



**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 N° 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.

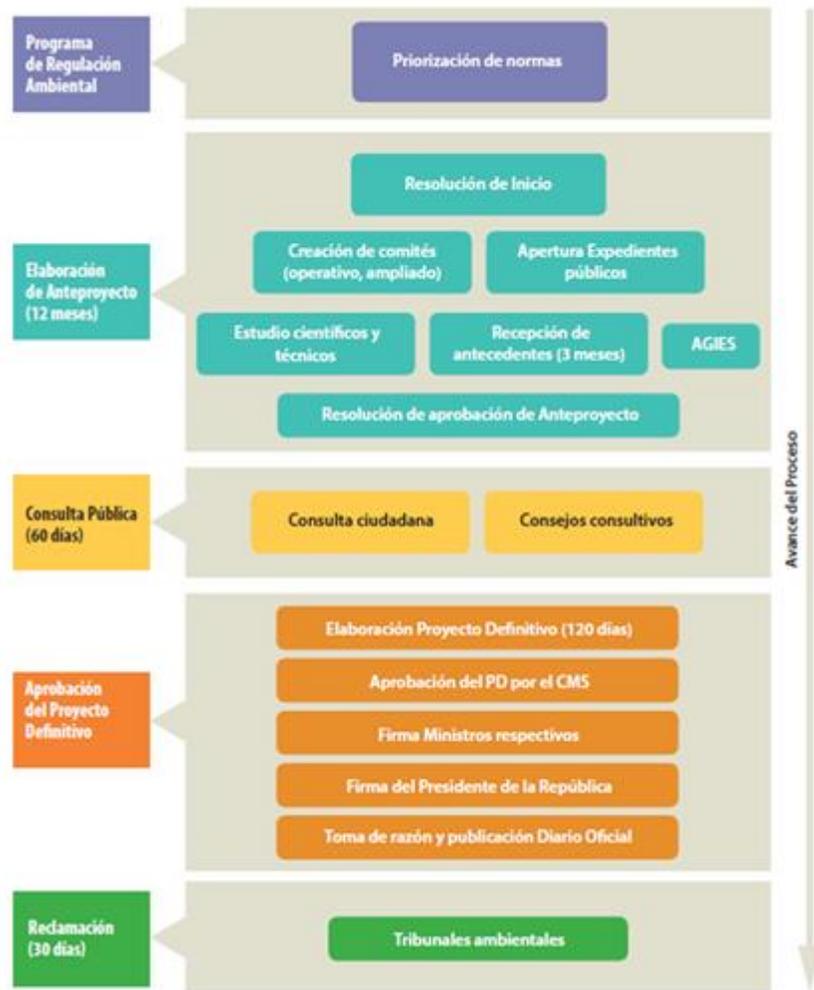


Figura 1. Etapas y plazos del proceso de elaboración de normas de calidad, según D.S. N° 38/2012 (MMA, 2017).

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 N° 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 2006¹, 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 2010², 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 2015³.

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 2016⁴, 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 Suprema⁵ 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 Valdivia⁶ 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 Ríos⁷ y al Consejo Consultivo Nacional⁸.

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N° 783, del 30 de agosto de 2018⁹, 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 2021¹⁰, 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 informe¹¹ 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_pagenuumber.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 Ríos¹² y mediante intervenciones en reuniones realizadas en el marco del proceso de elaboración de estas NSCA¹³. 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 Ambiente¹⁴ 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 Ambiente¹⁵.

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, SO_4 , 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.

Para 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 donde 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 el 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, recibándose 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 4870-5114¹⁷). 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://consultaciudadanas.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 desprende 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 2021¹⁸. 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 Río 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 Secundarias 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.

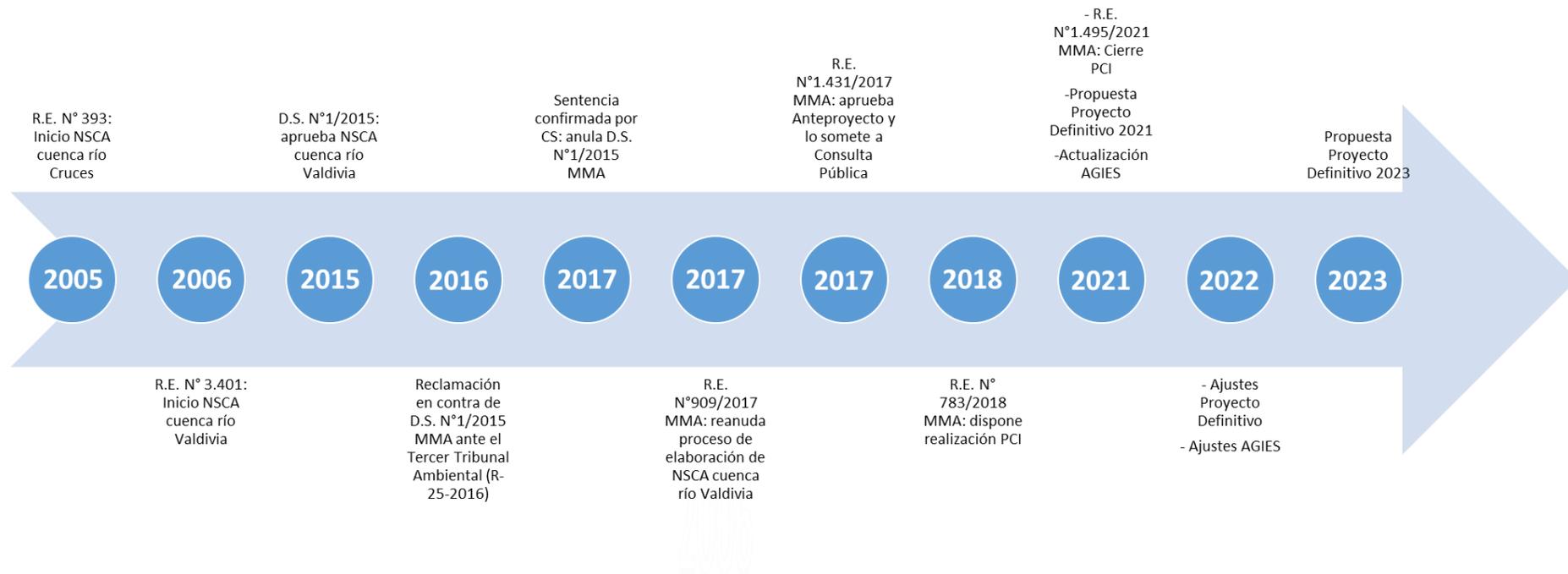


Figura 2. Línea de tiempo de principales hitos del proceso de elaboración de las NSCA cuenca río Valdivia.

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. 2^o 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. N° 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 alteración 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 hídricos²⁰ y contribuir a la conservación de sus servicios ecosistémicos²¹ 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 vigilancia²², 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 km² (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 m³/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 m³/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 2019³⁰, los principales usos de suelos de la cuenca del río Valdivia corresponden a bosque³¹ (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 (Subsecretaría 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, 2009³²; 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 Biobío 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.**

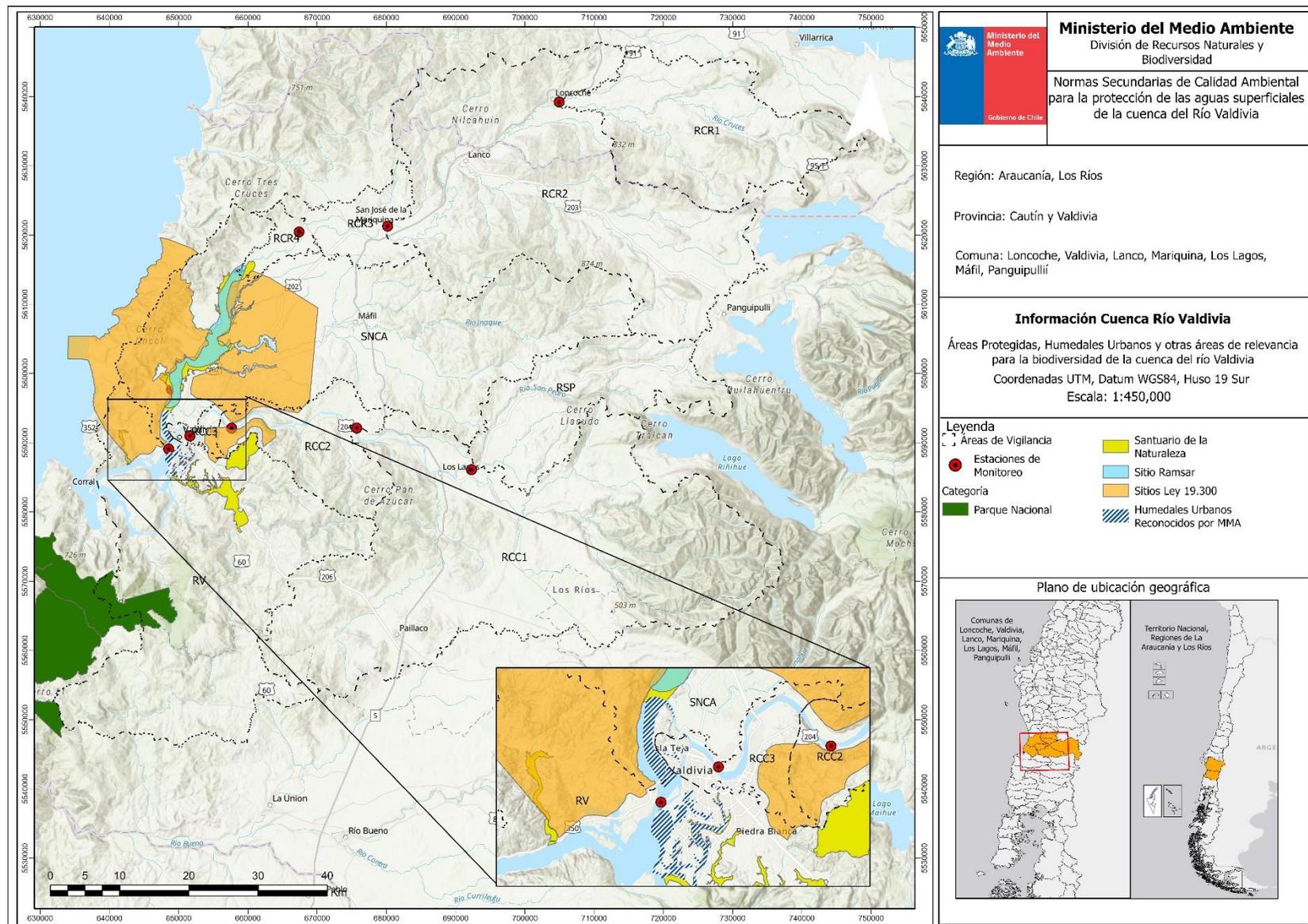
Por otro lado, en la cuenca del río Valdivia, existen áreas o tramos que han sufrido daño ambiental³⁴ y a, partir del año 2004, han evidenciado cambios estadísticamente significativos en las características fisicoquímicas del agua, los cuales se relacionan directamente con la degradación de ecosistemas, 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).



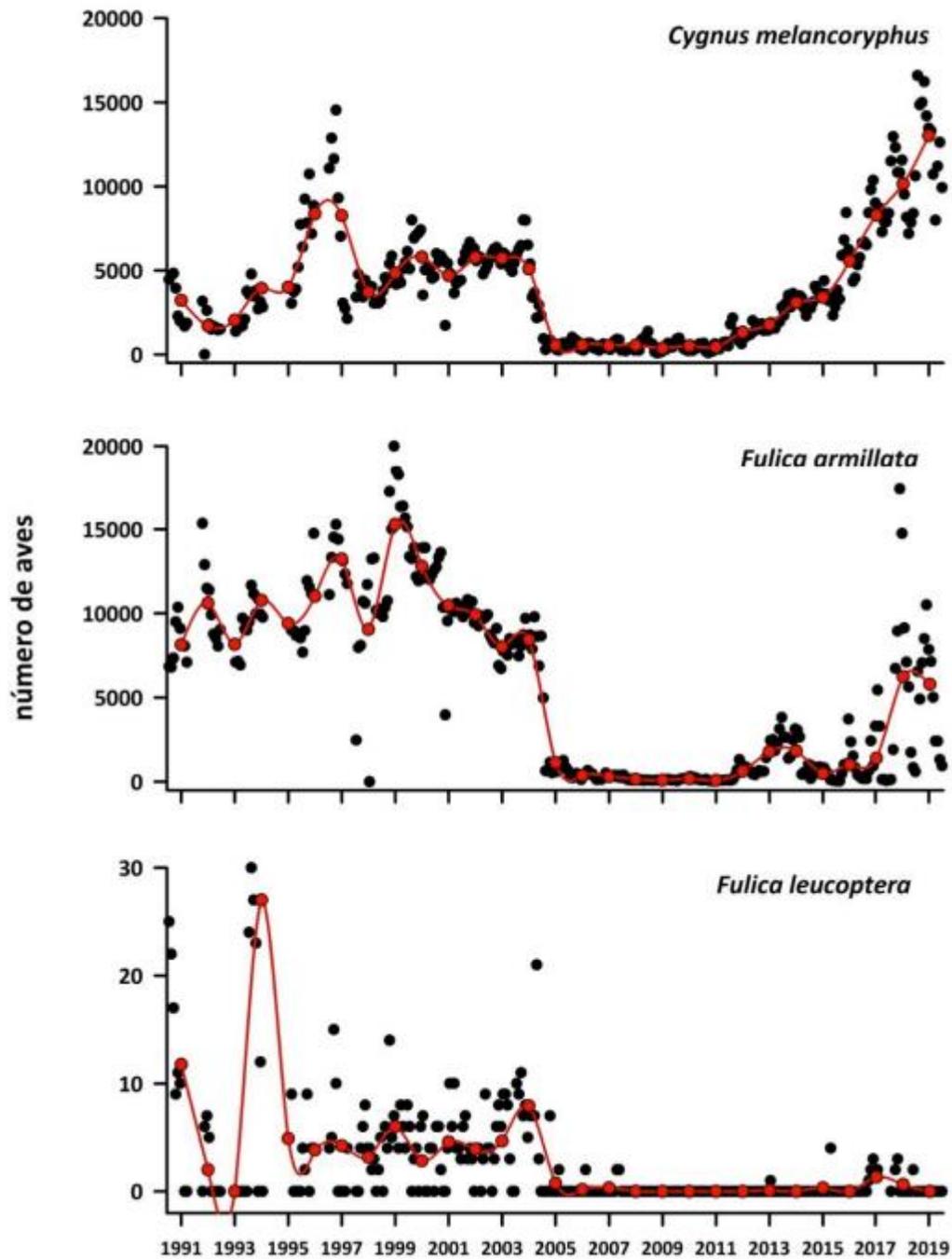


Figura 4. Variabilidad intra e inter anual (puntos negros y línea roja, respectivamente) en el número de ejemplares de *C. melancoryphus*, *F. armillata* y *F. leucoptera* entre enero del año 1991 y diciembre del año 2019. Fuente de datos: CONAF. Tomada de UACH, 2020.



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 Nacional³⁵. 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.



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 Analyst 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: Río 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 Ciudadana⁴⁰.
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 Sanitarios⁴¹.
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 independiente⁴², 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 Observación⁴³ 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 Control⁴⁵.

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			

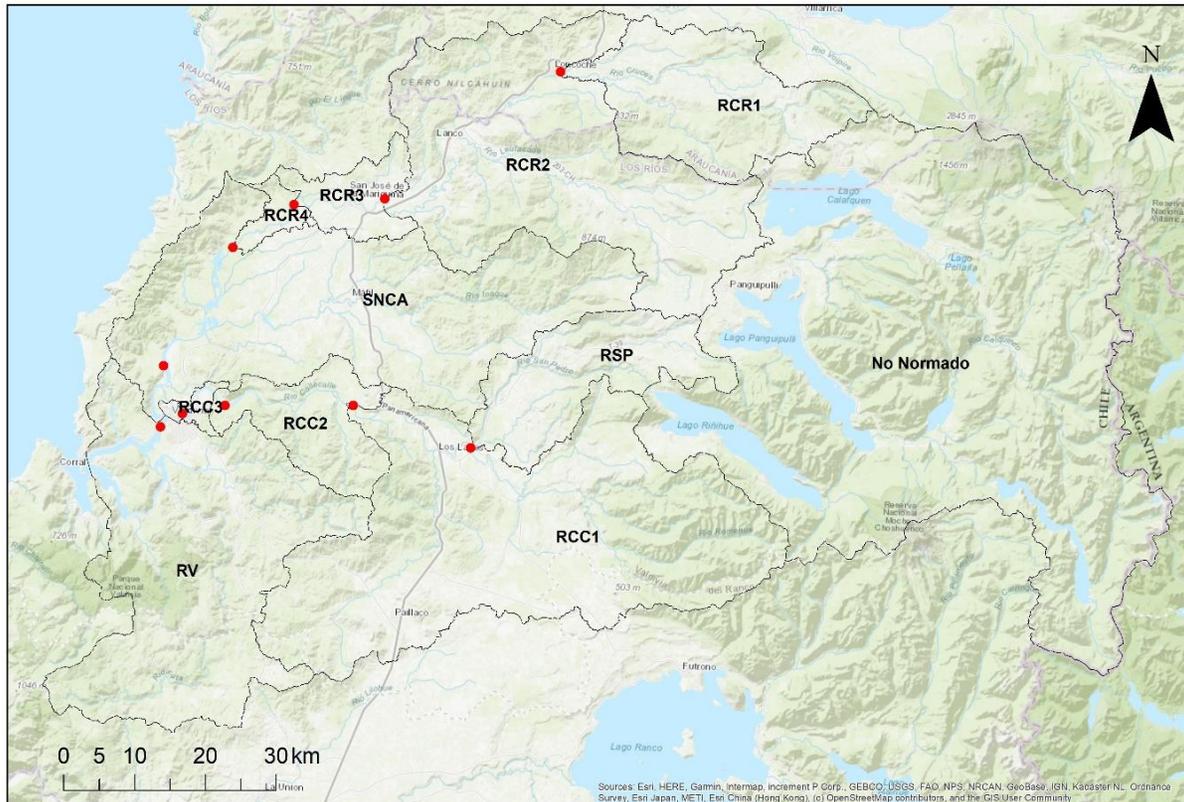


Figura 7. Áreas de vigilancia, establecidas en las NSCA cuenca río Valdivia. En puntos rojos se marcan las coordenadas referenciales de las estaciones monitoras de cada una de las áreas de vigilancia.

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 vegetación⁴⁶ (Anexo 1).
2. Catastro de información de fuentes emisoras puntuales de contaminantes a cuerpos de agua superficiales al año 2020⁴⁷,
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 2020⁴⁹.

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, suspensivos 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 biofísicoquímicas 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 europeas⁵⁰, 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 (DBO₅), Aluminio Total (Al_tot), Cobre Total (Cu_tot), Hierro Total (Fe_tot), Manganeseo 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	<p>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.</p> <p>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).</p> <p>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 pH⁵¹, 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.</p> <p>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).</p> <p>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. Japón⁵³ establece un rango de pH de 6.5 a 8.5 con el objetivo</p>

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	<p>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).</p> <p>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).</p> <p>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).</p> <p>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 a 110% en estuarios.</p> <p>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 % \geq 9 mg/L; 100 % \geq 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).</p>
3	Conductividad Eléctrica	<p>La conductividad eléctrica es un parámetro relacionado con las concentraciones de iones disueltos en el agua, tales como sodio, cloruros y sulfatos.</p> <p>La presencia de sales en aguas dulces, pueden generar estrés salino, afectando la osmoregulación de las especies. Las sales en cuerpos de agua dulce pueden tener tanto un origen natural (geología) como antrópico (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).</p> <p>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.</p> <p>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</p>

		<p>dependiendo de la geología de la cuenca. Valores bajos se encuentran en regiones alpinas (30 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y tierras altas orientales (55 $\mu\text{S}/\text{cm}$), valores medios (90 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en los ríos de Tasmania y valores altos (350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en los ríos NSW.</p> <p>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.</p>
4	Sulfato	<p>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).</p> <p>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.</p>
5	Cloruro	<p>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).</p> <p>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.</p>
6	Sodio	<p>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).</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
7	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	<p>La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación bioquímica de la materia orgánica a dióxido de carbono en cinco días. La DBO₅ es un indicador de la concentración másica de compuestos orgánicos biodegradables. Con esta variable se mide la cantidad de oxígeno consumido por</p>

⁵⁴ Disponibles en: <https://snifa.sma.gob.cl/DatosAbiertos>

		<p>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).</p> <p>Se considera como un parámetro complementario a la medición de oxígeno disuelto.</p> <p>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).</p> <p>Asociado al aporte de compuestos orgánicos biodegradables de fuentes difusas (aguas servidas crudas, ganadería, depósitos de basura).</p> <p>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).</p> <p>CONAMA Brasil, 2011⁵⁵ que establece un máximo de 3 mg/L para aguas de clase 1. Mientras que Japón⁵⁶ 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.</p> <p>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: $DBO_5 = 1-2$ mg O₂/l; Clase II: $DBO_5 = 2 - 6$ mg O₂/l.</p>
8	Aluminio total	<p>Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática.</p> <p>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</p>

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>

		<p>aumentar este efecto, por ejemplo, la minería o silvicultura (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).</p> <p>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).</p> <p>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 crónica⁵⁷</p> <p>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).</p>
9	Cobre total	<p>Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática.</p> <p>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).</p> <p>Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos, industria forestal).</p> <p>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)</p> <p>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</p>

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.

		<p>concentraciones de Cobre disuelto ≤ 0.005 mg/L⁵⁹. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9) (Directiva Marco del Agua, 2006).</p> <p>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)</p>
10	Hierro total	<p>Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática.</p> <p>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).</p> <p>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).</p> <p>Canadá⁶⁰ propone un valor de 0.3 mg/l como concentración de largo plazo para la protección de la biota acuática. Brasil⁶¹ propone valores de 0.3 mg/L para aguas de clase 1. Argentina⁶² establece un nivel guía de calidad para Hierro disuelto con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 1.37 mg/L.</p>
11	Manganeso total	<p>Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática.</p> <p>El manganeso es un metal que puede bioacumularse en peces y afectar su crecimiento (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).</p> <p>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).</p> <p>Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos).</p>

⁵⁹ Para una dureza del agua de 10 mg/L CaCO₃

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	<p>Sobre determinadas concentraciones, los metales pueden ser tóxicos para la biota acuática.</p> <p>El zinc es un metal que puede bioacumularse en peces y macroinvertebrados (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).</p> <p>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).</p> <p>Aportado principalmente por fuentes difusas (explotación de áridos, transporte de sedimentos).</p>
13	Nitrógeno de nitrato	<p>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 trofia de los ecosistemas (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.</p> <p>Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de aguas servidas, acuicultura, agroindustria).</p> <p>Aportado principalmente a través de fuentes difusas (aguas servidas crudas, agricultura, ganadería, depósitos de basura).</p> <p>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%.</p> <p>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.</p>
14	Fósforo de ortofosfato	<p>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).</p> <p>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</p>

		<p>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).</p> <p>Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (plantas de tratamiento de aguas servidas, acuicultura, agroindustria).</p> <p>Aportado principalmente a través de fuentes difusas (aguas servidas crudas, agricultura, ganadería).</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
15	Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	<p>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).</p> <p>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).</p> <p>Descargado principalmente a través de fuentes puntuales (celulosas/papeleras, plantas de tratamiento de aguas servidas, plantas de tratamiento de agua potable).</p>

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 $Al_2(SO_4)_3$, cloruro de cobre ($CuCl_2$), cloruro de fierro ($FeCl_3$), Cloruro de manganeso ($MnCl_2$), cloruro de zinc ($ZnCl_2$)). 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 río 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, Hierro, 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 protegida s	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 1987-2020⁶⁴ 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 percentil⁶⁶ 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 específica 25°C	107	19	19	49	104	50	19	19	105	18
Demanda bioquímica de oxígeno	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 ($X_1 \leq X_2 \dots \leq X_k \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$). 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 Consejo⁶⁷, 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	<p>Concentraciones ambientales de referencia para la cuenca.</p> <p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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>

	<p>2. Valor homologable a una calidad excelente en las normas y lineamientos de referencia internacional consideradas en esta NSCA⁶⁸</p>
Clase 2: Óptima	<p>Concentraciones ambientales consideradas como óptimas para la conservación y preservación de los ecosistemas acuáticos.</p> <p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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	<p>Concentraciones ambientales medianamente aceptables que representan un ecosistema con perturbación antrópica.</p> <p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 significativas⁶⁹ 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	<p>Concentraciones ambientales que pueden producir riesgo de daños en la estructura y funciones del ecosistema o en algunas especies en particular.</p> <p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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	<p>Concentraciones ambientales inaceptables.</p> <p>Criterios de definición por parámetro:</p> <p>1. Valores superiores al valor establecido como clase 4. (menores al valor establecido como clase 4. Exclusivo para oxígeno disuelto y pH).</p>
--------------------------	---

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 ciudadana⁷⁰, 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 monitorea 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.

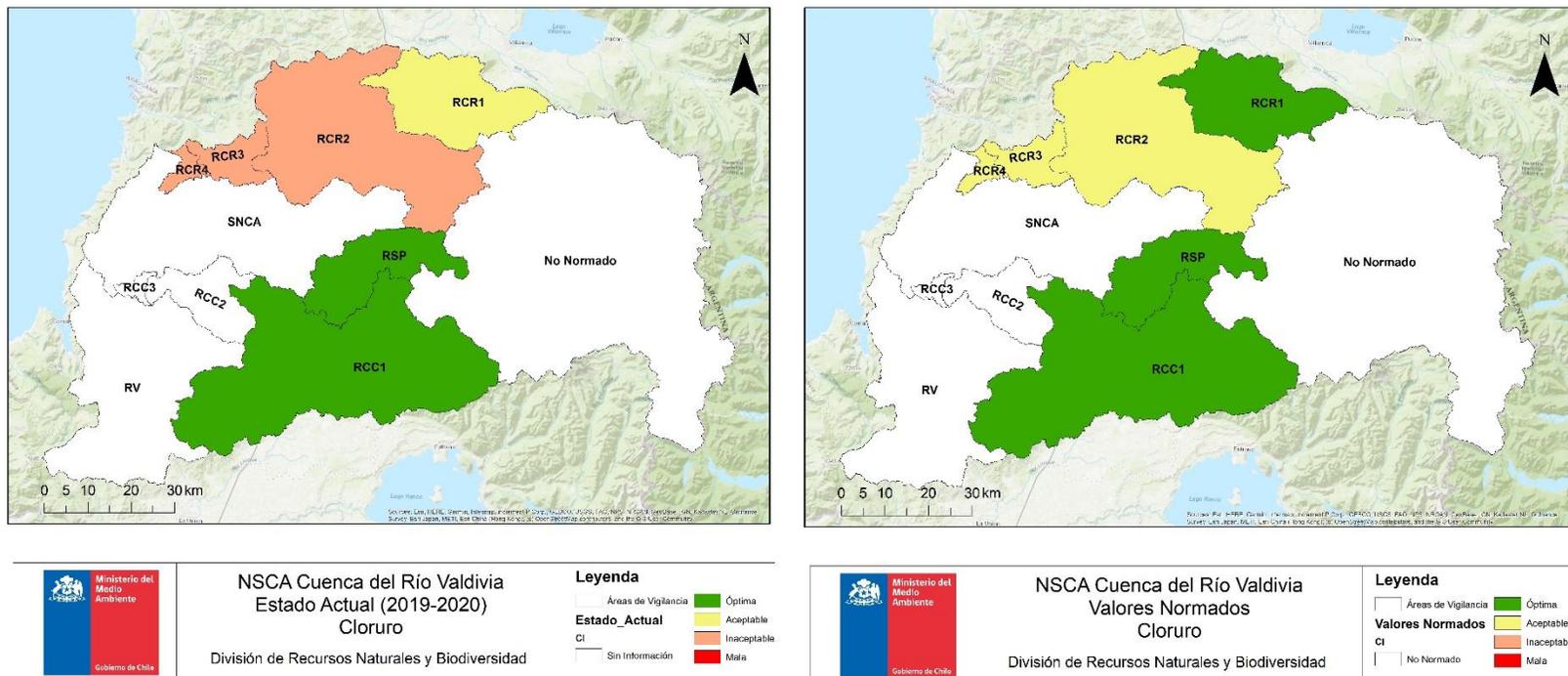


Figura 8. Estado actual (2019-2020) de los cloruros en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

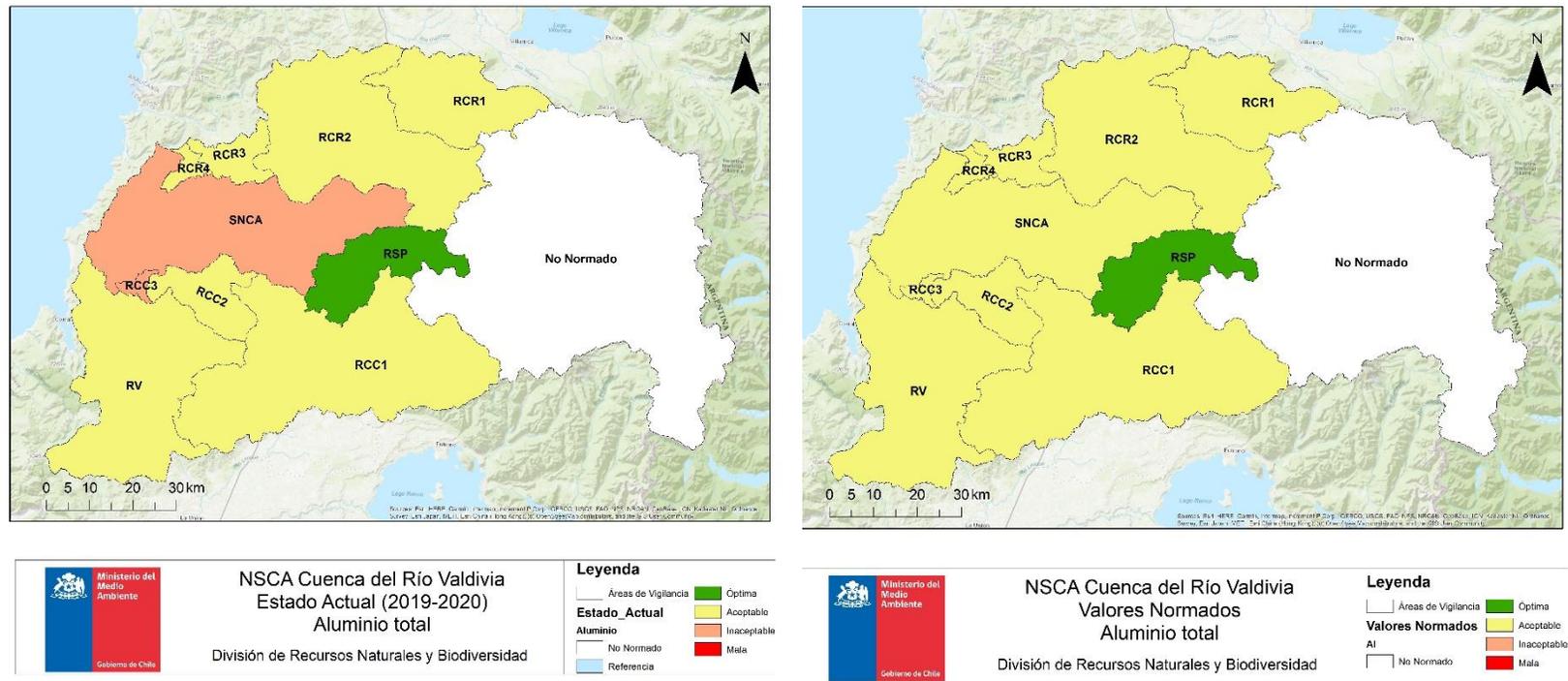


Figura 9. Estado actual (2019-2020) del Aluminio total en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

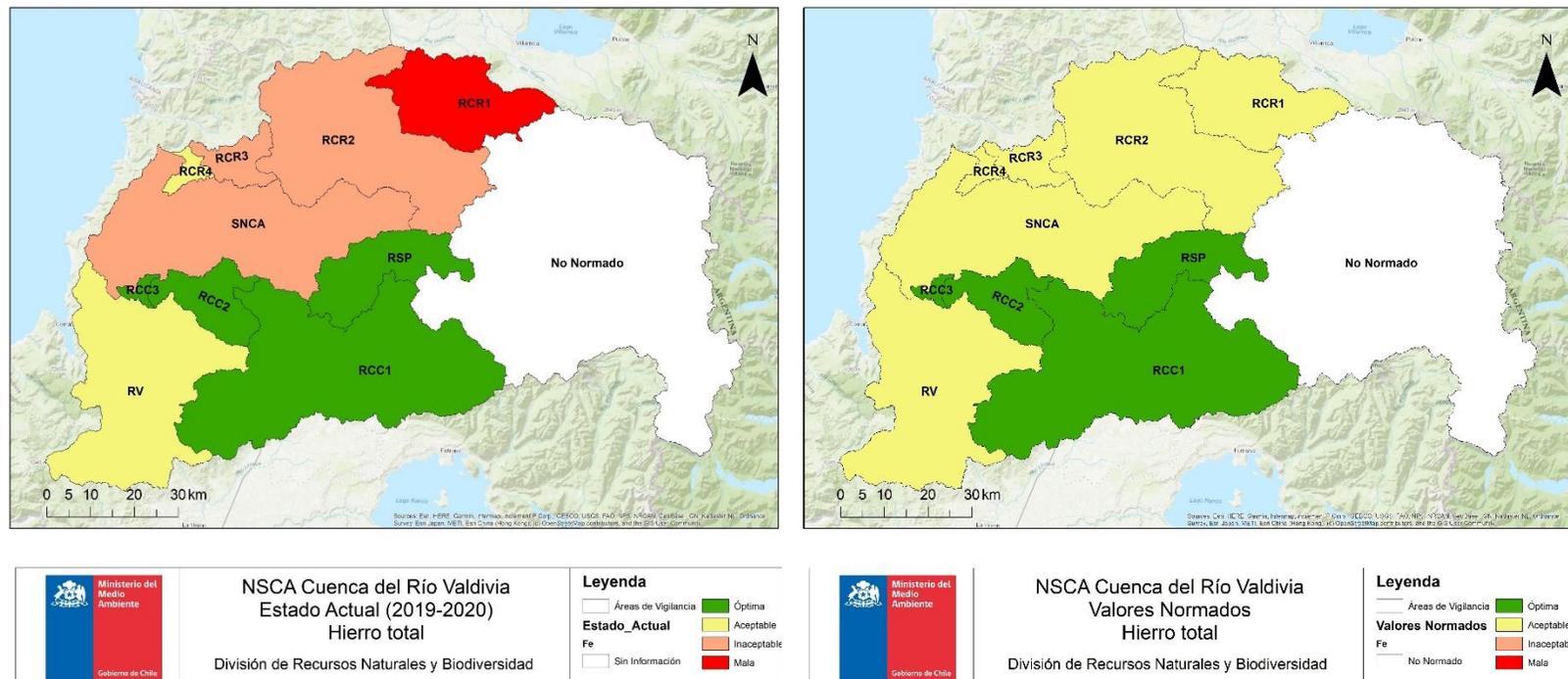


Figura 10. Estado actual (2019-2020) del Hierro total en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

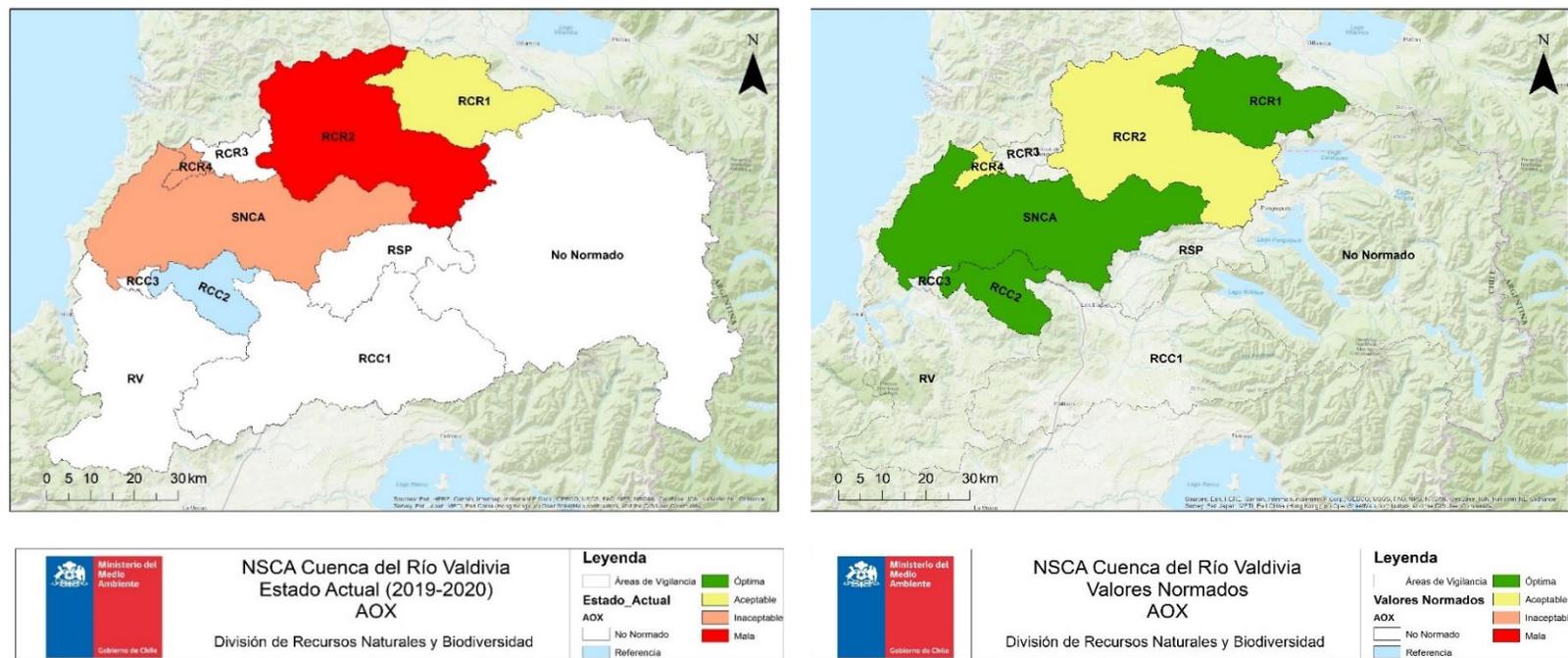


Figura 11. Estado actual (2019-2020) de los compuestos orgánicos halogenados (AOX) en la cuenca del río Valdivia (izquierda). Por otro lado, se presenta el nivel de protección definido por las NSCA para este parámetro, en cada área de vigilancia (derecha).

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 preestablecido 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 normas⁷¹. 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 cauces 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 generan un aumento de arrastre de sedimentos hacia los cauces superficiales movilizándolo 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 oxígeno (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**.

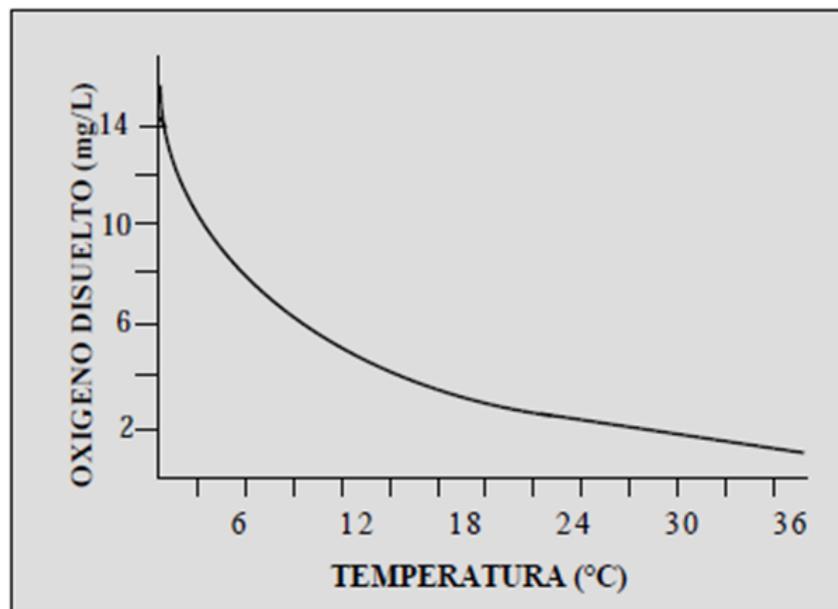


Figura 12. Relación entre oxígeno disuelto y temperatura del agua. Los valores que se muestran son para un sistema de agua pura bien mezclada, al nivel del mar y una presión de 760 mm de Hg. Modificada de (Horne & Goldman, 1994).

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						Temperature °C	Oxygen Solubility mg/L					
	Chlorinity: 0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0		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). *Guidelines for fresh & Marine water quality* . Obtenido de Aluminium 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, Pisces): 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 Protection 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). *Canadian 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/repositorioudga/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. *Elsevier 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: aquatic 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. *Elsevier, 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 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.
- Universidad Católica de Temuco. (2011). *Evaluación de riesgo ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia*. Región de Los Ríos.
- 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. Capítulo 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. *Elsevier. 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

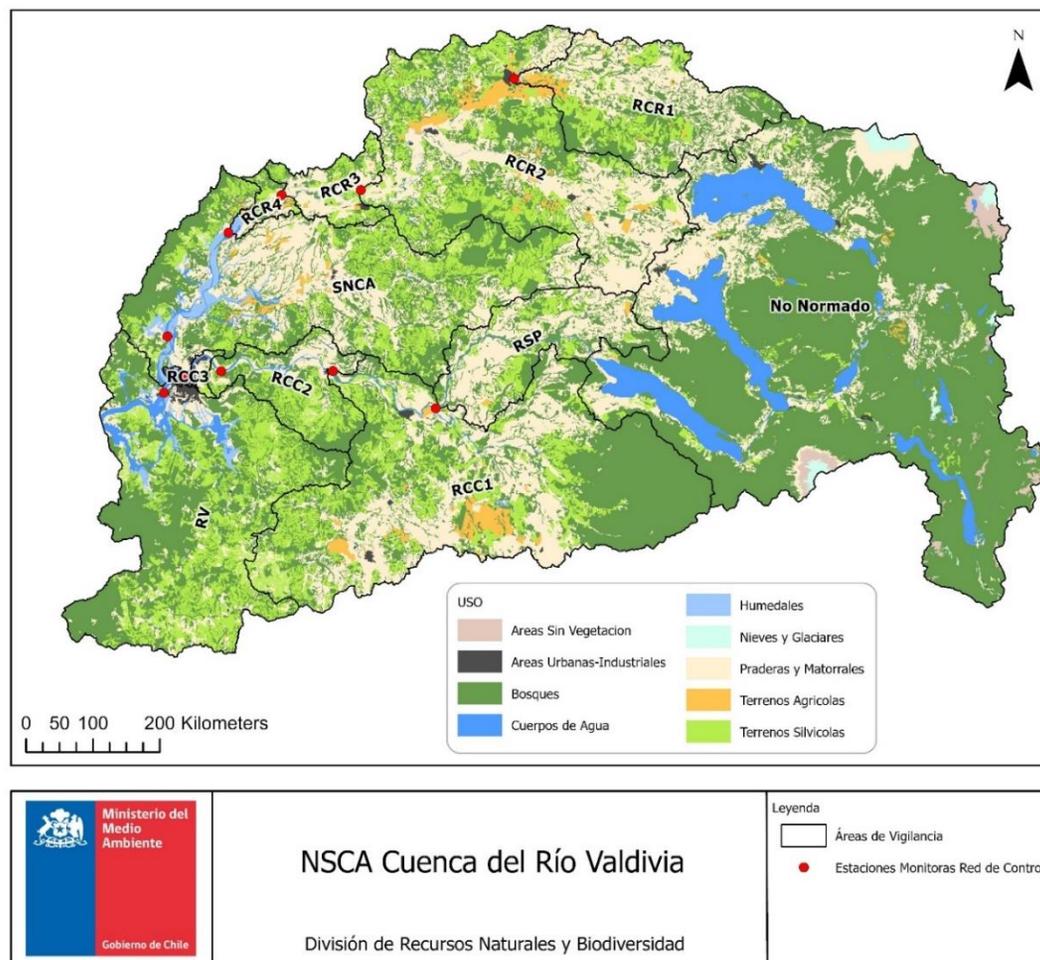


Figura A.1. Usos de suelo por área de vigilancia de las NSCA cuenca río Valdivia (elaboración propia, 2020).

6.2 Anexo 2: Catastro de fuentes puntuales al año 2019

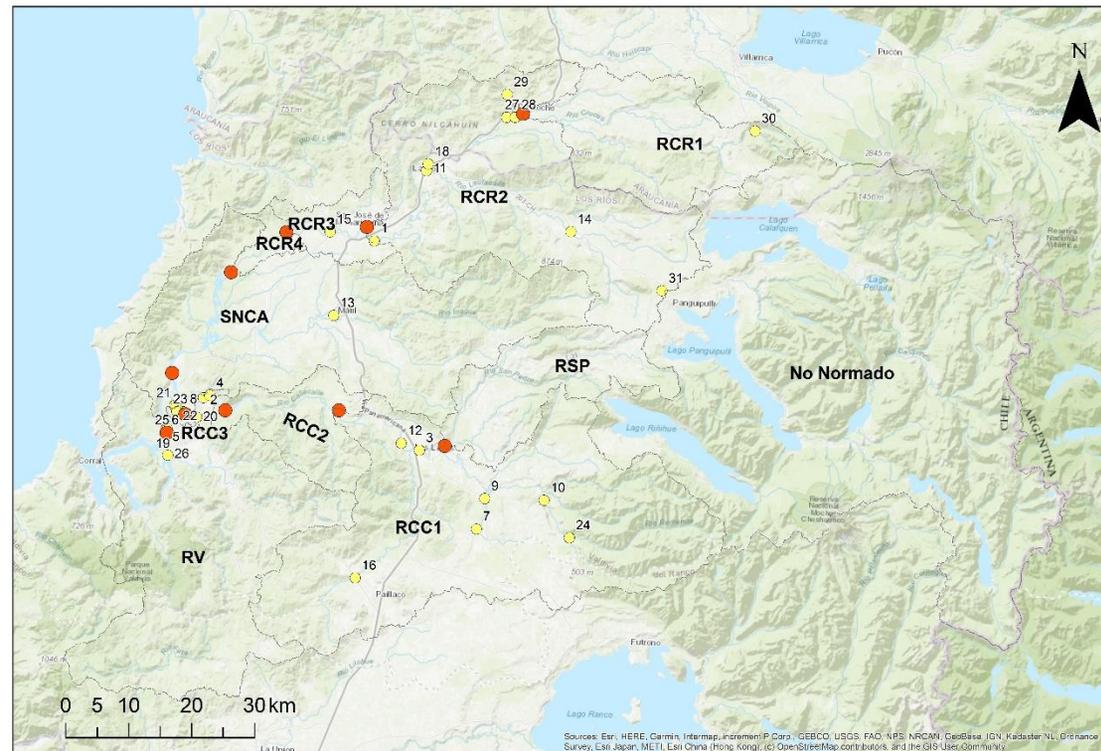


Figura A.2. Fuentes puntuales en las áreas de vigilancia de las NSCA cuenca río Valdivia (elaboración propia, 2020). El listado de las fuentes puntuales se encuentra en Tabla A.1.

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 HUIITE	Pesca y Acuicultura	Centro de cultivo de peces
8	INFODEMA	Forestal	Planta procesadora de Madera (tratamiento / remanufacturaón)
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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 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, Piriñueico, 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 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 específica 25°C	10	27	35	39	43	380	29
Río Cruces alto	Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 25°C	11	39	62	79	109	648	54
Río Cruces bajo	Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 25°C	4	38	42	47	48	421	36
Río Calle Calle alto	Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 25°C	16	41	45	52	50	499	48
Río San Pedro	Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 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 oxígeno	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 específica 25°C	25	33	39	70	44	1818	195
Río Calle Calle bajo	Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 25°C	3	48	86	1091	486	10762	2255
Río Valdivia	Demanda bioquímica de oxígeno	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 oxígeno	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.

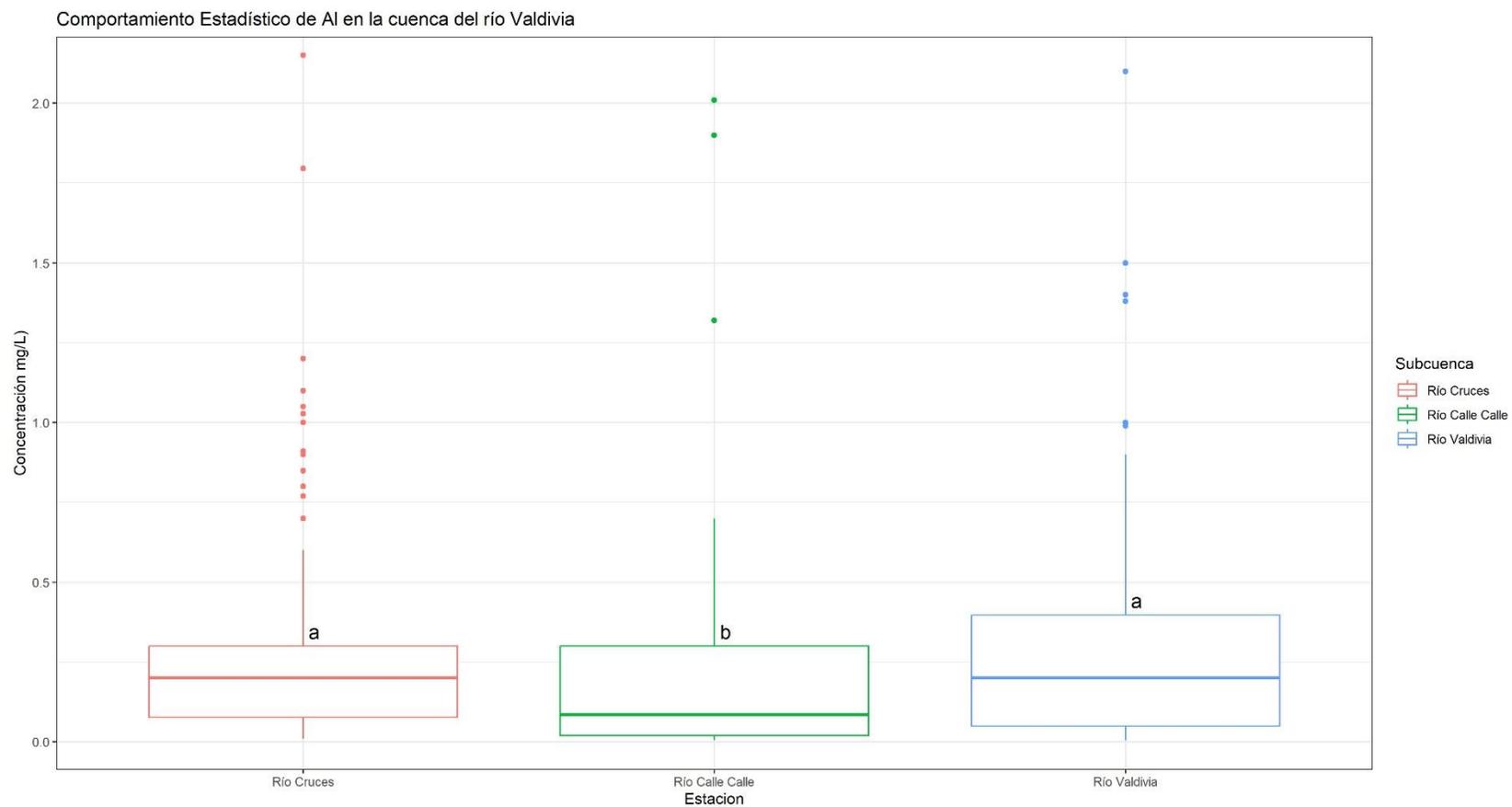


Figura 13. Concentración de Aluminio total por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

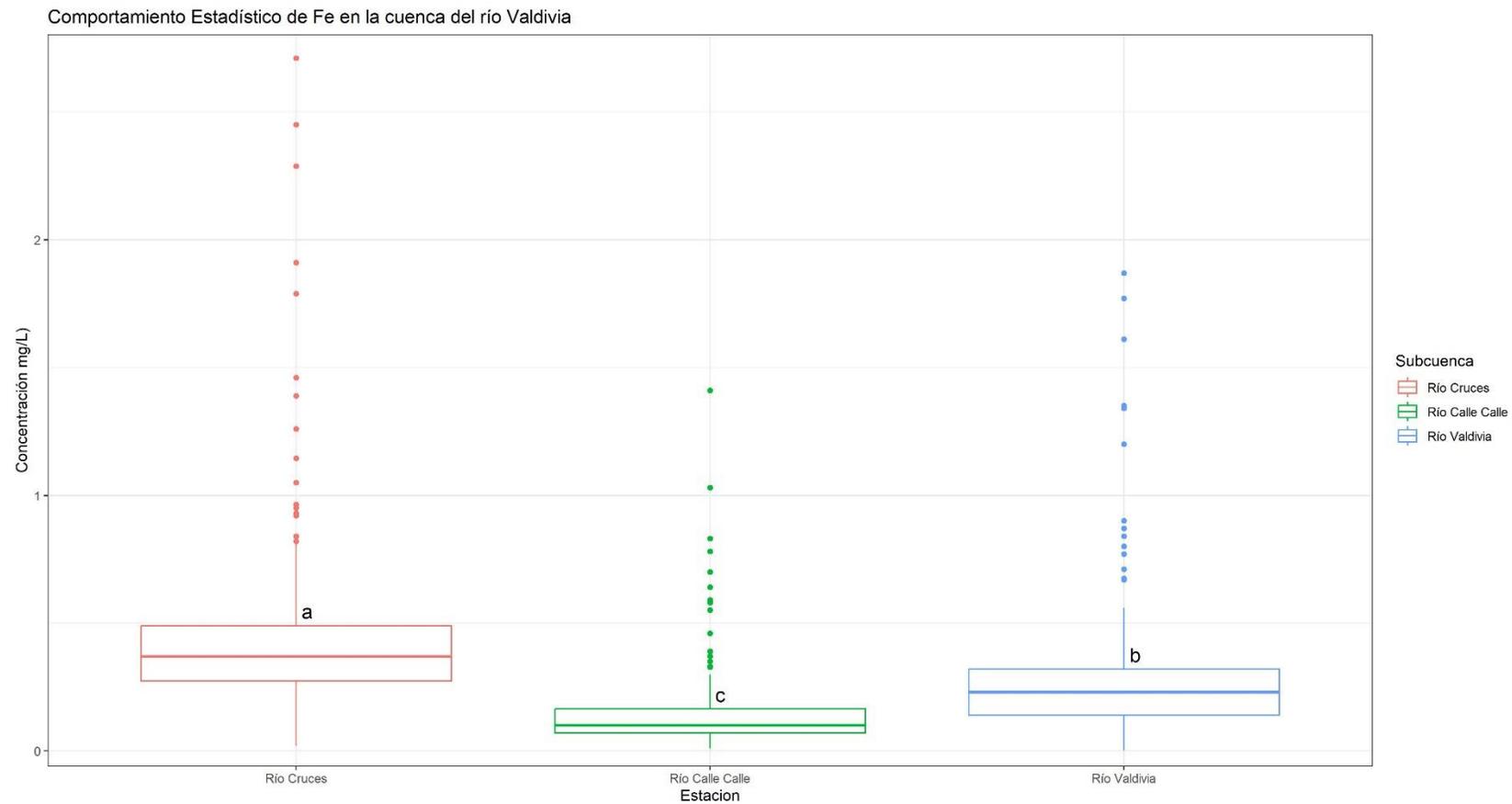


Figura 14. Concentración de Hierro total por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

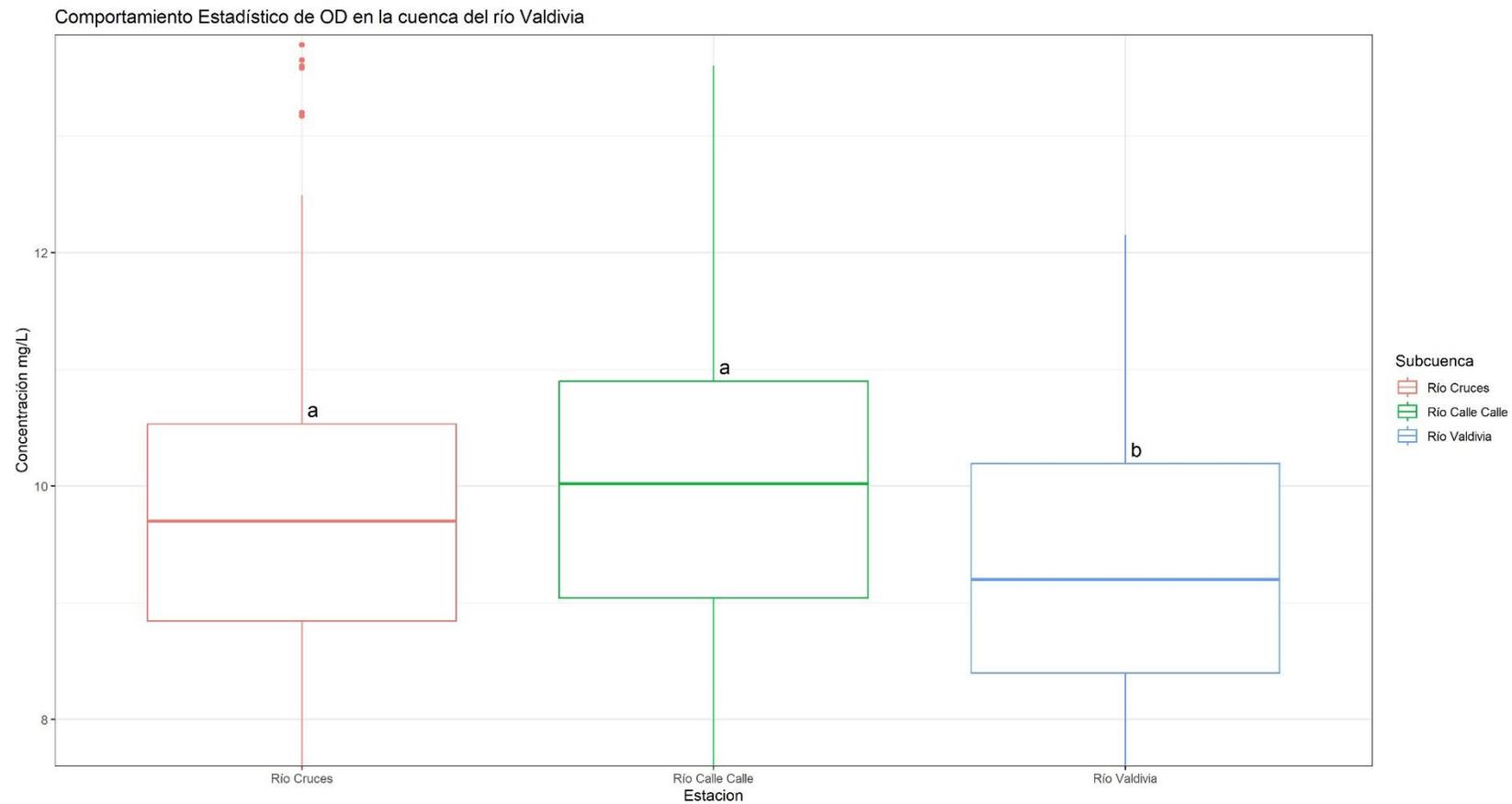


Figura 15. Concentración de Oxígeno disuelto por subcuenca del BNA. La diferencia entre letras indica diferencias significativas entre las subcuencas respectivas.

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 específica 25°C	287.11	9	1.41E-56
Demanda bioquímica de oxígeno	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 específica 25°C	126.25	9	7.00E-23
Demanda bioquímica de oxígeno	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 muestran el comportamiento histórico de algunos parámetros de ejemplo agrupados por área de vigilancia y sus respectivas diferencias significativas.

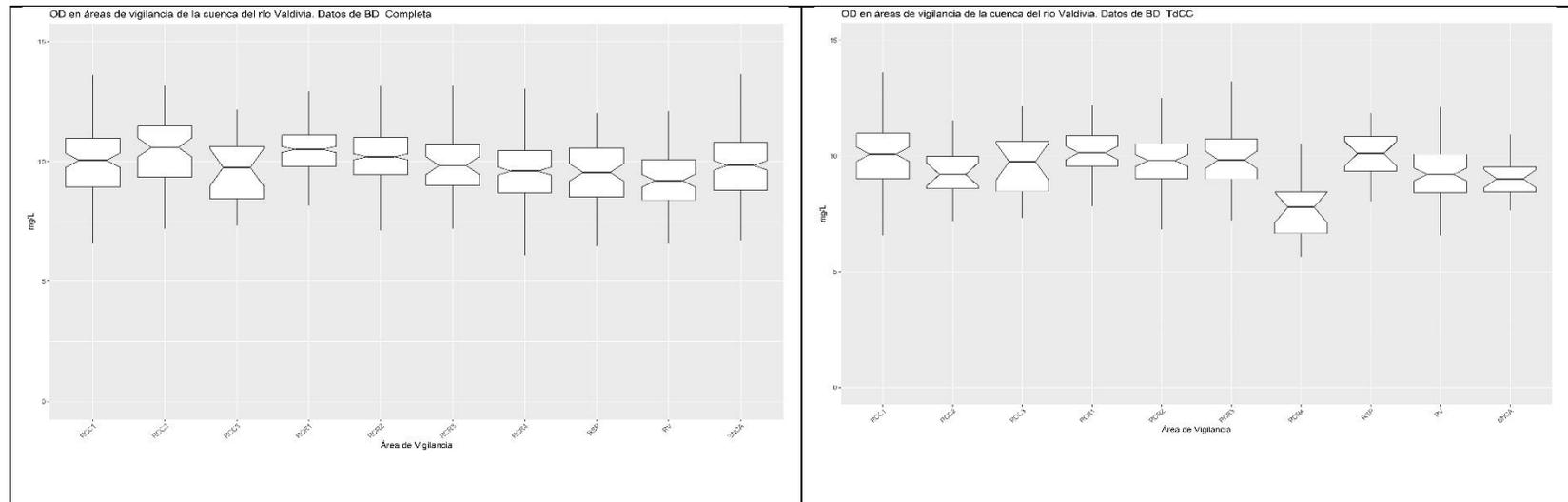


Figura 16. Comportamiento espacial de Oxígeno disuelto en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas (“notch”) no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

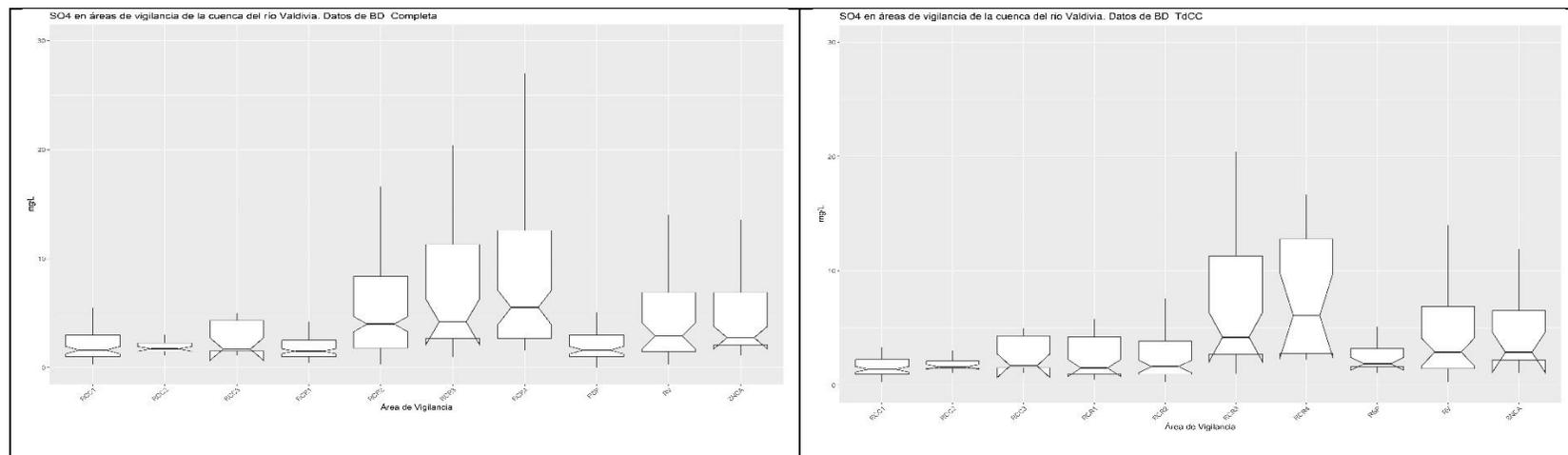


Figura 17. Comportamiento espacial de Sulfatos en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas (“notch”) no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

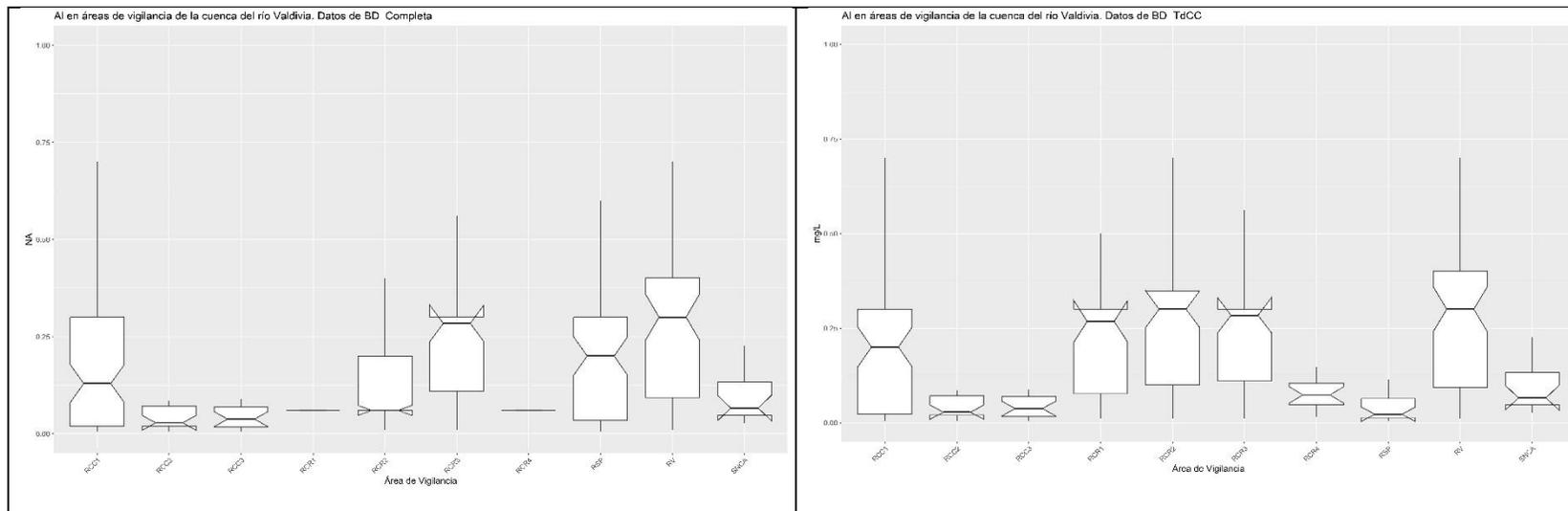


Figura 18. Comportamiento espacial de Aluminio total en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las muescas (“notch”) no se solapan, existen diferencias estadísticamente significativas entre 2 grupos.

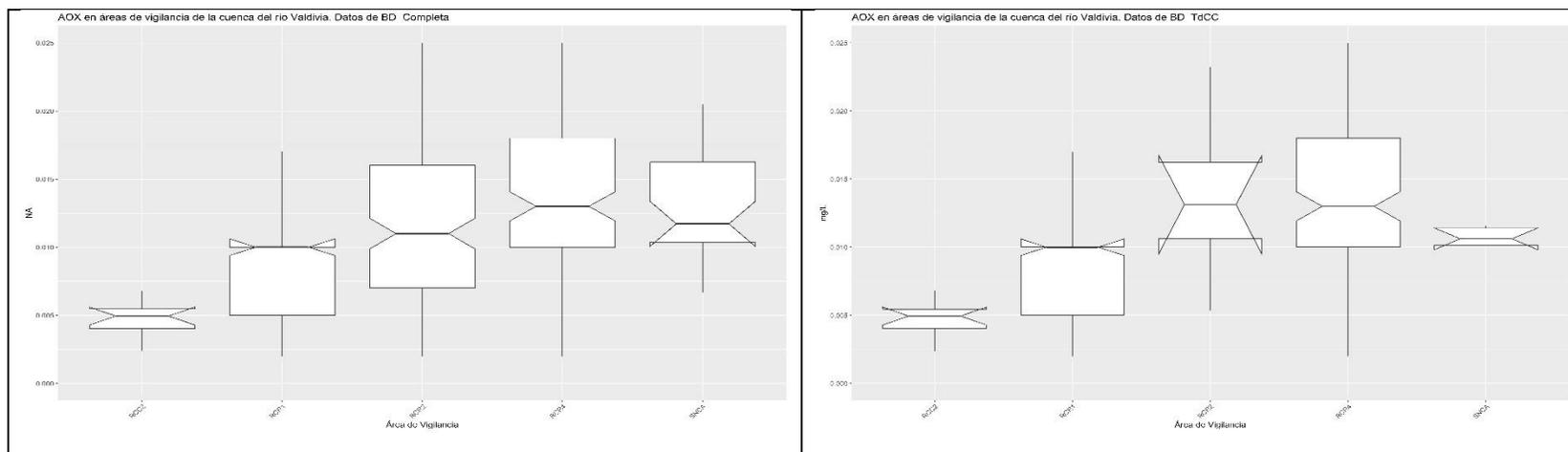


Figura 19. Comportamiento espacial de AOX en la cuenca del río Valdivia. A la izquierda se presentan los resultados para la base de datos completa, mientras que a la derecha se presentan los resultados para la base de datos utilizada para la elaboración de Tablas de Clase. Cuando los intervalos de las 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

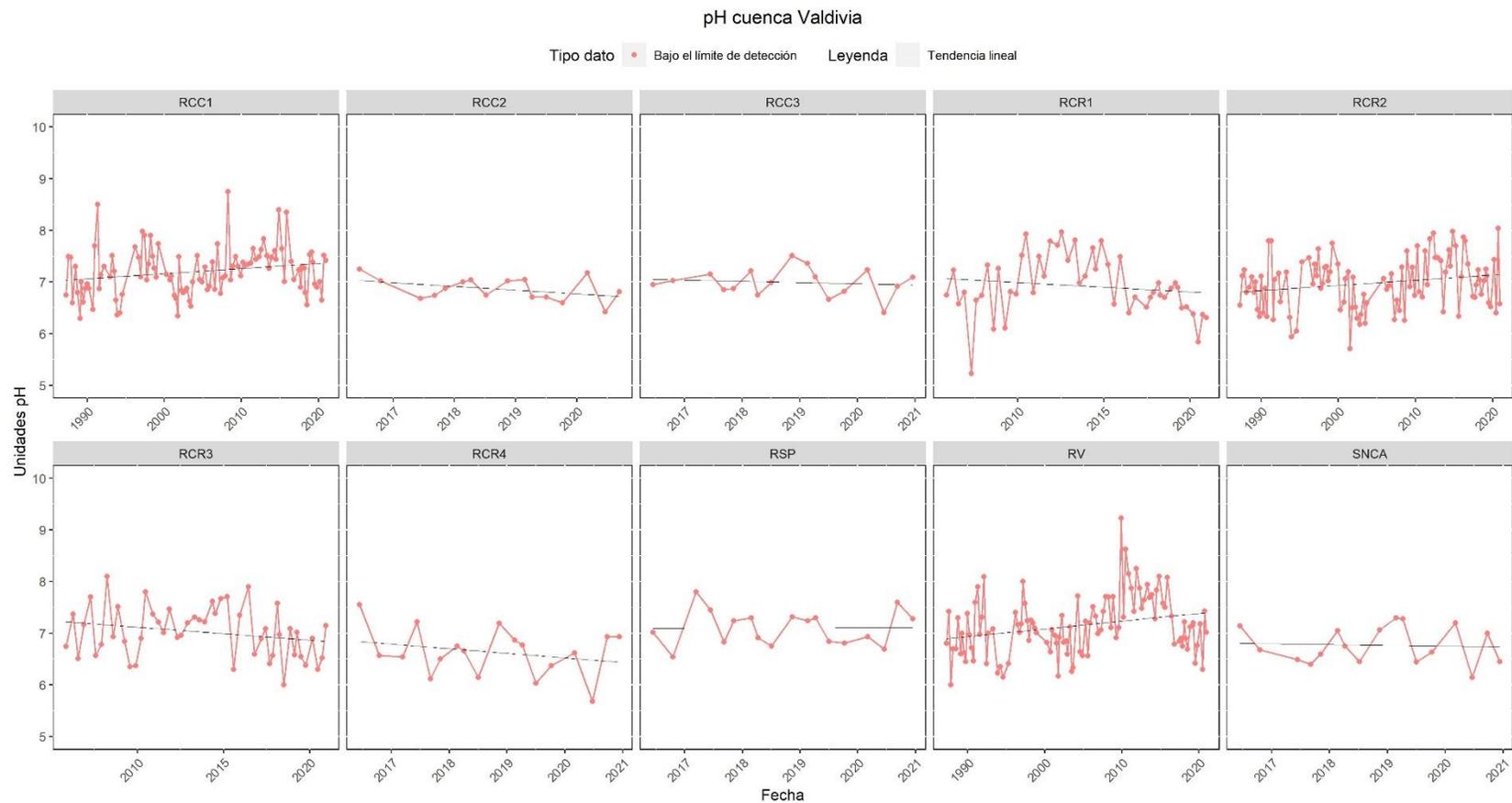


Figura 20. Variación temporal y tendencias del pH en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

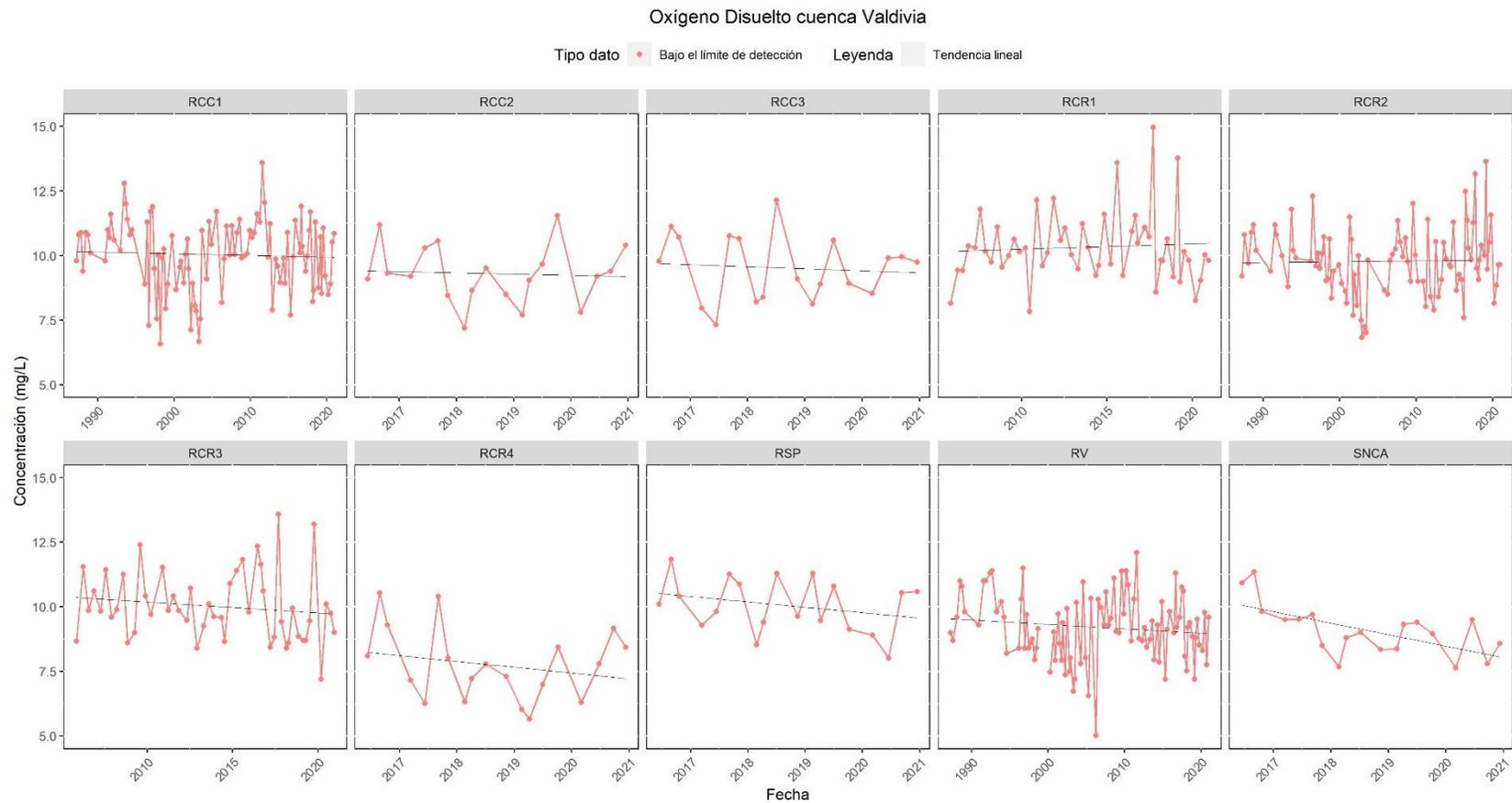


Figura 21. Variación temporal y tendencias del oxígeno disuelto en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

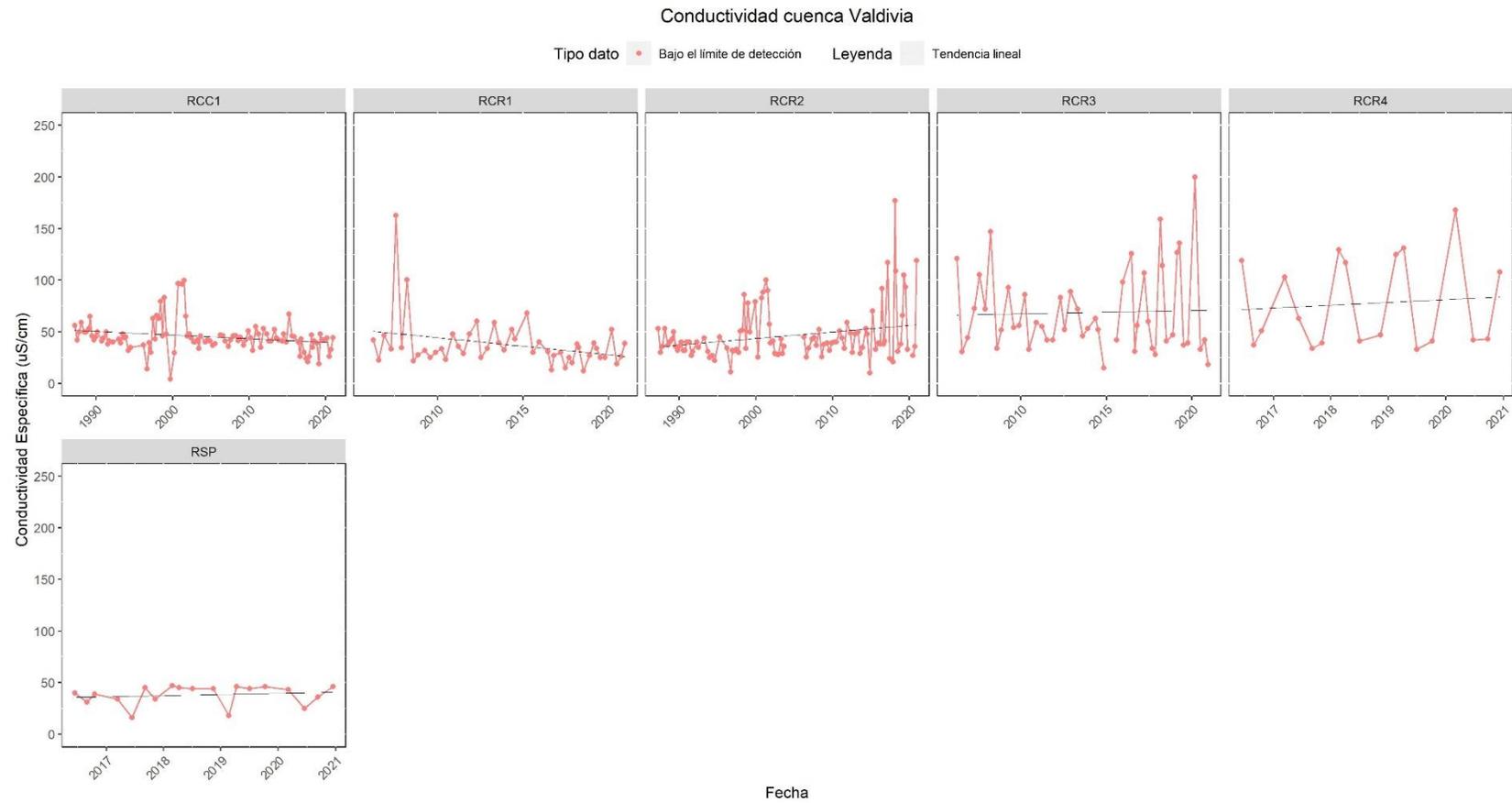


Figura 22. Variación temporal y tendencias de la Conductividad en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

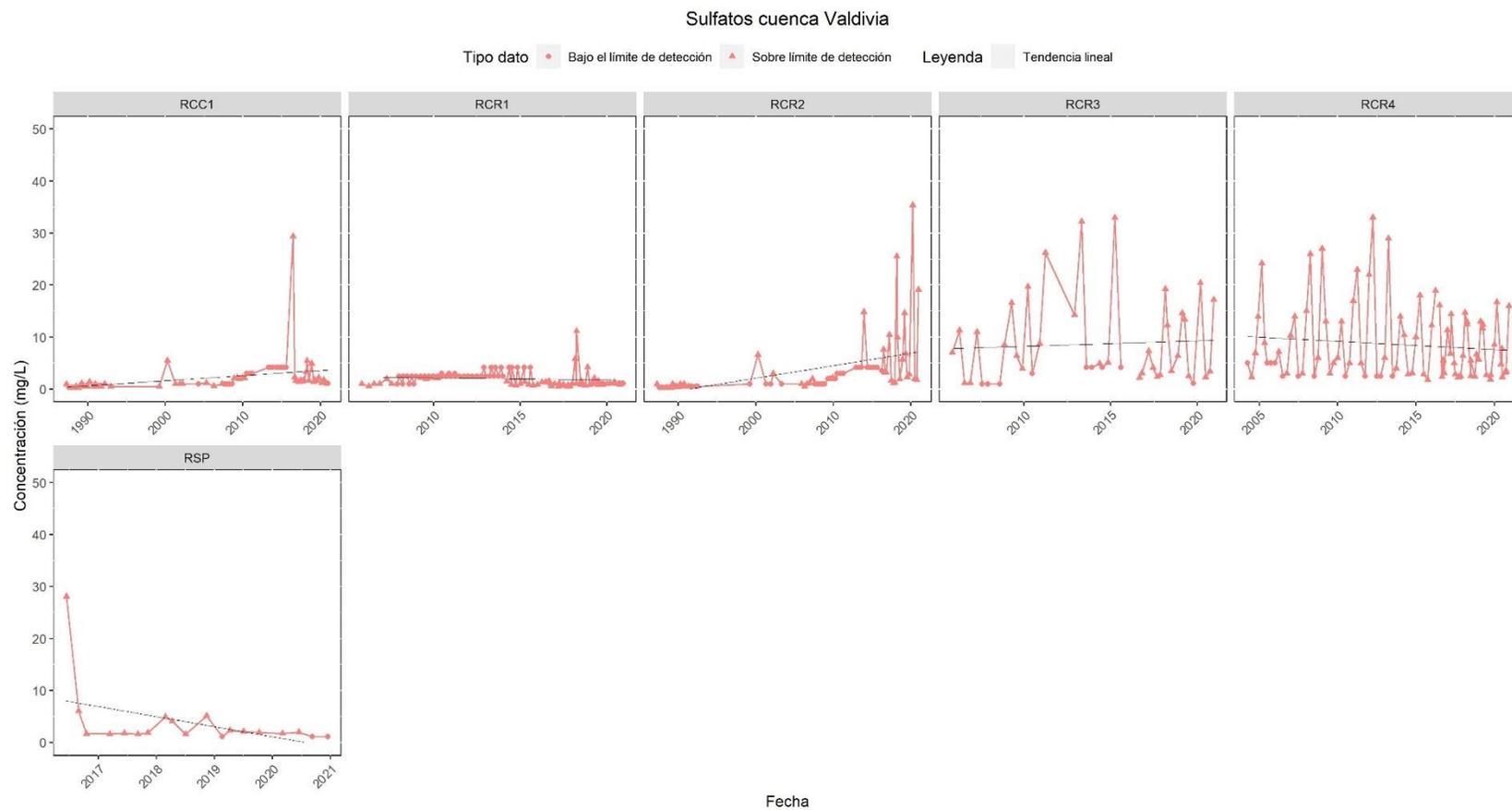


Figura 23. Variación temporal y tendencias de los Sulfatos en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

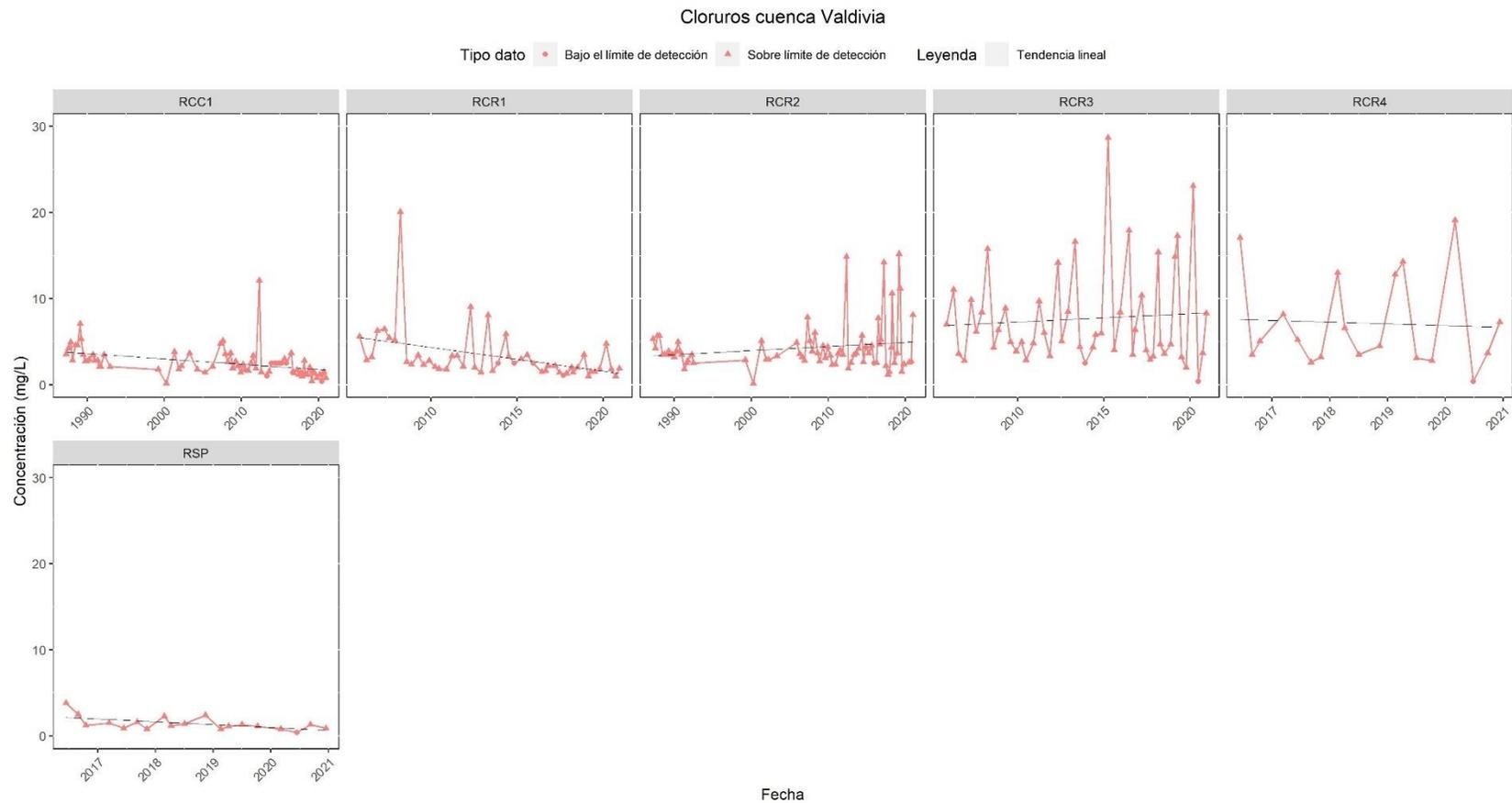


Figura 24. Variación temporal y tendencias de los cloruros en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

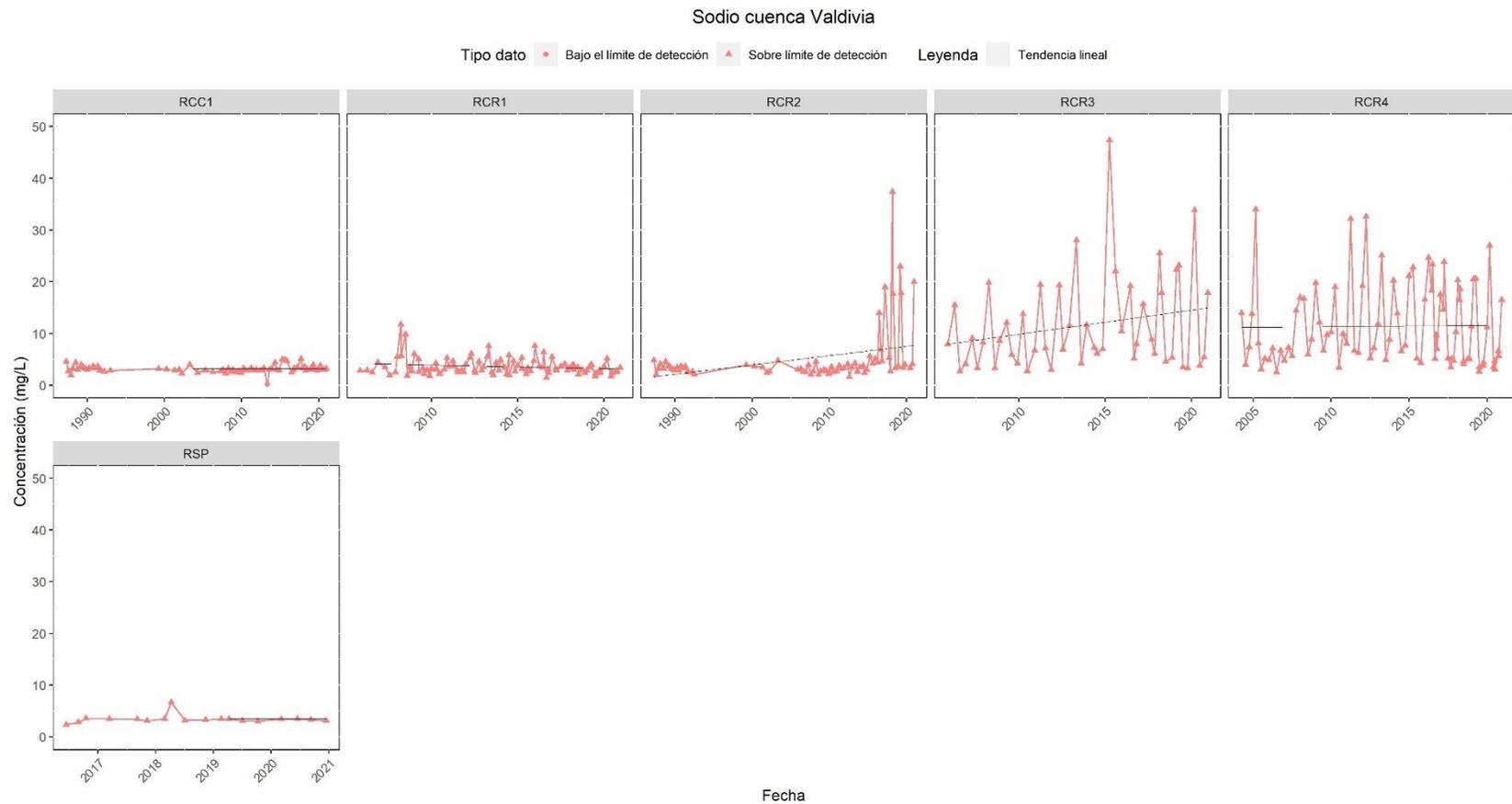


Figura 25. Variación temporal y tendencias del Sodio en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

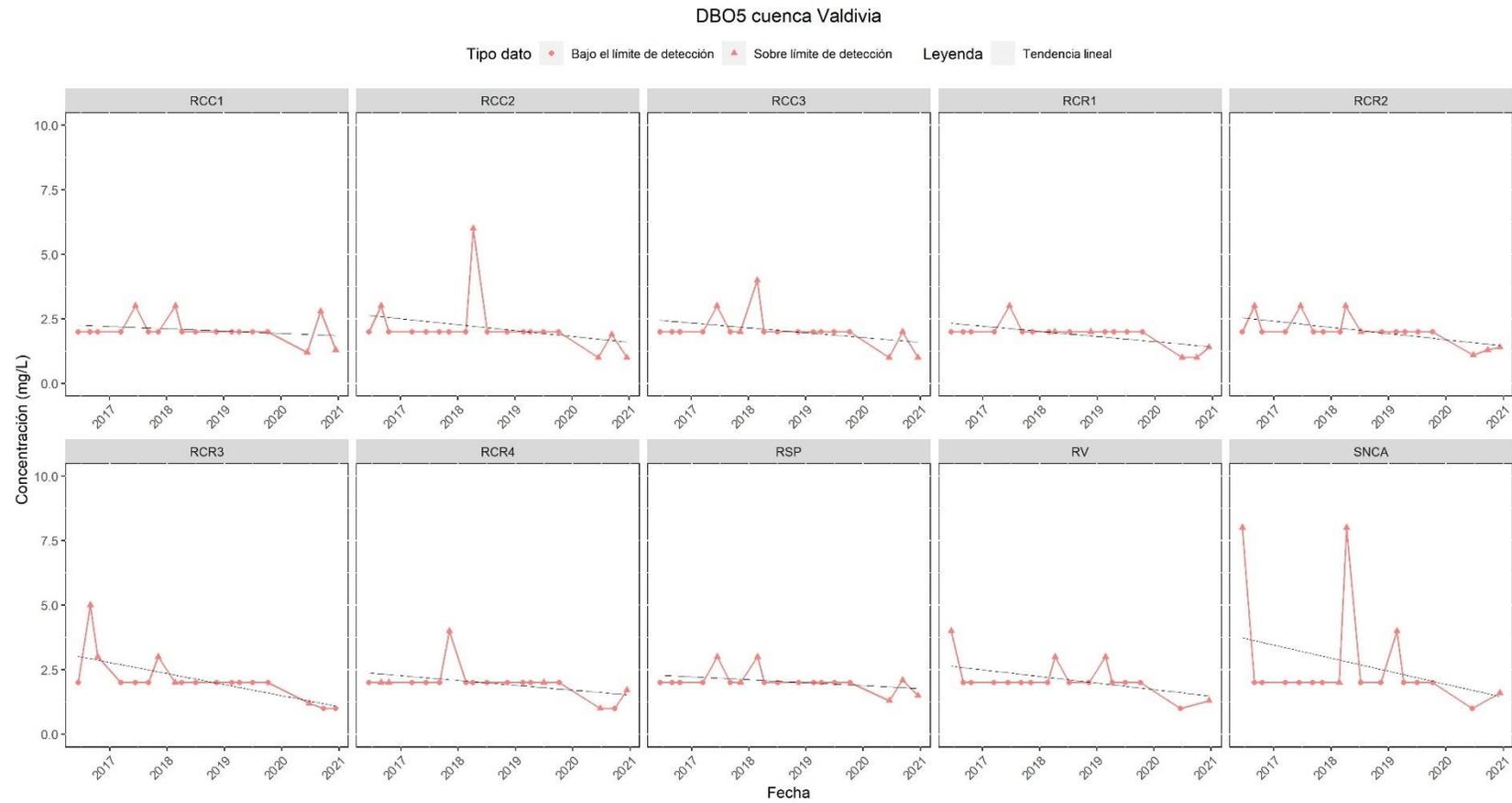


Figura 26. Variación temporal y tendencias de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

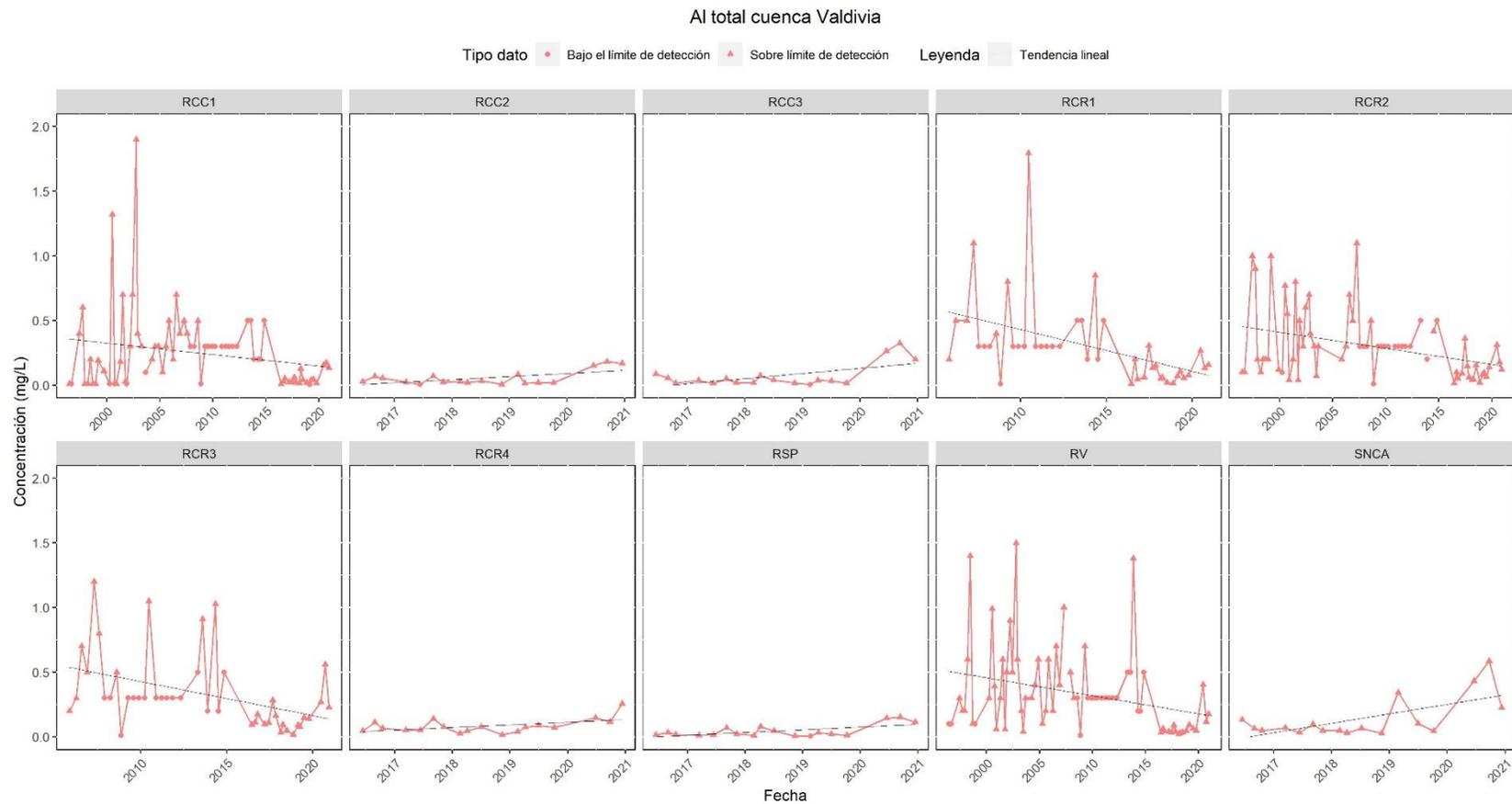


Figura 27. Variación temporal y tendencias del Aluminio total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

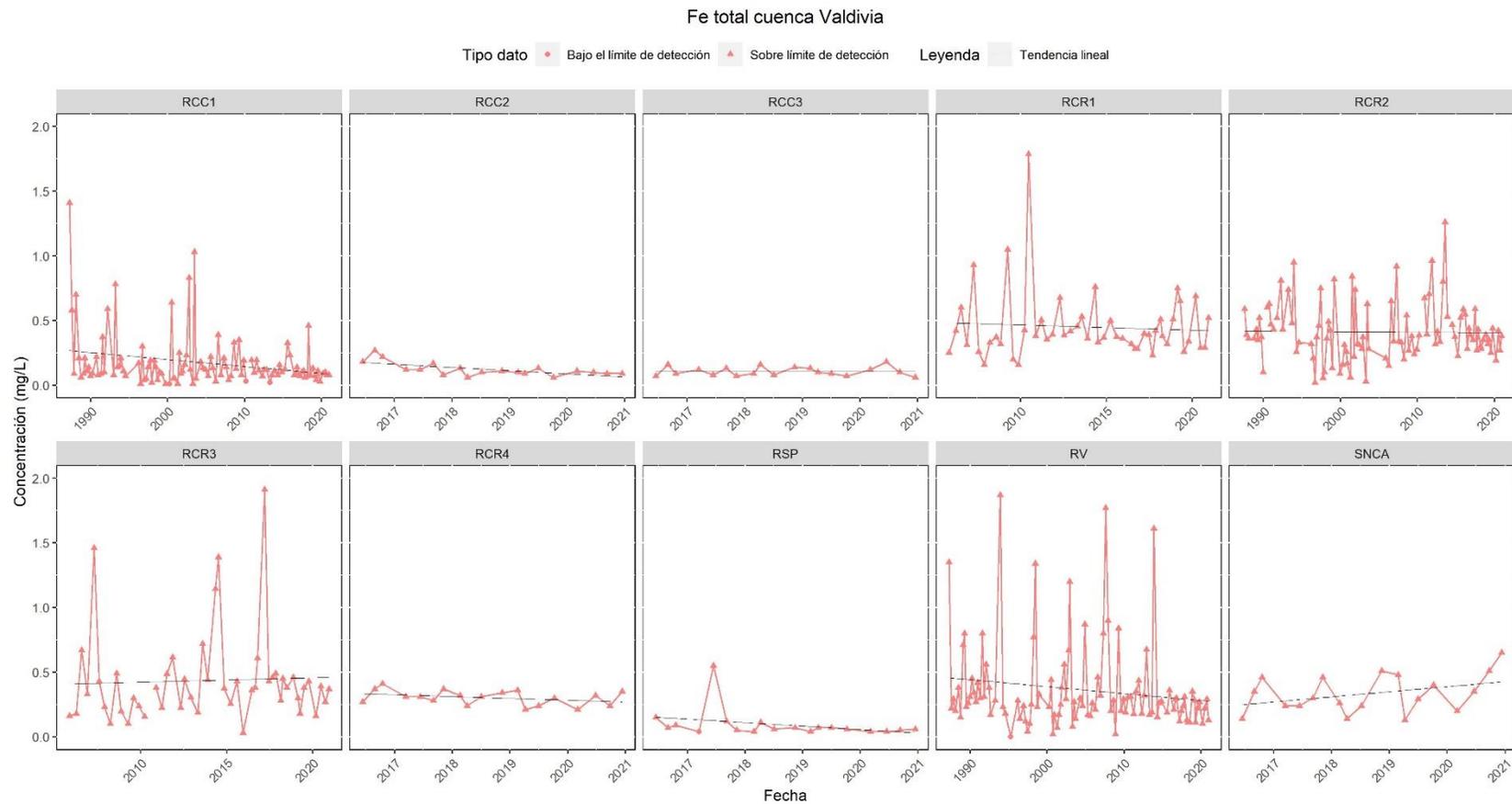


Figura 28. Variación temporal y tendencias del Hierro total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

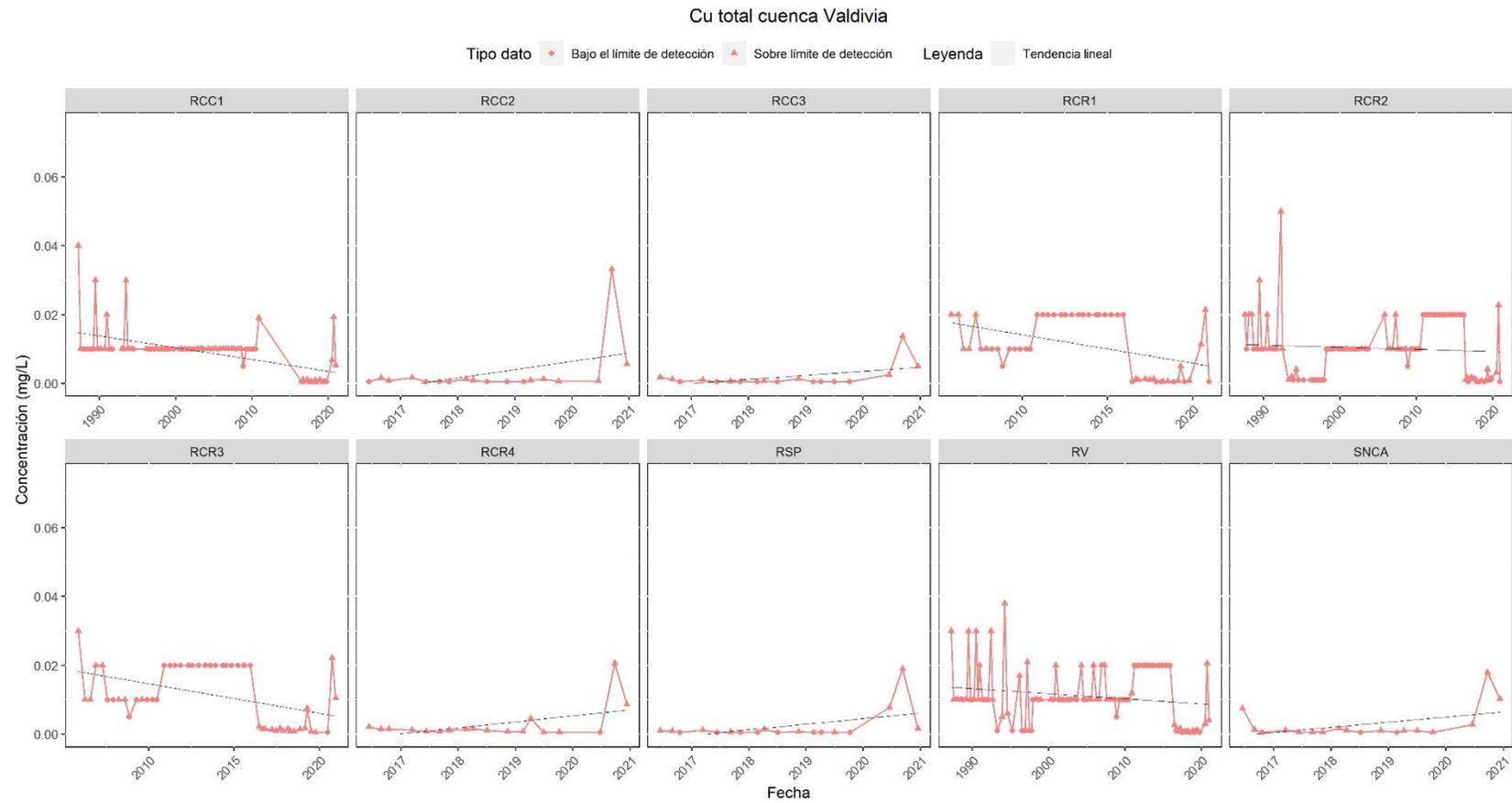


Figura 29. Variación temporal y tendencias del Cobre total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

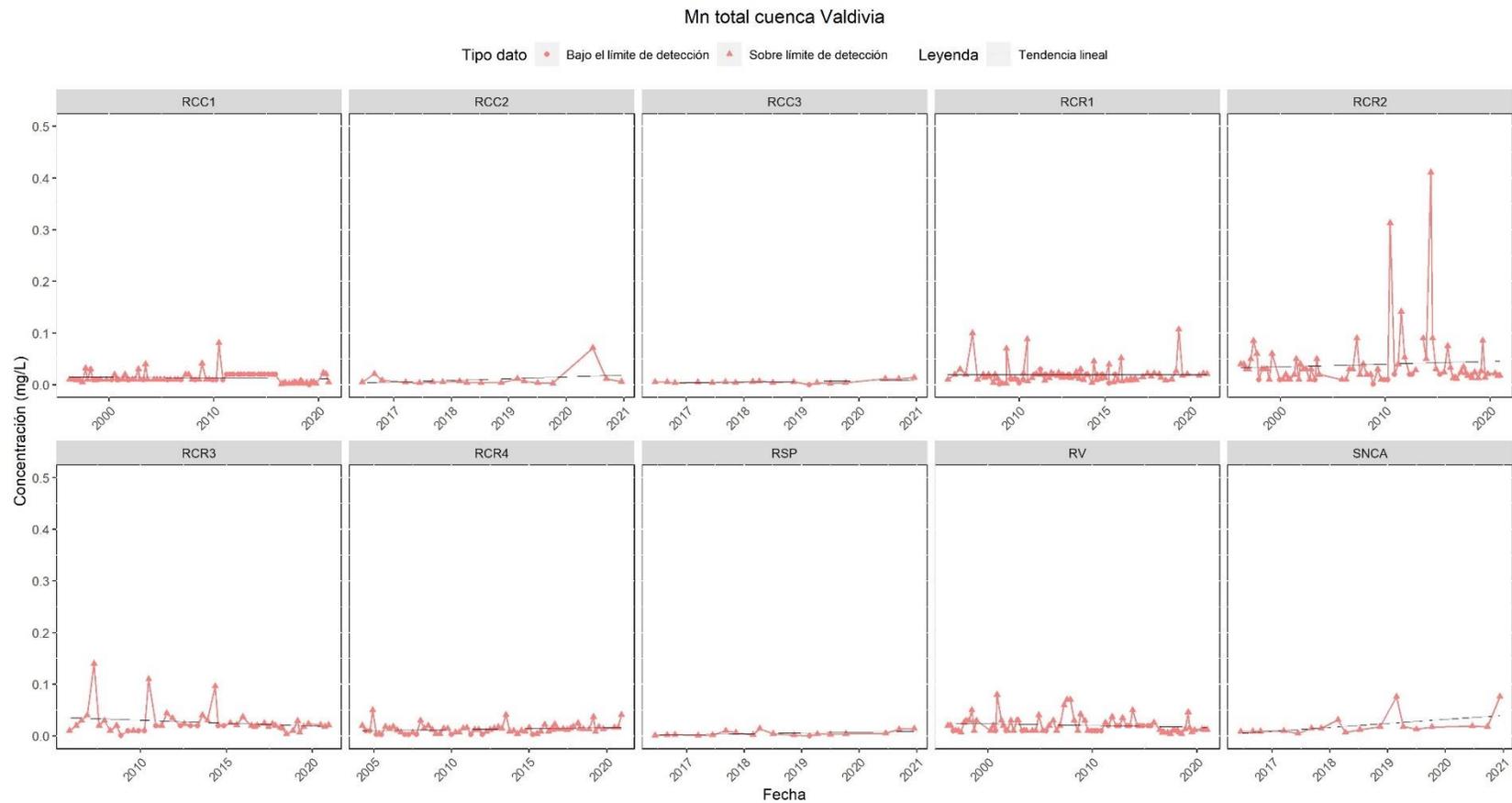


Figura 30. Variación temporal y tendencias del Manganeso total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

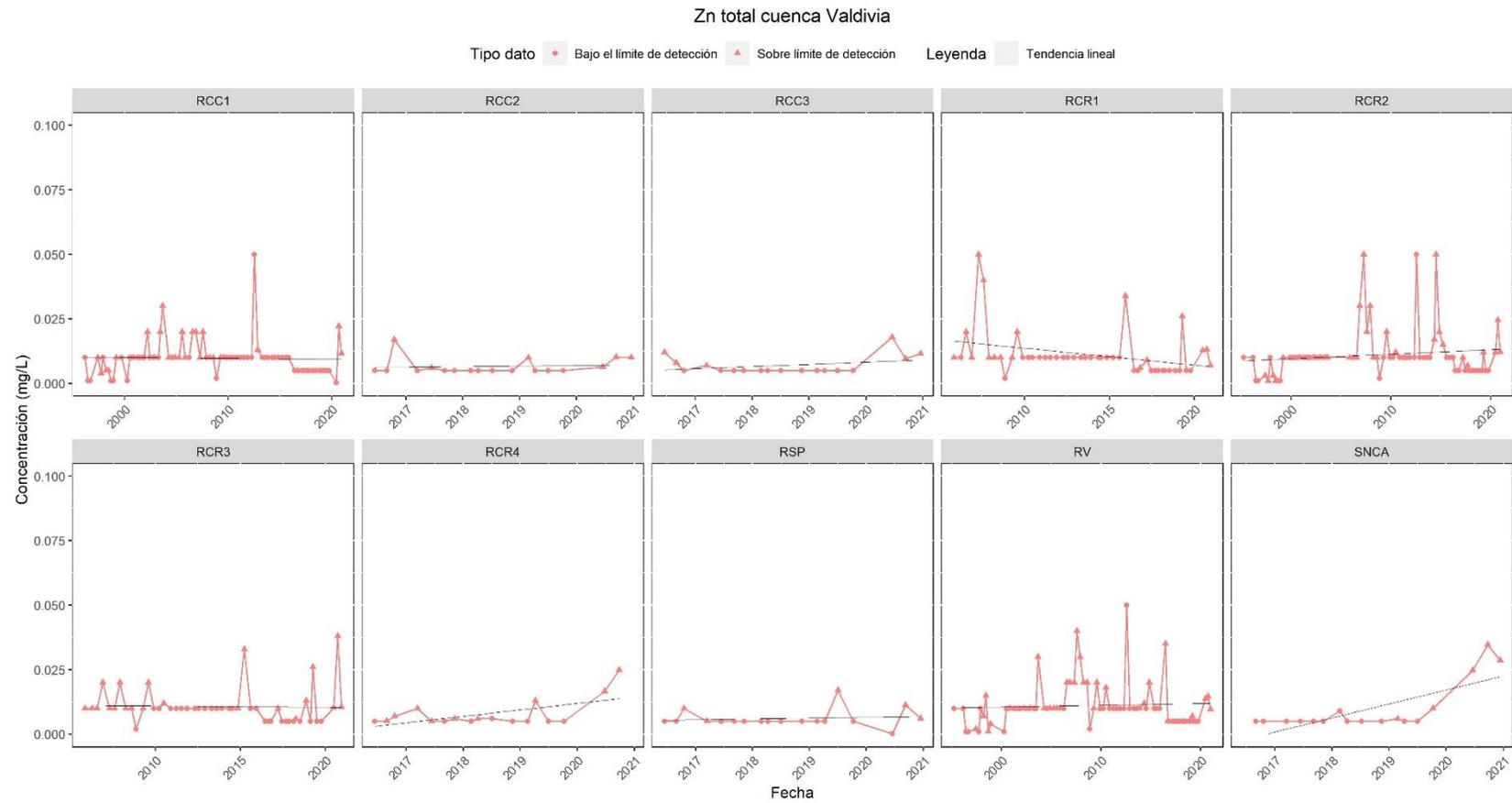


Figura 31. Variación temporal y tendencias del Zinc total en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

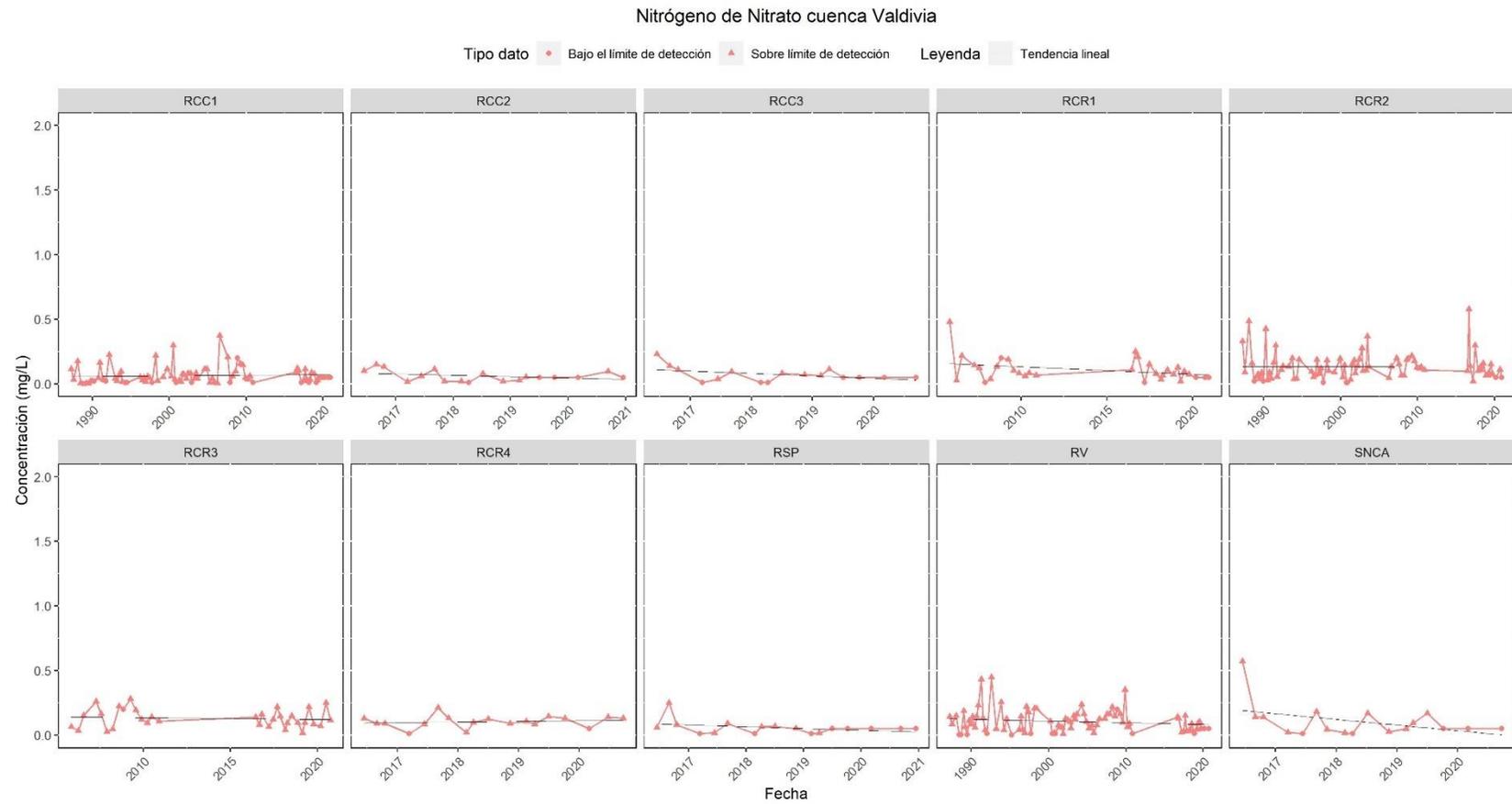


Figura 32. Variación temporal y tendencias del Nitrógeno de nitrato en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

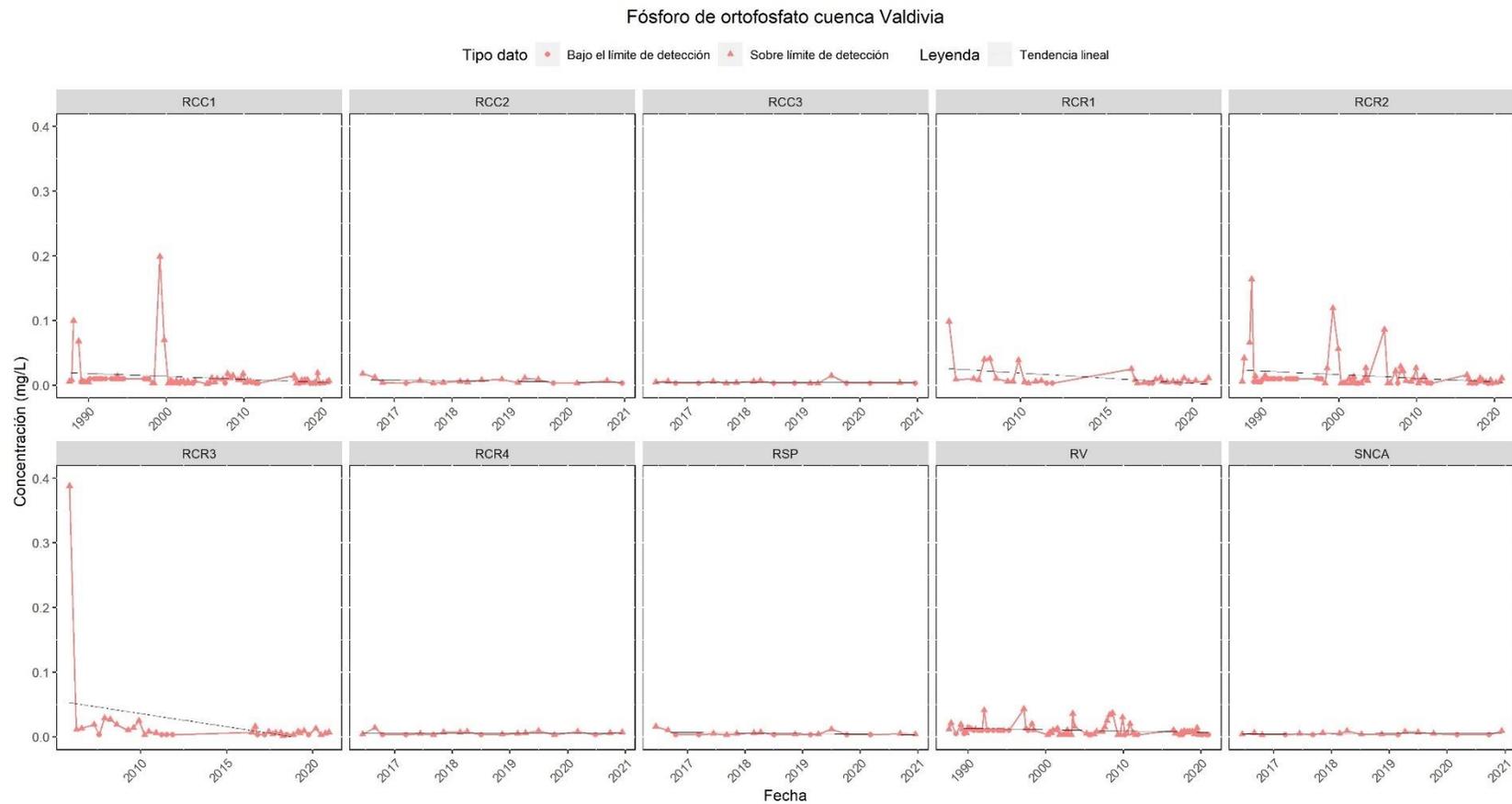


Figura 33. Variación temporal y tendencias del fósforo de ortofosfato en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.

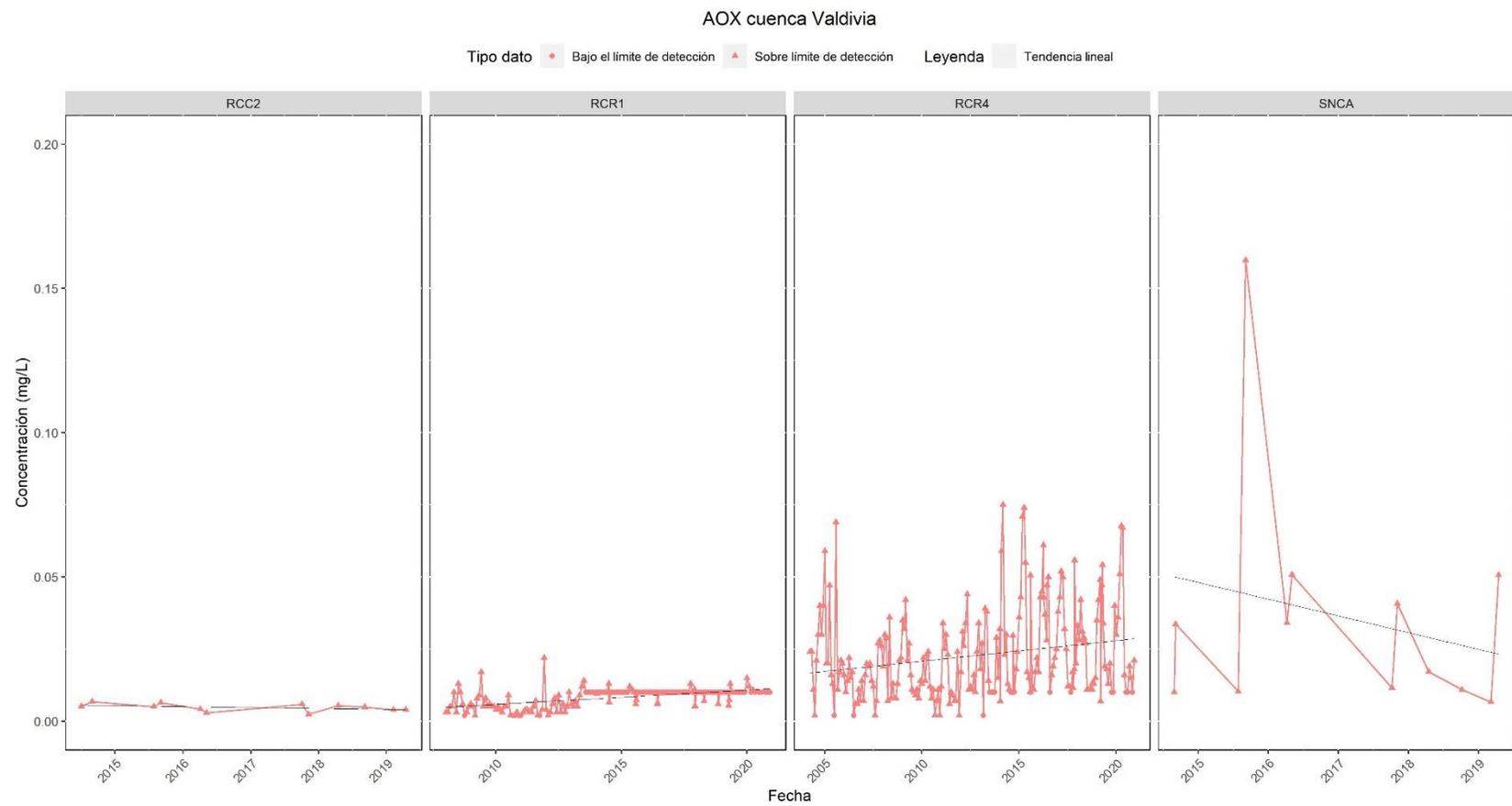


Figura 34. Variación temporal y tendencias de compuestos orgánicos halogenados (AOX) en la cuenca del Río Valdivia separado por Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo.