presencia del aluminio en la cuenca está ligada a la actividad volcánica de la región. La cantidad de ignimbritas y micas que por efectos de meteorización originan arcillas, adicionándose a esto el pH y el efecto del arrastre por escorrentías, origina que los compuestos de aluminosilicatos se encuentren siempre presentes en los cursos de agua especialmente aquellos que provienen directamente desde las cumbres andinas como los ríos Liquiñe y Cruces (Cade-Idepe, 2004). Dadas estas condiciones litológicas en la cuenca de río Valdivia, el aumento en el transporte de sedimento provocado por las precipitaciones intensas y crecidas modifica temporalmente las condiciones fisicoquímicas del agua aumentando los niveles de turbidez y concentración de Fe, Al y Mn. Este tipo de perturbaciones son temporales y poco predecibles, pero se encuentran incorporadas en la estructura y dinámicas de las comunidades permitiendo la evolución y desarrollo de los ecosistemas acuáticos, permitiendo, por ejemplo, la generación de mecanismos de recolonización de un cauce tras una riada (Ortega, Suarez, Vidal-Abarca,

Gomez, & Ramirez-Diaz, 2017), permitiendo el de lavado de las cuencas necesarios para evitar los procesos de eutroficación, el transporte de sedimentos, nutrientes, materia orgánica, semillas, etc.

Considerando lo anteriormente señalado, para efectos de evaluar la representatividad de los aluminosilicatos (Al, Fe y Mn), la SMA deberá considerar la magnitud, intensidad y frecuencia de los eventos de precipitaciones ocurridos previamente y durante los eventos de muestreo de la cuenca.

4.9.1.2 Oxígeno Disuelto

Los cambios estacionales generan alteraciones significativas en la temperatura de los cursos y cuerpos de agua. Dichas alteraciones en temperatura tendrán, a su vez, un efecto sobre los niveles de oxígeno disuelto. Lo anterior debido a que la capacidad del agua para disolver el oxígeno del aire se reduce a medida que se incrementa la temperatura (Horne & Goldman, 1994). En temperaturas elevadas, aun cuando el agua este saturada de oxigeno (que contenga la totalidad de oxígeno que pueda disolver), la cantidad de oxígeno disuelto será menor que en agua con menor temperatura, tal y como se muestra en la **Figura 12** y en la **Tabla 19**.

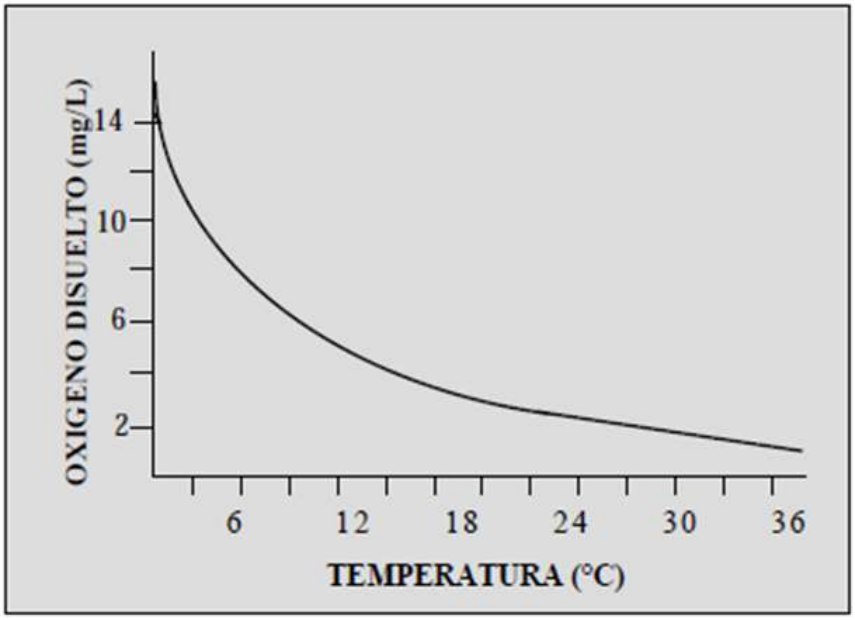


Figura 12. Relación entre oxígeno disuelto y temperatura del agua. Los valores que se muestran son para un sistema de agua pura bien mezclada, al nivel del mar y una presión de 760 mm de Hg. Modificada de (Horne & Goldman, 1994).

Tabla 19. Solubilidad máxima de Oxígeno en agua a presión atmosférica (101.3 KPA). Tomada de SMEWW, 2005, 21st Edition, Method 4500-O Oxygen (dissolved) Table 4500-O:I.

Temperature °C	Oxygen Solubility mg/L Chlorinity: 0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	Temperature °C	Oxygen Solubility mg/L Chlorinity: 0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
0.0	14.621	13.728	12.888	12.097	11.355	10.657	26.0	8.113	7.711	7.327	6.962	6.615	6.285
1.0	14.216	13.356	12.545	11.783	11.066	10.392	27.0	7.968	7.575	7.201	6.845	6.506	6.184
2.0	13.829	13.000	12.218	11.483	10.790	10.139	28.0	7.827	7.444	7.079	6.731	6.400	6.085
3.0	13.460	12.660	11.906	11.195	10.526	9.897	29.0	7.691	7.317	6.961	6.621	6.297	5.990
4.0	13.107	12.335	11.607	10.920	10.273	9.664	30.0	7.559	7.194	6.845	6.513	6.197	5.896
5.0	12.770	12.024	11.320	10.656	10.031	9.441	31.0	7.430	7.073	6.733	6.409	6.100	5.806
6.0	12.447	11.727	11.046	10.404	9.799	9.228	32.0	7.305	6.957	6.624	6.307	6.005	5.717
7.0	12.139	11.442	10.783	10.162	9.576	9.023	33.0	7.183	6.843	6.518	6.208	5.912	5.631
8.0	11.843	11.169	10.531	9.930	9.362	8.826	34.0	7.065	6.732	6.415	6.111	5.822	5.546
9.0	11.559	10.907	10.290	9.707	9.156	8.636	35.0	6.950	6.624	6.314	6.017	5.734	5.464
10.0	11.288	10.656	10.058	9.493	8.959	8.454	36.0	6.837	6.519	6.215	5.925	5.648	5.384
11.0	11.027	10.415	9.835	9.287	8.769	8.279	37.0	6.727	6.416	6.119	5.835	5.564	5.305
12.0	10.777	10.183	9.621	9.089	8.586	8.111	38.0	6.620	6.316	6.025	5.747	5.481	5.228
13.0	10.537	9.961	9.416	8.899	8.411	7.949	39.0	6.515	6.217	5.932	5.660	5.400	5.152
14.0	10.306	9.747	9.218	8.716	8.242	7.792	40.0	6.412	6.121	5.842	5.576	5.321	5.078
15.0	10.084	9.541	9.027	8.540	8.079	7.642	41.0	6.312	6.026	5.753	5.493	5.243	5.005
16.0	9.870	9.344	8.844	8.370	7.922	7.496	42.0	6.213	5.934	5.667	5.411	5.167	4.933
17.0	9.665	9.153	8.667	8.207	7.770	7.356	43.0	6.116	5.843	5.581	5.331	5.091	4.862
18.0	9.467	8.969	8.497	8.049	7.624	7.221	44.0	6.021	5.753	5.497	5.252	5.017	4.793
19.0	9.276	8.792	8.333	7.896	7.483	7.090	45.0	5.927	5.665	5.414	5.174	4.944	4.724
20.0	9.092	8.621	8.174	7.749	7.346	6.964	46.0	5.835	5.578	5.333	5.097	4.872	4.656
21.0	8.915	8.456	8.021	7.607	7.214	6.842	47.0	5.744	5.493	5.252	5.021	4.801	4.589
22.0	8.743	8.297	7.873	7.470	7.087	6.723	48.0	5.654	5.408	5.172	4.947	4.730	4.523
23.0	8.578	8.143	7.730	7.337	6.963	6.609	49.0	5.565	5.324	5.094	4.872	4.660	4.457
24.0	8.418	7.994	7.591	7.208	6.844	6.498	50.0	5.477	5.242	5.016	4.799	4.591	4.392
25.0	8.263	7.850	7.457	7.083	6.728	6.390							

Considerando que la solubilidad del oxígeno depende de la temperatura del agua, y que la gestión de fenómenos naturales, como el aumento de la radiación solar típicos de primavera y verano, exceden el alcance de estas normas, para el análisis de representatividad de las muestras, la SMA debería considerar la temperatura del agua y la saturación del oxígeno como variables complementarias.

5 REFERENCIAS

Adams, W., Blust, R., Dwyer, R., Mount, D., Nordheim, E., Rodriguez, P. H., & Spry, D. (2020). Bioavailability assessment of metals in freshwater environments; A historical review. *Environmental Toxicology and Chemistry 39(1)* , 48-59.

American Public Health Association (APHA). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*

ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.* Obtenido de Zinc (freshwater): https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/zinc-2000

ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.* Obtenido de Manganese (freshwater): https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/manganese-2000

ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.* Obtenido de Copper (freshwater): https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/copper-2000

ANZECC & ARMCANZ. (2000). Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, 2000 .

ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Chromium in freshwater and marine water*. Obtenido de https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/chromium-2000

ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Guifelines for fresh & Marine water quality* . Obtenido de Aluminion ph>6.5 (freshwater): https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/aluminium-2000

Arratia, G. (1987). Description of the primitive family Diplomystidae (Suliformes, Teleostei, Pises): Morphology, taxonomy and phylogenetic implications. *Bonner Zoologische Monographien*, 24:1-120.

Cade-Idepe. (2004). *Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de Calidad.*

Campos, H. (1985). Distribution of fishes in the Andean rivers in the South of Chile. *Archives of Hydrobiology 104 (2)*, 169-191.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1987). *Water Quality Guidelines for the Protecion of Aquatic Life*. Obtenido de pH (freshwater): https://ccme.ca/en/chemical/162

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1987). *Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.* Obtenido de Copper (freshwater): https://ccme.ca/en/chemical/71

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1987-2011). Water Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1999). *Canaduan Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Obtenido de Dissolved Oxygen (freshwater): https://ccme.ca/en/res/dissolved-oxygen-freshwater-en-canadian-water-quality-guidelines-for-the-protection-of-aquatic-life.pdf

Canadian Council of Ministers of the Environment. (s.f.). *Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.* Obtenido de Aluminium ph>6.5 (freshwater): https://ccme.ca/en/chemical/4

Centro de Ecología Aplicada. (2003). *Guía de los Humedales del río Cruces.*

Colin, N., Habit, E., Manosalva, A., Maceda-Veiga, A., & Górski, K. (2022). Taxonomic and Functional Responses of Species-Poor Riverine Fish Assemblages to the Interplay of Human-Induced Stressors. *Water 2022*, 14, 355. http://doi.org/10.3390/w14030355.

Comité Regional de Cambio Climático, Región de los Ríos. (2022). *Plan de Acción Regional de Cambio Climático.*

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Corporación Nacional Forestal. (2014). *Catastro de uso de suelo y vegetación.* Obtenido de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE Chile): https://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion

Corporación Nacional Forestal. (2020). *Informe situación Luchecillo en el Santuario de la Naturaleza - Sitio Ramsar, Valdivia.*

Dirección General de Aguas (DGA) & Enlaces SpA. (2021). *Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca del río Valdivia.* Obtenido de http://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/126129

Directiva Marco del Agua. (2006). *Directiva 2006/44/CE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.* Obtenido de https://www.boe.es/doue/2006/264/L00020-00031.pdf

Directiva Marco del Agua. (2008). *Establece normas de calidad ambiental (NCA) en el ámbito de la política de aguas.* Obtenido de Directiva 2008/105/CE: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32008L0105

Dodds, W. K., Jones, J. R., & Welch, E. B. (1998). Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research, 32 (5)*, 1455-1462.

Environmental Protection Agency. (1980-2018). National Recommended Aquatic Life Criteria table.

Environmental Protection Agency USA. (1986). *Quality Criteria for Water.*

Environmental Protection Agency USA. (1995). *Water Quality Criteria Documents for the Protection of Aquatic Life in Ambient Water.*

Environmental Protection Agency USA. (2018). *Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria.* Obtenido de Aluminium (freshwater): https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2018-12-21/pdf/2018-27745.pdf

Habit, E., & Victoriano, P. (2012). Composición, origen y valor de conservación de la Ictiofauna del Río San Pedro (Cuenca del Río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76 (Supl.1).

Habit, E., Górski, K., Aló, D., Ascencio, E., Astorga, A., Colin, N., . . . Woelfl, S. (2019). *Biodiversidad de Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimientos e Innovación.* Obtenido de https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/5a/49/5a49de64-95d4-4ffa-bfb0-f102bb87f0bb/5biodiversidad-agua-dulce-habit.pdf

Hellawell, J. M. (1989). Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. *Elservier Applied Science*, 45-77.

Hernández Peñalver, M. T., García Melian, M., Cañas Pérez, R., & Sardiñas Peña, O. (1999). Fracciones biodisponibles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en sedimentos de corrientes superficiales seleccionadas.

Holon, Investigación en Recursos Naturales. (2014). *Determinación de influencia de la descarga de efluentes de planta valdivia sobre la columna de agua y sedimentos en río cruces.*

Horne, A., & Goldman, C. (1994). *Limnology.*

Khayatzadeh, J., & Abbasi, E. (2010). The effects of heavy metals on aquatic animals.

Mancera Rodríguez, N. J., & Álvarez León, R. (2006). *Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales en peces dulceacuícolas de Colombia.* Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028578001

Medina, M., & Encina, F. (2003). Incorporación de la evaluación de riesgo ecológico en el sistema de evaluación de impacto ambiental para ecosistemas acuáticos en Chile. *Ambiente y desarrollo. -- vol. XIX, no.3-4*, 19-26.

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en aguas continentales y marinas.*

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *Propuesta de Clasificación Definitiva 16º Proceso de Clasificación de Especies Silvestres.* Obtenido de https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/16o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2019/propuesta-de-clasificacion-final-16o-proceso-de-clasificacion-de-especies-silvestres/

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Atlas de Riesgo Climático*. Obtenido de Explorador de Amenazas: https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/

Ministry of Environment & Climate Change Strategy Water Protection & Sustainability Branch. (2021). British Columbia Approved Water Quality Guidelines: quatic Life, Wildlife & Agriculture.

Ministry of the Environment Government of Japan. (2015). Environmental quality standards for conservation of the living environment.

OECD. (1992). *Report of the OECD Workshop on the extrapolation of laboratory aquatic.*

Oporto, J. (2006). Prospección del Huillín (Lontra provocax) en la zona media del río Cruces, Provincia de Valdivia. *Corporación Terra Australis,*, 31.

Oporto, J. (2009). Monitoreo del Huillín (Lontra provocax) y su hábitat en la zona de influencia de la planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución, Región de los Ríos. 70.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2007). *Annex 1. Data sheets for surface water quality standards.* Obtenido de https://www.oecd.org/env/outreach/38205662.pdf

Ortega, M., Suarez, M., Vidal-Abarca, M., Gomez, R., & Ramirez-Diaz, L. (2017). *Aspects of postflood recolonization of macroinvertebrates in a "Rambla" of South-East Spain ("Rambla del Moro": Segura River Basin).*

Patterson, R. (2001). *Wastewater Quality Relationships with reuse options.*

Perillo, G. (1995). Geomorphology and Sedimentology of Estuaries.

Pino, M., Perillo, G., & Santamaria, P. (1994). Residual fluxes in a cross section in the Valdivia river estuary. *Estuary, Coastal and Shelf Sciences*, 38, 491-505.

Pinzón Uribe, L. F. (1995). Interacción de los metales pesados (Cr+ 6, Cd, Pb, Ni) entre el sedimento y la columna de agua en caso del río Bogotá.

Praus, S., Palma, M., & Dominguez, R. (2011). La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile. Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile. *Proyecto GEF-PNUD-MMA*, 478.

Preciado, M., & Arganis, M. (2010). *Análisis entre escurrimientos y sedimentos anueales en la cuenca del río Apatlaco.*

Rorberts, M. H., & Hale, R. C. (2001). Coastal and estuarine risk assessment.

Rubilar, P., & Jaramillo, E. (2020). *Programa de monitoreo ambiental actualizado del Humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios 2015-2020.* Obtenido de Informe final consolidado: https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1848.

Ruiz, V., & Marchant, M. (2004). Ictiofauna de aguas continentales de Chile. *Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción*, 356.

Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Presidencia de la Nación. (1993). RESIDUOS PELIGROSOS.

Simon, T. P. (2003). Biological response signatures: Indicator patterns using aquatic communities.

Singh, M. C., & Chandra, R. (2019). Pollutants released from the pulp paper industry: Aquatic toxicity and their health hazards. *Aquatic toxicology*, 202-206.

Singhal, A., & Thakur, I. S. (2008). Decolourization and detoxification of pulp and paper mill effluent by Cryptococcus sp. *Elservier*, Biochemical Engineering Journal 46 (2009) 21–27.

Subsecretaria de Turismo. (2020). *ZOIT declaradas*. Obtenido de http://www.subturismo.gob.cl/zoit/zoit-declaradas-2/

Svobodová, Z., Lloyd, R., Máchová, J., & Vykusová, B. (1993). *Water quality and fish health.* Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/009/T1623E/T1623E00.htm

Universidad Austral de Chile. (2007). Recopilación y Análisis de Información Ambiental Existente de Los Estuarios de los ríos Calle-Calle y Valdivia. *Informe técnico realizado para CODEPROVAL*.

Universidad Austral de Chile. (2008). Recopilación y Análisis de Información en apoyo para la elaboración del Anteproyecto NSCA para las aguas la cuenca del río Valdivia. Estudio Técnico desarrollado por la Universidad Austral de Chile para CONAMA, Región de Los Ríos.

Universidad Austral de Chile. (2016). *Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus tributarios.*

Universidad Austral de Chile y Universidad Católica de la Santísima Concepción. (2007). Modelamiento Hidrodinámico del sistema estuarial de los ríos Valdivia, Cruces y Calle Calle. *Estudio Técnico desarrollado para CONAMA. Región de Los Lagos*.

Universidad Católica de Temuco. (2009). *Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de N.S.C.A para la protección de las aguas de la Cuenca del Río Valdivia.*

Universidad Católica de Temuco. (2010). Evaluación de riesgo ecológco para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos.

Universidad Católica de Temuco. (2011). *Evaluación de riesgo ecológco (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia.* Región de Los Ríos.

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

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

Universidad de Chile. (2016). *Estado del medio ambiente en Chile. Comparación 1999-2015. Capitulo Aguas Continentales.* Obtenido de https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/26686/informe%20pais%20estado%20del%20medio%20ambiente%20en%20chile%20comparacion%201999%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Van Straalen, N., & Denneman, C. (1989). Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Elservier. Ecotoxicology and Environmental Safety*, 241-251.

Vila, I., Fuentes, L., & Contreras, M. (1999). Peces límnicos de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 48*, 61-75.

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

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1: Cartografía usos de suelo cuenca del río Valdivia

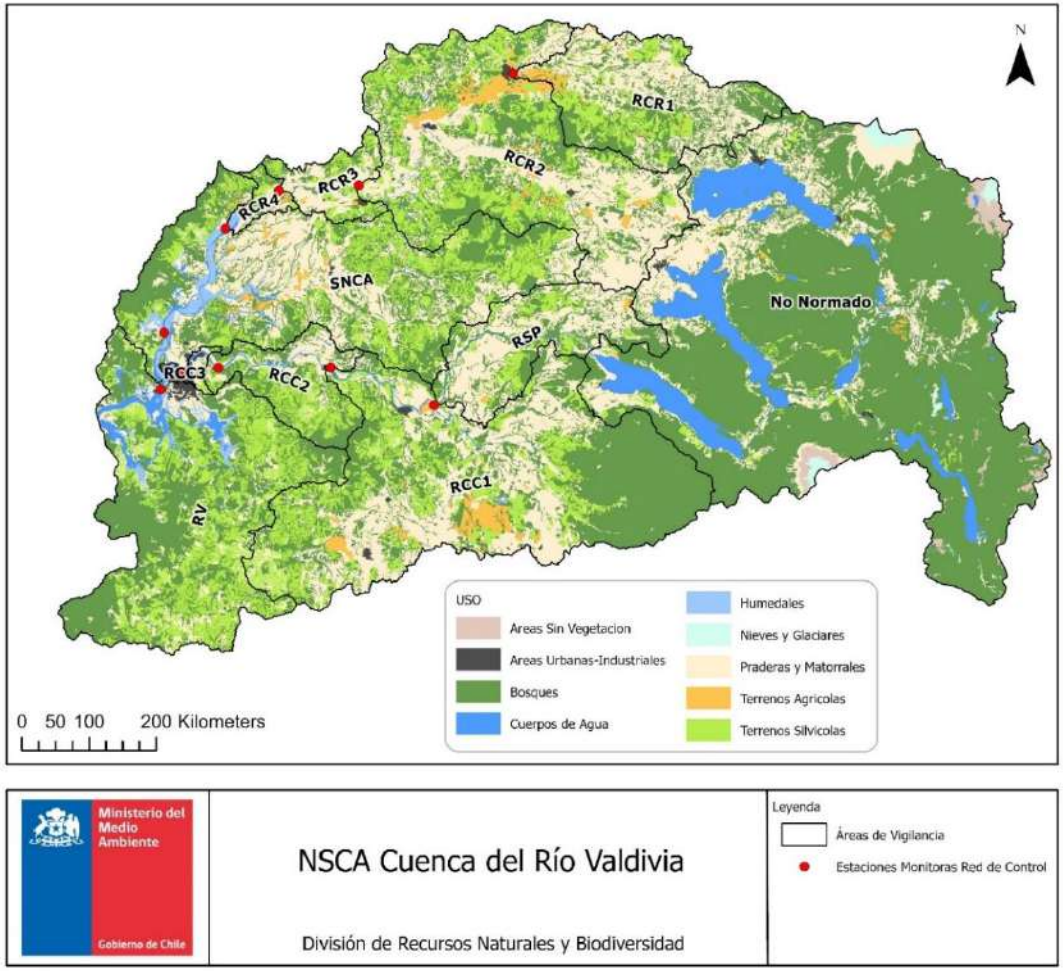


Figura A.1. Usos de suelo por área de vigilancia de las NSCA cuenca río Valdivia (elaboración propia, 2020).

6.2 Anexo 2: Catastro de fuentes puntuales al año 2019

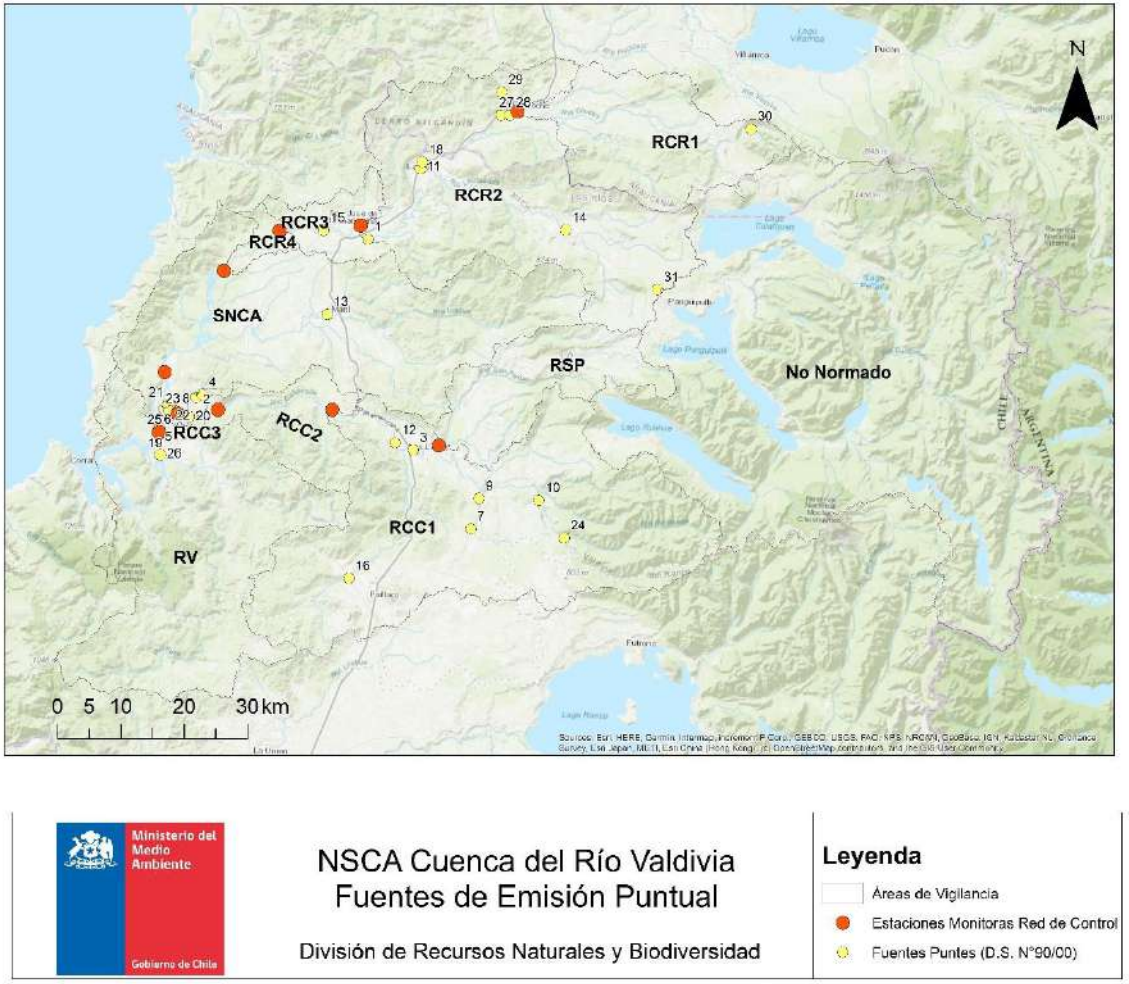


Figura A.2. Fuentes puntuales en las áreas de vigilancia de las NSCA cuenca río Valdivia (elaboración propia, 2020). El listado de las fuentes puntuales se encuentra en Tabla A.1.

Tabla A.1. Fuentes puntuales presentes en las áreas de vigilancia de la cuenca del río Valdivia, al 2019.

ID	Unidad Fiscalizable	Categoría	SubCategoría Económica
1	CELCO VALDIVIA	Instalación fabril	Planta de papeles y cartones
2	FRIVAL	Equipamiento Agroindustrias	Matadero / frigorífico
3	PROLESUR	Agroindustrias	Elaboración de productos lácteos
4	CARTULINAS VALDIVIA	Instalación fabril	Planta de papeles y cartones
5	EDAS	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
6	PT KUNSTMANN	Agroindustrias	Vinificación / producción de alcohol
7	CENTRO HUITE	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
8	INFODEMA	Forestal	Planta procesadora de Madera (tratamiento / remanofacturación)
9	PISCICULTURA PICHICO	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
10	PISCICULTURA PUCARA	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
11	PTAS LANCO	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
12	PTAS LOS LAGOS	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
13	PTAS MAFIL	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
14	PTAS MALALHUE	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
15	PTAS MARIQUINA	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
16	PTAS PAILLACO	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
17	PTAS TOROBAYO	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
18	OCEAN SPRAY LANCO	Saneamiento Ambiental	Planta de tratamiento de RILes
19	CONDOMINIO TOROBAYO	Vivienda e Inmobiliarios	Conjunto habitacional
20	LEVADURAS COLLICO	Instalación fabril	Plantas procesadoras de alimentos (no agrícola)
21	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE	Equipamiento	Establecimiento educacional
22	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE 2	Equipamiento	Establecimiento educacional

23	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE 3	Equipamiento	Establecimiento educacional
24	AQUASAN S.A. (CENTRO TRAFUN)	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
25	PROYECTO INMOBILIARIO BRISAS DE TOROBAYO	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
26	FORESTAL RIO CALLE CALLE	Forestal	Aserradero
27	PTAS LONCOCHE	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
28	PTAS RILES CHILESUR	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
29	PISCICULTURA WENUY	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
30	PISCICULTURA SECTOR CHESQUE ALTO	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
31	PTAS PANGUIPULLI	Saneamiento Ambiental	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

6.3 Anexo 3. Datos excluidos del análisis estadístico por presentar anomalías sin causa aparente.

Tabla 20. Datos Anómalos (fuera de rango) excluidos en la elaboración de Tablas de Clases de Calidad.

Fuente	Código	Nombre Estación	Área de Vigilancia	Parámetro	Fecha	Unidad	Indicador	Valor
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2011-03-25	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2011-07-12	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2011-11-10	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2012-04-18	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2012-07-23	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2012-11-16	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2013-04-24	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2013-07-29	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2013-11-11	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2014-04-25	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2014-07-07	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2014-11-05	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2015-03-25	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2015-08-04	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Cobre total	2015-11-12	mg/L	<	0.02
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Fosforo de ortofosfato	1987-03-26	mg/L	=	0.812
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	1987-03-27	mg/L	=	0.72
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	1987-03-27	mg/L	=	0.72
DGA	10134001	RIO CRUCES EN RUCACO	RCR2	Fosforo de ortofosfato	1987-03-27	mg/L	=	0.692
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	1988-01-28	mg/L	=	1
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	1988-09-21	mg/L	=	0.924
DGA	10130002	RIO CRUCES ANTE LONCOCHE	RCR1	Fosforo de ortofosfato	2006-07-26	mg/L	=	7.035
DGA	10134003	RIO CRUCES EN CAHUINCURA	RCR3	Fosforo de ortofosfato	2006-11-21	mg/L	=	3.038
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	2006-11-21	mg/L	=	2.711

Fuente	Código	Nombre Estación	Área de Vigilancia	Parámetro	Fecha	Unidad	Indicador	Valor
DGA	10134004	RIO CRUCES ANTE BOCATOMA CELCO	RCR2	Fosforo de ortofosfato	2006-11-21	mg/L	=	2.548
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Fosforo de ortofosfato	2006-11-21	mg/L	=	2.004
DGA	10130002	RIO CRUCES ANTE LONCOCHE	RCR1	Fosforo de ortofosfato	2006-11-22	mg/L	=	2.929
DGA	10130002	RIO CRUCES ANTE LONCOCHE	RCR1	Fosforo de ortofosfato	2008-11-11	mg/L	<	1
DGA	10134003	RIO CRUCES EN CAHUINCURA	RCR3	Fosforo de ortofosfato	2008-11-11	mg/L	<	1
DGA	10134004	RIO CRUCES ANTE BOCATOMA CELCO	RCR2	Fosforo de ortofosfato	2008-11-12	mg/L	<	1
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Fosforo de ortofosfato	2008-11-12	mg/L	<	1
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Fosforo de ortofosfato	2008-11-14	mg/L	<	1
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Nitrógeno de nitrato	1992-06-08	mg/L	=	1.897
DGA	10134004	RIO CRUCES ANTE BOCATOMA CELCO	RCR2	Nitrógeno de nitrato	2005-11-09	mg/L	=	4.696
DGA	10134004	RIO CRUCES ANTE BOCATOMA CELCO	RCR2	Nitrógeno de nitrato	2006-11-21	mg/L	=	6.149
DGA	10134003	RIO CRUCES EN CAHUINCURA	RCR3	Nitrógeno de nitrato	2006-11-21	mg/L	=	4.919
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Nitrógeno de nitrato	2006-11-21	mg/L	=	3.484
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Nitrógeno de nitrato	2006-11-21	mg/L	=	1.229
DGA	10130002	RIO CRUCES ANTE LONCOCHE	RCR1	Nitrógeno de nitrato	2006-11-22	mg/L	=	4.714
DGA	10122001	RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER	RCC1	Nitrógeno de nitrato	2007-04-19	mg/L	=	5.997
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Nitrógeno de nitrato	2016-06-16	mg/L	=	4.5
DGA	10134004	RIO CRUCES ANTE BOCATOMA CELCO	RCR2	Oxígeno disuelto	2010-06-22	mg/L	=	95.4
DGA	10134003	RIO CRUCES EN CAHUINCURA	RCR3	Oxígeno disuelto	2010-06-22	mg/L	=	89.9
DGA	10144001	RIO VALDIVIA EN TRANSBORDADOR (CA)	RV	Oxígeno disuelto saturado	1987-03-27	%	=	9
DGA	10134001	RIO CRUCES EN RUCACO	RCR2	Oxígeno disuelto saturado	1988-01-29	%	=	9.7

6.4 Anexo 4. Estadística Descriptiva de los datos y análisis de tendencia temporal y espacial

6.4.1 *Estadística descriptiva por fuente de información*

Las **Tabla 21**, **Tabla 22** y **Tabla 23** muestran la estadística descriptiva de los datos para toda la cuenca separada por fuente de información. En general, se observa un comportamiento similar de los datos. Los valores de concentración se expresan en mg/l, excepto conductividad (µS/cm) y pH (unidades de pH).

Tabla 21. Estadística descriptiva de los datos de calidad de agua de la DGA.

Parámetro	mínimo	primer cuartil	mediana	promedio	tercer cuartil	máximo	desviación estándar
Al	0.005	0.049	0.190	0.292	0.300	4.239	0.442
Cl	0	2	4	81	6	3414	348
Cond	3	36	44	296	68	10762	1128
Cu	0.0005	0.0010	0.0100	0.0095	0.0100	0.1600	0.0109
DBO5	1.00	2.00	2.00	2.12	2.00	8.00	0.90
Fe	0.001	0.123	0.270	0.377	0.400	7.220	0.599
Mn	0.0002	0.0100	0.0160	0.0408	0.0230	8.0910	0.3899
N-NO3	0.001	0.040	0.080	0.099	0.140	0.580	0.088
Na	0.2	3.0	3.7	52.0	7.0	2721.8	223.9
OD	4.9	8.7	9.7	9.7	10.6	15.0	1.4
P-PO4	0.0013	0.0030	0.0060	0.0139	0.0100	0.5800	0.0445
pH	5.2	6.7	7.0	7.0	7.4	9.2	0.5
SO4	0.3	1.1	2.3	17.0	5.1	943.0	67.3
Zn	0.0002	0.0050	0.0100	0.0106	0.0100	0.1390	0.0112

Tabla 22. Estadística descriptiva de los datos de calidad de agua de Celco.

Parámetro	mínimo	primer cuartil	mediana	promedio	tercer cuartil	máximo	desviación estándar
Al	0.050	0.060	0.060	0.069	0.060	0.800	0.053

Parámetro	mínimo	primer cuartil	mediana	promedio	tercer cuartil	máximo	desviación estándar
AOX	0.0020	0.0100	0.0120	0.0208	0.0270	0.2000	0.0206
Cl	2.3	4.5	10.0	9.3	10.0	23.2	4.7
Cond	17	35	49	68	91	280	46
Cu	0.0000	0.0050	0.0050	0.0060	0.0050	0.0500	0.0063
Mn	0.0030	0.0060	0.0110	0.0118	0.0150	0.0500	0.0078
Na	1.7	3.6	5.6	9.4	12.1	42.3	8.4
OD	5.4	9.4	10.2	10.1	10.8	13.7	1.1
pH	5.6	6.8	7.1	7.0	7.3	8.3	0.3
SO4	0.5	2.5	3.2	7.4	10.3	45.0	8.7
Zn	0.001	0.001	0.003	0.006	0.007	0.050	0.009

Tabla 23. Estadística descriptiva de los datos de calidad de agua de la Universidad Austral de Chile.

Parámetro	mínimo	primer cuartil	mediana	promedio	tercer cuartil	máximo	desviación estándar
AOX	0.0052	0.0070	0.0124	0.0279	0.0480	0.1598	0.0292
Cl	2	4	5	75	17	1246	226
Cond	18	32	42	124	101	2678	295
DBO5	0.5	0.9	1.0	1.1	1.2	2.7	0.5
N-NO3	0.0020	0.0649	0.1288	0.1218	0.1706	0.2400	0.0657
OD	6.1	9.3	10.6	10.6	11.9	14.6	1.8
P-PO4	0.0016	0.0020	0.0020	0.0024	0.0025	0.0054	0.0007
pH	6.4	7.4	7.8	7.8	8.2	9.8	0.6
SO4	1	2	3	15	13	177	31

6.4.2 *Estadística descriptiva por tramos de la cuenca*

Para realizar el análisis de la variabilidad espacial de la cuenca del río Valdivia, se dividió en tramos homogéneos considerando que la parte alta de la cuenca del río Valdivia está formada por un sistema fluviolacustre, en la cual existe un número importante de grandes lagos conectados entre sí, respecto de los cuales destacan los lagos Calafquén, Pirihueico, Neltume, Panguipulli y Riñihue (Cade-idepe, 2004). La parte media baja de esta cuenca está formada por el río San Pedro, el cual constituye el desagüe del lago Riñihue, para continuar con el río Calle Calle y, posteriormente, por un complejo sistema estuarial formado por los ríos Calle Calle, Cruces y Valdivia.

Los tramos homologados de características limnéticas corresponden a: "Río Cruces alto" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo de RCR1 y parte de RCR2), "Río Cruces bajo" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo de RCR3, RCR4 y las ubicadas al cierre de RCR2),"Río Calle Calle alto"(Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo dentro del área de vigilancia RCC1) y "Río San Pedro" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo dentro del área de vigilancia RSP).-

Los tramos homologados de características estuariales corresponden a: "Santuario de la Naturaleza" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo dentro de área de vigilancia SNCA), "Río Calle Calle bajo" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo dentro de las áreas de vigilancia RCC2 y RCC3) y "Río Valdivia" (Considera todas las observaciones obtenidas desde estaciones de monitoreo dentro del área de vigilancia RV).

Las **Tabla 24¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **Tabla 25**, **Tabla 26** y **Tabla 27** muestran estadística descriptiva de los tramos de la cuenca que se comportan como sistemas limnéticos, mientras las **Tabla 28**, **Tabla 29** y **Tabla 30** muestran la estadística descriptiva por parámetro y tramo con comportamiento estuarial. Los valores de concentración se expresan en mg/l, excepto conductividad (µS/cm) y pH (unidades de pH).

Tabla 24. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo limnético Río Cruces alto. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA, Celco y UACh) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Cruces alto	Aluminio total	0.0100	0.0600	0.0600	0.1912	0.1900	4.2390	0.4412
Río Cruces alto	Cloruro total	0.8	2.4	3.2	5.4	6.2	131.6	10.0
Río Cruces alto	Cobre total	0.0000	0.0050	0.0100	0.0103	0.0200	0.0500	0.0075
Río Cruces alto	Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	0.0020	0.0050	0.0100	0.0097	0.0100	0.2000	0.0169

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Cruces alto	Conductividad especifica 25°C	10	27	35	39	43	380	29
Río Cruces alto	Demanda bioquímica de oxigeno	0.5	1.0	2.0	1.6	2.0	3.0	0.6
Río Cruces alto	Fósforo de ortofosfato	0.0020	0.0030	0.0060	0.2238	0.0110	7.0350	0.9711
Río Cruces alto	Hierro total	0.03	0.32	0.39	0.58	0.54	6.21	0.81
Río Cruces alto	Manganeso total	0.0010	0.0100	0.0200	0.0818	0.0261	8.0910	0.6599
Río Cruces alto	Nitrógeno de nitrato	0.010	0.069	0.121	0.367	0.180	6.149	1.108
Río Cruces alto	Oxígeno disuelto	6.66	9.45	10.31	10.52	11.00	95.40	4.69
Río Cruces alto	pH	5.2	6.8	7.1	7.2	7.4	9.8	0.6
Río Cruces alto	Sodio total	1.5	2.6	3.3	3.6	4.1	11.8	1.5
Río Cruces alto	Sulfato	0.5	1.0	2.0	2.3	3.0	14.8	1.8
Río Cruces alto	Zinc total	0.001	0.005	0.010	0.010	0.010	0.050	0.010

Tabla 25. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo limnético Río Cruces bajo. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA, Celco y UACh) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Cruces bajo	Aluminio total	0.0100	0.0600	0.0600	0.1464	0.1000	2.3200	0.2278
Río Cruces bajo	Cloruro total	0.2	4.0	8.2	9.0	11.7	39.7	6.2
Río Cruces bajo	Cobre total	0.0000	0.0050	0.0050	0.0091	0.0100	0.1600	0.0116
Río Cruces bajo	Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	0.0020	0.0110	0.0200	0.0267	0.0370	0.0970	0.0202
Río Cruces bajo	Conductividad especifica 25°C	11	39	62	79	109	648	54
Río Cruces bajo	Demanda bioquímica de oxigeno	0.5	1.0	2.0	1.7	2.0	5.0	0.8
Río Cruces bajo	Fósforo de ortofosfato	0.0013	0.0030	0.0060	0.0548	0.0100	3.0380	0.2784
Río Cruces bajo	Hierro total	0.02	0.27	0.37	0.52	0.49	7.22	0.69
Río Cruces bajo	Manganeso total	0.0010	0.0100	0.0180	0.0232	0.0292	0.1470	0.0224

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Cruces bajo	Nitrógeno de nitrato	0.010	0.075	0.119	0.176	0.164	4.919	0.452
Río Cruces bajo	Oxígeno disuelto	5.41	9.20	10.00	10.13	10.90	89.90	3.48
Río Cruces bajo	pH	5.7	6.8	7.1	7.2	7.4	9.4	0.6
Río Cruces bajo	Sodio total	0.7	4.1	7.3	11.7	17.9	58.5	10.0
Río Cruces bajo	Sulfato	0.3	2.5	5.3	9.4	13.0	66.8	10.3
Río Cruces bajo	Zinc total	0.001	0.004	0.010	0.009	0.010	0.115	0.010

Tabla 26. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo limnético Río Calle Calle alto. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Calle Calle alto	Aluminio total	0.0050	0.0200	0.1550	0.2720	0.3000	2.9160	0.4490
Río Calle Calle alto	Cloruro total	0.2	1.4	2.1	2.5	2.8	12.1	1.9
Río Calle Calle alto	Cobre total	0.0005	0.0100	0.0100	0.0115	0.0100	0.0800	0.0093
Río Calle Calle alto	Conductividad especifica 25°C	4	38	42	47	48	421	36
Río Calle Calle alto	Demanda bioquímica de oxigeno	1.2	2.0	2.0	2.1	2.0	3.0	0.4
Río Calle Calle alto	Fósforo de ortofosfato	0.0020	0.0030	0.0070	0.0551	0.0100	2.0040	0.2428
Río Calle Calle alto	Hierro total	0.01	0.07	0.10	0.19	0.19	3.63	0.36
Río Calle Calle alto	Manganeso total	0.0002	0.0050	0.0100	0.0125	0.0200	0.0810	0.0107
Río Calle Calle alto	Nitrógeno de nitrato	0.002	0.020	0.046	0.132	0.086	5.997	0.604
Río Calle Calle alto	Oxígeno disuelto	6.58	8.94	10.05	9.98	10.97	13.60	1.34
Río Calle Calle alto	pH	6.3	6.9	7.2	7.2	7.5	8.8	0.5
Río Calle Calle alto	Sodio total	0.2	2.9	3.0	3.3	3.6	8.0	0.9
Río Calle Calle alto	Sulfato	0.3	1.0	1.6	2.6	3.0	29.4	4.3
Río Calle Calle alto	Zinc total	0.000	0.005	0.010	0.009	0.010	0.050	0.006

Tabla 27. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo limnético Río San Pedro. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río San Pedro	Aluminio total	0.0050	0.0340	0.2000	0.1954	0.3000	1.3590	0.1985
Río San Pedro	Cloruro total	0.1	1.2	1.9	3.5	3.5	66.6	8.6
Río San Pedro	Cobre total	0.0005	0.0100	0.0100	0.0109	0.0100	0.0600	0.0092
Río San Pedro	Conductividad especifica 25°C	16	41	45	52	50	499	48
Río San Pedro	Demanda bioquímica de oxigeno	1.3	2.0	2.0	2.1	2.0	3.0	0.4
Río San Pedro	Fósforo de ortofosfato	0.0010	0.0035	0.0060	0.0521	0.0100	1.8950	0.2415
Río San Pedro	Hierro total	0.01	0.02	0.04	0.08	0.06	1.91	0.22
Río San Pedro	Manganeso total	0.0002	0.0100	0.0100	0.0115	0.0115	0.0440	0.0065
Río San Pedro	Nitrógeno de nitrato	0.002	0.014	0.031	0.102	0.065	3.722	0.414
Río San Pedro	Oxígeno disuelto	2.05	8.53	9.59	9.52	10.58	17.80	1.82
Río San Pedro	pH	6.3	6.9	7.2	7.2	7.5	9.4	0.5
Río San Pedro	Sodio total	2.2	3.1	3.3	3.5	3.6	7.9	1.0
Río San Pedro	Sulfato	0.0	1.0	1.6	2.4	3.0	28.1	3.2
Río San Pedro	Zinc total	0.000	0.007	0.010	0.010	0.010	0.030	0.006

Tabla 28. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo estuarial Santuario de la Naturaleza. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA y UACh) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Santuario de la Naturaleza	Aluminio total	0.0270	0.0480	0.0660	0.1413	0.1330	0.5870	0.1627
Santuario de la Naturaleza	Cloruro total	2.9	4.1	6.7	157.9	121.9	1245.9	297.1
Santuario de la Naturaleza	Cobre total	0.0005	0.0005	0.0010	0.0028	0.0016	0.0180	0.0046
Santuario de la Naturaleza	Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	0.0067	0.0108	0.0166	0.0264	0.0338	0.1598	0.0260
Santuario de la Naturaleza	Conductividad especifica 25°C	20	32	44	274	229	3377	519

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Santuario de la Naturaleza	Demanda bioquímica de oxigeno	0.8	1.0	1.1	1.6	2.0	8.0	1.3
Santuario de la Naturaleza	Fósforo de ortofosfato	0.0020	0.0020	0.0023	0.0029	0.0030	0.0090	0.0017
Santuario de la Naturaleza	Hierro total	0.13	0.24	0.30	0.33	0.46	0.65	0.15
Santuario de la Naturaleza	Manganeso total	0.0047	0.0091	0.0147	0.0208	0.0181	0.0760	0.0210
Santuario de la Naturaleza	Nitrógeno de nitrato	0.002	0.018	0.050	0.088	0.152	0.570	0.095
Santuario de la Naturaleza	Oxígeno disuelto	6.73	8.80	9.84	9.84	10.80	13.85	1.52
Santuario de la Naturaleza	pH	6.1	7.3	7.6	7.6	8.0	9.5	0.5
Santuario de la Naturaleza	Sodio total	3.6	4.5	6.3	111.8	58.1	582.8	196.5
Santuario de la Naturaleza	Sulfato	1.1	2.3	3.5	23.5	18.5	177.1	38.5
Santuario de la Naturaleza	Zinc total	0.005	0.005	0.005	0.017	0.010	0.139	0.032

Tabla 29. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo estuarial Río Calle Calle bajo. Considera toda la información disponible (DGA y UACh) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Calle Calle bajo	Aluminio total	0.0050	0.0188	0.0330	0.0643	0.0725	0.3250	0.0760
Río Calle Calle bajo	Cloruro total	0.8	1.3	1.6	14.0	2.1	323.1	52.2
Río Calle Calle bajo	Cobre total	0.0005	0.0005	0.0007	0.0023	0.0013	0.0332	0.0058
Río Calle Calle bajo	Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	0.0024	0.0040	0.0049	0.0048	0.0055	0.0068	0.0013
Río Calle Calle bajo	Conductividad especifica 25°C	25	33	39	70	44	1818	195
Río Calle Calle bajo	Demanda bioquímica de oxigeno	0.5	1.2	2.0	1.8	2.0	6.0	0.9
Río Calle Calle bajo	Fósforo de ortofosfato	0.0020	0.0030	0.0030	0.0049	0.0060	0.0180	0.0034
Río Calle Calle bajo	Hierro total	0.06	0.09	0.10	0.12	0.13	0.27	0.05
Río Calle Calle bajo	Manganeso total	0.0002	0.0040	0.0053	0.0080	0.0068	0.0710	0.0115
Río Calle Calle bajo	Nitrógeno de nitrato	0.010	0.025	0.050	0.062	0.090	0.230	0.045

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Calle Calle bajo	Oxígeno disuelto	7.19	9.10	10.30	10.29	11.30	13.20	1.45
Río Calle Calle bajo	pH	6.4	7.0	7.5	7.7	8.3	11.9	0.9
Río Calle Calle bajo	Sodio total	1.7	3.1	3.2	8.7	3.6	96.1	18.7
Río Calle Calle bajo	Sulfato	1.1	1.5	1.7	4.4	2.7	42.9	8.1
Río Calle Calle bajo	Zinc total	0.005	0.005	0.005	0.007	0.007	0.018	0.003

Tabla 30. Estadística descriptiva para los parámetros normados en tramo estuarial Río Valdivia. Considera toda la información disponible sin depurar (DGA) desde 1987 a 2020.

Tramo Cuenca	Nombre Parámetro	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Promedio	Percentil 75	Máximo	Desviación Estándar
Río Valdivia	Aluminio total	0.0100	0.0985	0.3000	0.3627	0.5000	2.1000	0.3868
Río Valdivia	Cloruro total	1.7	5.3	10.6	393.6	463.3	3414.4	735.5
Río Valdivia	Cobre total	0.0005	0.0080	0.0100	0.0111	0.0200	0.0380	0.0079
Río Valdivia	Conductividad especifica 25°C	3	48	86	1091	486	10762	2255
Río Valdivia	Demanda bioquímica de oxigeno	1.0	2.0	2.0	2.1	2.0	4.0	0.7
Río Valdivia	Fósforo de ortofosfato	0.0030	0.0043	0.0100	0.0920	0.0130	2.7110	0.3519
Río Valdivia	Hierro total	0.00	0.18	0.27	0.36	0.36	1.87	0.35
Río Valdivia	Manganeso total	0.0044	0.0100	0.0162	0.0208	0.0300	0.0800	0.0156
Río Valdivia	Nitrógeno de nitrato	0.001	0.041	0.098	0.215	0.151	4.500	0.624
Río Valdivia	Oxígeno disuelto	4.90	8.40	9.20	9.17	10.07	12.10	1.36
Río Valdivia	pH	6.0	6.8	7.1	7.1	7.4	9.2	0.6
Río Valdivia	Sodio total	2.8	4.7	15.9	237.5	267.0	2721.8	479.7
Río Valdivia	Sulfato	0.3	2.2	4.6	69.9	88.2	943.0	148.4
Río Valdivia	Zinc total	0.001	0.005	0.010	0.011	0.010	0.050	0.008

6.4.3 *Variabilidad Espacial de los datos*

6.4.3.1 Subcuenca BNA

Para realizar el análisis espacial de los datos, se agrupó la información fisicoquímica de la base de datos utilizada para la tabla de clases de calidad por subcuenca según el Banco Nacional de Aguas (BNA). De esta forma, los datos correspondientes a las Áreas de Vigilancia “RCR1”, “RCR2”, “RCR3”, “RCR4” y “SNCA) quedaron catalogados en la subcuenca “Río Cruces”, mientras que los datos correspondientes a “RSP”, “RCC1” y “RCC2” quedaron definidos dentro de la subcuenca “Río Calle Calle” y los datos de “RCC3” y “RV” corresponden a la subcuenca “río Valdivia”.

En primer lugar, para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los datos, para cada subcuenca del BNA, se realizó el test de Kruskal-Wallis, que corresponde a un análisis no paramétrico. Los resultados de este test se muestran en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Resultados del test no paramétrico Kruskal-Wallis para diferencias significativas de la concentración de cada parámetro según cada subcuenca (BNA) de la cuenca del río Valdivia.

Parámetro	Estadístico	Grados de Libertad	Valor "p"
Aluminio total	21,36	2	2,30E-05
Cloruro total	133,66	2	9,45E-30
Cobre total	9,30	2	9,56E-03
Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	21,85	1	2,94E-06
Conductividad especifica 25°C	72,03	2	2,29E-16
Demanda bioquímica de oxigeno	0,40	2	8,17E-01
Fósforo de ortofosfato	0,91	2	6,34E-01
Hierro total	177,23	2	3,27E-39
Manganeso total	86,08	2	2,03E-19
Nitrógeno de nitrato	49,59	2	1,71E-11
Oxígeno disuelto	17,55	2	1,54E-04
pH	17,99	2	1,24E-04
Sodio total	91,67	2	1,24E-20
Sulfato	35,39	2	2,06E-08
Zinc total	4,96	2	8,37E-02

A partir de los valores “p” presentados, asumiendo un alfa de 95%, se desprende que existen diferencias significativas entre las concentraciones de todos los parámetros normados con excepción de la Demanda bioquímica de oxígeno, Fósforo de ortofosfato y Zinc total. Para entender cuáles son las subcuencas con diferencias significativas, se realizó el test no paramétrico de Wilcoxon para muestras pareadas. Los resultados de este test se presentan en la **Tabla 32**.

Tabla 32. Resultados del test no paramétrico Wilcoxon de muestras pareadas para diferencias significativas de la concentración de cada parámetro según cada subcuenca (BNA) de la cuenca del río Valdivia.

Parámetro	**Valor “p” Río Cruces / Río Calle Calle**	**Valor “p” Río Valdivia / Río Calle Calle**	**Valor “p” Río Valdivia / Río Cruces**
Aluminio total	2,22E-05	3,18E-03	1,00E+00
Cloruros	1,62E-20	1,06E-20	2,85E-08
Cobre total	1,41E-02	2,84E-02	1,00E+00
Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	2,96E-06	1,00E+00	1,00E+00
Conductividad	1,00E+00	1,12E-14	3,14E-13
Hierro total	1,34E-35	4,01E-13	1,70E-10
Manganeso total	6,16E-19	1,96E-04	1,17E-05
Nitrógeno de Nitrato	3,33E-12	3,57E-04	8,44E-02
Oxígeno Disuelto	1,72E-01	1,36E-04	1,08E-02
pH	2,61E-04	1,00E+00	1,02E-02
Sodio	1,29E-07	3,75E-20	8,41E-09
Sulfatos	2,30E-04	6,47E-08	3,14E-03

A partir de los valores “p” presentados, asumiendo un alfa de 95%, se desprende que existen diferencias significativas entre las concentraciones de todos los parámetros normados con excepción de:

1. Conductividad y Oxígeno Disuelto entre río Cruces y río Calle Calle.
2. pH y Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX) entre río Valdivia y río Calle Calle.
3. Aluminio total, Cobre total, Nitrógeno de Nitrato y Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX) entre río Valdivia y río Cruces.

A continuación, se presentan gráficos de caja que muestran la distribución de la concentración de algunos parámetros de ejemplo agrupado por subcuenca del BNA.

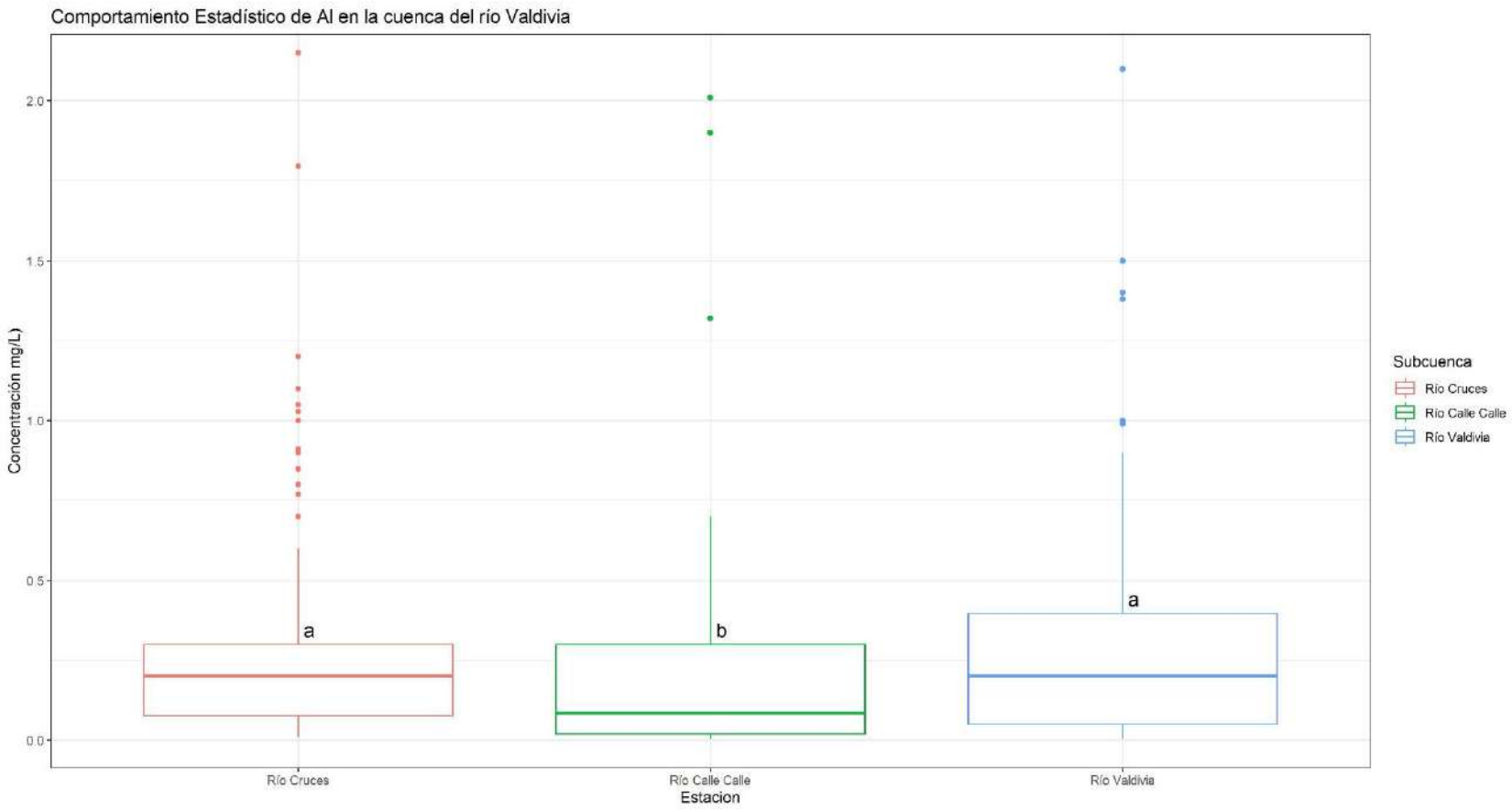


Figura 13. Concentración de Aluminio total por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

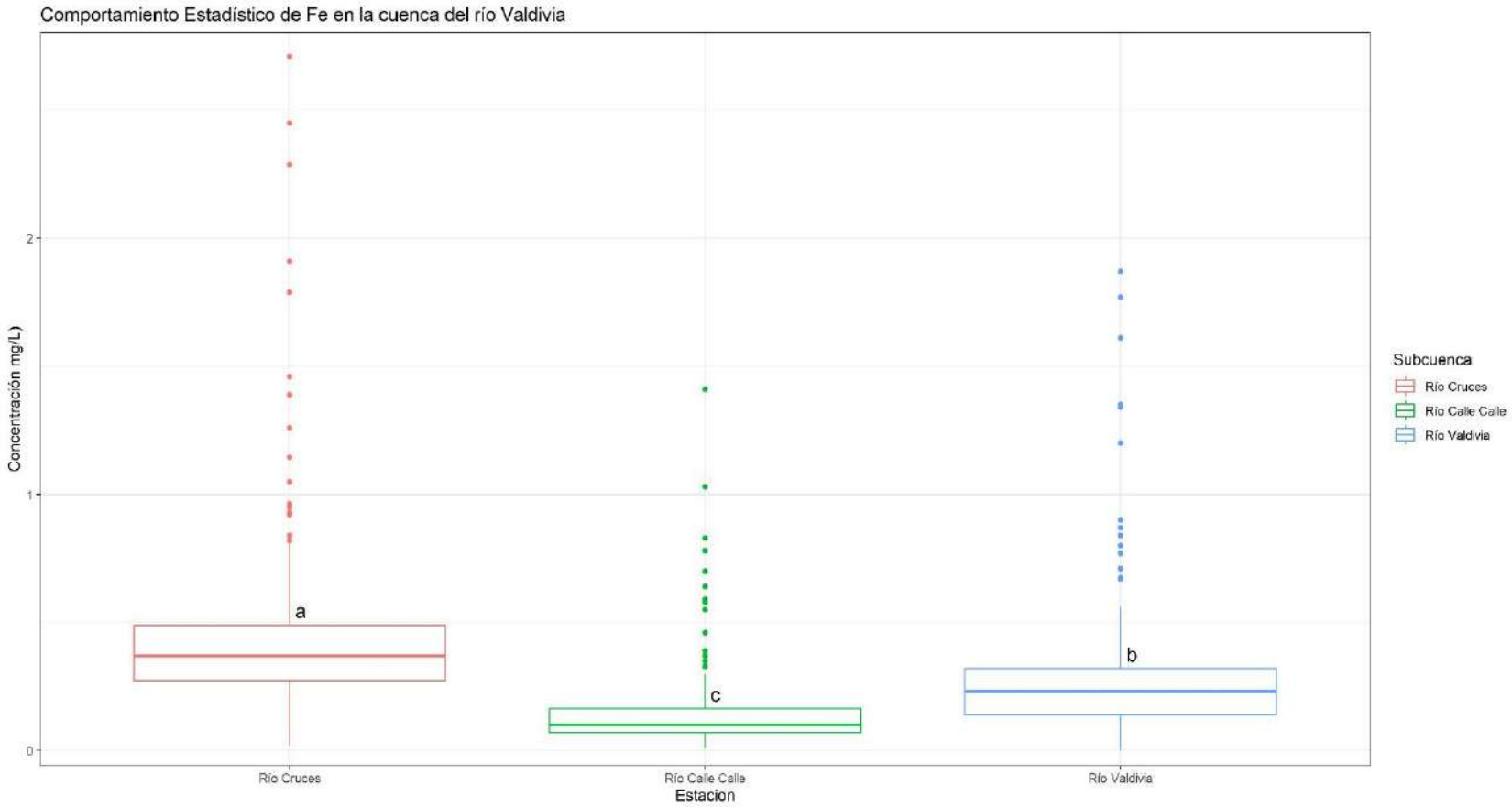


Figura 14. Concentración de Hierro total por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

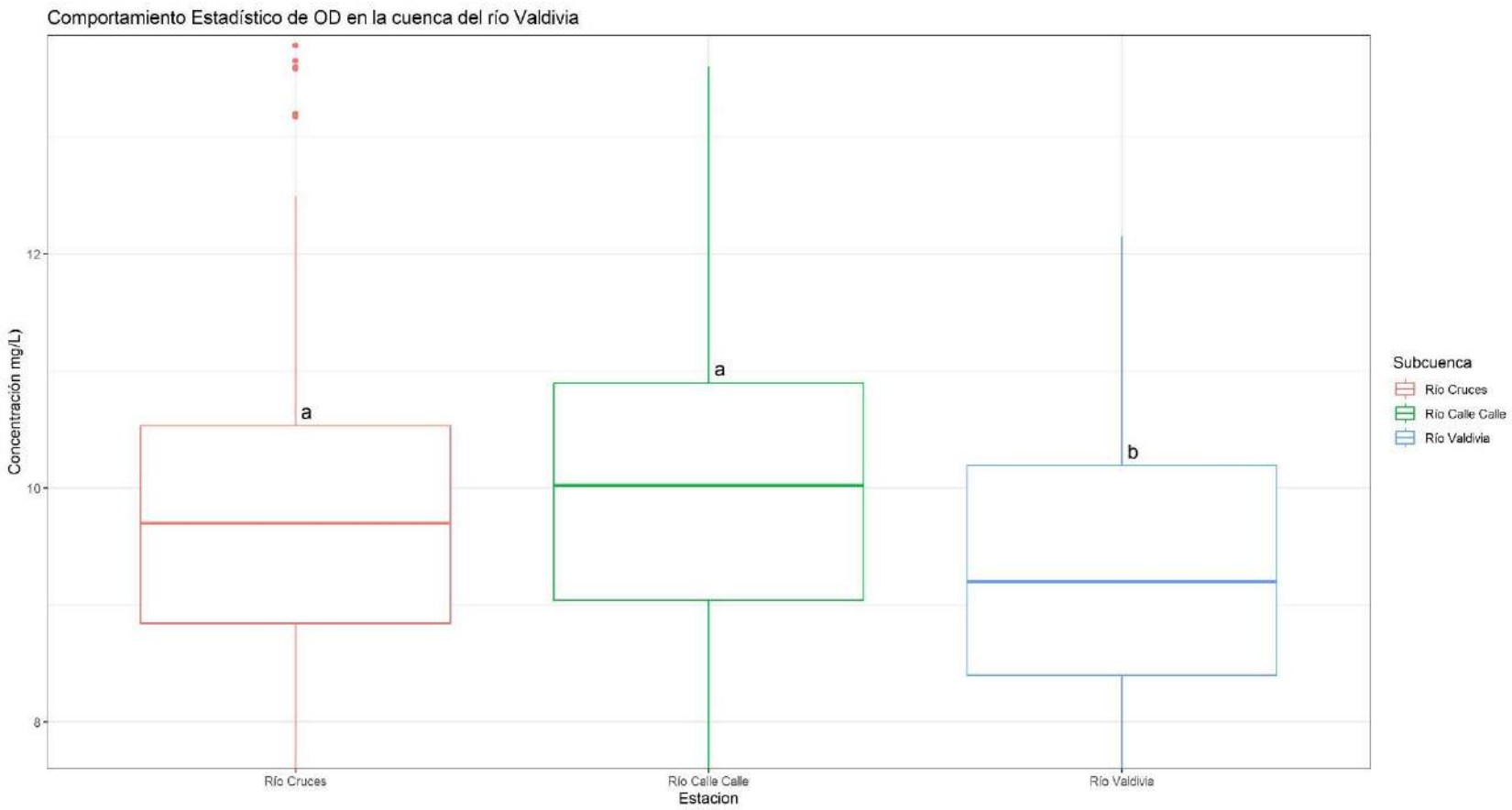


Figura 15. Concentración de Oxígeno disuelto por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

6.4.3.2 Área de Vigilancia

Para realizar el análisis de variabilidad espacial de los datos, se agrupó la información fisicoquímica de la base de datos completa y la utilizada para la tabla de clases de calidad por área de Vigilancia. De esta forma, para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los datos para cada área de vigilancia del Proyecto Definitivo se realizó el test de Kruskal-Wallis, que corresponde a un análisis no paramétrico para datos no pareados. Los resultados de este test para la base de datos completa se muestran en la

Tabla 33 y para la base de datos utilizada para la elaboración de la tabla de clases de calidad se muestra en **Tabla 34**.

Tabla 33. Resultados del test no paramétrico Kruskal-Wallis para diferencias significativas de la concentración de cada parámetro según cada área de vigilancia de la cuenca del río Valdivia para la base de datos completa.

Parámetro	Estadístico	Grados de Libertad	Valor "p"
Aluminio total	133.70	9	2.05E-24
Cloruro total	375.87	9	1.92E-75
Cobre total	139.64	9	1.22E-25
Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	194.77	4	5.00E-41
Conductividad especifica 25°C	287.11	9	1.41E-56
Demanda bioquímica de oxigeno	59.56	9	1.63E-09
Fósforo de ortofosfato	138.67	9	1.94E-25
Hierro total	379.73	9	2.89E-76
Manganeso total	144.72	9	1.09E-26
Nitrógeno de nitrato	116.39	9	7.30E-21
Oxígeno disuelto	118.37	9	2.87E-21
pH	208.97	9	4.34E-40
Sodio total	247.56	9	3.26E-48
Sulfato	203.77	9	5.36E-39
Zinc total	57.42	9	4.21E-09

Tabla 34. Resultados del test no paramétrico Kruskal-Wallis para diferencias significativas de la concentración de cada parámetro según cada área de vigilancia de la cuenca del río Valdivia para la base de datos utilizada para la construcción de Tablas de Clase de Calidad.

Parámetro	Estadístico	Grados de Libertad	Valor "p"
Aluminio total	88.68	9	2.99E-15
Cloruro total	209.92	9	2.75E-40
Cobre total	109.03	9	2.32E-19
Comp. Organ. Hal. Ads. (AOX)	183.57	4	1.27E-38
Conductividad especifica 25°C	126.25	9	7.00E-23
Demanda bioquímica de oxigeno	2.74	9	9.74E-01
Fósforo de ortofosfato	28.11	9	9.14E-04
Hierro total	206.29	9	1.59E-39
Manganeso total	136.04	9	6.77E-25
Nitrógeno de nitrato	57.50	9	4.06E-09
Oxígeno disuelto	65.44	9	1.19E-10
pH	37.21	9	2.42E-05
Sodio total	193.55	9	7.43E-37
Sulfato	93.61	9	3.07E-16
Zinc total	30.23	9	4.02E-04

A partir de los valores “p” presentados, asumiendo un alfa de 95%, se desprende que existen diferencias significativas entre las concentraciones de todos los parámetros normados para al menos una pareja de las 10 áreas de vigilancia con excepción de la Demanda bioquímica de oxígeno cuando se consideran los datos de la Red Hidrométrica Nacional. Las siguientes figuras muestras el comportamiento histórico de algunos parámetros de ejemplo agrupados por área de vigilancia y sus respectivas diferencias significativas.

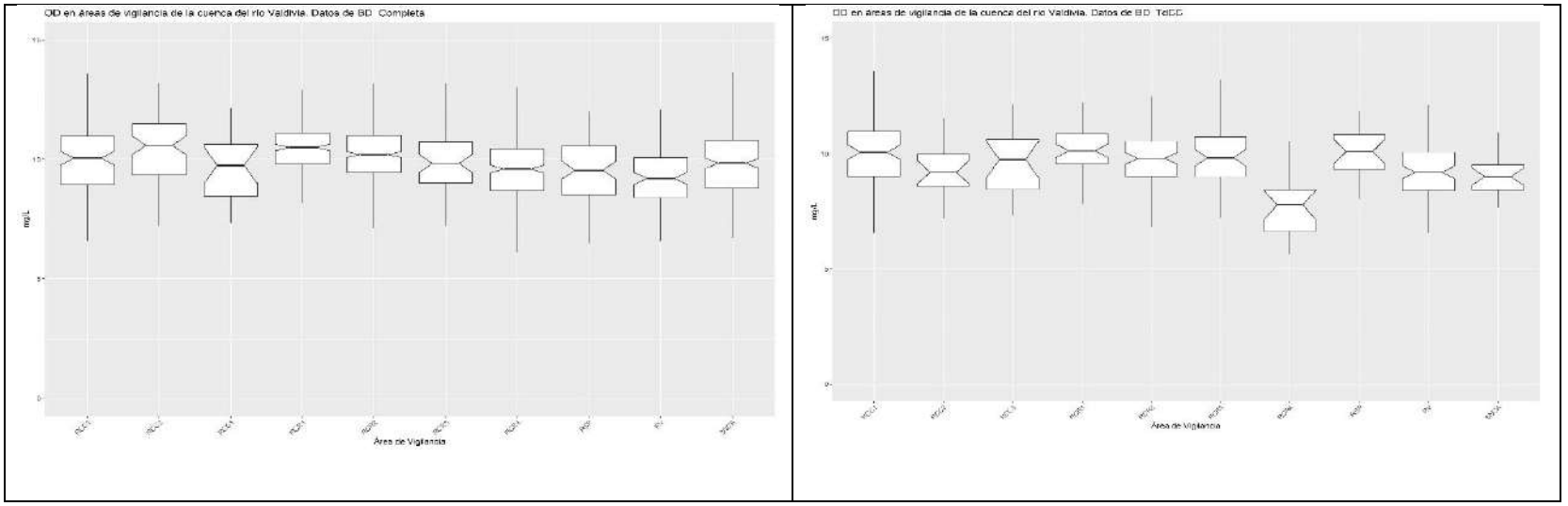


Figura 16. Comportamiento espacial de Oxígeno disuelto en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas ("notch") no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

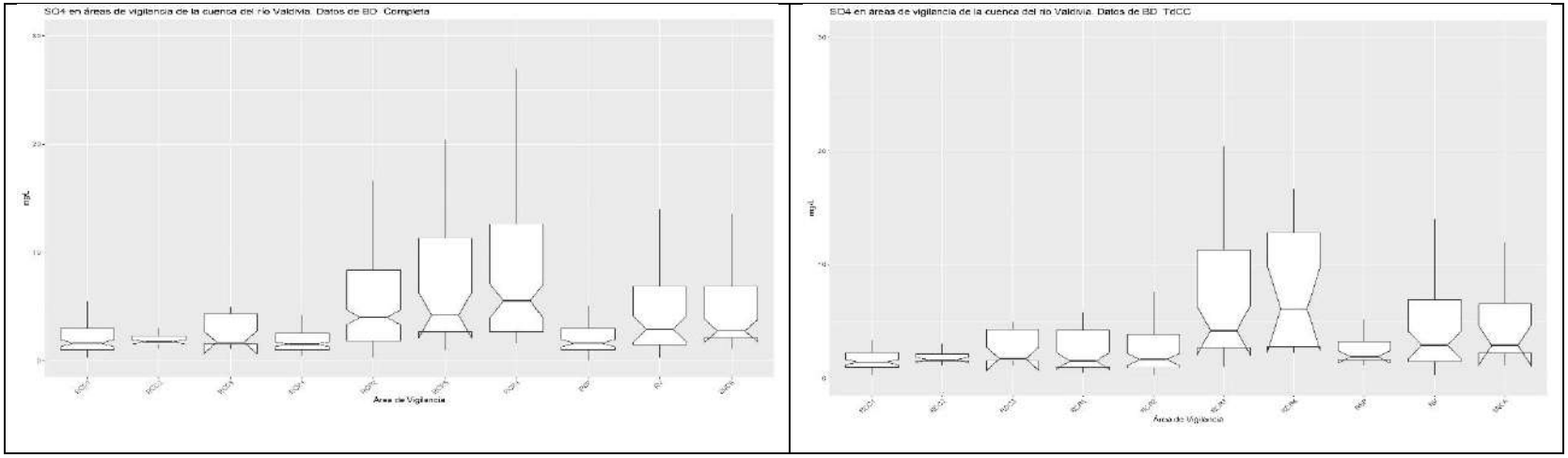


Figura 17. Comportamiento espacial de Sulfatos en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas ("notch") no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

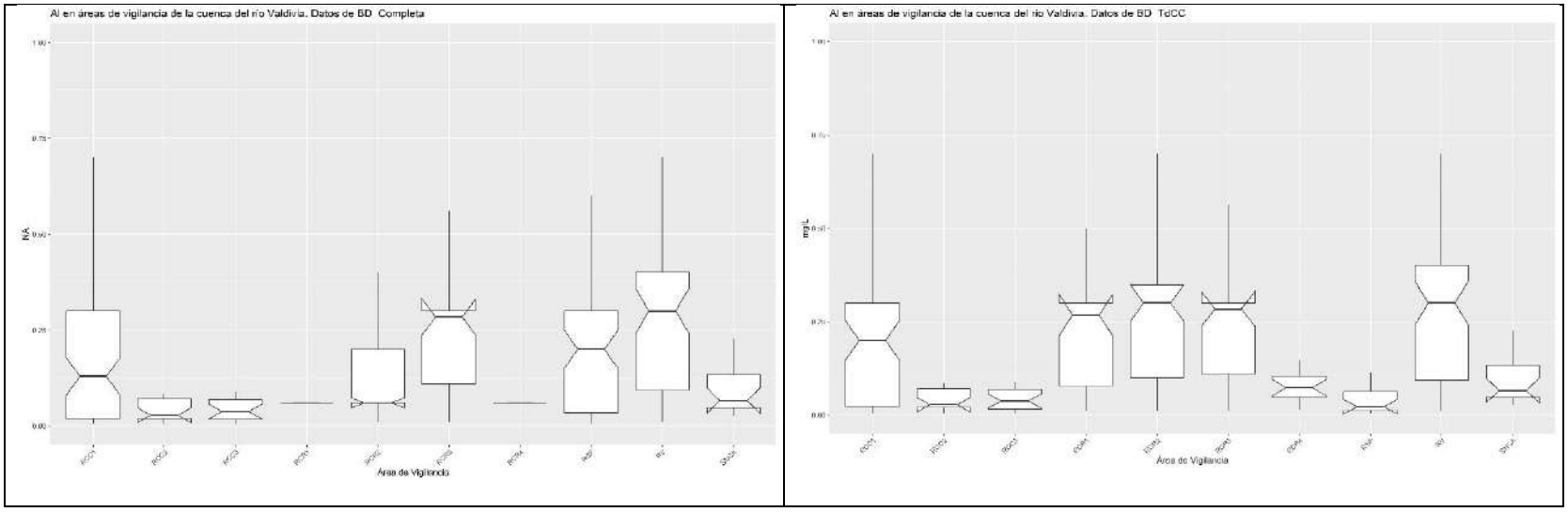


Figura 18. Comportamiento espacial de Aluminio total en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas ("notch") no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

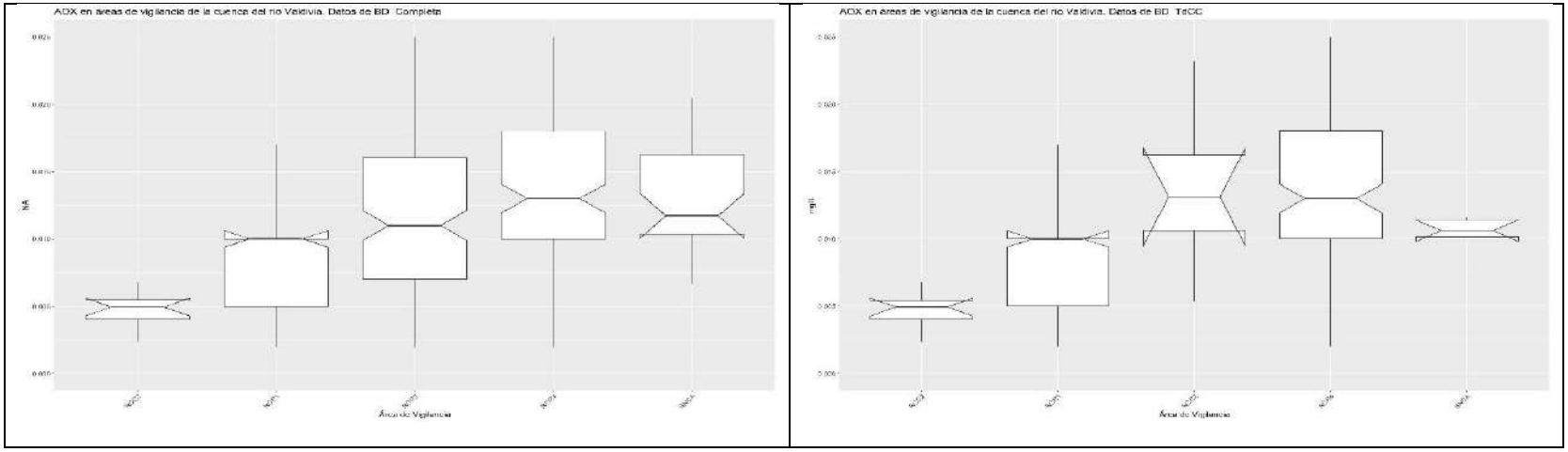


Figura 19. Comportamiento espacial de AOX en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas ("notch") no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

6.4.4 *Tendencia Temporal de los datos*

La Tabla 35 muestra las tendencias lineales temporales estadísticamente significativas encontradas para los distintos parámetros a ser normados por área de vigilancia en la cuenca del río Valdivia. Los resultados que indican mejora o degradación de la calidad de las aguas deben ser interpretados con cautela, debido a que algunas tendencias se ven influenciadas por valores bajo el límite de detección de las técnicas analíticas disponibles. En general, se observa que la mayoría de las combinatorias de parámetros y áreas de vigilancia se mantienen estables (sin tendencia significativa) o presentan disminuciones en sus valores históricos (1987-2020) en la cuenca. Sin embargo, existen algunos parámetros que presentan aumentos significativos (o disminución para el oxígeno disuelto), principalmente en las áreas de vigilancia que las normas buscan mejorar.

Para ver en detalle e interpretar correctamente cada relación incluida en la siguiente tabla, se recomienda ver los gráficos presentados entre la Figura 20 y la Figura 34.

Tabla 35. Ajustes significativos a variaciones temporales de los valores de los parámetros a normar en la cuenca del río Valdivia por Área de Vigilancia

Parámetro	Área Vigilancia	Tendencia Significativa	Ajuste lineal	p-value
pH	RCR2	Aumento	$3,14 * 10E^{-10}$	0.0257
pH	RV	Aumento	$3,15 * 10E^{-10}$	0.0402
pH	RCC2	Aumento	$4,75 * 10E^{-10}$	0.0049
Oxígeno Disuelto	SNCA	Disminución	$1,41 * 10E^{-8}$	0,0036
Conductividad Eléctrica	RCR1	Disminución	$-1,24 * 10E^{-7}$	0,0256
Conductividad Eléctrica	RCR2	Aumento	$3,22 * 10E^{-8}$	0,0098
Sulfatos	RCR2	Aumento	$7,64 * 10E^{-9}$	$2,66 * 10E^{-5}$
Sulfatos	RCC1	Aumento	$3,12 * 10E^{-9}$	0,0097
Cloruros	RCR1	Disminución	$-8,73 * 10E^{-9}$	0,0028
Cloruros	RSP	Disminución	$-1,03 * 10E^{-8}$	0,0112
Cloruros	RCC1	Disminución	$-1,97 * 10E^{-9}$	0,0003
Sodio	RCR2	Aumento	$7,83 * 10E^{-9}$	0,0022
Demanda Bioquímica de Oxígeno	RCR1	Disminución	$-6,36 * 10E^{-9}$	0,0040

Parámetro	Área Vigilancia	Tendencia Significativa	Ajuste lineal	p-value
Demanda Bioquímica de Oxígeno	RCR2	Disminución	$-7,64 * 10E^{-9}$	0,0039
Demanda Bioquímica de Oxígeno	RCR3	Disminución	$-1,36 * 10E^{-8}$	0,0021
Demanda Bioquímica de Oxígeno	RV	Disminución	$-8,10 * 10E^{-9}$	0,0390
Aluminio total	RCR1	Disminución	$-3,62 * 10E^{-10}$	0,0227
Aluminio total	RCR3	Disminución	$-8,33 * 10E^{-10}$	0,0036
Aluminio total	SNCA	Aumento	$2,32 * 10E^{-9}$	0,0055
Aluminio total	RV	Disminución	$-4,55 * 10E^{-10}$	0,0218
Aluminio total	RSP	Aumento	$6,61 * 10E^{-10}$	0,0071
Aluminio total	RCC2	Aumento	$7,57 * 10E^{-10}$	0,0100
Aluminio total	RCC3	Aumento	$1,26 * 10E^{-19}$	0,0085
Hierro total	RCC2	Disminución	$-7,87 * 10E^{-10}$	0,0025
Cobre total	RCR1	Disminución	$-1,61 * 10E^{-11}$	0,0089
Cobre total	RCR3	Disminución	$-2,72 * 10E^{-11}$	0,0009
Cobre total	RCR4	Disminución	$-1,17 * 10E^{-11}$	0,0143
Cobre total	RSP	Aumento	$5,15 * 10E^{-11}$	0,0351
Cobre total	RCC1	Disminución	$-1,34 * 10E^{-11}$	$8,83 * 10^{-6}$
Cobre total	RCC3	Aumento	$3,72 * 10E^{-11}$	0,0289
Manganeso total	SNCA	Aumento	$2,44 * 10E^{-10}$	0,0300
Manganeso total	RSP	Aumento	$4,98 * 10E^{-11}$	0,0452
Manganeso total	RCC3	Aumento	$4,13 * 10E^{-11}$	0,0232
Zinc total	RCR1	Disminución	-2,07 * 10E-11	0,0211
Zinc total	RCR4	Aumento	3.11 * 10E-10	0,0233
Fósforo de ortofosfato	RCR1	Disminución	$-5,05 * 10E^{-11}$	0,0108
Fósforo de ortofosfato	RCR2	Disminución	$-4,24 * 10E^{-11}$	0,0242
Fósforo de ortofosfato	RV	Disminución	$-6,56 * 10E^{-12}$	0,0344
Fósforo de ortofosfato	RCC1	Disminución	$4,51 * 10E^{-11}$	0,0462
AOX	RCR1	Aumento	$1,56 * 10E^{-11}$	$1,35 * 10-^{14}$
AOX	RCR4	Aumento	$2,25 * 10E^{-11}$	0,0126

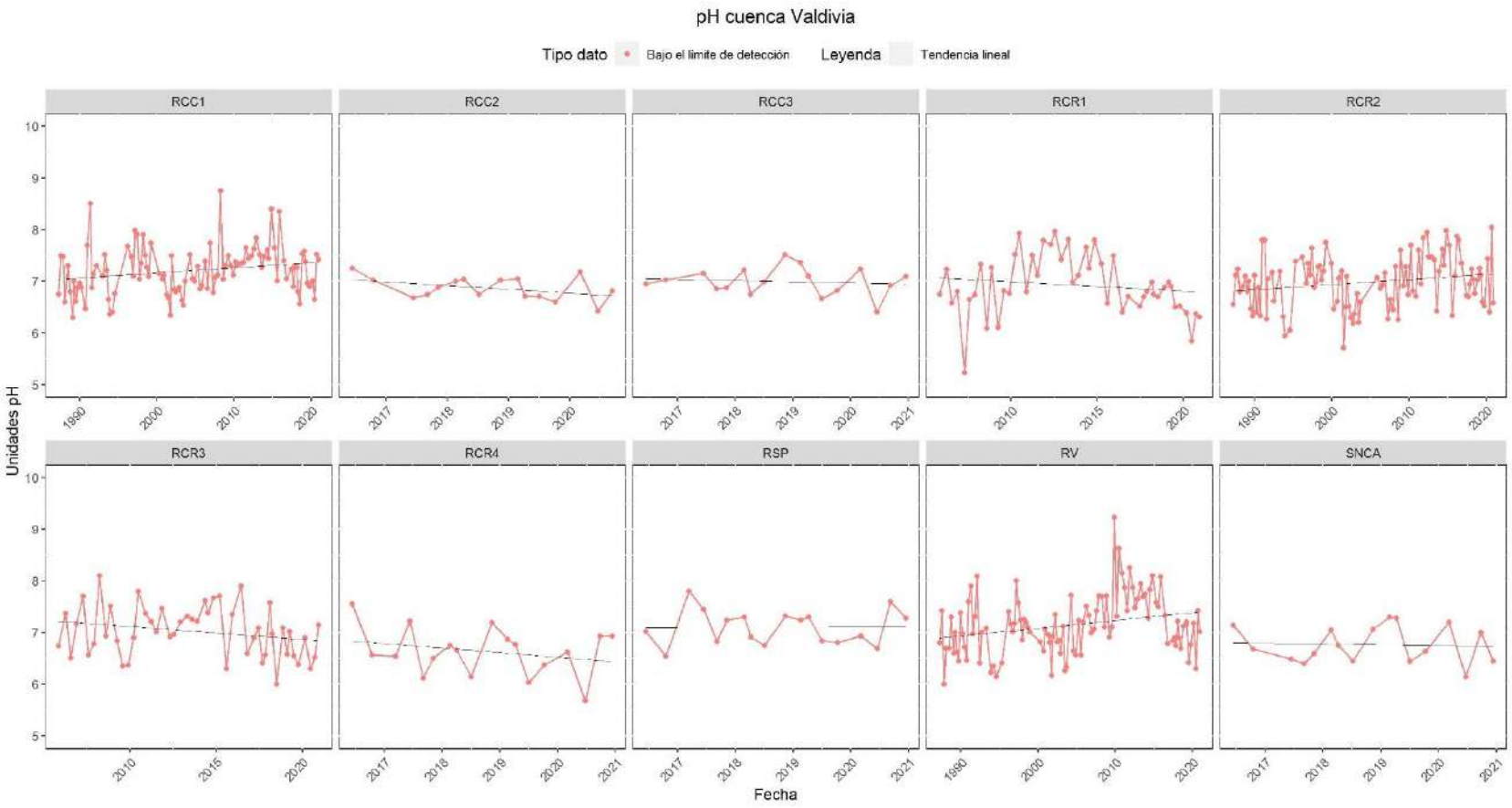


Figura 20. Variación temporal y tendencias del pH en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

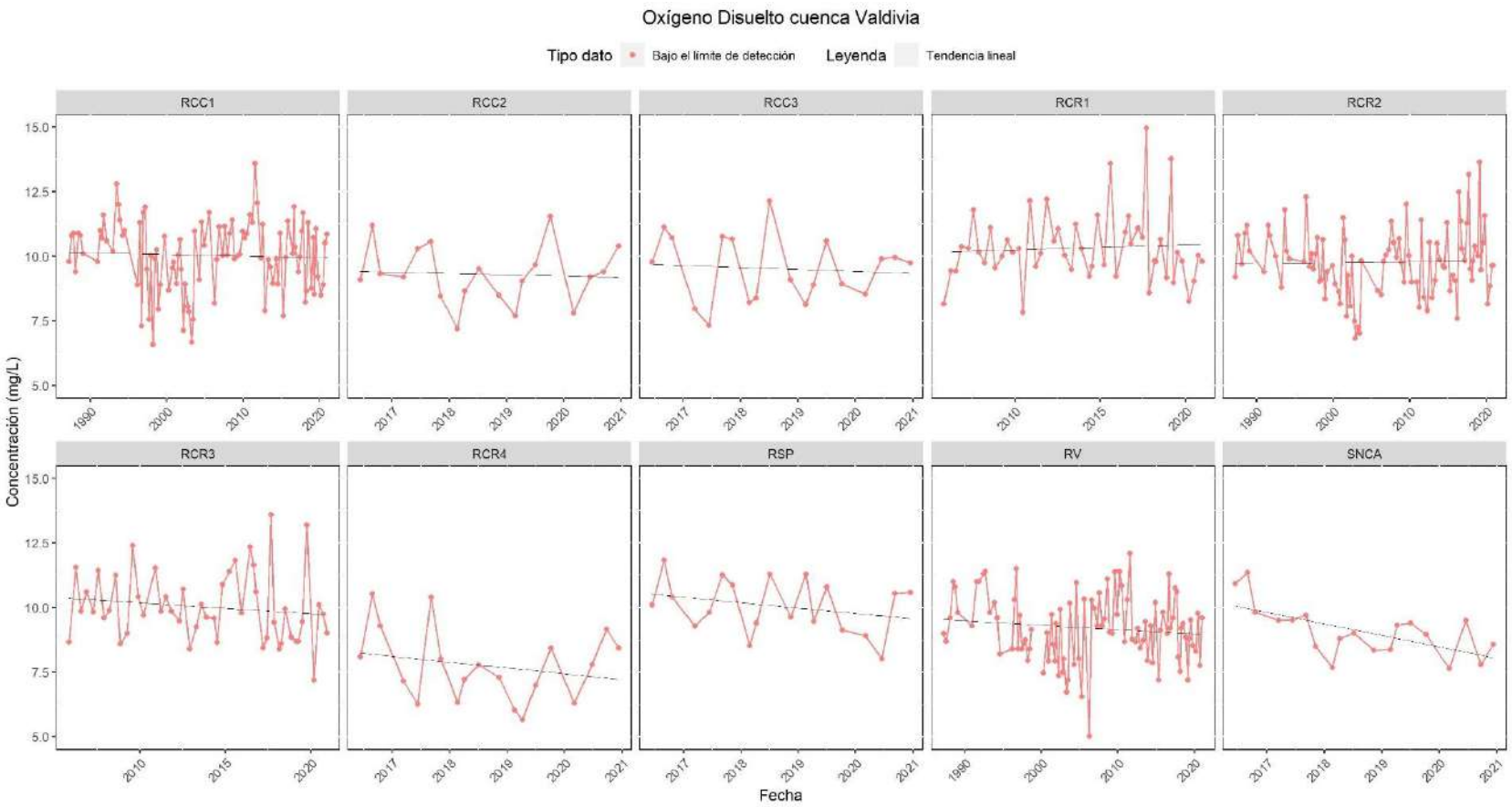


Figura 21. Variación temporal y tendencias del oxígeno disuelto en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

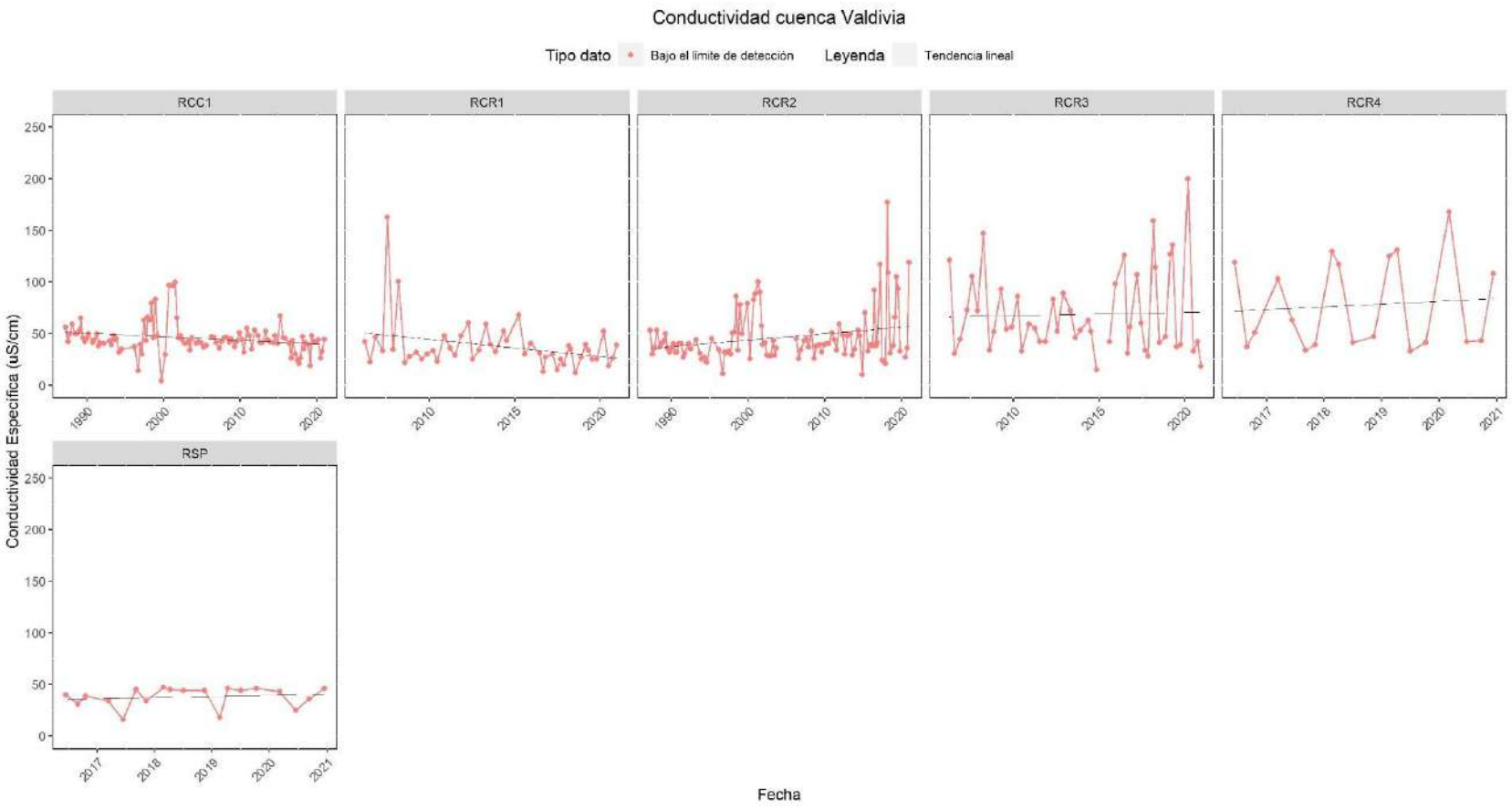


Figura 22. Variación temporal y tendencias de la Conductividad en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

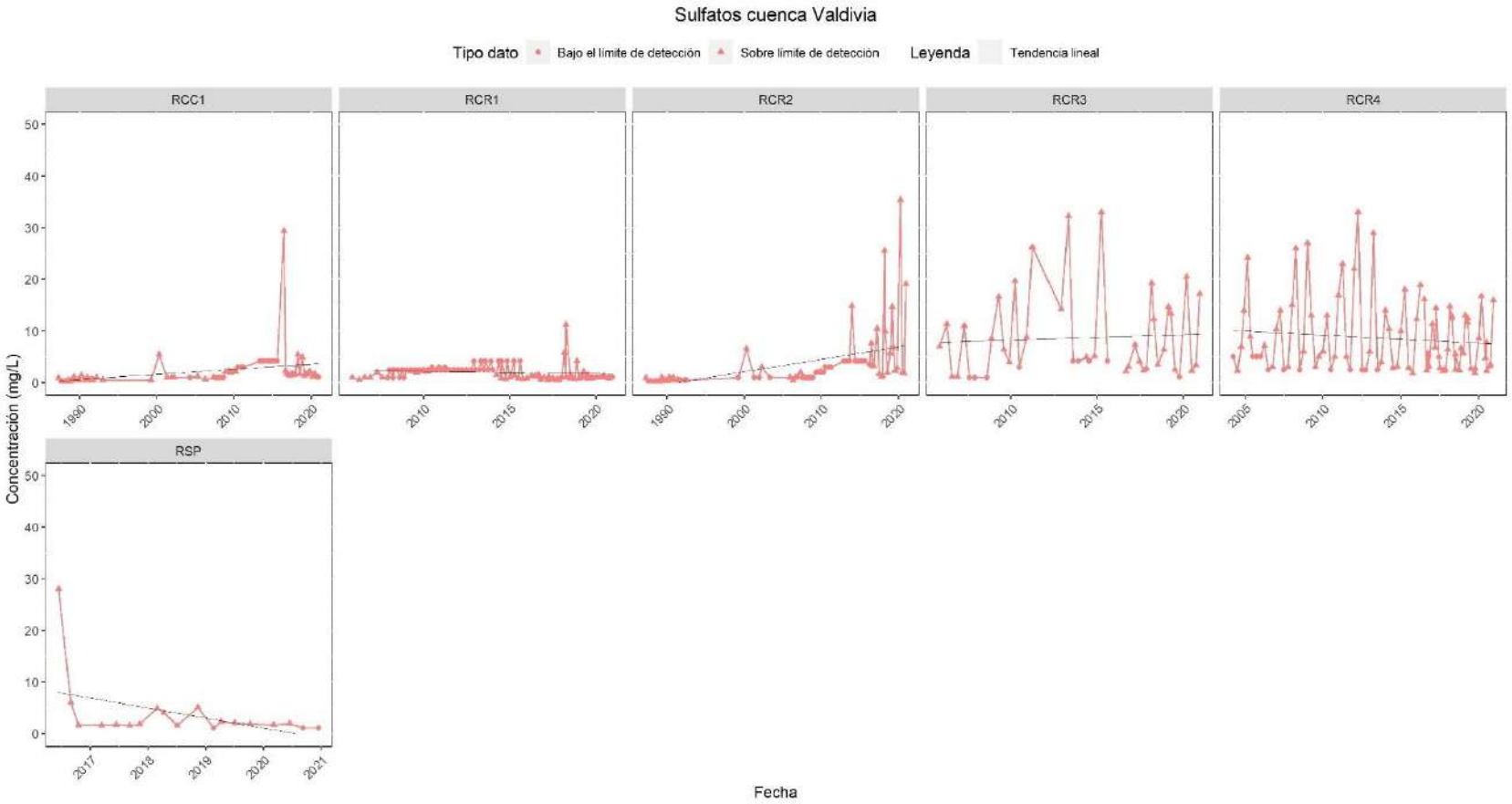


Figura 23. Variación temporal y tendencias de los Sulfatos en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

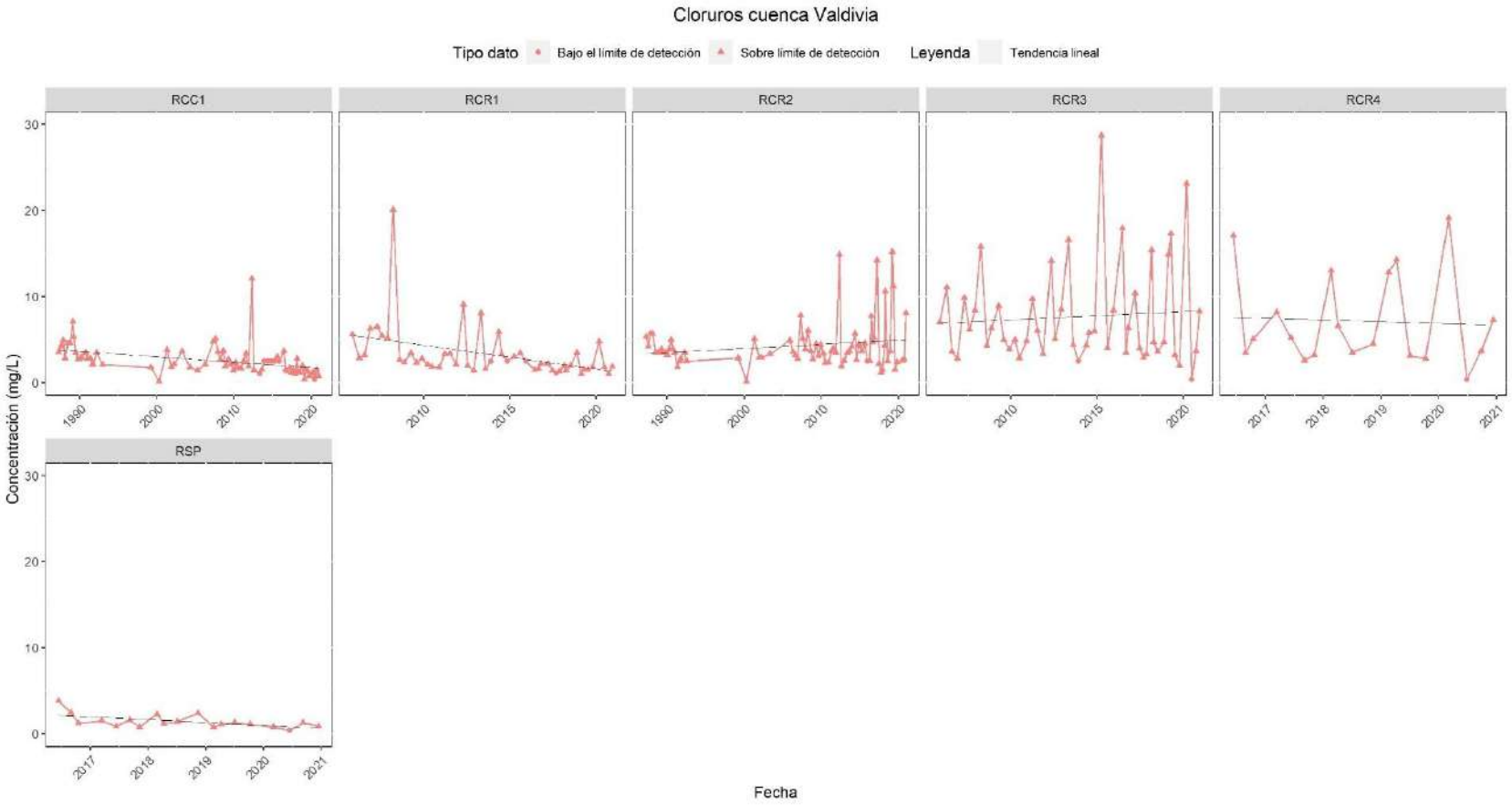


Figura 24. Variación temporal y tendencias de los cloruros en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

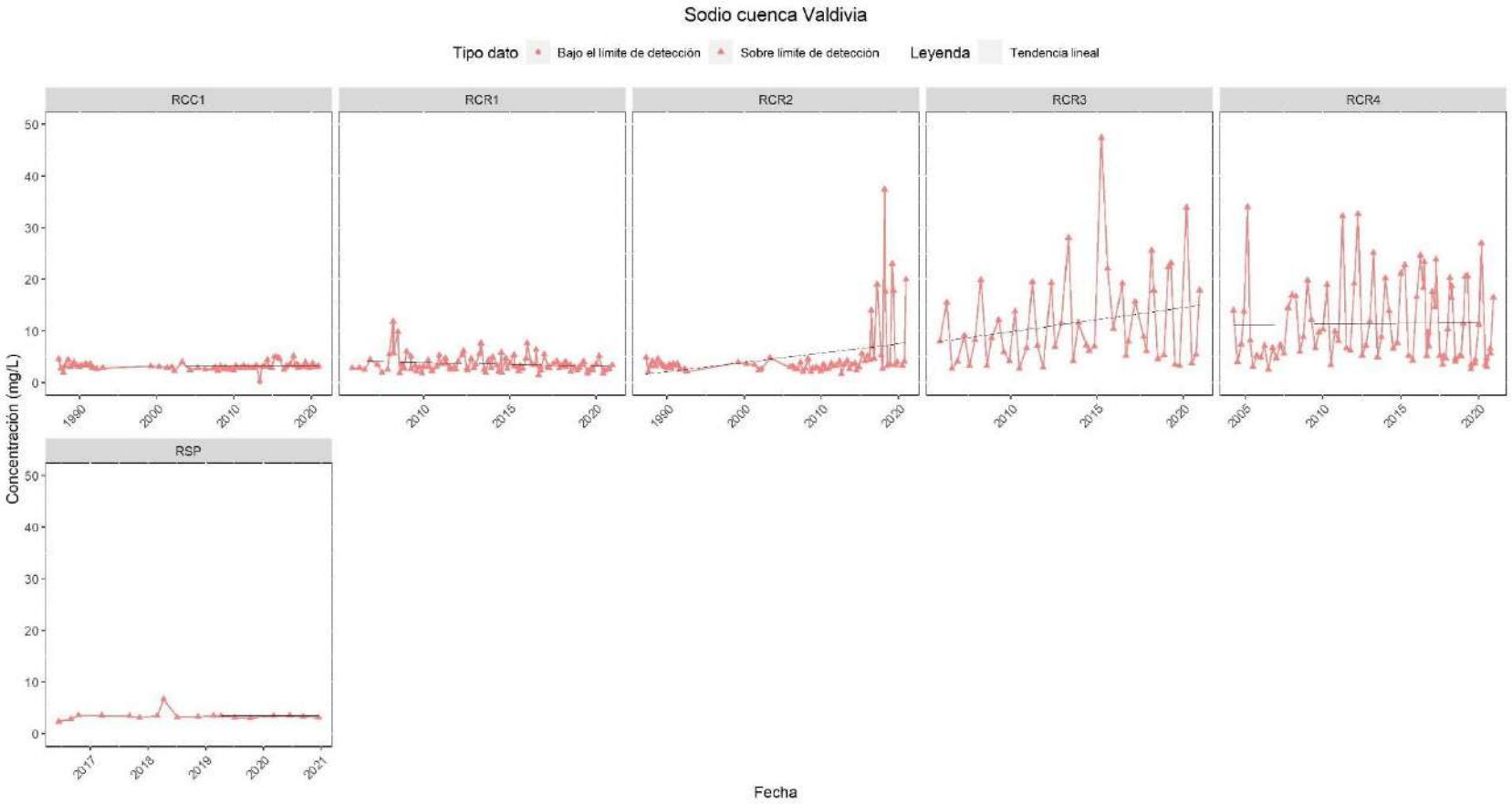


Figura 25. Variación temporal y tendencias del Sodio en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

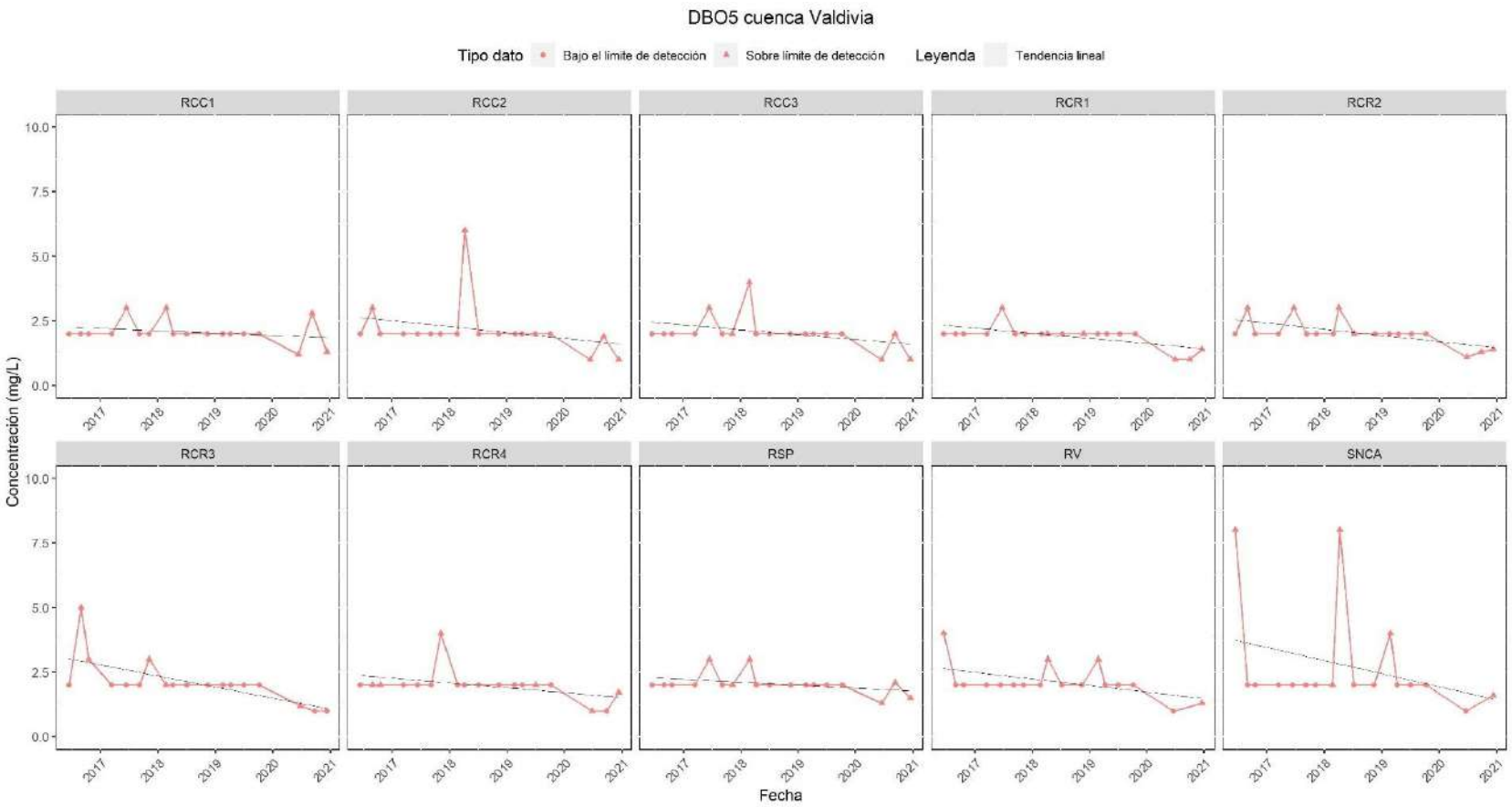


Figura 26. Variación temporal y tendencias de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

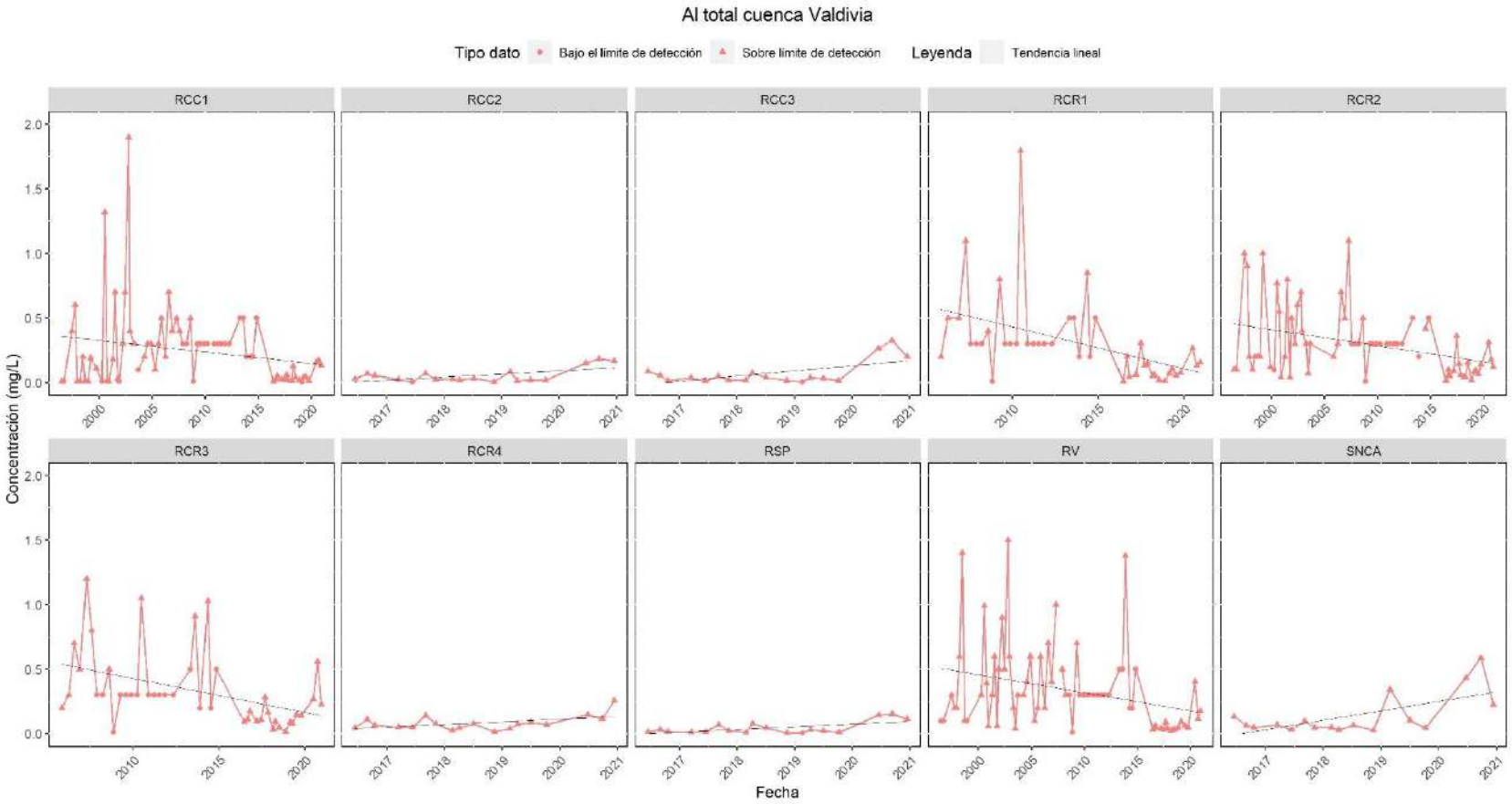


Figura 27. Variación temporal y tendencias del Aluminio total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

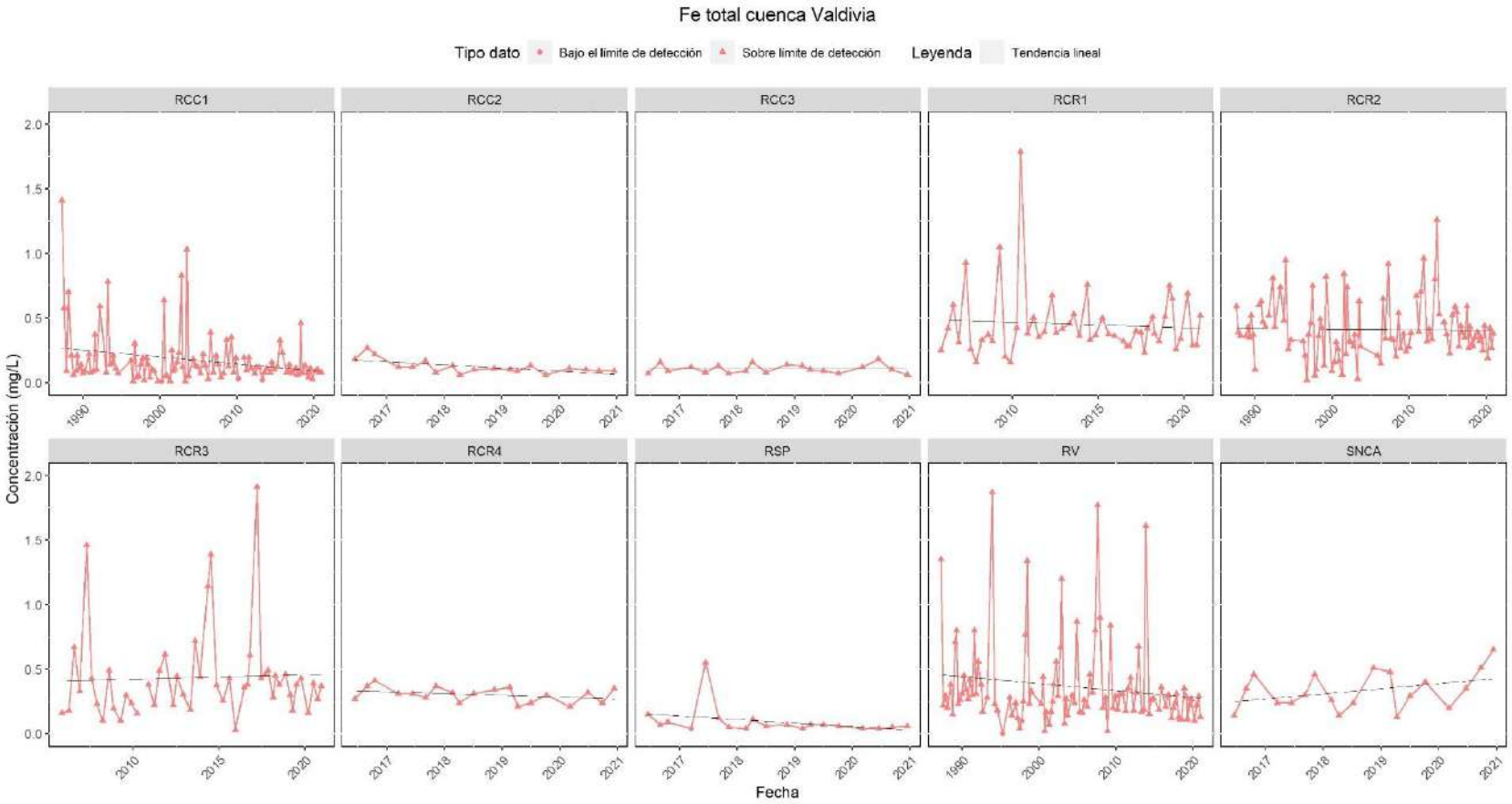


Figura 28. Variación temporal y tendencias del Hierro total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

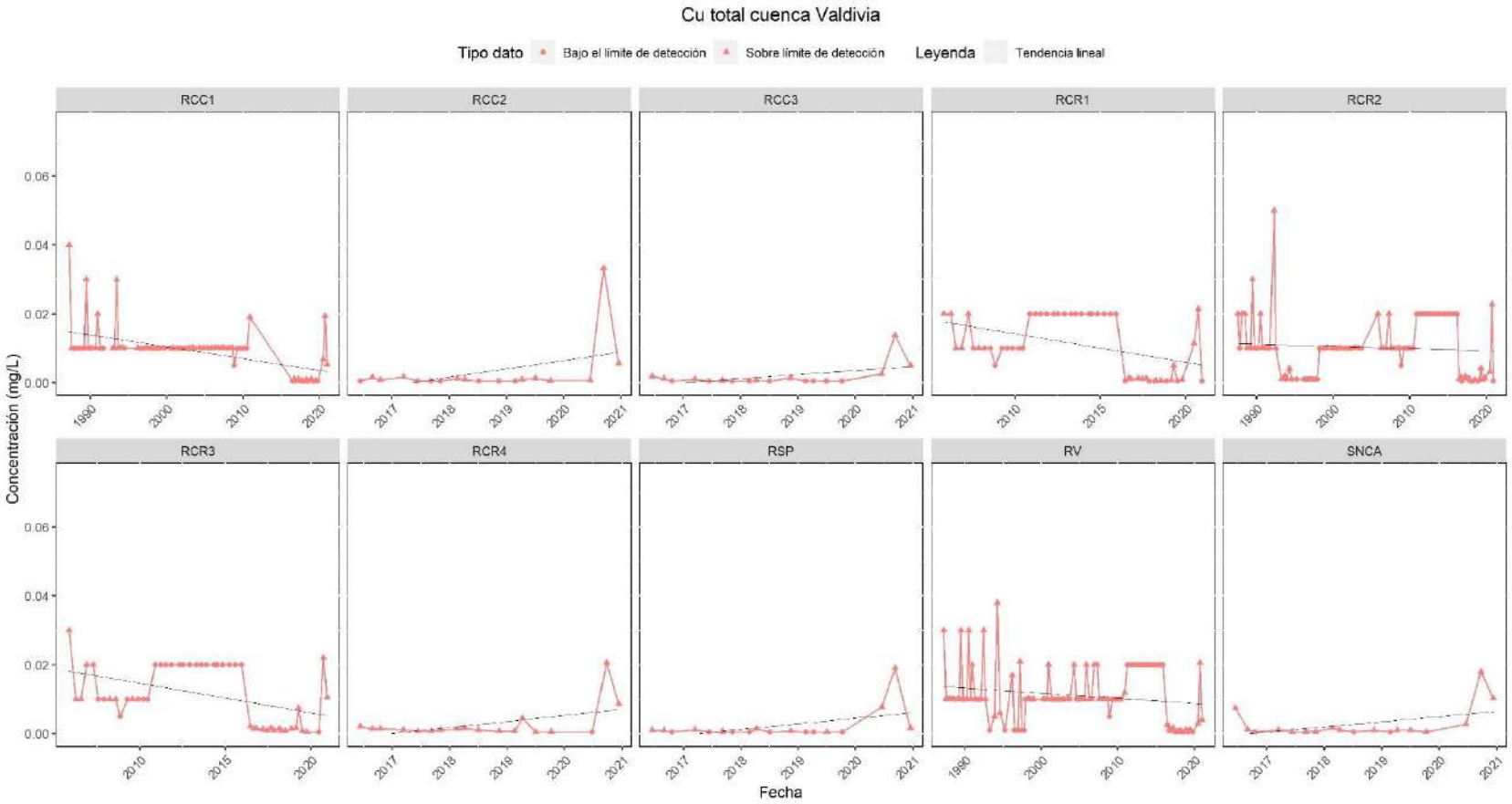


Figura 29. Variación temporal y tendencias del Cobre total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

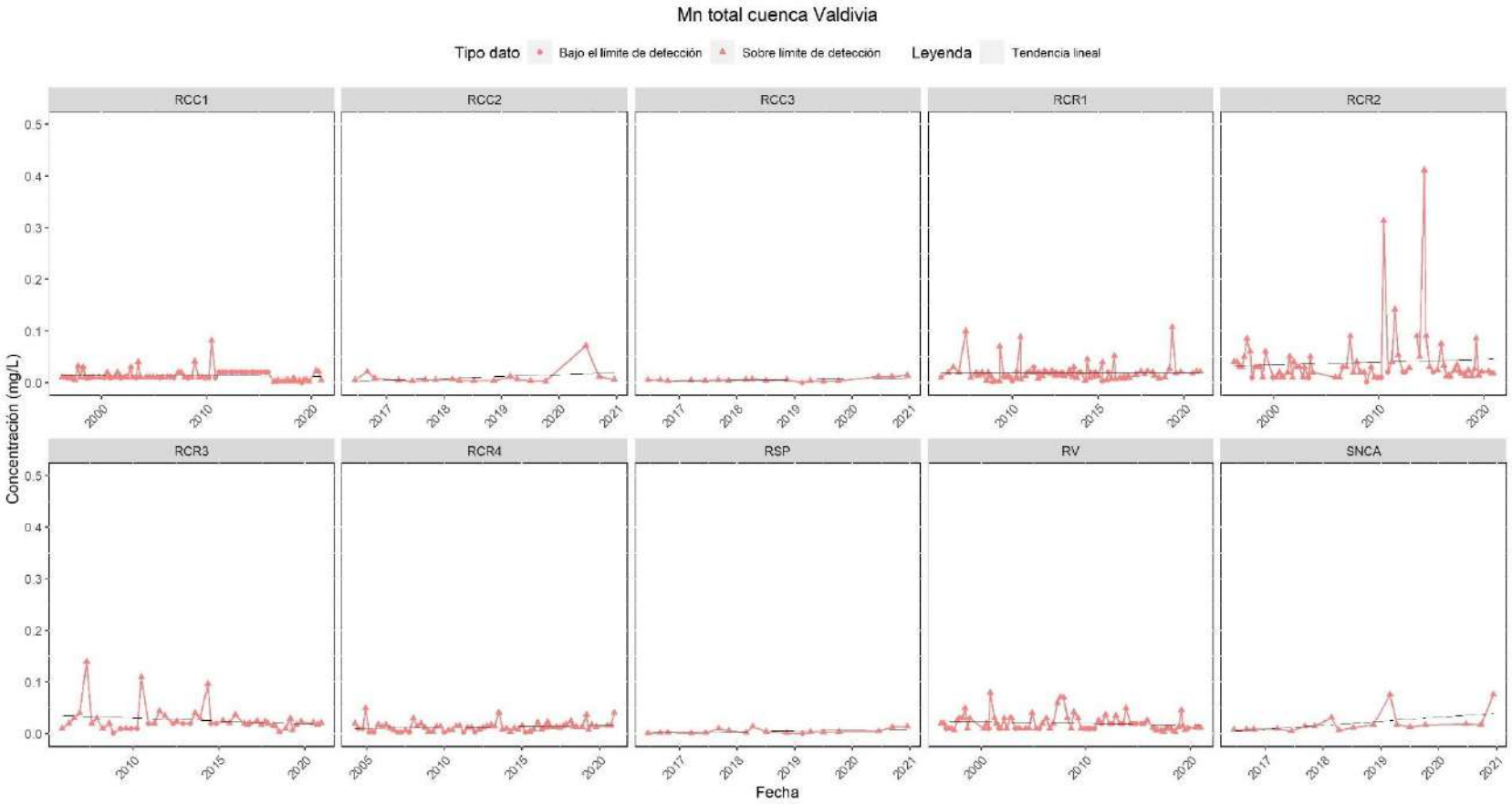


Figura 30. Variación temporal y tendencias del Manganeso total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

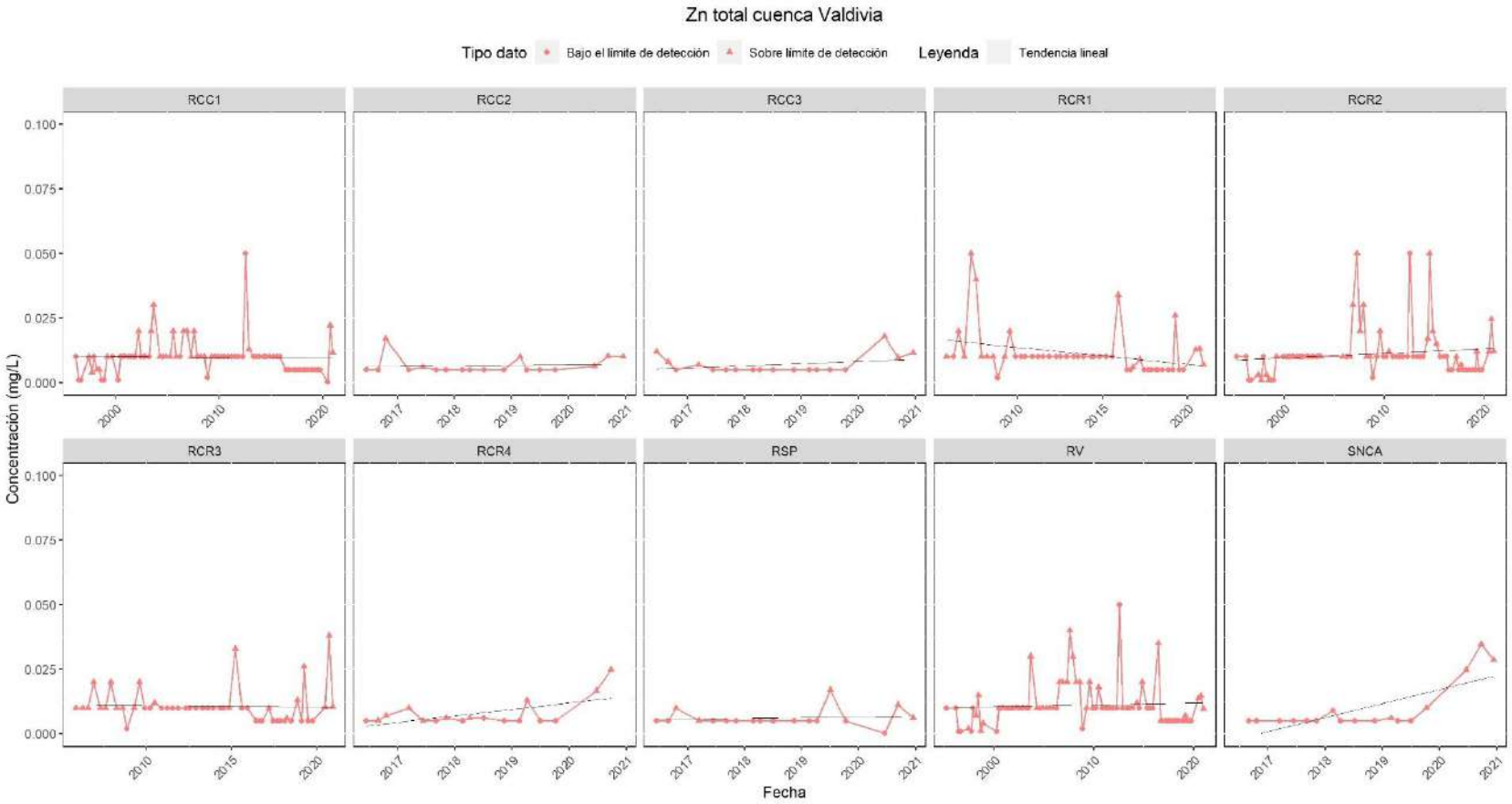


Figura 31. Variación temporal y tendencias del Zinc total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

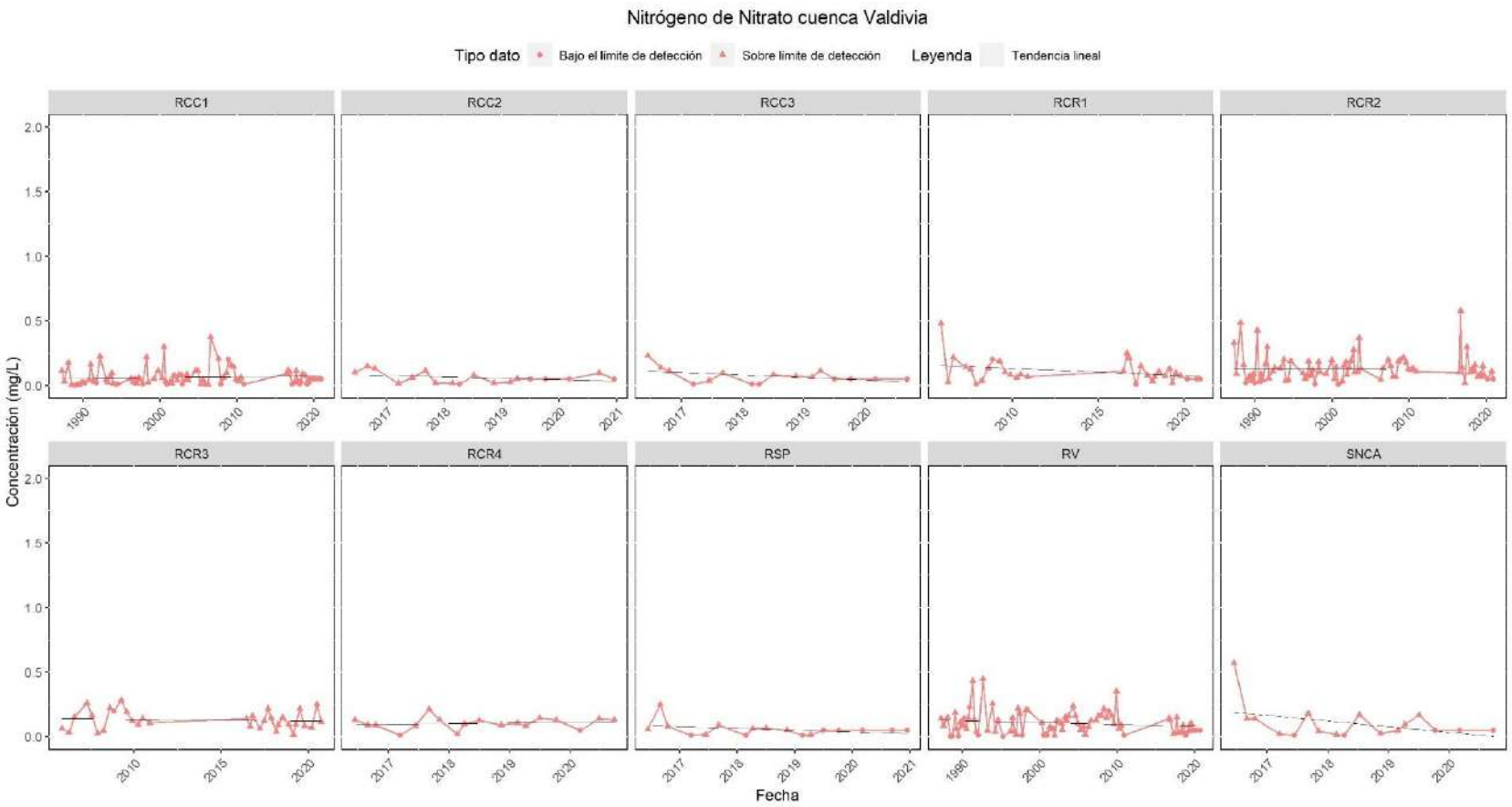


Figura 32. Variación temporal y tendencias del Nitrógeno de nitrato en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

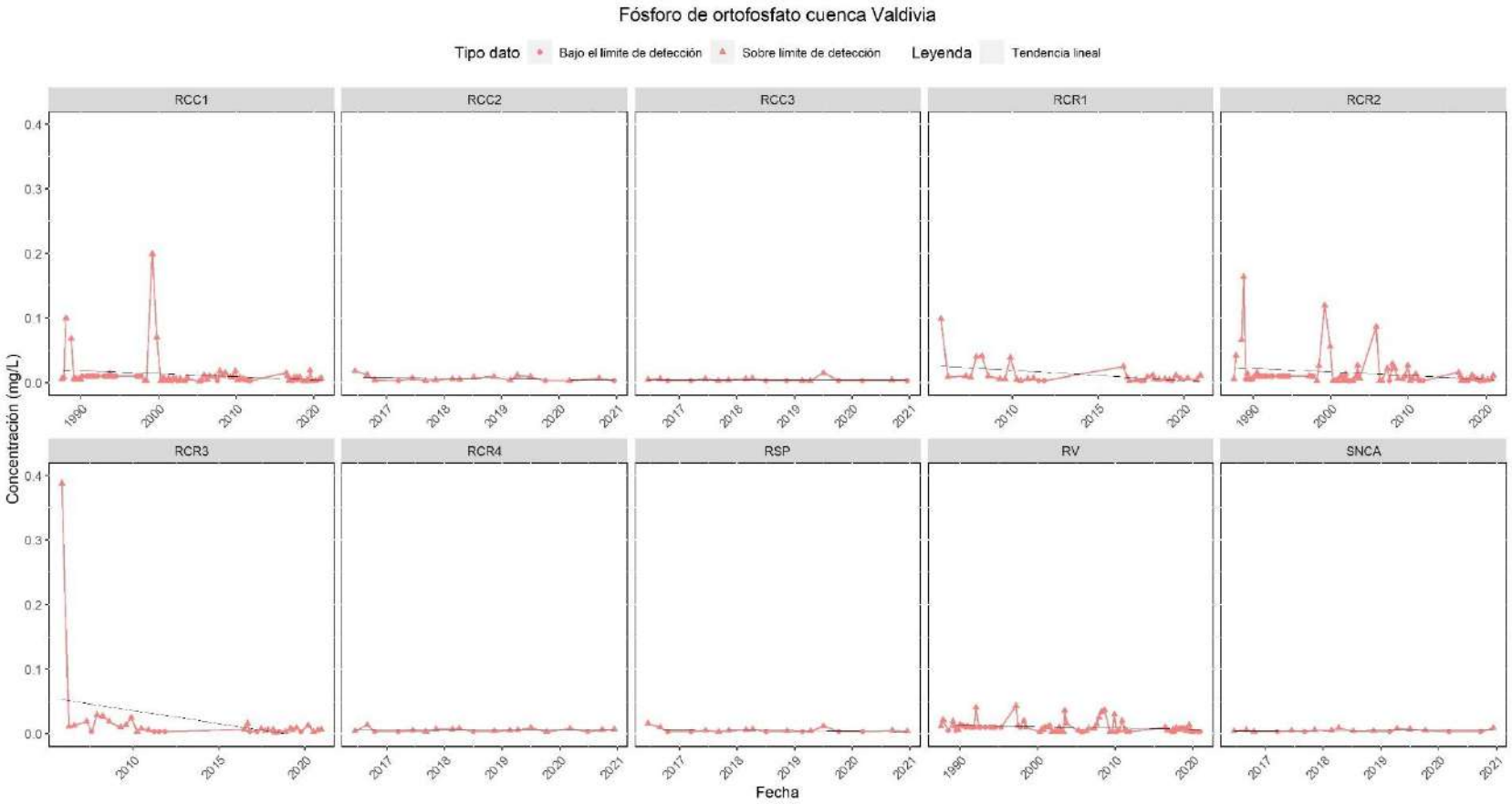


Figura 33. Variación temporal y tendencias del fósforo de ortofosfato en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

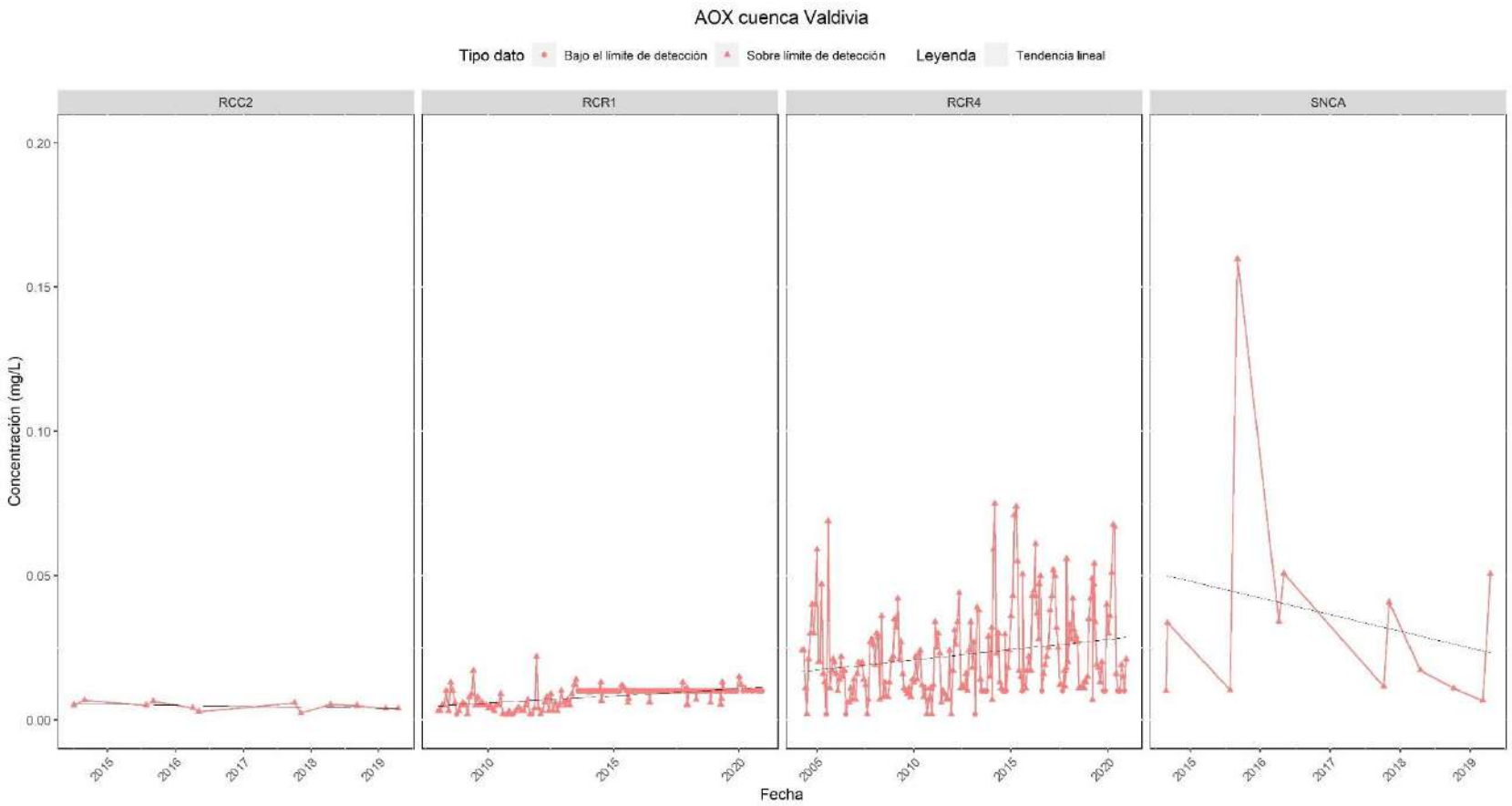


Figura 34. Variación temporal y tendencias de compuestos orgánicos halogenados (AOX) en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

REPÚBLICA DE CHILE
Ministerio del Medio Ambiente

ESTABLECE NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

DECRETO SUPREMO N°

SANTIAGO,

VISTOS: Lo establecido en la Constitución Política de la República de Chile, en sus artículos 19 número 8 y 32 número 6; en los artículos 2 letra ñ) y 32, de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; en el artículo 129 bis 3° del Código de Aguas; en el Decreto Supremo N°38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, que derogó el D.S. N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; en la Resolución Exenta N° 393, de 2005, del Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, que da inicio a la dictación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas del río Cruces, X Región; en la Resolución Exenta N°3.401, de 2006, del Director Ejecutivo (S) de CONAMA, que da inicio a la elaboración de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; en la Resolución Exenta N°947, de 2010, del Director Ejecutivo de CONAMA, que ordena acumulación de procedimientos de dictación de normas secundarias de calidad ambiental que indica; lo dispuesto en la Resolución Exenta N°670, de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que dicta instrucciones generales sobre la elaboración de los programas de medición y control de calidad ambiental del agua; en la sentencia de 29 de septiembre de 2016, del Tercer Tribunal Ambiental de Chile, confirmado por la sentencia del 26 de julio de 2017 de la Tercera Sala de la Corte Suprema; en la Resolución Exenta N° 909, de 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, que reanuda tramitación del proceso de elaboración de las normas secundarias de calidad ambiental para la cuenca del río Valdivia en los términos que se indica; en la Resolución Exenta N° 1.382, de 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, que amplía plazo para la elaboración del anteproyecto y del análisis general del impacto económico y social de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; en la Resolución Exenta N° 1.431, de 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río

Valdivia; en la Resolución Exenta N° 783, de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, que dispone la realización de un proceso de consulta indígena sobre el anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; en las Resoluciones Exentas N° 813 de 2018, N° 712 de 2019, N° 352 y N°1.393 de 2020, N°698, N°1.206 y N°1.458, de 2021, N°75, N°313, N°1203 y N°1506 de 2022, N°288 y N°623 de 2023, todas del Ministerio del Medio Ambiente, que ampliaron plazo para la elaboración del proyecto definitivo de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; en la Resolución Exenta N° 1.439, de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Programa de Regulación Ambiental 2018 – 2019; en la Resolución Exenta N° 440, de 2020, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Programa de Regulación Ambiental 2020 – 2021; en la Resolución Exenta N° 1.206, de 2022, que establece el Programa de Regulación Ambiental 2022-2023; en el análisis de las observaciones ciudadanas al anteproyecto; en el acta de acuerdos y desacuerdos de la Consulta Indígena de fecha 27 de agosto de 2021; en el Acta N°6, de 26 de octubre de 2021, del Consejo Consultivo del Ministerio del Medio Ambiente; en el Informe del 01 de octubre de 2021, de la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos; en la Resolución Exenta N° 1495, de 2021, del Ministerio del Medio Ambiente, que declara el cierre del proceso de consulta indígena sobre el anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia; en el Acta de la sesión ordinaria N° XX, del XXX, del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad; en el Acuerdo N°[•] de [•] de [•] de 2023, del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad; en la Resolución N°7, de 2019, de la Contraloría General de la República; en los demás antecedentes que constan en el expediente de elaboración de la norma; y,

CONSIDERANDO:

1. Que, la Constitución Política de la República de Chile, establece como deber del Estado velar por el derecho de todas las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y tutelar la preservación de la naturaleza. Por su parte, la ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, establece en su Título II los Instrumentos de Gestión Ambiental, entre los cuales destacan los instrumentos dirigidos a prevenir o remediar la contaminación ambiental, como son las normas de calidad ambiental, las normas de emisión y los planes de prevención y descontaminación.

2. Que, de acuerdo a la Ley N° 19.300, el Ministerio del Medio Ambiente posee atribuciones para dictar normas secundarias de calidad ambiental para regular la presencia de contaminantes en el medio ambiente, de manera de prevenir que éstos puedan significar o representar, por sus niveles, concentraciones y

períodos, un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

3. Que, el agua constituye el componente esencial para la conservación y preservación de los ecosistemas acuáticos, entendiéndose por tales el complejo dinámico de comunidades acuáticas y su hábitat, los cuales actúan como una unidad funcional. En estos ecosistemas el agua, en calidad y cantidad, es la variable fundamental que regula la estructura, dinámica y funcionamiento de cada ecosistema.

4. Que, la conservación admite el uso del recurso hídrico de manera racional, compatible con actividades económicas y productivas. La preservación, por su parte, requiere la mantención de las condiciones naturales del medio que hacen posible la óptima evolución y desarrollo de las especies y los ecosistemas que lo conforman.

5. Que, en este contexto, corresponde dictar normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia, de manera de mantener o mejorar la calidad de las aguas, y así conservar o preservar los ecosistemas hídricos y contribuir a conservar sus servicios ecosistémicos.

6. Que, la cuenca del río Valdivia se encuentra ubicada en las regiones de La Araucanía y Los Ríos, con una superficie de 11.355,5 km^2 y está compuesta principalmente por las subcuencas de los ríos Cruces y Calle Calle. El río Cruces, con un caudal medio anual de 66 m^3/s, nace en la parte noreste de la cuenca, en la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén, para luego tomar un curso suroriental hasta la confluencia con el río Calle Calle, dando origen al río Valdivia, en la ciudad homónima, a una distancia de 15 km de la bahía de Corral, el cual tiene un caudal medio anual de 428 m^3/s. Por su parte, la subcuenca del río Calle Calle, se origina en el extremo poniente del lago Lacar, en el nacimiento del río Huahum y se extiende hasta la confluencia del río Calle Calle con el río Cruces.

7. Que, la parte alta de la cuenca del río Valdivia está formada por un sistema fluviolacustre, en la cual existe un número importante de grandes lagos conectados entre sí, respecto de los cuales destacan los lagos Calafquén, Pirihueico, Neltume, Panguipulli y Riñihue. La parte baja de esta cuenca está formada por el río San Pedro, el cual constituye el desagüe del lago Riñihue, para continuar con el río Calle Calle y, posteriormente, por un complejo sistema estuarial formado por los ríos Calle Calle, Cruces y Valdivia.

8. Que, el estuario corresponde a un cuerpo de agua costero

semicerrado que se extiende hasta el límite efectivo de la influencia de la marea, dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salina, es diluida significativamente con agua dulce derivada de la escorrentía superficial y puede sustentar organismos eurihalinos, ya sea durante una parte o la totalidad de su ciclo de vida.

9. Que, debido a la importancia y sensibilidad de los sistemas estuariales y sobre todo a que los estuarios presentan características hidrodinámicas, fisicoquímicas y ecológicas completamente distintas a los sistemas fluviales, estas deben ser consideradas al momento de elaborar estrategias de protección.

10. Que, los estuarios poseen una función biológica irremplazable en la producción y el desarrollo de numerosas especies, a tal punto que son reconocidos como verdaderas "áreas de crianza" y hábitats promotores para el desarrollo de larvas de distintas especies de peces, debido a su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria. Es por ello que históricamente los estuarios han sido focos de asentamientos humanos, lo que actualmente representa el difícil desafío de protección de estos ecosistemas altamente complejos y sensibles. Uno de los estuarios más importantes del centro-sur de Chile es el del río Valdivia, que reviste una gran importancia ambiental y económica, registrándose en los últimos años un gran incremento de las actividades productivas asociadas a la cuenca.

11. Que, el sistema estuarial de la cuenca del río Valdivia corresponde al tipo neotectónico, positivo y de mezcla parcial. Con un régimen de mareas semidiurnas (registrando las mayores diferencias de alturas de marea durante la noche) y de tipo micromareal, es decir, con rangos mareales que no superan los 2 metros. La circulación mareal estuarial es reflejo de la interacción entre mareas y topografía submarina, existiendo en el caso del estuario de los ríos Valdivia y Calle-Calle un canal principal bien desarrollado y escasas planicies submareales e intermareales. Otra característica importante es la existencia de canales mareales que comunican estuarios, como el canal Cantera que une los estuarios Valdivia y Tornagaleones y el canal Cau-Cau, que comunica los estuarios Cruces y Valdivia.

12. Que, en la parte terminal del río Cruces se ubica el humedal río Cruces, con una superficie de 4.877 ha. Éste corresponde a un humedal costero estuarial, que se formó como consecuencia del hundimiento del terreno por el terremoto de 1960, el cual, con el objetivo de preservar nuestro patrimonio natural, fue declarado, mediante Decreto Supremo N°2.734, del

03 de junio de 1981, del Ministerio de Educación, como "Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo". Adicionalmente, por ser un sitio de relevancia para las especies, comunidades, ecosistema en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981, fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de la Convención de Ramsar, denominado "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter" (N° Lista RAMSAR 6CL001). Además del valor desde la perspectiva de la biodiversidad, este humedal permite el control de la erosión, retención de sedimentos, retención de nutrientes, estabilización del clima, el control de caudales, control de sedimentación, almacenaje de aguas lo que reduce los riesgos de inundación para la población y presenta un gran valor por su potencial uso en recreación, turismo e interés educacional.

13. Que, la cuenca presenta una alta biodiversidad y endemismo, habitando en ella al menos 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 119 especies de aves, 2 especies de mamíferos acuáticos, 19 especies de anfibios y 25 especies de fauna íctica. Destacándose entre las cuencas más ricas en peces nativos del país. Además, del total de especies registradas en la cuenca del río Valdivia, 27 se encuentran en categoría de conservación.

14. Que, en las riberas de la cuenca habita una población de aproximadamente 300 mil habitantes. Los usos de suelos colindantes principales corresponden a bosque (49%), praderas y matorrales (25%) y terrenos silvícolas (17%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales y actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Esta cuenca es de importancia turística para la región y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable. La población urbana de la parte baja de la cuenca se concentra mayoritariamente en la ciudad de Valdivia, la que en su mayoría posee servicios de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas. Todas estas actividades ejercen presión sobre la calidad de las aguas de la cuenca del río Valdivia, de tal manera que se hace necesaria la creación de instrumentos de gestión ambiental que permitan proteger la calidad de sus aguas y de su ecosistema.

15. Que, los principales antecedentes técnicos utilizados para el desarrollo de las normas secundarias de calidad fueron: el estudio Recopilación y Análisis de Información Ambiental Existente de Los Estuarios de los ríos Calle-Calle y Valdivia, realizado para CODEPROVAL por la Universidad Austral de Chile

(UACH)[1]; el estudio Recopilación y Análisis de Información en Apoyo para la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, desarrollado por la Universidad Austral de Chile (UACH)[2]; el Modelamiento Hidrodinámico del Sistema Estuarial de los ríos Valdivia – Cruces – Calle Calle, desarrollado por la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC) y la Universidad Austral de Chile (UACH)[3]; el estudio Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo al proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia, desarrollado por la Universidad Católica de Temuco (UCT)[4]; el estudio Evaluación de Riesgo Ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos, desarrollado por la Universidad Católica de Temuco (UCT)[5]; los datos de calidad de aguas en la cuenca para distintos parámetros actualizados al año 2020[6]; la revisión de los Planes e informes de seguimiento de variables ambientales disponibles en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental[7]; los resultados del Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus tributarios[8] y, el Informe Técnico de la elaboración del proyecto definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Valdivia, preparado por el Departamento de Ecosistemas Acuáticos del Ministerio del Medio Ambiente, de septiembre de 2023.

16. Que, la elaboración de las presentes normas se inició estando vigente el D.S. N°93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento Para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. A contar

---

[1] Universidad Austral de Chile. (2007). Recopilación y Análisis de Información Ambiental Existente de Los Estuarios de los ríos Calle-Calle y Valdivia. Informe técnico realizado para CODEPROVAL.

[2] Universidad Austral de Chile. (2008). Recopilación y Análisis de Información en apoyo para la elaboración del Anteproyecto NSCA para las aguas la cuenca del río Valdivia. Estudio Técnico desarrollado por la Universidad Austral de Chile para CONAMA, Región de Los Ríos.

[3] Universidad Austral de Chile y Universidad Católica de la Santísima Concepción. (2007). Modelamiento Hidrodinámico del sistema estuarial de los ríos Valdivia, Cruces y Calle Calle. Estudio Técnico desarrollado para CONAMA. Región de Los Lagos.

[4] Universidad Católica de Temuco. (2009). Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de N.S.C.A para la protección de las aguas de la Cuenca del Río Valdivia.

[5] Universidad Católica de Temuco. (2010). Evaluación de riesgo ecológco para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos.

[6] Dirección General de Aguas. (1987-2020). Red Hidrométrica Nacional Disponible en: https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes

[7] Celulosa Arauco y Constitución (2002-2020). Informes de Seguimiento Ambiental. Disponible en: https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable/Ficha/2564

[8] Universidad Austral de Chile. (2015-2020). Programa de Monitoreo ambiental actualizado del humedal del Río Cruces y sus tributarios. Disponible en: https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1848

del día 1° de agosto de 2013, entró en vigencia el D.S. N°38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, actual Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. De esta forma, el proceso de elaboración de las normas concluyó su tramitación conforme a las reglas del reglamento vigente, conforme lo dispone su artículo 43.

17. Que, a través del D.S. N°1, del 14 de enero de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, se dictaron las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Valdivia, las cuales a través de su publicación en el Diario Oficial entraron en vigencia el 27 de noviembre de 2015.

18. Que, en virtud de lo establecido en el artículo 50 de la Ley N° 19.300 y del artículo 17 N° 1 de la Ley N° 20.600 que crea los Tribunales Ambientales, entre el 6 y el 8 de enero de 2016, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile admitió a trámite las reclamaciones de Celulosa Arauco y Constitución (R-26-2015), Forestal Calle Calle S.A. (R-27-2015) y la Corporación para el Desarrollo de la Región de Los Ríos (R-25-2015).

19. Que, luego de analizados todos los antecedentes, el 29 de septiembre de 2016, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile dicta la sentencia que resuelve:

- Rechazar la reclamación interpuesta por la empresa Forestal Calle Calle.
- Acoger las reclamaciones interpuestas por la corporación Codeproval y por la empresa Celulosa Arauco, solo por falta de motivación suficiente del decreto reclamado, como resultado de las diversas deficiencias sustantivas y adjetivas de los análisis generales del impacto económico y social.
- Anular el decreto reclamado, así como la Resolución Exenta N° 478/2012 del Ministerio del Medio Ambiente que aprueba anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del Río Valdivia, y todos los actos administrativos trámites dictados a partir de esta última.
- Ordenar al Ministerio del Medio Ambiente reanudar, en el más breve plazo posible, el procedimiento administrativo, a partir de la elaboración de un análisis general del impacto económico y social de las normas contenidas en el anteproyecto que el Ministerio del Medio Ambiente oficialice, dando cumplimiento al D.S. N° 38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente.

20. Que, en virtud de lo establecido en artículos 764 y 767 del Código de Procedimiento Civil, el Consejo de Defensa del Estado, en representación del Ministerio del Medio Ambiente interpuso un recurso de casación en el fondo (Corte Suprema Rol N° 83344-2016) para impugnar la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile.

21. Que, el 26 de julio de 2017 la Tercera Sala de la Corte Suprema resuelve rechazar el recurso de casación en el fondo deducido en contra de la sentencia del veintinueve de septiembre de dos mil dieciséis del Tercer Tribunal Ambiental de Chile, quedando ésta firme y ejecutoriada.

22. Que, para dar cumplimiento a esta sentencia, se reanudó el proceso de generación de estas normas a partir de la elaboración de un Análisis General del Impacto Económico y Social del anteproyecto. Por este motivo, el Ministerio del Medio Ambiente, a través de la Resolución Exenta N° 909, del 07 de septiembre de 2017, resolvió reanudar el proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Valdivia, otorgando un plazo de tres meses para la generación del Anteproyecto y la realización del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).

23. Que, mediante Resolución Exenta N° 1,431, del 15 de diciembre de 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, se aprobó el anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia y se sometió a consulta pública.

24. Que, el proceso de consulta pública se realizó entre el 26 de diciembre de 2017 y el 21 de marzo de 2018, y contó con la activa participación de personas tanto naturales como jurídicas, cuyas observaciones fueron analizadas y consideradas en la elaboración del presente decreto.

25. Que, en aplicación del Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de la Organización Internacional del Trabajo y del Decreto Supremo N°66, de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social, se dispuso, mediante Resolución Exenta N° 783, del 30 de agosto de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, la realización de un Proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia, convocándose para ello a los pueblos indígenas y sus instituciones representativas. El Proceso de Consulta Indígena se llevó a cabo con organizaciones del pueblo Mapuche que habitan las comunas de Los Lagos, Valdivia, Lanco y San José de la Mariquina, correspondientes a la región de Los Ríos, y las

comunas de Villarrica y Loncoche, correspondientes a la región de La Araucanía.

26. Que, en virtud de lo dispuesto en el artículo 4 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el proceso se llevó a cabo considerando la relevancia de promover la plena efectividad de los derechos sociales, culturales y ambientales de los pueblos indígenas, así como el respeto, conservación, desarrollo y fortalecimiento de su identidad social, cultural, sus costumbres y tradiciones y sus instituciones reflejadas, dentro de estas, en el Feyentun o cosmovisión del pueblo Mapuche, y reconociendo que el río Valdivia (Leufu Chedzki para las comunidades indígenas) y sus aguas (Ko) nacen, transcurren y desembocan en un territorio habitado originariamente por el pueblo Mapuche y culturalmente construido en base a ciertos valores de vida comunitarias de los pueblos indígenas, tales como: i) Az-Mogüen, representación de un conjunto de instituciones mapuche que determinan la forma de vida y de convivencia, siendo equivalente a los derechos y obligaciones para la vida comunitaria; ii) Nor-Mogüen, que representa la vida justa, regulada y de manera equilibrada en la convivencia comunitaria de cada Lof-che (forma de organización ancestral y tradicional mapuche); y, iii) Az-Mapu, referido a las leyes, reglas y normas Mapuche respecto al equilibrio de los ecosistemas, el comportamiento de las familias, la administración territorial, la relación con la naturaleza en el tiempo y el conocimiento del Itrofillmongen.

27. Que, en el desarrollo de la Consulta Indígena las organizaciones indígenas del pueblo Mapuche sostuvieron que la cuenca del río Valdivia, sus ecosistemas y biodiversidad, configuran un espacio territorial sagrado e integrado por múltiples y heterogéneas formas de vida -material, espiritual, animal y humana- que explican la presencia de la persona como parte de un todo articulado e interconectado denominado Itrofillmongen, el cual está conformado en parte por los ecosistemas hídricos. Asimismo, que los ríos (Leufu) constituyen espacios respetados, custodiados y protegidos por el pueblo Mapuche, toda vez que el bienestar de las personas depende inexorablemente del bienestar de éstos, en tanto expresión concreta del Itrofillmongen. Por consiguiente, los ríos (Leufu) representan parte del patrimonio cultural, espiritual, ambiental y medicinal del pueblo Mapuche.

28. Que, en dicho contexto, los objetivos que persiguen las normas secundarias de calidad ambiental, tales como la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (artículo 2° letra ñ) de la Ley N° 19.300), podrían contribuir a evitar la pérdida total o parcial de la flora medicinal (parte del lawen), presente en los espacios territoriales que comprenden la cuenca del río

Valdivia. Por ende, estas normas secundarias podrían contribuir a salvaguardar roles tradicionales y culturales de las comunidades, como por ejemplo, el rol tradicional del sanador (Lawentuchefe) y, con ello, propender a la protección de los conocimientos de la medicina ancestral, en tanto expresión epistemológica cultural, ancestral y espiritual del pueblo Mapuche.

29. Que, según consta en el Informe de Sistematización elaborado por el Departamento de Ciudadanía de la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana del Ministerio del Medio Ambiente, el Proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Valdivia, contempló la implementación total de las cinco etapas señaladas en el artículo 16 del D.S. N°66, de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social.

30. Que, las Normas aprobadas mediante el presente Decreto respetarán las disposiciones atingentes que estén contenidas en los tratados y otros instrumentos internacionales relacionados con los pueblos indígenas, que hayan sido adoptados o ratificados por Chile y que se encuentren vigentes, tales como la Declaración de Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, la Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas de la Organización de Estados Americanos, el Convenio N°169 de la Organización Internacional del Trabajo, y el artículo 8 letra j) del Convenio sobre Diversidad Biológica.

31. Que, los acuerdos a los cuales se llegaron en el Proceso de Consulta Indígena y, que constan en el acta de acuerdos y desacuerdos, de fecha 27 de agosto de 2021, pueden resumirse en los siguientes: (i) el carácter vinculante de los acuerdos, los cuales no podrán ser modificados en etapas posteriores del proceso de elaboración de estas normas; (ii) la incorporación de los acuerdos tanto en el proyecto definitivo de las normas como en el decreto que las apruebe; (iii) la suscripción de un acta de acuerdos y desacuerdos; (iv) la enunciación de los acuerdos en los considerando del presentes decreto; (v) la incorporación, en los considerandos del presente decreto, de menciones relativas a la cosmovisión Mapuche, a que las normas se aplicarán en un territorio habitado originariamente por el pueblo Mapuche, que para dicho pueblo la cuenca del río Valdivia se configura como un territorio sagrado, al reconocimiento que las presentes normas podrían contribuir a salvaguardar roles tradicionales y culturales de las comunidades Mapuche, y a la mención de conceptos en Mapudungun relevantes para las comunidades intervinientes en el Proceso de Consulta Indígena; (vi) mención al respeto de normas internacionales atingentes; (vii) incorporación de las

definiciones de ecosistemas hídricos y servicios ecosistémicos; (viii) expresar en los considerandos del presente decreto, que para las comunidades intervinientes, los ecosistemas hídricos forman parte del Itrofillmongen; (ix) creación de un programa de involucramiento comunitario y el establecimiento de sus contenidos mínimos; (x) modificación de la extensión de dos áreas de vigilancia (RCR1 y RV) e incorporación de puntos de monitoreo en dichas áreas de vigilancia en la propuesta de la red de observación del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA) de las Aguas que corresponda; (xi) incorporar en la propuesta de red de observación del PMCCA estaciones de monitoreo de calidad de agua y/o parámetros adicionales; (xii) evaluación de la incorporación en la red de observación del PMCCA de los 22 puntos de monitoreo propuestos por las comunidades intervinientes; (xiii) aumento de 4 a 12 las campañas de monitoreo con representatividad mensual; (xiv) evaluación de la incorporación del parámetro "antibióticos" y sus eventuales efectos en la biota en la red de observación del PMCCA; (xv) explicitar una breve descripción de las áreas de vigilancia y parámetros en que la calidad de las aguas a recuperar con la implementación de estas normas; (xvi) elaborar anualmente el informe de calidad; y, (xvii) elaborar el primer informe de calidad en un plazo máximo de 3 meses desde que se cuente con el Informe Técnico de Cumplimiento. Además, como mecanismo y acción de seguimiento y monitoreo de los acuerdos, se acordó convocar a un representante titular y un suplente por cada comuna interviniente para integrar el Comité Operativo Ampliado de estas normas y, además, presentar los acuerdos y desacuerdos alcanzados en el Proceso de Consulta Indígena, tanto al Comité Operativo como al Comité Operativo Ampliado.

32. Que, el proceso de consulta indígena se viene desarrollando desde la aprobación de la Resolución Exenta N° 783 del Ministerio del Medio Ambiente, con fecha 30 de agosto del 2018 hasta la aprobación de la Resolución Exenta N° 1495 del Ministerio del Medio Ambiente, con fecha 23 de diciembre de 2021. Lo anterior constituye una duración total del proceso de 822 días hábiles, para los que el Ministerio del Medio Ambiente destinó un presupuesto total de $54.930.730.

33. Que, por otra parte, como consta en el Informe Técnico de la elaboración del proyecto definitivo de las presentes normas, estas consideran como elementos esenciales: i) utilizar los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (MMA, 2017); ii) abordar las brechas de información de calidad del agua identificadas considerando una mayor cobertura espacial y temporal en el análisis de la mejor información disponible; iii) abordar observaciones pertinentes recibidas durante el proceso de participación ciudadana, que incluye, el análisis actualizado de la información disponible

de calidad de aguas de la cuenca, la consecuente selección de parámetros a normar y, sus niveles de calidad ambiental por área de vigilancia, considerando la factibilidad técnica-económica de su cumplimiento en el diseño normativo; iv) incorporar los acuerdos alcanzados durante el Proceso de Consulta Indígena; y, v) analizar las observaciones recibidas a la propuesta de Proyecto Definitivo presentada al Comité Operativo Ampliado el 21 de diciembre de 2021 ("propuesta PD 2021"). Lo anterior, derivó en el perfeccionamiento y robustecimiento de estas normas.

34. Que, tal como se indica en el Informe Técnico de la elaboración del proyecto definitivo de las presentes normas, las diferencias frente a la propuesta de PD 2021 se deben a (i) la mayor disponibilidad de información; (ii) al uso de criterios de evaluación de riesgo ecológico para la construcción de tablas de clase de calidad; y, (iii) a la decisión de normar la cuenca mayoritariamente en clase 2 (calidad óptima) para mantener o mejorar las condiciones actuales.

35. Que, tal como se indica en el Informe Técnico de la elaboración del proyecto definitivo de las presentes normas, los parámetros y áreas de vigilancia a ser recuperados respecto de la calidad actual de las aguas corresponden a: a) pH en el área de vigilancia RCR4; b) Oxígeno Disuelto en las áreas de vigilancia RCR1, RCR2, RCR4, RSP y RCC2; c) Conductividad Eléctrica en las áreas de vigilancia RCR3 y RCR4; d) Sulfato en el área de vigilancia RCR2; e) Cloruro en las áreas de vigilancia RCR2, RCR3 y RCR4; f) Sodio en las áreas de vigilancia RCR2, RCR3 y RCR4; g) Aluminio total en las áreas de vigilancia SNCA y RCC3; h) Hierro total en las áreas de vigilancia RCR1, RCR2, RCR3 y SNCA; i) Zinc total en el área de vigilancia SNCA; j) Nitrógeno de nitrato en las áreas de vigilancia RCR1 y RCR3; k) Fósforo de Ortofosfato en las áreas de vigilancia RCR1 y RCC2; y, d) Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX) en las áreas de vigilancia RCR1, RCR2, RCR4 y SNCA.

36. Que, el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) señala que los costos estimados de la implementación de estas normas, ascienden a 0,074 MM USD/año, de los cuales un 73% corresponde a costos de monitoreo y lo restante a costos de fiscalización. Los beneficios de estas normas ascienden a 7,31 MM USD/año y están asociados a la valorización de los servicios ecosistémicos provistos por esta cuenca. Por otro lado, se realizó una aproximación de los costos y beneficios asociados a la implementación de un eventual Plan de Descontaminación Ambiental. Considerando que se desconocen a priori las acciones y medidas específicas que podría contener el eventual Plan, el análisis entrega una aproximación de los costos y beneficios

del mismo. Los costos del eventual plan se estimaron en 1,54 MM USD/año, mientras que los beneficios que generarían se valoraron entre 0,86 y 8,94 MM USD/año.

37. Que, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad se pronunció sobre el proyecto definitivo de la revisión de la norma, mediante Acuerdo N° [•], de [•] de [•] de 2023.

DECRETO:

TÍTULO I
OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Artículo 1°. - Objeto. El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia.

El objetivo de las mismas es la conservación o preservación de los ecosistemas hídricos y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

Artículo 2°. - Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación territorial de las presentes normas corresponde a la cuenca del río Valdivia, ubicada en las regiones de La Araucanía y de Los Ríos.

TÍTULO II
DEFINICIONES

Artículo 3°.- Definiciones. Para los efectos de lo dispuesto en estas normas, se entenderá por:

1. **Aguas continentales superficiales:** aguas terrestres que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y que escurren por cauces naturales.

2. **Área de Vigilancia***:* área de drenaje de un curso de agua continental superficial, o una parte de él, que se establece y delimita para efectos de asignar y controlar su calidad ambiental.

3. **Cuenca:** superficie de terreno cuya escorrentía fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, en forma continua o discontinua, superficial o subterráneamente, tales como ríos, quebradas, esteros, lagos y lagunas por una única desembocadura, estuario o delta, siendo dichas aguas parte integrante de una misma corriente.

4. **Ecosistemas Hídricos:** sistemas dinámicos y complejos de organismos vivos y componentes abióticos, los que dependen significativamente de las aguas superficiales de la cuenca, que interactúan como una unidad funcional.

5. **Percentil:** corresponde al valor en la posición "k"de la serie de valores medidos y ordenados de forma creciente para cada área de vigilancia y parámetro ($X1 \leq X2 ... \leq Xk ... \leq Xn-1 \leq Xn$). La posición "k" se calculará por medio de la siguiente fórmula: $k = q*n$, donde "q" corresponde al valor establecido como criterio de cumplimiento en estas normas, tal que una proporción de los datos se encuentren bajo de la fracción "q", y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos durante el periodo de cumplimiento analizado. Si el valor "k" no corresponde a un número entero, éste deberá ser aproximado al número entero más próximo.

6. **Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua:** programa sistemático de monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de la calidad de las aguas en un periodo y área determinada, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental. Así mismo, corresponde al instrumento que coordinará a las instituciones competentes para llevar a cabo la verificación del cumplimiento de dicha norma y el levantamiento de información adicional que sea indispensable para un mayor conocimiento de la calidad de las aguas de la cuenca, con el fin de aplicarlo a las futuras revisiones de la misma.

7. **Red de Control:** red de monitoreo de la calidad de las aguas conformada por un conjunto de estaciones de monitoreo distribuidas en áreas de vigilancia, en las cuales se determina el cumplimiento normativo de los parámetros establecidos en el artículo 5° del presente decreto.

8. **Red de Observación:** red de monitoreo de la calidad de las aguas que incluye parámetros y/o estaciones adicionales y complementarias a las establecidas en la Red de Control, la cual no considera niveles de calidad ambiental a cumplir y será definida en el Programa de Medición y Control de Calidad Ambiental del Agua. Esta red tiene por finalidad generar información complementaria y necesaria para la comprensión del estado de calidad de los cuerpos de agua y sus ecosistemas asociados, para apoyar futuros procesos de revisión de estas normas.

9. **Servicios Ecosistémicos:** contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano.

TÍTULO III
NIVELES DE CALIDAD AMBIENTAL POR ÁREA DE VIGILANCIA

Artículo 4°.- Áreas de Vigilancia. Para efectos del cumplimiento y fiscalización de las presentes normas, se han establecido para la cuenca del río Valdivia diez áreas de vigilancia. La delimitación y ubicación de cada una de las áreas de vigilancia se establecen en la tabla N°1.

Tabla N° 1
Áreas de Vigilancia

Cauce	Área de Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM (UTM WGS 84 – Huso 18S)	
			N	E
Río Cruces	RCR1	De: Naciente río Cruces	5.633.843	749.145
		Hasta: Río Cruces en Loncoche	5.639.216	704.953
Río Cruces	RCR2	De: Río Cruces en Loncoche	5.639.216	704.953
		Hasta: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163
Río Cruces	RCR3	De: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163
		Hasta: Río Cruces en Cahuincura	5.620.448	667.389
Río Cruces	RCR4	De: Río Cruces en Cahuincura	5.620.448	667.389
		Hasta: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.407	658.770
Río Cruces	SNCA	De: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.407	658.770
		Hasta: Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.372	648.860
Río Valdivia	RV	De: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.480	649.650
		Hasta: Desembocadura en bahía de Corral de los ríos Valdivia y Tornagaleones	5.583.721	638.387
Río San Pedro	RSP	De: Desagüe Lago Riñihue	5.595.015	717.500
		Hasta: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925
Río Calle Calle	RCC1	De: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925
		Hasta: Río Calle Calle antes de Balsa San Javier	5.592.245	674.754

Cauce	Área de Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM (UTM WGS 84 – Huso 18S)	
Río Calle Calle	**RCC2**	De: Río Calle Calle antes Balsa San Javier	5.592.245	674.754
		Hasta: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144
Río Calle Calle	**RCC3**	De: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144
		Hasta: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.480	649.650

Para efectos de establecer el límite de cada área de vigilancia se deberá trazar, desde cada punto definido por las coordenadas de la tabla N° 1, una línea recta que cruce el cauce del río de forma perpendicular a este, en el lugar más cercano a ese punto.

Artículo 5°.- Niveles de calidad. Para cada área de vigilancia identificada, se establecen los siguientes niveles de calidad ambiental, para cada uno de los parámetros normados:

Tabla N° 2

Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia en la cuenca del río Valdivia

N°	Parámetro	Unidad	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
1	pH	-	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5
2	Oxígeno disuelto	mg/L	> 9	> 9	> 8	> 8	> 7	> 7	> 9	> 8	> 8	> 8
3	Conductividad Eléctrica	µS/cm	46	123	123	123	-	-	46	46	-	-
4	Sulfato	mg/L	4	18	18	18	-		4	4	-	-
5	Cloruro	mg/L	3	11	11	11	-	-	3	3	-	-
6	Sodio	mg/L	4	16	16	16	-	-	4	4	-	-
7	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Aluminio (total)	mg/L	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,144	0,200	0,200	0,200
9	Cobre (total)	mg/L	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
10	Hierro (total)	mg/L	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,244	0,244	0,244	0,244
11	Manganeso (total)	mg/L	0,033	0,033	0,033	0,080	0,080	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033

N°	Parámetro	Unidad	RCR1	RCR2	RCR3	RCR4	SNCA	RV	RSP	RCC1	RCC2	RCC3
12	Zinc (total)	mg/L	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
13	Nitrógeno de Nitrato	mg/L	0,090	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,090	0,090	0,090	0,090
14	Fósforo de Ortofosfato	mg/L	0,007	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,007	0,007	0,007	0,007
15	Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	0,006	0,018	-	0,018	0,006	-	-	-	0,006	-

TÍTULO IV
CUMPLIMIENTO Y EXCEDENCIAS

Artículo 6°.- Del cumplimiento. El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para cada parámetro normado en las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4°, deberá verificarse anualmente de acuerdo al Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, dictado por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Anualmente, la Superintendencia del Medio Ambiente elaborará un informe técnico de cumplimiento en base a los reportes entregados por la Dirección General de Aguas y la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos, así como las actividades de fiscalización que, en el marco de las presentes normas, se hubiesen realizado durante el periodo informado. En este informe, se presentarán de manera consolidada los resultados del examen y validación de los datos; la evolución de la calidad del agua de acuerdo a los resultados de los periodos anteriores; y, el estado en que se encuentra el cuerpo de agua protegido en relación con lo establecido en las normas secundarias de calidad ambiental.

El informe será remitido al Ministerio del Medio Ambiente y publicado en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Artículo 7°. - Condiciones de excedencia. Se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, cuando el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para uno o más parámetros, considerando un periodo de dos años calendario consecutivos, supere los valores establecidos en las presentes normas.

Para el control del oxígeno disuelto, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 20 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de dos años calendario consecutivos, sea menor a los valores establecidos en las presentes normas.

En el caso del control de pH, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 20 y/o el percentil 85, de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, se encuentre fuera del rango establecido en las presentes normas.

También se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto si, en un año de monitoreo, uno o más parámetros superan al menos en tres oportunidades los límites establecidos en las presentes normas.

Para determinar las excedencias se considerarán 12 campañas de monitoreos al año, con representatividad mensual y, a lo menos 8 monitoreos por parámetro y área de vigilancia validados por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Si el período de monitoreo no comenzare el 1° de enero, se considerarán los dos primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de 2 años consecutivos de mediciones.

Artículo 8°.- De la representatividad de las muestras. El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en este decreto, se analizará con muestras representativas.

Se entenderá que las muestras son representativas cuando las características fisicoquímicas del agua de la cuenca no se vean afectadas por situaciones excepcionales y/o por fenómenos naturales tales como sequías, avenidas torrenciales, inundaciones, aluviones, terremotos, incendios forestales, erupciones volcánicas, tsunamis, así como por la disminución de la solubilidad del oxígeno provocada por el aumento natural de temperatura del agua debido a la radiación solar, entre otros. Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente certificar de manera fundada la falta de representatividad de las muestras, fundada en la información remitida por los organismos responsables de la realización de los monitoreos.

TÍTULO V
PROGRAMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA

Artículo 9.- Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua. El control de las presentes normas, deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, el que será dictado por la Superintendencia del Medio Ambiente, previo informe favorable del Ministerio del Medio Ambiente, en un plazo máximo de seis meses contado desde la publicación del presente decreto. Para tal efecto, la Superintendencia del Medio Ambiente contará con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante.

Para la elaboración del Programa de Medición y Control de Calidad Ambiental del Agua, el Ministerio del Medio Ambiente deberá remitir una minuta técnica a la Superintendencia del Medio Ambiente con los antecedentes necesarios para su dictación, de conformidad con la resolución exenta N° 670, de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, o la que la reemplace.

El Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua deberá contener, a lo menos, los parámetros a controlar y observar; las estaciones que conforman la red de control y la red de observación de calidad de las aguas y su ubicación; las frecuencias de monitoreo; las metodologías de muestreo y analíticas seleccionadas para cada parámetro; los criterios técnicos de la representatividad de los muestreos; y, los organismos responsables del muestreo y las mediciones.

El Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua deberá considerar, al menos, 12 campañas de monitoreo anuales con representatividad mensual para cada parámetro a controlar. Para determinar las excedencias de estas normas, se deberá contar, al menos, con 8 monitoreos anuales por parámetro y área de vigilancia validados por la Superintendencia del Medio Ambiente. Para tales efectos, corresponderá al Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua establecer la forma de realizar la evaluación de cumplimiento y excedencias.

Además, el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua deberá incluir en la red de observación, al menos, la medición de: i) Aluminio Disuelto; ii) Cobre Disuelto; iii) Cromo Total; iv) Hierro Disuelto; v) Manganeso Disuelto; y, vi) Zinc Disuelto. Esta red incluirá también la realización anual de ensayos ecotoxicológicos y dos muestreos de bioindicadores en las áreas de vigilancia de la norma.

Los informes técnicos de cumplimiento y los informes de calidad establecidos en el artículo 12 del presente decreto, que contienen los resultados obtenidos a través del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, deberán informarse a la ciudadanía, a lo menos, a través de los sitios electrónicos de la Superintendencia del Medio Ambiente y del Ministerio del Medio Ambiente, respectivamente.

Artículo 10. De la inclusión de nuevos parámetros y nuevas estaciones de monitoreo. El Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua podrá incluir en la red de observación el monitoreo de otros parámetros adicionales a los establecidos en las presentes normas, así como nuevas

estaciones de monitoreo de calidad de las aguas, para el análisis de sedimentos, variables fluviométricas y sistemas lacustres, según se requiera, para apoyar futuros procesos de revisión de estas normas.

Artículo 11.- Validación de las mediciones obtenidas con anterioridad al Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua. Las mediciones obtenidas con anterioridad a la aprobación del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, podrán ser utilizadas para el control de las presentes normas cuando cumplan con las metodologías establecidas en el referido Programa y sean validadas por la Superintendencia del Medio Ambiente.

TÍTULO VI
INFORME DE CALIDAD

Artículo 12.- Informe de Calidad. El Ministerio del Medio Ambiente, con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente, de la Dirección General de Aguas y de la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante, elaborará anualmente un Informe de Calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en este decreto, a partir de la fecha de entrada en vigencia del mismo. Dicho informe será de conocimiento público y será publicado en el sitio electrónico del Ministerio del Medio Ambiente.

El Informe de Calidad deberá señalar fundadamente, al menos, el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto, para cada uno de los parámetros controlados en las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4° y el reporte de las mediciones realizadas en la red de observación.

Para el cumplimiento de lo anterior, y sin perjuicio de lo que disponga la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante instrucciones generales dictadas para tales efectos, la Dirección General de Aguas y la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante, dentro de los primeros cuatro meses de cada año, deberán remitir al Ministerio del Medio Ambiente la información sobre las mediciones efectuadas el año anterior y demás antecedentes pertinentes.

El Ministerio del Medio Ambiente elaborará el primer Informe de Calidad en un plazo máximo de 3 meses contado desde que se publique el primer Informe Técnico de Cumplimiento con los resultados validados del primer año de monitoreo, por la Superintendencia del Medio Ambiente.

TÍTULO VII
Programa de Involucramiento Comunitario

Artículo 13.- Programa de Involucramiento Comunitario. El Ministerio del Medio Ambiente, en un plazo de seis meses, a partir de la publicación del presente decreto, elaborará un Programa de Involucramiento Comunitario. Dicho Programa deberá llevarse a cabo durante el segundo semestre de cada año y deberá contener, al menos, las actividades acordadas en el proceso de consulta indígena realizado durante la elaboración de las presentes normas.

TÍTULO VIII
VIGENCIA

Artículo 14.- Entrada en vigencia. El presente decreto entrará en vigencia el día de su publicación en el Diario Oficial.

ANÓTESE, TÓMESE RAZÓN Y PUBLÍQUESE

GABRIEL BORIC FONT
Presidente de la República

MAYA ALEJANDRA FERNÁNDEZ ALLENDE
Ministra de Defensa Nacional

JESSICA TERESA LÓPEZ SAFFIE
Ministra de Obras Públicas

MARÍA HELOISA ROJAS CORRADI
Ministra del Medio Ambiente