

3659



**INFORME TÉCNICO**

**NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS  
AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA**

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS  
DIVISIÓN DE RECURSOS NATURALES  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Diciembre de 2017

0000

CONTENIDO

3660

INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES GENERALES.....	5
PRINCIPALES HITOS EN EL PROCESO DE DICTACIÓN DE NSCA VALDIVIA.....	10
FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA.....	13
BIBLIOGRAFÍA .....	64

## INTRODUCCIÓN

3661

El Ministerio del Medio Ambiente, es la Secretaría de Estado encargada de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. Al cual, de acuerdo a lo señalado en el inciso final del Art. 32 y en el Art. 70 literal n y o, de la Ley 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, le corresponderá especialmente, entre otras funciones, coordinar el proceso de generación de las normas de calidad ambiental, de emisión y de planes de prevención y, o descontaminación, determinando los programas y plazos de cumplimiento, así como interpretar administrativamente estos instrumentos de gestión ambiental.

En este contexto, a través del D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente, se dictaron las *Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Valdivia*, las cuales a través de su publicación en el Diario Oficial entraron en vigencia El 27 de noviembre de 2015.

En virtud de lo establecido en el Art. 50 de la Ley 19.300<sup>1</sup> y del Art. 17 N° 1 de la Ley N° 20.600<sup>2</sup>, entre el 6 y el 8 de enero de 2016, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile admitió a trámite las reclamaciones de Celulosa Arauco y Constitución (R-26-2015), Forestal Calle Calle S.A (R-27-2015) y la Corporación para el Desarrollo de la Región de Los Ríos (R-25-2015). Dentro de los argumentos presentados por los reclamantes para señalar que las normas no se ajustan a la ley y le causan perjuicio, en forma general se pueden señalar los siguientes:

- Que el procedimiento administrativo con el cual se dictaron estas normas vulneró, tanto el marco jurídico ambiental vigente como el que regula los procedimientos administrativos en el país.
- Que no se desarrolló participación ciudadana, ni participación de los órganos de estado con competencia ambiental.
- Que el proceso de elaboración de estas normas carece de antecedentes técnicos y científicos; o que los utilizados en el proceso resultan insuficientes.
- Que los parámetros y niveles de calidad ambiental establecidos por área de vigilancia son infundados, arbitrarios y establecen niveles de calidad ambiental innecesarios que no responden a ninguna finalidad de protección ambiental. Fijando límites mucho más exigentes en comparación con otras normas de calidad secundaria de referencia, tanto nacionales como internacionales. Niveles de

<sup>1</sup> Artículo 50.- Estos decretos serán reclamables ante el Tribunal Ambiental, por cualquier persona que considere que no se ajustan a esta ley y a la cual 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. La interposición del reclamo no suspenderá en caso alguno los efectos del acto impugnado.

<sup>2</sup> Artículo 17. Los Tribunales Ambientales serán competentes para conocer de las reclamaciones que se interpongan en contra de los decretos supremos que establezcan las normas primarias o secundarias de calidad ambiental y las normas de emisión; los que declaren zonas del territorio como latentes o saturadas y los que establezcan planes de prevención o de descontaminación, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 50 de la ley N° 19.300. En el caso de las normas primarias de calidad ambiental y normas de emisión, conocerá el tribunal que en primer lugar se avoque a su consideración, excluyendo la competencia de los demás. Respecto de las normas secundarias de calidad ambiental, los decretos supremos que declaren zonas del territorio como latentes o saturadas, y los que establezcan planes de prevención o de descontaminación, será competente el Tribunal Ambiental que tenga jurisdicción sobre la zona del territorio nacional en que sea aplicable el respectivo decreto

calidad ambiental que en el futuro podrían provocar la declaración de zona de latencia o saturación de la cuenca del río Valdivia, a consecuencia de niveles de calidad ambiental que no tienen sustento ni encuentran referencia en antecedentes científicos contenidos en el expediente administrativo, ni en la regulación comparada.

- Que el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) es insuficiente, que no evalúa los beneficios, así como no evalúa los costos y perjuicios que la implementación de estas normas provocará sobre sus actividades económicas.

Luego de analizados todos los antecedentes, el 29 de septiembre de 2016, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile dicta la sentencia que resuelve:

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

Posteriormente, en virtud de lo establecido en Arts. 764 y 767 CPC<sup>3</sup> 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. Refiriéndose a la falta de legitimación activa y negando la falta de fundamentación del Decreto impugnado, fundado en que al Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) se le aplicó un estándar de motivación excesivo y que la motivación entregada para su elaboración era suficiente. Especialmente considerando que dada la naturaleza de las normas de calidad y su objetivo de protección éstas normas sólo son exigibles respecto de la propia Administración del Estado, no pudiendo vulnerar, por lo tanto, garantía constitucional alguna. Lo anterior, debido a que las normas de calidad ambiental no obligan a los ciudadanos, sino, por el contrario, imponen a la Administración del Estado la obligación de llevar a cabo mediciones de contaminación, para determinar el cumplimiento o no de la norma. En tal sentido los Decretos Supremos que fijan esta clase de normas tendrán un efecto ad intra de la Administración, ella será la única destinataria de la norma (Bermúdez, 2014) y en consecuencia posible sujeto infractor de la misma. Cosa distinta será que el cumplimiento de estas normas determine efectos,

<sup>3</sup> Código de Procedimiento Civil Art. 764. El recurso de casación se concede para invalidar una sentencia en los casos expresamente señalados por la ley. Artículo 767.- El recurso de casación en el fondo tiene lugar contra sentencias definitivas inapelables y contra sentencias interlocutorias inapelables cuando ponen término al juicio o hacen imposible su continuación, dictadas por Cortes de Apelaciones o por un tribunal arbitral de segunda instancia constituido por árbitros de derecho en los casos en que estos árbitros hayan conocido de negocios de la competencia de dichas Cortes, siempre que se hayan pronunciado con infracción de ley y esta infracción haya influido substancialmente en lo dispositivo de la sentencia.

tales como la declaración de zona saturada o latente y los consecuentes planes de prevención y/o descontaminación, los que sí obligan a los ciudadanos y ciudadanas de la república (Bermúdez, 2014).

Finalmente, el 26 de julio de 2017 la Tercera Sala de la Corte Suprema resuelve rechazar el recurso de casación en el fondo deducido en contra de la sentencia del veintinueve de septiembre de dos mil dieciséis del Tercer Tribunal Ambiental de Chile, quedando ésta a firme y ejecutoriada mediante la publicación de su parte resolutive en el Diario Oficial el día 9 de agosto de 2017.

En razón de lo anterior, para dar cumplimiento a esta sentencia, se debe proceder a reanudar el proceso de generación de estas normas a partir de la elaboración de un Análisis General del Impacto Económico y Social. Por este motivo, el Ministerio del Medio Ambiente, a través de la **Resolución Exenta N° 909 del 07 de septiembre de 2017** resolvió reanudar el proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Valdivia, otorgando un plazo de tres meses para la generación del Anteproyecto y la realización del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) y la Resolución Exenta N° **1382 del 07 de diciembre de 2017** que resolvió ampliar el plazo hasta el 22 de diciembre para la generación del Anteproyecto y la realización del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).

Respecto del Anteproyecto, cabe destacar que luego del exhaustivo análisis realizado por el Tercer Tribunal Ambiental de Chile y considerando lo señalado en la sentencia en general y en el punto sexagésimo segundo<sup>4</sup> en particular, el único cuestionamiento realizado, al D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente, respecto de la fundamentación y proporcionalidad del decreto reclamado en cuanto al objeto de protección ambiental, parámetros normados, niveles de calidad ambiental y áreas de vigilancia se hizo respecto del nivel de calidad ambiental en relación a la proporción total/disuelto para el Zinc en áreas de vigilancia del río Cruces. Por lo que habida revisión y validación, el presente Anteproyecto conserva en forma íntegra el objetivo de protección, ámbito de aplicación territorial, definiciones, niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia, cumplimiento y excedencias, programa de vigilancia e informe de calidad establecido en el D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente, exceptuándose el nivel de calidad ambiental establecido para el Zinc total en las áreas de vigilancia del río Cruces, de acuerdo a lo señalado por la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile. Así mismo, en un trabajo en terreno realizado en conjunto con la Dirección General de Aguas (DGA) se han mejorado las coordenadas de inicio y fin de las áreas de vigilancia, lo que no cambia las áreas de vigilancia previamente determinada, sino que al utilizar instrumentos de mejor resolución, le otorga mayor exactitud a las coordenadas geográficas. Adicionalmente, a la fecha, no se han registrado cambios significativos en calidad fisicoquímica del agua, en la presencia de fuentes puntuales u otros factores esenciales analizados en el proceso de elaboración del D.S. D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente que puedan justificar algún cambio en el presente Anteproyecto.

---

<sup>4</sup> Sexagésimo segundo. Que, este Tribunal observa que la fundamentación y proporcionalidad del decreto reclamado, si bien guarda relación con los objetivos de protección ambiental - concebida la norma de calidad ambiental como un medio para lograr el fin de conservación y preservación de la naturaleza también los guarda con sus efectos económicos. Desde ya, este Tribunal considera que los tres primeros requisitos de la proporcionalidad concurren en el decreto reclamado, e incluso en el decreto archivado.

0000

3664

En consideración a lo anteriormente señalado, el presente Informe técnico tiene como objetivo entregar un resumen de todos los antecedentes técnicos y administrativos, los cuales, estando en el expediente público<sup>5</sup> dieron origen al D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente y en consecuencia al presente Anteproyecto.

---

<sup>5</sup> Copia digital del expediente de NSCA Valdivia se encuentra disponible en:  
[http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id\\_expediente=924973](http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=924973)

## ANTECEDENTES GENERALES

Desde un punto de vista sustantivo, 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. 2º 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 normas persiguen es la **protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza**<sup>6</sup>. 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 (DS 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, 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; 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 riesgo o alteración de los componentes ambientales que son materia de utilización por poblaciones locales, en especial 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 la NSCA Valdivia, su objetivo 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”. Para dar cumplimiento a este objetivo de protección, estas normas establecen estándares de calidad ambiental para 21 parámetros que en su conjunto permitirán mantener el estado trófico, las condiciones hidroquímicas, las condiciones de oxigenación de la cuenca y proteger estos ecosistemas de efectos letales y subletales generados por metales pesados. Contribuyendo a mantener las condiciones fisicoquímicas del agua que hacen posible la evolución y desarrollo de las especies y aseguran la provisión de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas proveen a la sociedad en su conjunto. Lo anterior bajo un enfoque de desarrollo sustentable, beneficiando principalmente a los sectores relacionados con la mantención de hábitats y desarrollo de oportunidades de recreación, turismo

---

<sup>6</sup> 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.

(espacios naturales asociados a sistemas hídricos) y provisión hídrica para distintos usos. Adicionalmente, permite la protección del patrimonio ancestral de las comunidades indígenas existentes en la cuenca.

Con el propósito de que las NSCA de la cuenca del río Valdivia puedan garantizar el cumplimiento de su objetivo de protección ambiental, el procedimiento de elaboración se llevó a cabo dando cumplimiento a los estándares técnicos, administrativos y jurídicos, así como dando cumplimiento de todas las etapas<sup>7</sup> y procedimientos establecidos en la legislación vigente. De esta forma, se constituyó el Comité Operativo, el Comité Ampliado, se recopiló y sistematizó toda la información pertinente disponible, se elaboraron nuevos estudios técnicos y se incorporaron nuevas herramientas científicas para el establecimiento de normas de calidad ambiental, se analizó la legislación comparada específicamente revisando normas internacionales que tienen objetivos similares a las NSCA cuenca Valdivia, se elaboró y publicó el Anteproyecto, se sometió a consulta pública, se analizaron y respondieron las observaciones ciudadanas, incorporando al proyecto definitivo aquellas observaciones, que con un criterio de realismo, contribuyen al cumplimiento del objetivo de protección ambiental de estas normas, se realizaron los análisis económicos (AGIES), se sometió a la aprobación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, se sometió a consideración de la presidencia, para dar paso al D.S N° 55/2013 que fuera tomado de razón y archivado para su evaluación y mejora<sup>8</sup>, para finalmente publicar el D.S.N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente y en consecuencia al presente Anteproyecto.

Cabe destacar el 10 de abril de 2015, durante el proceso de Toma de Razón<sup>9</sup> del D.S. N°1 del 14 de enero de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente, Celulosa Arauco y Constitución realizó una presentación a la Contraloría General de la República solicitando devolver sin tramitar dicho decreto por considerar que no se ajusta a derecho. Por lo que la CGR procedió a evaluar todos los antecedentes y una vez finalizado el control de legalidad respectivo, el 26 de octubre de 2016 resuelve la Toma de Razón el D.S N°1 de 2015 del MMA<sup>10</sup>.

---

<sup>7</sup> considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad (Ley 19.300 y D.S. N° 38/2012 MMA).

<sup>8</sup> Procedimiento llevado a cabo durante el año 2014 con el objetivo de garantizar un adecuado seguimiento y control, así como para garantizar el cumplimiento del objetivo de protección de las NSCA para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. Dicho proceso se realizó sobre la base de la información que había sido publicada en el Anteproyecto, con lo cual se relevó la participación activa de todos los órganos del estado que conformaron el Comité Operativo de estas normas, quienes fueron los encargados de analizar toda la información disponible y a partir de este análisis elaborar el Anteproyecto, estableciendo el objeto de protección, el ámbito de aplicación, las áreas de vigilancia, los parámetros a normar y las concentraciones máximas o mínimas permisibles para cada parámetro regulado. Adicionalmente, se incorporó en la evaluación el análisis y ponderaron las observaciones ciudadanas.

<sup>9</sup> La toma de razón puede definirse como un control jurídico previo, general y obligatorio, de la legalidad y constitucionalidad de los Decretos, Decretos con Fuerza de Ley (DFL) y Resoluciones, que realiza la CGR (Aróstica, 1991).

<sup>10</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, folios: 3338 al 3374; 3375; 3405 al 3416; 3417 al 3432; 3433 al 3442 y 3443 al 3457.

A mayor abundamiento, en el expediente público del proceso de dictación de las NSCA de la cuenca Valdivia se expone de forma transparente la información que ha servido de base y apoyo para la toma de decisiones en este proceso. Poniendo a disposición de la ciudadanía toda la información técnica y científica que se recopiló, sistematizó y que fue discutida y analizada por el Comité Operativo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad. Adicionalmente, el expediente público pone a disposición de la ciudadanía todas las actas de las reuniones y jornadas de trabajo desarrolladas por el Comité Operativo y el Comité Ampliado. Así mismo, en el expediente es posible encontrar, todas las observaciones recibidas en el proceso de participación ciudadana, el Análisis General de Impacto Económico y Social, los Informes Técnicos y actos administrativos involucrados en este procedimiento.

Al respecto, en el expediente público se encuentran disponibles antecedentes que dan cuenta de:

1. El cumplimiento del **procedimiento administrativo y jurídico** llevado a cabo para dictar estas normas, de acuerdo a la legislación ambiental y administrativa vigente. Especialmente considerando la Ley 19.880, 19.300, el D. S. N° 93/95 MINSEGPRES y el D.S. N° 38/2012 MMA, lo que fue analizado por la CGR, a través del proceso de control de legalidad y Toma de razón realizado al D.S. N°1 del 2015 del MMA realizado entre el 24 de marzo de 2015 al 26 de octubre de 2015<sup>11</sup>.
  2. La participación activa de todos los órganos del estado que conformaron el **Comité Operativo** de estas normas, quienes fueron los encargados de analizar toda la información disponible y a partir de este análisis elaborar el Anteproyecto que fuera publicado en el año 2012, estableciendo el objeto de protección, el ámbito de aplicación, las áreas de vigilancia, los parámetros a normar y las concentraciones máximas o mínimas permisibles para cada parámetro regulado. Como consta en el expediente público, específicamente en las actas de las sesiones del Comité Operativo el proceso de elaboración de estas normas contó con una amplia y activa participación de organismos sectoriales<sup>12</sup>
- Cabe destacar que el proceso de evaluación, realizado durante el año 2014, no hizo más que relevar la participación de los órganos con competencia ambiental, toda vez que consideró la reincorporación de los parámetros de relevancia ecológica y niveles de calidad ambiental que estaban previamente establecidos en el Anteproyecto. Así mismo restableció los límites de las áreas de vigilancia de acuerdo al Anteproyecto y del DS N°55 del 27 de diciembre, firmado por la presidencia e ingresada a la CGR el 27 de febrero de 2014.
3. La Constitución y participación del **Comité Ampliado**, que como consta en el expediente público el proceso de elaboración de las NSCA de la cuenca Valdivia, contó con la participación temprana de los órganos de la sociedad civil, constituidos en un Comité Ampliado<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, Folios: 3321 al 3457.

<sup>12</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, folios: 6 al 7; 389 al 418; 419 al 434; 435 al 477; 521al 527; 531 al 544; 858 al 882; 889 al 893; 898 al 902; 903 al 921; 1112 al 1155, 1201 al 1205; 1206 al 1207; 1210 al 1221; 1228-1249; 1250 al 1251; 1253 al 1277; 1275 a 1289; 1293 al 1312; 1313 al 1318; 1333 al 1348; 1349 al 1375; 1383 al 1402; 1403 al 1407; 1410 al 1435; 1436 al 1440; 1468 al 1507; 1508-1546, 2511 al 2534; 2538 al 2557.

<sup>13</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, folios: 479 al 519; 520; 527vta al 540; 545 al 546; 1156 al 1198; 1508 al 1546; 2798-2829.

4. La participación de la ciudadanía en general, a través del proceso de **Consulta Pública**, realizado durante el año 2012<sup>14</sup>, donde algunos miembros del Comité ampliado tuvieron una destacada participación.

Cabe destacar que el proceso de evaluación llevado a cabo durante el año 2014 consideró con especial énfasis el Anteproyecto publicado en el año 2012 y las observaciones y sugerencias recibidas desde la ciudadanía. Entre los cuales se destaca:

- a) Que la ciudadanía, en general, solicitó disminuir los valores de concentración normados para los parámetros Cloruro (Cl), Sodio (Na), sulfato (SO<sub>4</sub>), Conductividad, etc., en consideración a la condición histórica natural de la cuenca.
  - b) Que la ciudadanía, en general solicitó incorporar nuevos parámetros, con el objeto de garantizar la protección del ecosistema acuático.
  - c) Que la recurrente (Celulosa Arauco y Constitución S.A.) solicitó establecer un área de dilución para su efluente
5. La información técnica y científica que tuvo a la vista el Comité Operativo, el Comité Ampliado, la ciudadanía en general y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad para el establecimiento del Anteproyecto, así como el Proyecto Definitivo de estas normas (D.S.N°1 del 14 de enero del 2015 del MMA).

En este contexto, cabe destacar que dado que las NSCA corresponden a un instrumento de gestión ambiental que debe ser fundado en antecedentes técnicos y científicos sólidos con altos niveles de confianza, el proceso de recopilación, sistematización y análisis de información es un eje central en todo el proceso de elaboración de estas normas.

En este contexto, en una primera etapa se recopiló, sistematizó toda la información existente, hasta el año 2009, respecto a la cuenca del río Valdivia. Con lo cual se elaboró el **"Catálogo de Fuentes Bibliográficas relativas a la Cuenca del Río de Valdivia, Región de Los Ríos"** que se encuentra disponible en el expediente público de estas normas<sup>15</sup>. Este catálogo contiene 87 estudios provenientes de diversas fuentes (Índice del Catálogo disponible en Anexo N° 1), tanto públicas como privadas, los cuales permiten caracterizar la calidad fisicoquímica del agua, la estructura comunitaria presente tanto en la columna de agua como en el bentos y especialmente describe el deterioro, alteración o degradación significativa ocurridos en el Santuario de La Naturaleza Carlos Anwandter a partir del año 2004.

Posteriormente, en una segunda etapa se analizaron las brechas de información para posteriormente encargar los estudios técnicos y científicos necesarios para complementar la información requerida. Entre los cuales se destacan los estudios realizados con el objetivo de caracterizar al sistema estuarial formado por los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, los estudios realizados para analizar la calidad

---

<sup>14</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, folios: 2877 al 3000; 3001 al 3051

<sup>15</sup> Antecedentes disponibles en el expediente público, folio: 2875 vta

fisicoquímica del agua, la biodiversidad, los estudios realizados con el objetivo de determinar las concentraciones máximas permisibles que aseguran la preservación de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos, entre los cuales se destacan:

- Recopilación y Análisis de Información Ambiental existente de los Estuarios Calle Calle y Valdivia (UACH, 2007)<sup>16</sup>
- Modelamiento Hidrodinámico del Sistema Estuarial de los río Valdivia, Cruces y Calle Calle (UACH-UCSC, 2007)<sup>17</sup>
- Recopilación y análisis de información en apoyo de anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia (Aquambiente, 2007)<sup>18</sup>
- Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia (UACH, 2008)<sup>19</sup>.
- 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, Región de Los Ríos (UCT, 2009)<sup>20</sup>.
- 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 (UCT, 2010)<sup>21</sup>.
- Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos (UCT, 2011)<sup>22</sup>.
- Identificación, cuantificación y recopilación de valores económicos para los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Valdivia (UCT, 2012)<sup>23</sup>

Así mismo en el expediente público también se ponen a disposición de la ciudadanía los AGIES<sup>24</sup> y los Informes Técnicos<sup>25</sup> realizado por el Ministerio del Medios Ambiente. Estos últimos informes que tienen como objetivo de sistematizar, actualizar y analizar la información más relevante del proceso de elaboración de estas normas.

En consecuencia, el expediente público expone de forma transparente la información que ha servido de

---

<sup>16</sup> Información disponible en el expediente público, folio 16

<sup>17</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 33 al 59; 60; 752 al 849

<sup>18</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 65 al 254; 257

<sup>19</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 259 al 387; 388; 556 al 748

<sup>20</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 926 a 1109 y 2875vta

<sup>21</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 2438 al 2509vta y 2875vta

<sup>22</sup> Información disponible en el expediente público, folio 2875vta

<sup>23</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 2558 al 2759

<sup>24</sup> Información disponible en el expediente público, folios: 3212al 3220; 3290 al 3291; 3376 al 3404

<sup>25</sup> Informes Técnicos disponibles en el expediente público, Folios: 3255 al 3301

base y apoyo para la toma de decisiones en este proceso. Al respecto, en el expediente público se encuentran disponibles:

- Todos los antecedentes técnicos y científicos que dan cuenta del deterioro y degradación del estado ecológico del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, a partir del año 2004.
- Todos los antecedentes técnicos que dan cuenta de la necesidad de iniciar un proceso de dictación de Normas secundarias de calidad Ambiental a consecuencia del deterioro y degradación del estado ecológico del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.
- Todos los antecedentes técnicos y científicos que dan cuenta de la realidad del curso de agua regulado, principalmente de la calidad fisicoquímica (histórica y/o natural) del agua de la cuenca del río Valdivia.
- Todos los antecedentes que describen la biodiversidad del ecosistema de la cuenca del río Valdivia y que dan cuenta de que la cuenca del río Valdivia constituye un ecosistema único y escaso.
- Todos los antecedentes técnicos que describen el sistema estuarial del río Valdivia
- Todos los estudios de Evaluación de Riesgo Ecológico realizados en la cuenca
- Todos los antecedentes que dan cuenta de la participación de los órganos con competencia ambiental constituidos como Comité Operativo.
- Todos los antecedentes que dan cuenta del Proceso de Participación Ciudadana realizados en el año 2012, su análisis y ponderación.

Estos antecedentes constituyen la base de información que fue analizada por el Comité Operativo de estas normas y sobre la cual se propuso el Anteproyecto y el Proyecto Definitivo de estas normas. En consecuencia, el proceso de elaboración de las NSCA de la cuenca de Valdivia, incluyendo su evaluación realizada durante el año 2014, cuenta con antecedentes fundados tanto para definir el objetivo de protección, como para definir la necesidad de mantener o recuperar áreas de vigilancia, antecedentes para definir los parámetros normados y la concentración permisible.

## **PRINCIPALES HITOS EN EL PROCESO DE DICTACIÓN DE NSCA VALDIVIA**

A fin de facilitar la comprensión del proceso de elaboración de estas normas, a continuación se detallan distintos hitos en la tramitación de las NSCA Valdivia. Los folios mencionados corresponden al expediente de la norma<sup>26</sup>.

1. Acuerdo N° 260 de 26 de noviembre de 2004 del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), antecesora legal del Ministerio del Medio Ambiente, que incorporó al Noveno Programa Priorizado de Normas, la norma secundaria de calidad ambiental para el río Cruces.
2. Acuerdo N° 273 del 21 de abril de 2005, aprobado por el Consejo Directivo de la CONAMA, que establece Décimo Programa Priorizado de Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión.

---

<sup>26</sup> Copia digital del expediente de NSCA Valdivia se encuentra disponible en:  
[http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id\\_expediente=924973](http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=924973).

3. Resolución Exenta N° 3.401, del Director Ejecutivo (S) de CONAMA, de fecha 18 de diciembre de 2006, publicada en el Diario Oficial y en el Diario La Nación el día 27 de diciembre de 2006, que dio inicio al proceso de dictación de las presentes normas secundarias de calidad ambiental (folio 3-5)
4. Resolución Exenta N° 947, del Director Ejecutivo de CONAMA, de fecha 14 de septiembre de 2010 que ordena la acumulación del procedimiento de elaboración de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del río Cruces al procedimiento de elaboración de las normas secundarias de calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia (Folio 1443)
5. Resolución Exenta N° 478, de 1 de junio de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, se aprueba el anteproyecto de NSCA Valdivia (folio 2859). Se publica en el Diario Oficial el 15 de junio del mismo año (folio 2871).
6. Con la publicación anterior se abre el proceso de consulta pública por 60 días hábiles, esto es, hasta el 12 de septiembre de 2012 (folios 2877-3000). Enseguida se procede al análisis de las observaciones (folios 3001-3051).
7. El 4 de julio y 1 de agosto de 2013 se presenta anteproyecto de NSCA Valdivia al Consejo Consultivo Nacional del Ministerio del Medio Ambiente (folios 3052 y 3080). La opinión de dicho órgano colegiado se plasma en el Acuerdo N° 3/2013 (folio 3169).
8. El 28 de noviembre de 2013 se remite proyecto definitivo de NSCA Valdivia al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS), el que se pronuncia favorablemente mediante Acuerdo N° 19/2013 (folio 3171).
9. El 27 de diciembre de 2013 el MMA emite el DS N° 55 MMA.
10. El DS N° 55/2013 MMA se ingresa a Contraloría el 27 de febrero de 2014. El 10 de marzo de 2014 es retirado sin tramitar, para ser reingresado en la misma fecha.
11. El DS N° 55/2013 MMA es tomado razón con alcance el 11 de marzo de 2014 (folio 3254).
12. El Ejecutivo entrante decide no publicar el DS N° 55/2013 MMA.
13. El 1 de diciembre de 2014 se remite proyecto definitivo de NSCA Valdivia al CMS, el que se pronuncia favorablemente mediante Acuerdo N° 19/2014 (folio 3308).
14. El 14 de enero de 2014 el MMA emite el DS N° 1/2015 MMA (folio 3322).
15. El DS N° 1/2015 MMA firmado por la presidenta se ingresa a Contraloría el 25 de marzo de 2015 (folio 3321). Se retira sin tramitar el 15 de abril de 2015 (folio 3337).
16. Ingresada nuevamente a Contraloría y Tomado de razón el 26 de octubre de 2015
17. Publicadas el 27 de noviembre del mismo año en el diario oficial
18. 13 de junio del 2016 se inicia el monitoreo de las NSCA cuenca Valdivia
19. El 6 de enero se acogen en el Tercer Tribunal Ambiental las reclamaciones de las empresas "Celulosa Arauco" (R-26-2015), Forestal Calle-Calle (R-27-2916) y el 8 de enero del mismo año, las reclamaciones de la Corporación Codeproval.
20. El 29 de septiembre del 2016, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile dicta sentencia que deroga NSCA cuenca Valdivia.
21. El 17 de octubre el Consejo de Defensa del Estado, en representación del Ministerio del Medio Ambiente interpuso un recurso de Casación en el fondo en la Corte Suprema para impugnar la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental de Chile.
22. El 26 de julio de 2017, la Corte Suprema dicta sentencia rechazando el recurso de casación y ratificando la sentencia del Tercer Tribunal Ambiental.
23. El 9 de agosto de 2017 el Tercer Tribunal Ambiental publica parte resolutive de su sentencia en el Diario Oficial quedando esta firme y ejecutoriada.

3671

24. El 7 de septiembre de 2017 el Ministerio del Medio Ambiente dicta la Resolución Exenta N° 909 que resuelve reanudar el proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Valdivia, otorgando un plazo de tres meses para la generación del Anteproyecto y la realización del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).
25. El 07 de diciembre de 2017 el Ministerio del Medio Ambiente dicta la Resolución Exenta N° 1382 del que resolvió ampliar el plazo hasta el 22 de diciembre para la generación del Anteproyecto y la realización del Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).

## FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

### **Análisis General de Impacto económico y Social de las NSCA Cuenca Valdivia**

El Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (AP-NSCA) para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del río Valdivia evalúa la implementación de la NSCA y en él se estiman los beneficios potenciales directos de la protección de especies y ecosistemas y beneficios para la sociedad a través de la identificación de servicios ecosistémicos, entre otros, así como también se estiman los costos del monitoreo y fiscalización de la norma.

La cuenca del río Valdivia es una de las 15 cuencas más grandes del país, binacional, de régimen predominantemente pluvial y ubicada mayormente en la Región de Los Ríos, abarca una extensa superficie de alto valor ambiental. Sus principales cauces corresponden a los ríos Cruces y Calle-Calle.

El Anteproyecto de NSCA determina 10 áreas de vigilancia y regula un total de 21 parámetros físico-químicos generando un total de 204 límites regulatorios<sup>1</sup> para una superficie equivalente al 57% de la cuenca.

Los beneficios identificados están ligados al mantenimiento y potenciales mejoras sobre los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que actualmente provee la cuenca. Los costos estimados de la implementación de la NSCA ascienden a 0,17 MM USD/año, de los cuales un 9% corresponde a costos de monitoreo y lo restante a costos de fiscalización. Del total de costos de la norma, 33% recaen en la DGA, 9% al MMA y lo restante en la SMA

Como apoyo a la toma de decisión y participación ciudadana, se informa también una aproximación a los costos y beneficios asociados a la implementación de un eventual Plan de Descontaminación, el que podría generarse si los límites regulatorios que pretende establecer la norma son superados de acuerdo al programa de monitoreo y evaluación que establece el mismo. Ya que se desconoce *a priori* las medidas que podría contener el eventual plan, el análisis entrega los órdenes de magnitud de posibles impactos por incumplimiento de la normativa ambiental propuesta. En este sentido, el resultado óptimo consideró la aplicación de tecnologías de abatimiento en fuentes puntuales que descargan directamente en los cauces naturales superficiales considerando los datos actuales de calidad del cuerpo de agua. Los costos del eventual plan se estimaron en 1,2 a 1,8 MM USD/año, mientras que los beneficios<sup>2</sup> que generaría se valoraron aproximadamente en 1,2 MM USD/año.

### **Características Generales de la cuenca del río Valdivia**

La cuenca del río Valdivia se encuentra ubicada en las regiones de La Araucanía y Los Ríos, con una superficie de 10.275 m<sup>2</sup> está compuesta principalmente por las subcuencas de los ríos Cruces y Calle Calle. Con un caudal medio anual de 92 m<sup>3</sup>/s, 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 mensual de 770 m<sup>3</sup>/s (Cade-idepe, 2005). 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, 2005). 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.

El estuario corresponde a un cuerpo de agua costero semicerrado que se extiende hasta el límite efectivo de la influencia de la marea, dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salina, es diluida significativamente con agua dulce derivada del drenaje terrestre 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 ambiental y económica, registrándose en los últimos años un gran incremento de las actividades productivas asociadas a la cuenca (UACH, 2008).

El sistema estuarial de la cuenca del río Valdivia corresponde al tipo neotectónico, positivo y de mezcla parcial. Con un régimen de mareas semidiurnas (registrando las mayores diferencias de alturas de marea durante la noche) y de tipo micromareal, es decir, con rangos mareales que no superan los 2 m. 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 (UACH-UCSC, 2007).

El estuario del río Calle-Calle – Valdivia tiene su límite superior en la localidad de Pishuenco (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 (UACH, 2007).

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 nuestro patrimonio natural, 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, ecosistema en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981 fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de

la Convención de Ramsar, denominado "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter" (N° Lista RAMSAR 6CL001). Además del valor desde la perspectiva de la biodiversidad, este humedal permite el control de la erosión, retención de sedimentos, retención de nutrientes, estabilización del clima, el control de caudales, control de sedimentación, almacenaje de aguas, lo que reduce los riesgos de inundación para la población y presenta un gran valor por su potencial uso en recreación, turismo e interés educacional.

La cuenca del río Valdivia se destaca por su alta biodiversidad y endemismo de las especies presentes en la cuenca, contando con registros de 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 119 especies de aves, 2 especies de mamíferos acuáticos y 25 especies de fauna íctica (Oporto, 2006-2009, Praus et al. 2011, UCT 2012, UCT, 2009; UACH, 2016). De estas últimas el 60% endémicas del país y 80% se encuentra en alguna categoría de conservación (UCT, 2012). Además, existen al menos 3 especies de invertebrados acuáticos, 2 mamíferos acuáticos (CEA, 2003) y 4 especies de aves también en categoría de conservación (UCT 2012). Adicionalmente, según Habit & Victoriano, 2012, la cuenca del Río Valdivia albergaría un total de 18 especies de fauna íctica nativa, es decir, se encuentra entre las cuencas más ricas en peces nativos de nuestro 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, 2006) y *Percilia gillissi* (carmelita) especie endémica del centro-sur de Chile.

Así mismo, la cuenca del río Valdivia se destaca 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, SO<sub>4</sub>) 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.

En las riberas de la cuenca habita una población de aproximadamente 370 mil habitantes. De acuerdo a CONAF, 2011 los usos de suelos colindantes corresponden a bosque nativo (49%), actividad agropecuaria (28%) y plantaciones forestales (15%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a las actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales, con un gran número de empresas de este rubro (principalmente empresas forestales e industrias de la madera) y, en menor medida, actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Esta cuenca es de importancia turística para la región y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable. La población urbana de la parte baja de la cuenca se concentra mayoritariamente en la ciudad de Valdivia, la cual en su mayoría posee servicios de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas. Todas estas actividades ejercen presión sobre la calidad de las aguas de la cuenca del río Valdivia, de tal manera que se hace necesaria la creación de instrumentos de gestión ambiental que permitan proteger la calidad de sus aguas y de su ecosistema.

La calidad natural o histórica para oxígeno, pH, sulfato, cloruro, sodio, conductividad, nitrato, fosfato y metales totales se encuentra disponible en expediente público, tanto en los estudios e informes que dan

cuenta de la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca<sup>27</sup>, como en cada una de las actas de las sesiones del comité Operativo y del Comité Ampliado, las cuales dan cuenta de la amplia discusión y análisis realizado por estos comités, respecto de la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca<sup>28</sup>.

Cabe destacar que en el expediente se analizan las características fisicoquímicas de la cuenca desde el año 1987 hasta el año 2012. Con lo cual se concluye que la Cuenca del río Valdivia se puede dividir en dos grandes subsistemas, uno limnético (de agua dulce) y otro estuarial (de aguas salobres).

El sistema limnético, asociado a los ríos y los lagos de la cuenca, presenta aguas que tienen características únicas y escasas a nivel nacional, dadas la baja concentración de sales, tales como Cloruro, Sodio, Sulfato, Potasio, Magnesio, conductividad, etc., constituyendo agua de características muy blandas<sup>29</sup>.

En el sistema estuarial, donde el agua del mar se mezcla con el agua proveniente de los ríos, los niveles de concentración de estas sales resultan naturalmente variables dependiendo de las condiciones la marea. Razón por la cual en las áreas de vigilancia que son parten del estuario no se norman estas sales.

Respecto de las concentraciones de oxígeno, tanto en el sistema limnético como en el estuarial la cuenca del río Valdivia se destaca por las excelentes condiciones de oxigenación.

Todas estas características fisicoquímicas, únicas y escasas a nivel nacional, se relacionan con la alta biodiversidad de la cuenca. Destacando que la cuenca del río Valdivia es una de las cuencas con la mayor biodiversidad de fauna íctica nativa de Chile. En consecuencia, la mantención de estas características fisicoquímicas resulta fundamental para garantizar la mantención de la biodiversidad de la cuenca y en consecuencia velar por la preservación de la naturaleza. Por tal motivo, uno de los criterios utilizados para establecer los valores a normar es mantener la calidad histórica de la cuenca del río Valdivia, en aquellos tramos en los cuales no se han registrado variaciones significativas en la calidad histórica y que se relacionan con una alta biodiversidad y endemismo. Por otro lado, considerando que existen tramos de la cuenca en los cuales, a partir del año 2004, se han observado cambios estadísticamente significativos de la calidad del agua, los que se relacionan con el deterioro del el ecosistema, otro de los criterios utilizados para establecer los valores a normar es recuperar gradualmente la calidad histórica de la cuenca, por lo que en estos tramos se espera un nivel de calidad medio.

A mayor abundamiento, 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 hecho de acuerdo a los antecedentes entregados por Holon, 2014, el resultado de los análisis estadísticos multivariados y univariados realizados permite establecer que en columna de agua, los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos presentaron concentraciones significativamente superiores

---

<sup>27</sup> Información disponible en expediente público, folios: 65 al 254; 257; 259 al 387; 388, 556 al 748; 926-1109; 2438-2509vta; y 2875vta; 3013 al 3018; 3041 al 3046; 3255 al 3301

<sup>28</sup> Información disponible en expediente público, folios: 419 al 434; 479-519; 889 al 893; 898 al 902; 903 al 921; 1112 al 1155, 1156-1198, 1206 al 1207; 1253 al 1274; 1294 al 1312; 1313 al 1318; 1313 al 1348; 1349 al 1375; 1383 al 1402; 1403 al 1407; 1410 al 1435; 1436 al 1440; 1470 al 1507; 1508-1546

<sup>29</sup> Información disponible en expediente público, folios: 3264-3265

aguas debajo 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 debajo de la descarga durante la época estival. Así mismo, según la información reportada por la Universidad Austral de Chile, 2016 a la fecha sólo existen 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*) muestra una tendencia a la recuperación a partir del año 2012, la Tagua (*Fulica armillata*) a partir del año 2008, sin embargo la Taguita (*Fulica leucoptera*), especie que casi desapareció del área en el año 2005, no ha presentado evidencias de recuperación.

### **Identificación de fuentes puntuales y difusas**

A través del análisis de los usos de la cuenca (Figura N° 1), se determinaron los contaminantes de origen antrópico de mayor relevancia (aquellos que son descargados a través de fuentes puntuales y han mostrado variaciones en el tiempo y espacio, tales como Aluminio, Hierro, Sulfato, Sodio, Cloruro y Conductividad Eléctrica) y los parámetros de mayor importancia ecológica (ej. Oxígeno, pH y nutrientes). Dichos parámetros necesariamente deben ser normados, pues dependiendo de su concentración pueden resultar tóxicos o producir efectos adversos indeseados para estos ecosistemas, como por ejemplo la eutroficación (crecimiento masivo de microalgas en la columna de agua, algunas de ellas microalgas tóxicas).

Cada uno de estos parámetros se analizó en función de la variabilidad histórica o natural que ha tenido en la cuenca, en función de las concentraciones que pueden resultar tóxicas o generar efectos adversos sobre las especies o las condiciones que hacen posible la conservación de estos ecosistemas acuáticos, en función al contexto internacional a través de la comparación de los valores registrados en la cuenca con niveles guía de referencia o normas internacionales cuyo objetivo es la protección de la biota acuática .

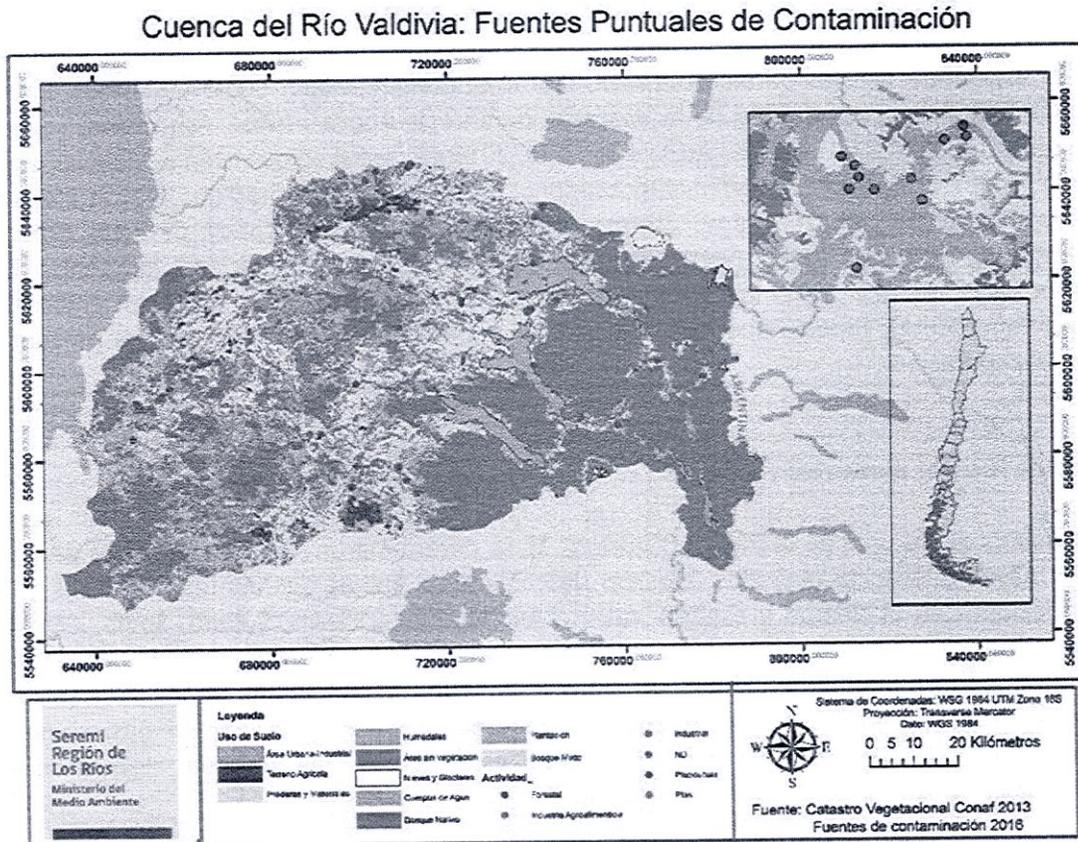


Figura N° 1. Fuentes puntuales de la cuenca del río Valdivia.

### Potencial turístico sobre la base de la conservación de ecosistemas

El desarrollo económico de la región depende fuertemente de la mantención del equilibrio ecológico, tanto en ecosistemas acuáticos como en ecosistemas terrestres (forestal, agrícola, ganadero, pesquero, acuícola y turismo). En este contexto actividades turísticas de la región están especialmente vinculadas a la presencia de ecosistemas acuáticos de tipo oligotrófico, a la presencia de bosque nativo y a la alta biodiversidad presente en la región. Lo cual queda de manifiesto tanto en la Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2019, así como en la Política Regional de Turismo y en su Plan para el Desarrollo Turístico Región<sup>30</sup>.

Al respecto la Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2019 demarca claramente una apuesta por fortalecer la identidad regional con enfoque de sustentabilidad, señalando que el "...desarrollo regional sustentable ha orientado su gestión hacia la puesta en valor, conservación de sus recursos naturales y la

<sup>30</sup> Plan para el Desarrollo Turístico de la Región de Los Ríos 2011-2014 Disponible en <file:///C:/Users/silvia.benitez/Downloads/Plan-de-Turismo-Los-R%C3%ADos.pdf>

protección de la biodiversidad, donde los cursos de agua de las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, el bosque nativo, tanto andino como la Selva Valdiviana, y el borde costero, se destacan como elementos ambientales distintivos de la Región”<sup>31</sup>,

El Plan para el Desarrollo Turístico Región de Los Ríos señala que esta región se ha caracterizado históricamente por la calidad y dotación de sus atractivos turísticos, entre los que se destacan los cursos y cuerpos de agua, el bosque nativo, las tradiciones indígenas, el patrimonio arquitectónico, la gastronomía con influencia alemana, las fortificaciones españolas y la producción artística y cultural. Identificada originariamente como la Región de Los Grandes Ríos, debe esta denominación a la presencia de dos cuencas hidrográficas mayores, la transandina del río Valdivia y la andina del río Bueno, además de cuatro cuencas costeras en los ríos Lingue, Chaihuín, Colún y Hueicolla, todas propicias para el desarrollo de actividades tales como pesca recreativa y deportiva, tours fluviales, kayak, velerismo y rafting. A esto se suma el potencial de navegar el territorio transversalmente, debido a que las dos cuencas mayores presentan diversos lagos insertos e interconectados en una gran red de ríos de distinta jerarquía

Los principales destinos identificadas en la Región de Los Ríos, en torno a las cuales se organiza la actividad turística son: a) Destino Sietelagos: Asociado a la Comuna de Panguipulli y que se encuentra en proceso de desarrollo emergente, b) Destino Valdivia – Corral: Asociados a las Comunas de Valdivia, Corral y Mariquina y cuyas condiciones lo califican como consolidado y c) Destino Cuenca del Lago Ranco, Asociado a las Comunas de Paillaco; Futrono; Lago Ranco, La Unión y Rio Bueno y que se diferencia por su condición de avance incipiente.

Asociado a la particular biodiversidad regional, se detecta un atributo diferenciador, conocido nacional e internacionalmente como “Selva Valdiviana”. Este se encuentra en etapa inicial de implementación y cuenta con el apoyo y liderazgo de actores públicos y privados vinculados al Programa de Mejoramiento de la Competitividad (PMC) de Turismo de Intereses Especiales con sello “Selva Valdiviana”, que releva este recurso por su alto potencial para el turismo de naturaleza, que permitirá diferenciar a la región en el mercado nacional e internacional. A su vez, este enfoque, es priorizado en la Agenda de Innovación Turística, que lo propone como un nuevo producto regional, basado en la diversa oferta de paisajes naturales de la Región, destacándolo como un ecosistema de bosque templado lluvioso único en el mundo y de interés científico, recreativo, educativo y turístico. “Selva valdiviana” se presenta a su vez como un nuevo sello territorial, que en vista de los antecedentes citados, cuenta con atributos diferenciadores del resto de la oferta competitiva en el mercado internacional, posibilitando cambiar la marcada estacionalidad del sector, al ampliar el período de mayor actividad turística. La concreción de esta marca dentro del propio territorio regional depende de cómo se articule y complemente con el resto de la oferta turística. En tal sentido, los tres destinos turísticos actuales, (Valdivia- Corral; Sietelagos y Cuenca del Lago Ranco) y sus áreas de influencia, están directamente asociadas a la “Selva Valdiviana”, manteniendo, a la vez, sus características de identidad.

Cabe destacar que dentro de las acciones concretas que se están realizando se encuentra:

El Fortalecimiento del sello regional Selva Valdiviana a través de la Red de Parques de la Selva

1. <sup>31</sup> Gobierno Regional de Los Ríos, Estrategia Regional de Desarrollo Regional 2009 - 2019, Región de Los Ríos. Valdivia, 2009, p. 53

Valdiviana, sean estos públicos o privados.

**Fortalecimiento de Productos Destino “Sietelagos”:** **Turismo Termal:** (iniciativa priorizada con recursos adicionales a esta Política) **Ruta internacional del Wellnes:** Terapias, alimentación saludable, certificación de calidad. **Turismo Aventura:** Certificación de calidad empresas, operadores y guías Turísticos. (Se iniciaran gestiones para apoyo en financiamiento y para contar con un Organismo Certificador que pueda certificar este tipo de actividades); **Turismo Rural, Pesca Recreativa, Turismo Binacional:** Fortalecimiento Circuito Binacional en torno a rutas priorizadas, trabajo con operadores y empresas vinculadas, generación de acciones de vinculación comercial y empresarial.

**Fortalecimiento de Productos Destino “Cuenca del Ranco”, Turismo Rural:** Ruta Huellas y Sabores del Ranco, Ruta Neruda, **Turismo indígena:** Ruta Mapuche – Huilliche **Pesca recreativa:** Certificación de calidad empresas, operadores y Guías Turísticos. (Se iniciaran gestiones para apoyo en financiamiento y para contar con un Organismo Certificador que pueda certificar este tipo de actividades.

### Patrimonio cultural ancestral

La Cuenca del Río Valdivia es coincidente con el hábitat ocupado por comunidades indígenas y sus organizaciones, en la cual se ha verificado la presencia de Comunidades y Organizaciones indígenas en comunas que se encuentran en el ámbito de aplicación territorial de las NSCA Cuenca Valdivia (Figura N° 2).

El anteproyecto establece niveles de calidad ambiental en la cuenca media inferior al río Valdivia, es decir, en los ríos San Pedro, Calle Calle, Cruces y Valdivia, con el objetivo de asegurar la conservación del patrimonio ambiental y la preservación de los ecosistemas hídricos. Las comunas que comprende este territorio son: Mariquina, Lanco, Los Lagos, Mafil, Loncoche y Valdivia. En la tabla N°1 se indican el número de comunidades y asociaciones Indígenas registradas en cada comuna, con datos obtenidos desde los Departamentos de Asuntos Indígenas de los municipios y de la CONADI:

Tabla N° 1. Comunidades y asociaciones indígenas de la cuenca del río Valdivia

COMUNA	INFORMACIÓN DE ASOCIACIONES Y COMUNIDADES INDIGENAS (MUNICIPIOS)	INFORMACIÓN DE ASOCIACIONES Y COMUNIDADES INDIGENAS (REGISTRO CONADI 2016)
LANCO	40	59
LOS LAGOS	10	5
MAFIL	11	12
MARIQUINA	52	59
VALDIVIA	54	50
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>185</b>

Adicionalmente, se podría definir dos territorios comunales afectados de manera parcial o indirecta: Comuna de Panguipulli (desagüe del Lago Riñihue) y Comuna de Loncoche (Región de La Araucanía).

Tabla N° 2. Territorios Indígenas de la cuenca del río Valdivia

COMUNA	COMUNIDADES CERCANAS AL RÍO	INFORMACIÓN DE ASOCIACIONES Y COMUNIDADES INDÍGENAS (REGISTRO CONADI)
PANGUIPULLI	2	161
LONCOCHE	Sin información	83

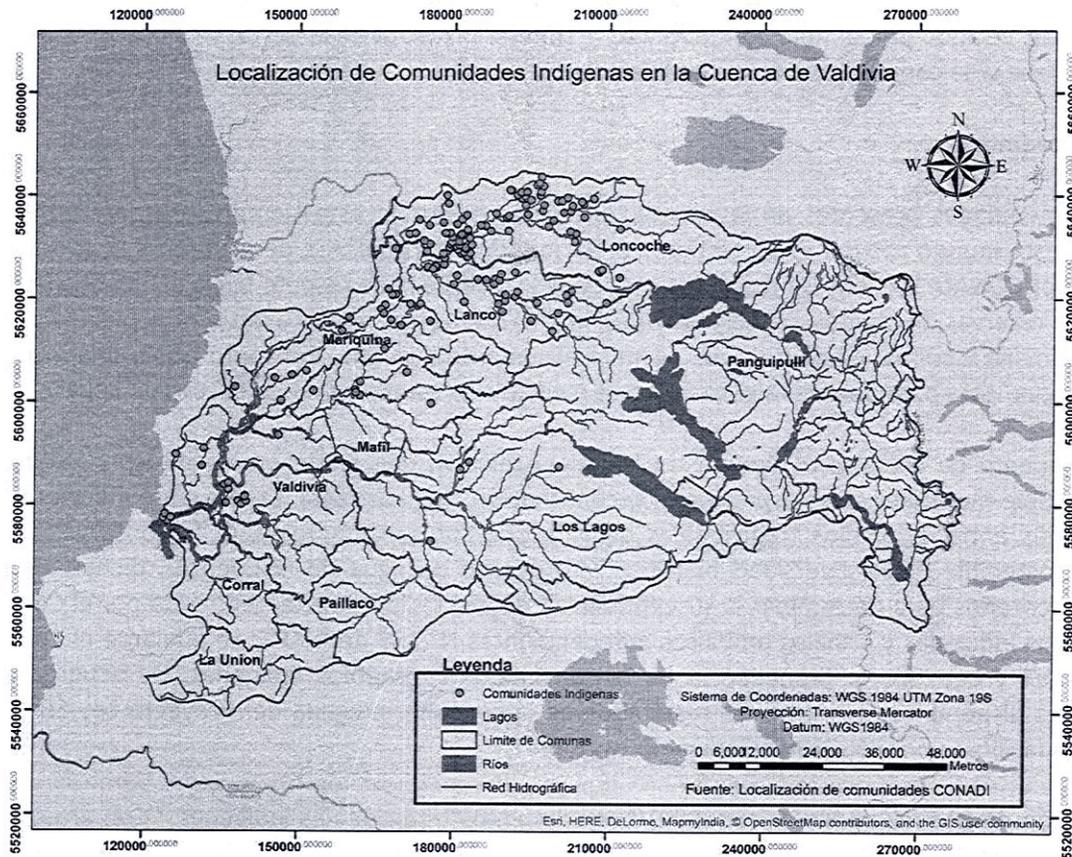


Figura N° 2 Ubicación de las comunidades indígenas presentes en las comunas pertenecientes a la parte media baja de la cuenca del río Valdivia, que corresponde al ámbito de aplicación territorial de las NSCA Cuenca Valdivia.

**Ejercicio de sus tradiciones y costumbres ancestrales, prácticas religiosas, culturales o espirituales:**

De acuerdo a la información recopilada en CONADI Región de Los Ríos, en las áreas de vigilancia de las NSCA Cuenca Valdivia, se desarrollan actividades propias de la cosmovisión por parte de las comunidades indígenas y locales colindantes, a través de manifestación y ejercicio de sus tradiciones y costumbres ancestrales de pueblo mapuche en torno al agua, tales como:

**Cosmovisión:**

Para las comunidades el agua constituye un elemento central en la vida cotidiana. Las aguas tienen Ngen o Ngenko, es decir, "dueños" seres espirituales que "cuidan" ciertos espacios. De acuerdo a su conocimiento ancestral, los Ngen fueron destinados al Mapu (tierra) con el fin de preservar la vida y bienestar de la naturaleza silvestre y la interrelación correcta con el pueblo Mapuche. Distinguen al Ngen-ko, como el espíritu del agua. Se le asocia con lugares acuáticos y húmedos acompañados de una abundante vegetación silvestre. Ellos residen en las aguas limpias en movimiento de vertientes, manantiales, ojos de agua, pozos, arroyos, canales, ríos, lagunas, lagos y mares. Ejerce el control de las aguas y lluvias, velando por su flujo continuo y su acción fertilizadora de la tierra, y cuidada por el ngenko, el agua tiene vida corriendo siempre sin detenerse.

#### **Rituales o ceremonias:**

Para las comunidades presentes en la cuenca, el mundo espiritual está siempre presente en la vida cotidiana y este mundo natural es un testimonio del mundo espiritual. Así, de acuerdo a la información entregada por CONADI Los Ríos, se manifiestan acciones y actitudes de respeto hacia el menoko (fuentes de agua con reservas de plantas medicinales), y el lewfü (río) agradeciendo a la tierra, y pidiendo salud, fertilidad humana y animal y bonanza que permita el sustento y la vida. Por tanto existe una ritualidad para sacar agua, para obtener algunas plantas medicinales asociados a los cuerpos de agua.

El reconocimiento de estos sitios demuestra la íntima relación que existe entre cultura y naturaleza, entre lo tangible-material y seres espirituales de connotación más abstracta. Es relevante mencionar que estas acciones entrañan estilos tradicionales de vida que son pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica (del cuerpo de agua de la Cuenca), dichos aspectos constituyen criterios para determinar la susceptibilidad de afectación directa, requerida por el Convenio Sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes N° 169 de la OIT, en adelante el Convenio 169 de la OIT y con ello la procedencia de la consulta a los pueblos indígenas. De acuerdo a los antecedentes disponibles, así como los resultados de la consulta indígena del Proyecto Ley SBAP y la información facilitada por la CONADI Región de Los Ríos.

La Convención de Diversidad Biológica (1992)/Conocimientos tradicionales indígenas: "Con arreglo a su legislación nacional, respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y promoverá su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas, y fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente;" (art. 8 j).

## Programa de Diagnóstico y de Monitoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus Tributarios

Desde el año 2014, la Universidad Austral de Chile ha realizado un monitoreo sistemático del Santuario de la Naturaleza y sus tributarios. Dicho monitoreo da cuenta, entre otros, de la calidad ambiental actual de estos ecosistemas, a través de información de calidad fisicoquímica del agua y sedimento, a través de información respecto del estado de la biota y del grado de recuperación de estos ecosistemas luego del desastre ecológico ocurrido, a partir del año 2004, en el Santuario de la Naturaleza.

Concordantemente con la información con la que cuenta el Ministerio del Medio Ambiente, obtenida, entre otros, a través del monitoreo sistemático realizado por la Dirección General de Aguas, los resultados del monitoreo realizado por la Universidad Austral de Chile, a partir del año 2014 en adelante, dan cuenta que en los sectores ubicados en el río Calle Calle y en el río Cruces en el sector de Ciruelos (comparable con las estaciones monitoras ubicadas aguas arriba de Rucaco, es decir estación DGA Ante Boca Toma) se ha conservado la calidad fisicoquímica histórica o natural reportada por la DGA desde el año 1987. Sin embargo, la zona ubicada en el río Cruces aguas abajo de Rucaco no ha logrado, a la fecha, recuperar las características fisicoquímicas históricas que mantenía hasta antes del año 2004.

A mayor abundamiento, se puede señalar que los estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, dan cuenta de la variabilidad interanual observada en los períodos de abril - julio de 2014, abril - diciembre de 2015 y enero - marzo de 2016<sup>32</sup>, de lo cual se destaca lo siguiente:

En el sector Ciruelos el pH se ha mantenido en un rango de 7,0-7,6; 6,6-8,1 y 8,2-8,8 para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. La conductividad ha registrado promedios de 25,5, 26,7 y 40 uS/cm para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. El oxígeno ha registrado una concentración promedio de 10,5; 10,6 y 8,7 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

En el sector Rucaco el pH se ha mantenido en un rango de 7,1-7,5; 6,4-8,2 y 8,1-8,2 para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. La conductividad ha registrado promedios de 56,3; 59,5 y 151,1 uS/cm para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. El oxígeno ha registrado una concentración promedio de 10,4; 11,3 y 8,9 mg/l para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

En el sector Punucapa el pH se ha mantenido en un rango de 7,2-8,1; 7,1-8,3 y 7,7-8,2 para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. La conductividad ha registrado promedios de 216,3; 591,2 y 2492,2 uS/cm para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. El oxígeno ha registrado una concentración promedio de 10,6; 10,3 y 8,1 mg/l para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

En el sector Calle Calle el pH se ha mantenido en un rango de 6,7-7,6; 7,1-9,3 y 7,8-9,0 para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. La conductividad ha registrado promedios de

---

<sup>32</sup> Promedios calculados a partir de los datos publicados en el Informe: Programa de Monitoreo Ambiental actualizado del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Abril de 2016), desarrollado por la Universidad Austral de Chile.

32,1; 31,8 y 44,2 uS/cm para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente. El oxígeno ha registrado una concentración promedio de 10,5; 11,0 y 8,8 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

Así mismo, estos estudios dan cuenta de la variabilidad interanual observada en los períodos de abril - julio de 2014 y abril – julio de 2015<sup>33</sup>, reportando lo siguiente:

En el sector Ciruelos la concentración de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) ha registrado promedios de 0,16 y 0,17 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El fosfato (P-PO<sub>4</sub>) ha registrado promedios de 0,004 y 0,003 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. La demanda biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ha registrado una concentración promedio de 1,4 y 1,7 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El cloruro ha registrado una concentración promedio de 2,4 y 3,7 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. Adicionalmente, el sulfato ha registrado una concentración promedio de 0,8 y 2,0 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente.

En el sector Rucaco la concentración de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) ha registrado promedios de 0,16 y 0,13 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El fosfato (P-PO<sub>4</sub>) ha registrado promedios de 0,003 y 0,003 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. La demanda biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ha registrado una concentración promedio de 1,1 y 1,3 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El cloruro ha registrado una concentración promedio de 7,7 y 12,3 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. Finalmente, el sulfato ha registrado una concentración promedio de 6,6 y 21,3 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente.

En el sector Punucapa la concentración de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) ha registrado promedios de 0,075 y 0,14 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El fosfato (P-PO<sub>4</sub>) ha registrado promedios de 0,002 y 0,002 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. La demanda biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ha registrado una concentración promedio de 1,0 y 1,4 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El cloruro ha registrado una concentración promedio de 63,2 y 354,7 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. Finalmente, el sulfato ha registrado una concentración promedio de 10,7 y 89,4 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente.

En el sector Calle Calle la concentración de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) ha registrado promedios de 0,058 y 0,062 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. El fosfato (P-PO<sub>4</sub>) ha registrado promedios de 0,003 y 0,003 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. La demanda biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ha registrado una concentración de 2,3 en el monitoreo de abril de 2014 y de 1,6 en el monitoreo de julio de 2015. El cloruro ha registrado una concentración promedio de 1,8 y 3,5 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. Finalmente, el sulfato ha registrado una concentración promedio de 2,8 y 1,5 mg/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente.

---

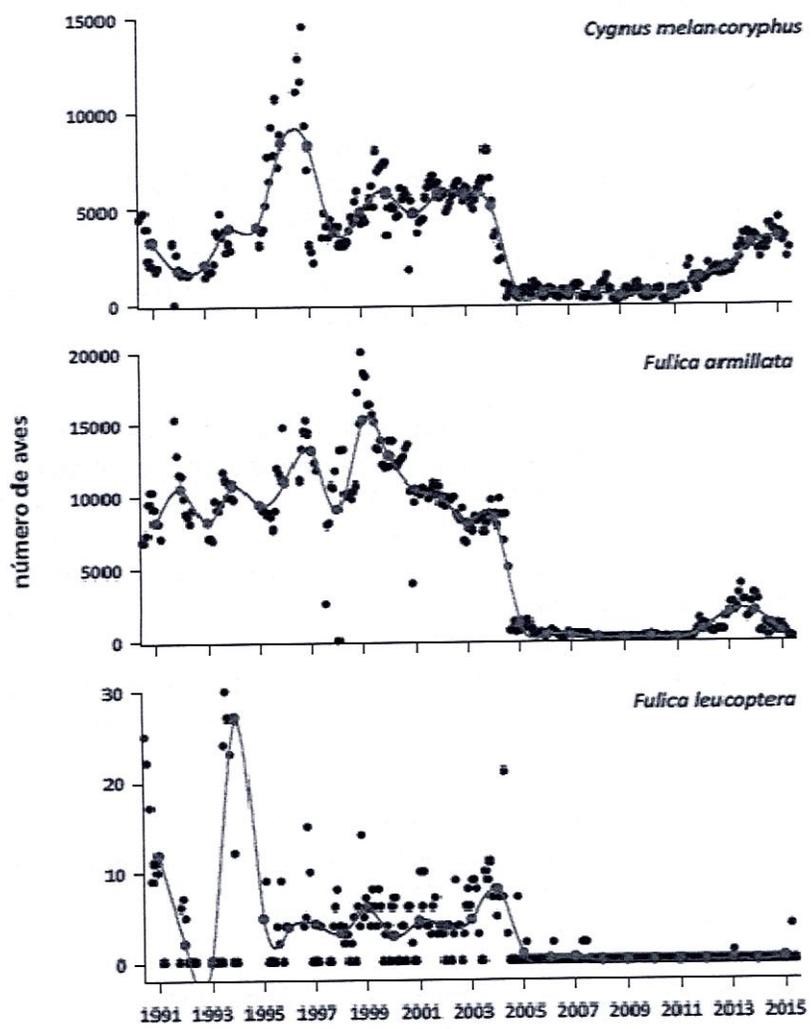
<sup>33</sup> Idem anterior.

Cabe destacar que el sector Punucapa se encuentra ubicado en el sistema estuarial, por lo que la variabilidad observada en sales, en gran medida es explicada por la variabilidad natural de un sistema estuarial debido a la intrusión salina.

Adicionalmente, en Ciruelos los Compuestos Órgano-Halogenados Adsorbibles (AOX) registraron concentraciones promedios de 8,6 y 6,7 ug/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. En Rucaco registraron concentraciones promedios de 23,7 y 41,5 ug/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. En Punucapa registraron concentraciones promedios de 20,4 y 84,1 ug/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente. En Calle Calle registraron concentraciones promedios de 18,6 y 5,0 ug/L para los períodos evaluados en los años 2014 y 2015 respectivamente.

Por otro lado, estos estudios destacan que durante el periodo comprendido entre el otoño del año 2014 y el invierno del año 2015, las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltas en el agua del área de estudio alcanzaron valores extremos de 136,1 - 10,7; 48,7 - 1,3 y 27,8 - 0,9  $\mu\text{g/L}$  respectivamente. Estando muy muy por debajo de las concentraciones que según Encina et al. (2011), producen efectos no observados (NOEC) en seis de las siete especies objetivo evaluadas por esos investigadores. Por lo tanto y en base a estos estudios, los autores concluyen que las actuales condiciones de calidad de agua en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios en referencia sólo para las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto, no presentan un riesgo ecológico para la mayor parte de organismos como los contemplados en el estudio de Encina et al. (2011).

Respecto del estado actual de la biota y de la recuperación de las especies que se vieron afectadas a partir del año 2004, se puede señalar que *Egeria densa* (Luchecillo), aunque todavía no alcanza el área de distribución que tenía antes del 2004, sigue siendo la especie más importante del lugar lo que ha permitido el regreso de los cisnes de cuello negro. Por otro lado, a través de una evaluación de las dinámicas temporales y espaciales de tres especies de aves herbívoras afectadas, el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), la Tagua (*Fulica armillata* Vieillot) y la Taguita (*Fulica leucoptera* Vieillot), se señala que a partir del año 2012 se observa un punto de quiebre para cisnes y taguas, los cuales muestran que las abundancias de cisnes y taguas comenzaron a ser significativamente más altas ( $p < 0,05$ ), en comparación a los años post 2004. Sin embargo, durante el Programa de Monitoreo, se detectó que las abundancias de cisnes de cuello negro siguen al alza. Sin embargo, durante el año 2015 la Tagua tuvo abundancias poblacionales significativamente más bajas ( $< 0,05$ ) que las de los años 2013 y 2014. Por el contrario la Taguita no ha mostrado ninguna evidencia de recuperación desde los cambios ambientales que ocurrieron en el área del HRC, durante el año 2004 (Figura3).



3685

Figura 3. Variabilidad temporal en el número de individuos de las aves herbívoras *Cygnus melancoryphus* (Cisne de cuello negro), *Fulica armillata* (Tagua) y *Fulica leucoptera* (Taguita). Los datos se extienden entre enero de 1991 y diciembre de 2015 inclusive. Los puntos rojos representan el promedio anual del número de aves observadas. 2014. Tomada de Informe del Programa de Montoreo Ambiental del Humedal Río Cruces y sus tributarios (abril 2016)

**Áreas de Vigilancia**

Sin perjuicio de que el ámbito de aplicación territorial de estas normas incluye sólo a ríos de la parte media y baja de la cuenca, es decir a los ríos San Pedro, Calle Calle, Cruces y Valdivia, en estos ríos se pueden reconocer distintos tipos de ecosistemas. Los cuales ha sido necesario identificar y caracterizar para poder cumplir con el objetivo de protección de estas normas en función de estas diferencias. Lo anterior, principalmente debido a que las diferencias en las condiciones hidrológicas, hidromorfológicas, hidrodinámicas de cada uno de estos sistemas y a la presencia de grandes sistemas reguladores adyacentes tales como el lago Riñihue y el mar, modulan la biota presente, su estructura comunitaria,

7808

3686 4

condicionando la presencia de ecosistemas diversos.

El río San Pedro corresponde a un sistema fluvial -limnético de grandes caudales con características de potamón, regulado principalmente por el lago Riñihue; el Río Calle Calle corresponde a un sistema de transición que desde su nacimiento, en la confluencia del río San Pedro con el río Quinchilca, hasta el sector de Pishuenco corresponde a un sistema fluvial limnético con características de potamon y desde el sector Pishuenco hasta el río Valdivia, corresponde a un sistema estuarial. Pudiendo observarse la cabecera o límite superior de la influencia de onda de marea en el sector de Pishuenco; así como los límites de la mezcla de agua dulce proveniente del río con el agua de mar en el sector de Chumpullo en Cuesta Soto (UACH, 2007 Codeproval, UCSC-UACH, 2007). El río Cruces, desde su nacimiento hasta el sector de San Luis de Alba puede caracterizarse como un sistemas fluvial limnético de tipo ritrón, de caudales muy variables dependientes directamente del nivel de precipitación y desde el sector de San Luis de Alba hasta su desembocadura en el río Valdivia se transforma en un sistema estuarial con un canal central y extensas planicies de inundación en la zona del Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo. Finalmente, el río Valdivia en toda su extensión hasta la bahía de Corral corresponde a un sistema estuarial.

Considerando que la determinación de las áreas de vigilancia tiene por objeto generar tramos homogéneos que permitan, por una parte un adecuado monitoreo y control de las NSCA de la cuenca Valdivia y por otro lado una adecuada gestión de la cuenca. Donde el monitoreo y control debe entregar información útil que pueda dar cuenta del estado ambiental del curso de agua y su cuenca de drenaje, en relación a las actividades antrópicas del tramo evaluado. Las áreas de vigilancia fueron establecidas en consideración a las características hidrológicas, hidromorfológicas e hidrodinámicas de los distintos ecosistemas presentes en la cuenca y de las actividades antrópicas desarrolladas en la cuenca, principalmente considerando las descargas de fuentes puntuales.

En este contexto, el establecimiento de los límites de las áreas de vigilancia, así como los puntos de control establecidos en cada una de las áreas de vigilancia, deben considerar las intervenciones antrópicas de ese tramo o área de drenaje, sean estas puntuales o difusas, deben considerar las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas, las condiciones hidromorfológicas, las condiciones fisicoquímicas de la misma, los usos de la cuenca, la disponibilidad de información histórica de la calidad, la disponibilidad de las estaciones monitoras y garantizar su acceso permanente.

De esta forma las áreas de vigilancia con características limnéticas deben ser controladas en el tramo final de cada área de vigilancia, ya que por tratarse de ríos, en los cuales el flujo es unidireccional la calidad del agua del tramo final del área de vigilancia es representativa del área de drenaje de esa área de vigilancia. En cambio las áreas de vigilancia, tales como las áreas de vigilancia RCCII, RCCIII, RV y SNCA que corresponden a áreas de vigilancia ubicadas en el Sistema Estuarial de los río Cruces – Calle Calle – Valdivia, podrán ser monitoreadas en el punto más representativo del área considerando características propias del área, factibilidad de acceso al monitoreo etc. Lo anterior considerando que en un estuario la dirección y velocidad de la corriente es modulada por el ingreso de la marea y donde, desde la cabecera a la boca del estuario, el agua proveniente del mar es diluida por el agua proveniente del río.

Por lo anteriormente señalado, las áreas de vigilancia de la NSCA de la cuenca Valdivia (Figura N°4), se construyeron usando los geoprocursos disponibles en ArcGIS 10.3 con la extensión Spatial Analyst. La

identificación de las áreas utilizó el Modelo Digital Global de Elevación Modelo de Emisión Térmica y Reflectora (ASTER) Versión 2 (GDEM V2), el cual está disponible para su descarga desde octubre de 2011. Una vez identificadas las áreas de vigilancia, se empleó la cartografía de cuencas de la Dirección General de Aguas (DGA) y el inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el cual incorpora ríos, humedales, lagos y lagunas. Como información complementaria se utilizó cartografía digital de las coberturas de suelo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) modificadas por el MMA; información de las emisiones de descargas puntuales; información de fuentes difusas a partir del Catastro de CONAF y la ubicación de las estaciones monitoras de la DGA. Toda esta información permitió generar los análisis espaciales (geoprocesos) necesarios para identificar cada una de las áreas de vigilancia.

Así mismo, en un trabajo en terreno realizado en conjunto con la Dirección General de Aguas (DGA), durante el año 2016 y 2017 se recorrió la cuenca con el objetivo de mejorar la precisión de las coordenadas de inicio y fin de las áreas de vigilancia, lo que no cambia las áreas de vigilancia previamente determinadas, sino que al utilizar instrumentos de mejor resolución, le otorga mayor exactitud a las coordenadas geográficas (UTM WGS 84 – Huso 18).

En la tabla N°3, se señala el detalle de cada área de vigilancia señalando sus límites y coordenadas (UTM WGS 84 – Huso 18), así como el punto específico de control o medición, es decir señalando las coordenadas de la estación monitora de la red de control (EMO).

Áreas de Vigilancia (AV) Normas Secundarias de Calidad Ambiental Cuenca Valdivia

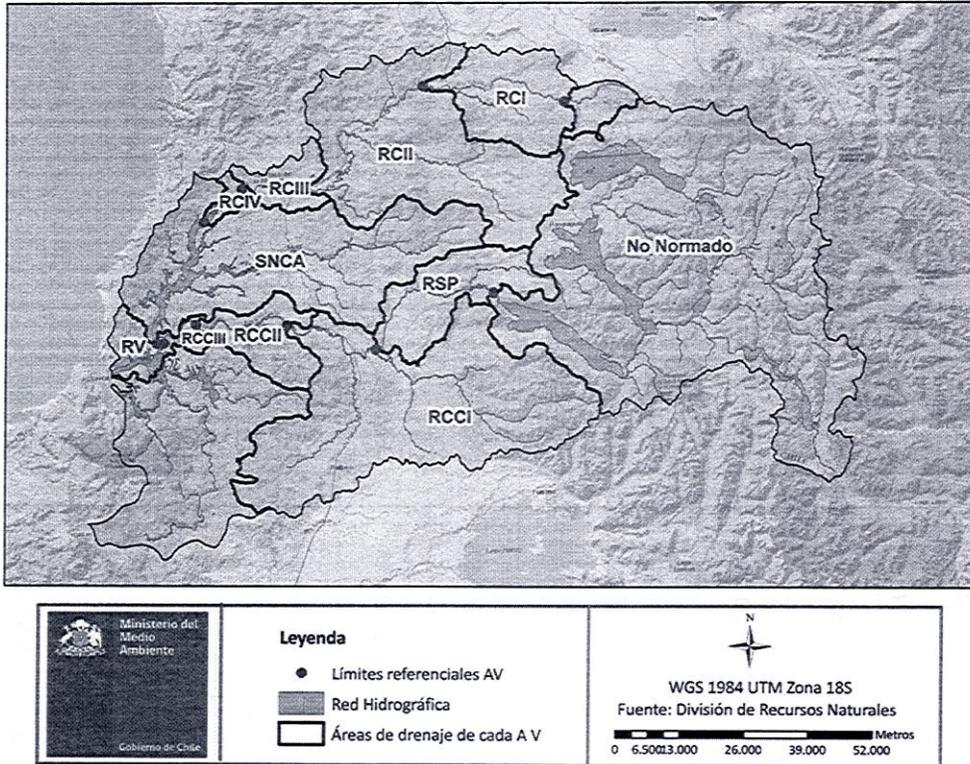


Figura N° 4. Áreas de vigilancia, de acuerdo a lo establecido en el D.S N°1/2015 MMA. En puntos rojos se marcan las coordenadas referenciales de inicio y término de cada una de las áreas de vigilancia

**Tabla N° 3.** Red de Control. Áreas de vigilancia y estaciones de monitoreo (EMO), de acuerdo a lo establecido en el D.S. N°1/2015 MMA (coordenadas en UTM WGS 84 – Huso 18).

Cauce	Área de Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM referenciales de inicio y termino		Estación Monitora (EMO) Coordenadas UTM		
			N	E	N	E	Código BNA
Río Cruces	RCI	De: Naciente río Cruces	5.634.252	733.256	5.639.216	704.953	10130002-1
		Hasta: Río Cruces en Loncoche	5.639.216	704.953			
Río Cruces	RCII	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	RCIII	Hasta: 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	RCIV	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			

3689

Río Valdivia	RV	De: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.480	649.650	5.588.590	648.360	10144001-k
		Hasta: Río Valdivia en desembocadura bahía de Corral	5.585.128	638.570			
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	RCCI	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 en Balsa San Javier	5.592.245	674.754			
Río Calle Calle	RCCII	De: Río Calle Calle en 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	RCCIII	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			

3690



## Criterios y herramientas para la determinación niveles de calidad ambiental

### Parámetros y Valores Normados

Como se ha dicho, el objetivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental 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”. Para dar cumplimiento a este objetivo, estas normas establecen estándares de calidad ambiental para las 21 parámetros que en su conjunto permitirán mantener el estado trófico, las condiciones hidroquímicas, las condiciones de oxigenación de la cuenca y proteger estos ecosistemas de efectos letales y subletales generados por metales y AOX. Contribuyendo a mantener las condiciones fisicoquímicas del agua que hacen posible la evolución 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. En este contexto cabe destacar, que el equilibrio ecológico y la belleza escénica han potenciado el desarrollo económico y social de la Región de Los Ríos.

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, características fisicoquímicas, únicas y escasas a nivel nacional. Cabe destacar que la cuenca del río Valdivia es una de las cuencas con la mayor biodiversidad de fauna íctica nativa de Chile. Por lo que la mantención de las características fisicoquímicas históricas del agua de la cuenca 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 tal motivo, uno de los criterios utilizados para establecer los valores a normar es **mantener la calidad histórica de la cuenca del río Valdivia**, 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.

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, 2000 propone utilizar los valores de referencia, es decir los valores históricos proponiendo 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.

Considerando que existen áreas o tramos de la cuenca que 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, 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 y Encina 2004, 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 (1998).

A mayor abundamiento respecto de áreas intervenidas, 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 hecho de acuerdo a los antecedentes entregados por Holon, 2014, el resultado de los análisis estadísticos multivariados y univariados realizados permite establecer que en columna de agua, los parámetros AOX, Cloruros, Conductividad, Sodio y Sulfatos presentaron concentraciones significativamente superiores aguas debajo 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 debajo de la descarga durante la época estival. Así mismo, según la información reportada por la Universidad Austral de Chile, 2016 a la fecha sólo existen 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*) muestra una tendencia a la recuperación a partir del año 2012, la Tagua (*Fulica armillata*) a partir del año 2008, sin embargo la Taguita (*Fulica leucoptera*), especie que casi desapareció del área en el año 2005, no ha presentado evidencias de recuperación.

Por lo anteriormente señalado, para determinar los niveles de calidad ambiental de las NSCA cuenca Valdivia, se realizó una revisión de normas internacionales que tienen como objetivo la protección de la biota acuática, análisis de las características fisicoquímicas históricas de la cuenca, Evaluación de Riesgo Ecológico, revisión de estudios de indicadores biológicos. Información con la cual se elaboró la Tabla de Clases de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia.

#### Revisión de Normas Internacionales

Durante el proceso de elaboración del D.S. N° 1 del 14 de enero de 2015 del MMA, se realizó una exhaustiva revisión de normas internacionales que tienen por objeto proteger ecosistemas acuáticos con el objeto de revisar en la legislación comparada las metodologías y estrategias utilizadas en el mundo para proteger ecosistemas acuáticos. A continuación se entrega un detalle de las normas internacionales revisadas.

Tabla N°4. Normas internacionales de protección de biota acuática revisadas para el proceso de elaboración de las NSCA de la cuenca Valdivia.

País	Norma Internacional
Unión Europea	DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por

	la que se modifica la Directiva 2000/60/CE
República Federal de Alemania	DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE
Reino de España	Real Decreto 60/2011 SOBRE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL EN EL ÁMBITO DE LA POLÍTICA DE AGUAS
República de Italia	DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE
Países Bajos	Decreto sobre requisitos de calidad y control del agua 2009 – N° BWBR0027061
Suiza	Ordenanza de Protección de Agua 814.201 (agosto de 2011)
Suecia	DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE  DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
República Argentina	Decreto 831/93. Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos. Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas salobres superficiales.
Australia y Nueva Zelanda	Directrices para la calidad del agua dulce y marina, octubre 2000 Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, October 2000
República Federativa de Brasil	Res. N° 357, del 17 de marzo de 2005. Publicado en el DOU N°53, de 18/03/2005, págs. 58-63
Confederación de Canadá	Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life
Estados Unidos de Norteamérica	Ley de Agua Limpia (CWA, por sus siglas en inglés). Sección 304 (a) Criterios nacionales recomendados para la calidad del agua
Japón	Normas de Calidad Ambiental para la Contaminación del Agua
Reino Unido	DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE

Tabla N° 5. Niveles de calidad ambiental establecidos en distintas normas internacionales cuyo objetivo

es la protección de la biota acuática.

Metal	Unidad	País	Límite
Hierro	ug/l	Slovaquia	500
Hierro	ug/l	Bulgaria	500
Hierro	ug/l	Finlandia	500
Hierro	ug/l	Canadá	300
Hierro	ug/l	USEPA	1000
Hierro	ug/l	Argentina	1370
Manganeso	ug/l	Nueva Zelanda	1200 (99%)
Manganeso	ug/l	Nueva Zelanda	3600 (80%)
Manganeso	ug/l	Argentina	800
Nitrato	ug/l	Nueva Zelanda	17 (99%)
Nitrato	ug/l	Brasil	40
Aluminio	ug/l	USEPA	87-750
Cobre	ug/l	Gran Bretaña	5-112
Cobre	ug/l	CEE y Suiza	100
Zinc	ug/l	Polonia	200
Zinc	ug/l	Gran Bretaña	500
Zinc	ug/l	Canada	30
Zinc	ug/l	Argentina	30
Zinc	ug/l	Brasil	18
Zinc	ug/l	Japon	30
Cromo	ug/l	EPA	40
Cromo	ug/l	España	40
Cromo	ug/l	Nueva Zelanda	10 (99%)
Cromo	ug/l	Brasil	50

### Incorporación de Evaluación de Riesgo Ecológico

El proceso normativo incorporó como herramienta complementaria la Evaluación de Riesgo Ecológico<sup>34</sup>, 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

<sup>34</sup> 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, Región de Los Ríos (UCT, 2009);

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 (UCT, 2010);

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

las especies expuestas a determinados contaminantes (parámetros fisicoquímicos). Todo ello, con el objetivo de proteger al ecosistema en su conjunto y de evitar sucesos como el registrado en el año 2004 con la comunidad de cisnes del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. 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.

En este contexto, es conveniente destacar que el concepto, denominado Evaluación de Riesgo Ambiental, ha sido desarrollado y utilizado en los últimos 20 años por distintas organizaciones y servicios con competencia ambiental en países de la Comunidad Europea y Estados Unidos (EC 1991, USEPA 1998). Desde los años 90 la práctica totalidad de la normativa europea relacionada con la contaminación se basa en la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos. Así mismo, es una herramienta de gestión ambiental ampliamente utilizada en los países miembros de la OECD, en Argentina y Brasil, tanto para la aprobación de nuevos productos Químicos, para la aplicación de productos fitosanitarios, como para la evaluación de impacto ambiental de las actividades económicas y para la elaboración de normas de calidad ambiental, ya que involucra una sólida base científica para la toma de decisiones con un alto nivel de confianza, ya que a través de métodos probabilísticos y factores de seguridad y/o de evaluación puede integrar la variabilidad y la incertidumbre propia de este tipo de análisis<sup>35</sup>

Básicamente la evaluación de riesgos ecológicos se define como la determinación de la probabilidad de que un sistema ecológico sufra un efecto adverso (PNUMA/IPCS, 1999) o como el proceso de caracterización y estimación de la probabilidad de que hayan ocurrido estén ocurriendo o vayan a ocurrir efectos adversos en un sistema ecológico debido a actividades humanas (Cairns 1980, Suter 1995, USEPA 1998).

En concreto, el ERE consiste en una serie de bioensayos (ensayos con organismos en laboratorio), sometidos a diferentes concentraciones de un RIL o tóxico conocido, de manera de determinar los límites de tolerancia de cada especie frente cada compuesto en condiciones de laboratorio estandarizadas. En el caso de los estudios de ERE desarrollado para la NSCA de Valdivia se utilizaron especies para realizar los bioensayos, de las cuales 6 fueron especies nativas, 1 local y 4 estandarizadas (de uso internacional), entre las que contaron microalgas, peces, plantas y macroinvertebrados. Con este universo de especies, la fijación del valor norma, presenta un sólido respaldo desde el punto de vista técnico y ecológico, pues lo que se evalúa con el ERE es el "efecto" de un contaminante sobre un organismo. Mucho más que si dicho valor sólo se hubiese fijado con la estadística físico-química de la cuenca.

### **Establecimiento de Tablas de clases de Calidad**

---

<sup>35</sup> El riesgo ecológico se determina en términos de la razón entre la concentración ambiental esperada (en este caso conocido a través del monitoreo de la calidad del agua) y la concentración sin efecto ecológico (en este caso conocido a través de bioensayos) en el escenario más desfavorable. Por lo tanto, permite determinar los niveles de calidad ambiental en virtud de la exposición histórica a la cual han estado expuestas las comunidades ecológicas y en virtud de los efectos que estas exposiciones producen sobre la biota.

Las tablas de Clases de Calidad, corresponden a una clasificación fisicoquímica del agua, de acuerdo a niveles de concentración de elementos o compuestos en relación al estado ecológico. La determinación de los límites de cada clase de calidad se realizó sobre la base de los antecedentes disponibles en el expediente de las NSCA cuenca Valdivia y en información complementaria, tales como el análisis estadístico de la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca del río Valdivia, desde el año 1987 al 2012, la Evaluación de Riesgo Ecológico (agudo y crónico), la utilización de Índices Biológicos, especialmente considerando las características fisicoquímicas que se asocian a la presencia de especies indicadoras de buena calidad de agua (familias sensibles 9 y 10) y de especies indicadoras de mala calidad de agua (familias tolerantes 3 y 4), de estudios específicos por parámetros (valores de nutrientes para mantener el estado trófico del sistema), la revisión de normas internacionales para la protección de biota acuática (como referencia), entre otras.

La Tabla de Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia presenta valores de concentración para los distintos parámetros normados de acuerdo a las siguientes clases:

Clase 1 "Excelente": Corresponde a la clase de referencia de la cuenca, la cual representa el mejor estado de la cuenca.

Clase 2 "Óptima": Las concentraciones establecidas para esta clase se consideran óptimas para la conservación y preservación del ecosistema.

Clase 3 "Media": Las concentraciones establecidas en esta clase representan a un ecosistema con perturbación antrópica, pero corresponde a un sistema con condiciones ambientales medianamente aceptables.

Clase 4 "Mala": Las concentraciones establecidas en esta clase produce daños en la estructura y funciones del ecosistema o en algunas especies en particular. Por tal motivo, corresponde a un sistema con condiciones ambientales inaceptables.

Clase 5 "Muy Mala": Concentraciones ambientalmente inaceptables.

TABLA DE CLASES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA						
		Clase 1 Excelente	Clase 2 Óptima	Clase 3 Media	Clase 4 Mala	Clase 5 Muy Mala
Parametro	Unidad	P5 (todas Est.)/P50 (Est.Ref.)	ERE-IB-P80-NI		ERE-IB-P99	
pH	Un. de pH	6,5 < pH > 7,5	6,3 < pH > 8 Río	6,2 < pH > 8,5	6,0 < pH > 9,0	pH < 6,0
			6,3 < pH > 8,5 Estuario	6,2 < pH > 8,7		pH > 9,0
Conductividad	umhos/cm	24,50	70 (IB/CC)	116,00	162 (IB)	> 162
Oxígeno	mg/l	11,60	9 (IB/CC) Río	7	5 (EE)	< 5
			8 (IB/CC) Estuario	7		
Cloruro	mg/l	1,77	5,6 (IB)	11,70	17,8 (IB)	> 17,8
Sulfato	mg/l	0,30	3 (IB)	14,00	26,2 (IB)	> 26,2
Calcio	mg/l	5,23	5,6 (IB)	15,90	26,2 (IB)	> 26,2
Magnesio	mg/l	1,80	4,7 (CC)	9,85	15*	>15
Potasio	mg/l	1,79	2,6 (CC)	3,80	5*	> 5
Sodio	mg/l	2,20	5,7 (CC)	15,70	25,7 (IB)	> 25,7
Aluminio	mg/l	0,01	Total 0,22 (ERE 70/ IB)	0,56	Total 0,9 (ERE 40)	> 0,9 Total
			Disuelto 0,03 (ERE 70)	0,07	Disuelto 0,11 (ERE 40)	> 0,11 Disuelto
Cromo	mg/l	0,01	0,04 (NI)	0,06	0,07	> 0,07 Total
Cobre	mg/l	0,001	Total 0,03 (ERE 70)	0,04	Total 0,043 (ERE 40)	> 0,043 Total
			Disueltos 0,003 (ERE 70)	0,004	Disuelto 0,005 (ERE 40)	> 0,005 Disuelto
Hierro	mg/l	0,01	Total 0,39 (ERE 70/IB)	0,58	Total 0,76 (ERE 40/ IB)	> 0,76 Total
			Disueltos 0,062 (ERE 70)	0,10	Disuelto 0,12 (ERE 40)	> 0,12 Disuelto
Mn	mg/l	0,004	Total 0,34 (ERE 70)	0,84	Total 1,34 (ERE 50)	> 1,34 Total
			Disueltos 0,01 (ERE 100) ≤ 0	0,05	Disuelto 0,094 (ERE 50)	> 0,094 Disuelto
Zinc	mg/l	0,001	Total 0,023 (ERE 70)	0,06	Total 0,09 (ERE 50)	> 0,09 Total
			Disueltos 0,016 (ERE 70)	0,02	Disuelto 0,032 (ERE 50)	> 0,032 Disuelto
Nitrato	mg/l N(NO3-)	0,01	0,20	0,55	0,9 (IB m)	> 0,9
Fosfato	mg/l P(PO4-3)	0,003	0,03	0,06	0,09	> 0,09

Tabla N° 6. Niveles de calidad ambiental establecidos en distintas normas internacionales cuyo objetivo es la protección de la biota acuática.

**Tabla N° 7.** Red de Control. Parámetros y niveles de calidad ambiental por Área de Vigilancia, de acuerdo a lo establecido en el D.S N°1/2015 MMA.

N°	Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCCI	RCC II	RCC III	RV	RC I	RC II	RC III	RC IV	SNCA
1	pH	-	6,3-8,0	6,3-8,0	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,0	6,3-8,0	6,3-8,0	6,3-8,0	6,3-8,5
2	Oxígeno disuelto	mg/L	>9	>9	>9	>8	>8	>9	>9	>9	>9	>8
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	70	70	-	-	-	70	70	70	70	-
4	Sulfato	mg/L	3	3	-	-	-	3	7	7	7,8	-
5	Sodio	mg/L	4,6	4,6	-	-	-	4,4	8,3	8,3	7,9	-
6	Cloruro	mg/L	5,3	7,1	-	-	-	6,4	7,6	7,6	8,1	-
7	DBO	mg/L	2	2	2	2	3	2,5	2,5	2,5	2,5	3
8	Aluminio (total)	mg/L	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,22	0,22
9	Aluminio (disuelto)	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
10	Cobre (total)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
11	Cobre (disuelto)	mg/L	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

3698



## pH

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 amoníaco. 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 ( $\text{NH}_3$ ), y una forma ionizada, el ión amonio  $\text{NH}_4^+$ . Existe una gran cantidad de trabajos que analizan los efectos del nitrógeno amoniacal sobre los organismos acuáticos refiriéndose particularmente a la relación directa entre el pH y la toxicidad. La concentración de amoníaco aumenta con el incremento del pH<sup>36</sup>, así, el pH 8,5 favorece la formación de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) - compuesto muy tóxico para la biota acuática (Figura X)- a partir de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), desplazando el equilibrio de la ecuación, y el pH 6,3 solubiliza metales, volviéndolos más biodisponibles y por tanto tóxicos, tal como lo demuestra la Figura N° 5.

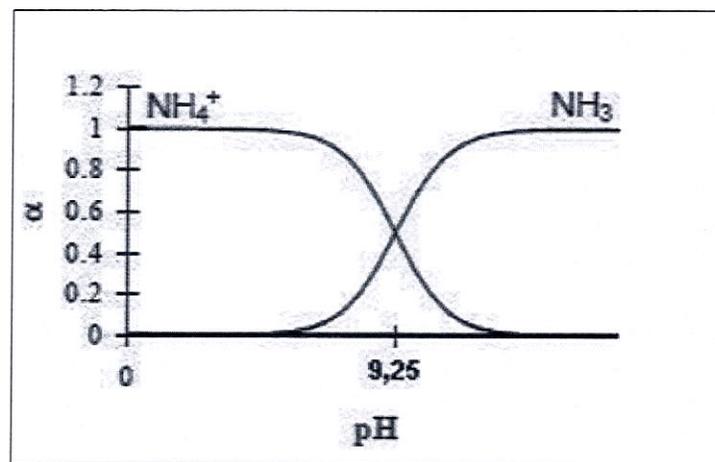


Figura N° 5. Equilibrio amonio-amoniaco.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de pH con una tendencia central que fluctúan entre 6,9 y 7,2. Asimismo, la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 reporta rangos que fluctúan entre 6,4 y 8,8

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 2006/44/CE<sup>37</sup>).

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 (CCME, 2007; USEPA, 1986), mientras el rango de pH para aguas marinas y

<sup>36</sup> Subsecretaría de recursos hídricos de la Nación, Argentina, 2004. Desarrollo de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a amoníaco.

<sup>37</sup> DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces

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 (CCME, 2007). Japón<sup>38</sup> establece un rango de pH de 6.5 a 8.5 con el objetivo de conservar recursos naturales propios de ríos y lagos, mientras que para aguas costeras establece un rango de 7.8 a 8.3.

En consecuencia, la razonabilidad del parámetro en cuestión se encuentra totalmente salvaguardada desde que el propio muestreo histórico da cuenta de que los niveles normados son totalmente coherentes con la realidad de la cuenca y la información disponible.

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto (DO) es el parámetro más fundamental en agua. Siendo esencial para el metabolismo de organismos acuáticos aeróbicos (CCME, 2007)<sup>39</sup>

La cuenca del Río Valdivia se destaca por sus buenas condiciones de oxigenación, con características únicas y escasas a nivel nacional<sup>40</sup>. De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de tendencia central que fluctúan entre 9,5 y 10,5 mg/L. Asimismo, la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 reporta valores de concentración promedio que fluctúan entre 8,1 y 11,3 mg/L.

Estos niveles de oxigenación se asocian a una alta biodiversidad y especialmente a la alta presencia de especies de fauna íctica nativa y a la presencia de especies microendémicas (endémica de una zona de la cuenca) exclusivas de esta cuenca. Específicamente, respecto a la riqueza de peces, las especies presentes en la cuenca representan a un 62,5% de las especies a nivel nacional (Vila, 2006), un 70% de las especies presentes en la cuenca son endémicas de Chile y 17 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación, 7 de ellas consideradas 'en peligro de extinción'. Entre éstas especies destaca el *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, 2006) y *Percilia gillissi* (carmelita) especie endémica del centro-sur de Chile.

Según Habit & Victoriano, 2012, la cuenca del Río Valdivia albergaría un total de 18 especies de fauna íctica nativa, es decir, se encuentra entre las cuencas más ricas en peces nativos de nuestro país. En este sentido, la Figura N° 5 da cuenta de especies que utilizan la cuenca protegida como hábitat.

---

<sup>38</sup> 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>

<sup>39</sup> CCME, 2007. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DISSOLVED OXYGEN (Freshwater).

<sup>40</sup> Propuesta de Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas Hídricos de Chile. García, 2012, Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile (fojas 3264 al 3268 del expediente).

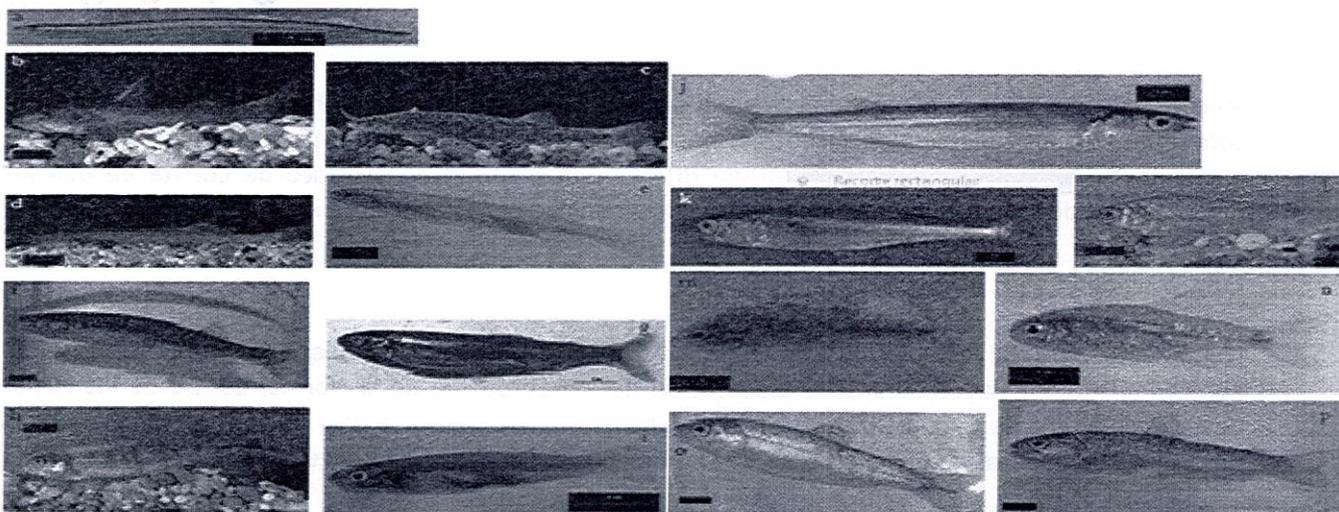


Figura N° 5. Especies de fauna íctica de la cuenca<sup>41</sup>.

Las concentraciones de oxígeno normadas fluctúan entre 8 a 9 mg/L, dependiendo si se trata de un área de vigilancia con características limnéticas o si se trata de un área de vigilancia con características estuariales. Lo anterior, considerando que la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que aumenta la clorinidad.

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 9,5mg / L y para la biota de aguas fría en otros estadios de desarrollo es de 6.5mg / L (CCME, 2007; USEPA, 1986). La concentración mínima recomendada de DO en aguas marinas y estuarinas es de 8,0 mg / L (CCME, 2007).

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

La Directiva 2006/44/CE<sup>42</sup> 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).

<sup>41</sup> Especies presentes en el río San Pedro: a) *Geotria australis* (Foto: Richard Mayden); b) *Diplomystes camposensis* (Foto: Germán Montoya); c) *Trichomycterus areolatus* (Foto: Germán Montoya); d) *Hatcheria macraei* (Foto: Germán Montoya); e) *Galaxias maculatus* (Foto: Germán Montoya); f) *Galaxias platei* (Foto: Germán Montoya); g) *Aplochiton taeniatus*; h) *Aplochiton zebra* (Foto: Germán Montoya); i) *Brachygalaxias bullockii* (Foto: Gloria Quevedo); j) *Basilichthys australis* (Foto: Germán Montoya); k) *Odontesthes mauleanum* (Foto: Roberto Cifuentes); l) *Percichthys trucha* (Foto: Germán Montoya); m) *Percilia gillissi* (Foto: Germán Montoya); n) *Cheirodon australe* (Foto: Germán Montoya); o) *Oncorhynchus mykiss* (Foto: Germán Montoya); p) *Salmo trutta* (Foto: Germán Montoya).

<sup>42</sup> DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

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

### Conductividad

Los valores para CE establecidos en el D.S. N°1/2015, MMA, se establecieron sobre la base de antecedentes compilados durante la elaboración del Anteproyecto de la Norma, dentro de los cuales destaca el estudio de García, 2012<sup>43</sup>, el cual expone de manera gráfica la distribución y gran variabilidad de la CE en las cuencas de Chile, en base a datos de la Dirección General de Aguas y otros estudios.

Dicho estudio resalta que, en el contexto nacional, la cuenca del Río Valdivia es una de la que presenta las aguas con menor CE del territorio, fluctuando entre 0 y 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que se ajusta al valor de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , antes mencionado (Figura N° 6).

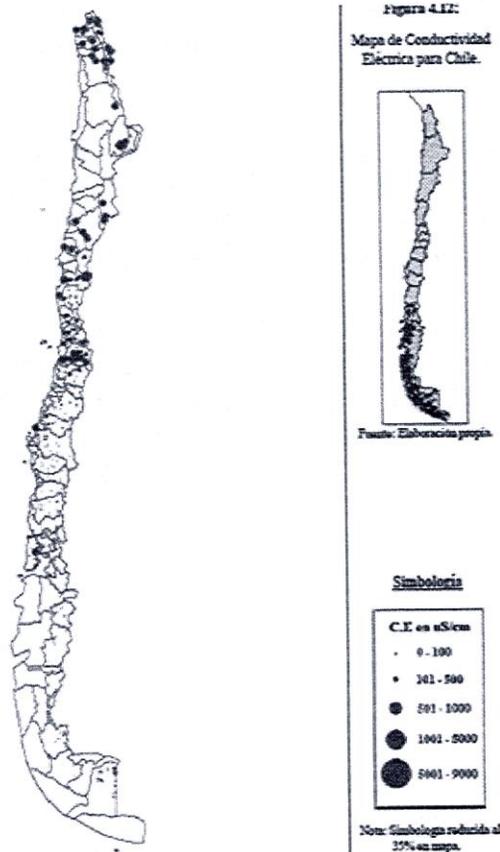


Figura N° 6. Mapa de conductividad de las principales cuencas de Chile<sup>44</sup>.

<sup>43</sup> Propuesta de Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas Hídricos de Chile, Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, mencionado en el informe técnico de la Norma, a fojas 3264 a 3268.

<sup>44</sup> Ídem.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de tendencia central <sup>45</sup> que fluctúan entre 44 y 65  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para las estaciones representativas de ecosistemas límnicos. Asimismo, la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 reporta valores similares con excepción del río Cruces sector Rucaco.

Por lo que el valor normado de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tiene como objetivo mantener las características fisicoquímicas históricas de la cuenca, considerando que se trata de características únicas y escasas, que se relacionan con la alta biodiversidad y endemismo característico de esta cuenca.

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.

Cabe destacar que para ecosistemas relevantes con un alto valor de conservación, tales como los ecosistemas presentes en la cuenca del río Valdivia ANZECC & ARMCANZ, 2000 proponen utilizar los valores de referencia, es decir los valores históricos. Proponiendo el percentil 80 de la distribución de los datos. Así mismo señala que la conductividad para zonas de corrientes de tierras altas variará dependiendo de la geología de la cuenca. Valores bajos se encuentran en regiones alpinas (30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y tierras altas orientales (55  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y valores altos (350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en los ríos NSW. Los ríos de Tasmania son mediano (90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

En consecuencia, la razonabilidad del parámetro en cuestión se encuentra totalmente salvaguardada considerando que el propio monitoreo histórico de la cuenca da cuenta que los niveles normados son totalmente coherentes con la realidad de la cuenca y la información disponible.

### **Sulfato, Sodio y Cloruro**

Al igual como se menciona anteriormente los niveles de calidad ambiental para el Sodio ( $\text{Na}^+$ ), el Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y el Cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), fueron fijados en la NSCA de Valdivia conforme las características de la cuenca y las condiciones a las cuales se adapta la flora y fauna acuática asociada a ésta. Nuevamente han de considerarse los bajos valores de Sulfato y Cloruro en esta cuenca en lo que respecta al contexto nacional (Figura N° 7), así como la data de los últimos años respecto de las condiciones naturales de esta cuenca.

---

<sup>45</sup> La tendencia central se expresa a través de la media móvil, filtro lineal destinado a eliminar las variaciones estacionales.

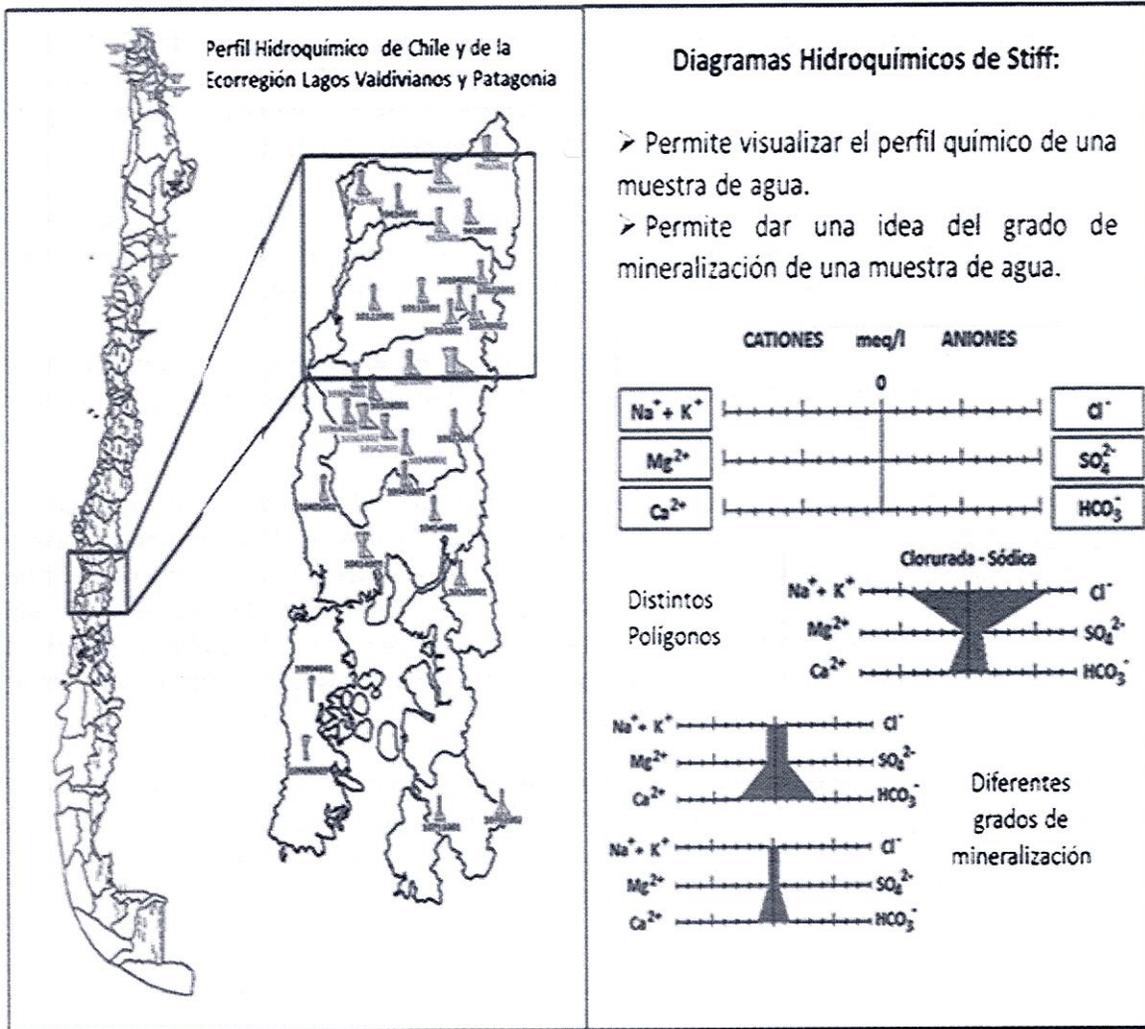


Figura N° 7. Principales características hidroquímicas de las cuencas de Chile (en rojo diagrama de stiff con escala a 70meq/L, en amarillo diagrama de stiff 30 meq/L)<sup>46</sup>.

Las concentraciones normadas **para sulfato** fluctúan entre 3,0 y 7,8 mg/L en la cuenca, lo que representa la mantención de las características hidroquímicas en las áreas de vigilancia del río San Pedro y en la parte alta de la subcuenca del río Cruces. Considerando la recuperación a niveles más bajos en las áreas de vigilancia del río Cruces que ya se encuentran intervenidas.

<sup>46</sup> Los gráficos de Stiff están compuestos por tres ejes horizontales y sus escalas, cada uno de ellos uniendo un catión (carga +) y un anión (carga -) y el ancho de la figura representa la concentración de cada compuesto.

Fuente: García T., 2012. *Propuesta de Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas Hídricos de Chile*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, citado en el informe técnico de la NSCA de Valdivia (fojas 3264 al 3268 del expediente).

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de sulfato con una tendencia central que fluctúan entre 0,7 y 1,3 mg/L para las estaciones representativas de ecosistemas límnicos. Asimismo, la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 reporta valores similares, con excepción del río Cruces sector Rucaco.

Por lo que el valor normado de 3 mg/L, tiene como objetivo mantener las características fisicoquímicas históricas de la cuenca, considerando que se trata de características únicas y escasas, que se relacionan con la alta biodiversidad y endemismo característico de esta cuenca.

Por otro lado, el valor normado entre 7,0 a 7,8 mg/L en las áreas de vigilancia del río cruces (desde el sector de Rucaco hasta San Luis de Alba), tiene como objetivo avanzar hacia la recuperación de un área que se encuentra actualmente intervenida. En este contexto se destaca que gran parte de los valores de concentración de Sulfato en el río y en consecuencia de conductividad, se relacionan con los valores de concentración en el río a consecuencia del incumplimiento de la RCA 70 del 2008, en la cual la empresa ha mantenido una superación sistemática de la descarga de Sulfatos como promedio diario, así como como promedio semestral<sup>47</sup>. En este contexto, es necesario destacar que sin perjuicio de que esta RCA es del año 2008, el cumplimiento de las condiciones de operación establecidas en esta solo se hizo efectivo a partir del segundo semestre del año 2014<sup>48</sup>. En la práctica esto implica que la empresa en lugar de descargar con un límite máximo de 24 Ton/día (promedio semestral) y 30 Ton/día (máximo diario), descargaba con un límite máximo de 50 ton/día (promedio semestral) y 60 Ton/día (máximo diario).

En el caso del sodio las concentraciones normadas fluctúan entre 4,4 y 8,3 mg/L en toda la cuenca, lo anterior considera la mantención de las características históricas en el río San Pedro, Calle Calle y parte alta del Cruces y la recuperación a niveles más bajos en la zona intervenida del río cruces.

Para el cloruro las concentraciones normadas fluctúan entre 5,3 y 8,1 mg/L mg en toda la cuenca, lo anterior considera la mantención de las características históricas en el río San Pedro, Calle Calle y parte alta del Cruces y la recuperación a niveles más bajos en la zona intervenida del río cruces

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de cloruro con una tendencia central que fluctúan entre 0,38 y 3,5 mg/L para las estaciones representativas de ecosistemas límnicos. Asimismo, la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 reporta valores similares, con excepción del río Cruces sector Rucaco.

Para aquellas áreas de vigilancia que se encuentran ubicadas en el estuario, el sulfato, el sodio y el cloruro no es normado. Lo anterior, en atención a que en estas áreas el sodio presenta una gran variabilidad natural, que responde directamente a la intrusión salina

<sup>47</sup> Res. Ex. N° 1/ ROL D-001-2016 del 08 de enero de 2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que formula cargos a Celulosa Arauco y Constitución S.A, Planta Valdivia; Res.Ex.N°1487 del 15 de diciembre de 2017 que resuelve procedimiento sancionatorio, Rol D-001-2016.

<sup>48</sup> Por medio de carta GPV N., 071/2013-C de fecha 18 de junio de 2013, Arauco informó que la puesta en marcha o marcha blanca del proyecto sería de 9 meses y que comprenderían las fechas 23 de septiembre de 2013 y 23 de junio de 2014. Finalmente, por medio de Carta No GPV 053/2013-C, se informa que la operación del proyecto se iniciaría el 23 de junio de 2014. Disponible en: Presentación de descargos relativos a las infracciones imputadas en la Res. Ex. N° 1/ ROL D-001-2016 de fecha 8 de enero de 2016 de la SMA.

La inclusión del sulfato, cloruro y sodio se justifican en que estos parámetros se deben analizar y controlar de manera que se mantengan en la cuenca, ya que dicha cuenca presenta condiciones fisicoquímicas singulares en el contexto nacional, lo que también se refleja en la biota presente. Así, cabe destacar que debido a la baja concentración de sales en la cuenca (Folio: 3264-3265), se mantiene una gran biodiversidad, destacándose por ser una de las cuencas con mayor riqueza en fauna íctica nativa de nuestro país (Folio: 3257-3259)

### **DBO (Demanda biológica de oxígeno)**

Los valores normados fluctúan entre 2 a 3 mg/L considerando las características históricas de la cuenca. Donde, de acuerdo a los antecedentes entregados por la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 se reportan valores promedio de DBO que fluctúan entre 1,0 y 2,3 mg/L.

En relación con la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y considerando la normativa internacional, el Grupo Técnico Asesor del Reino Unido sobre la Directiva Marco del Agua (WFD UK TAG), ya en 2008 propone como estándares ambientales que mantienen la estructura biológica de ríos los parámetros Oxígeno Disuelto y DBO, argumentando que mientras que el primero “se utiliza para evaluar y presentar informes de cumplimiento de ríos”, el estándar para la DBO se utiliza para “decidir la acción para satisfacer el estándar para el oxígeno disuelto en el río” (UK Environmental Standards and conditions (Phase 1), Final Report, April 2008. UK Technical Advisory Group on the Water Framework).

Dicha conclusión se basa en que la DBO mide el oxígeno que demanda (requiere), proporcionalmente, el aumento de la materia orgánica proveniente de descargas de aguas residuales, de obras de tratamiento de agua, de escorrentías provenientes de aumento de las precipitaciones y el riego, de fuentes agrícolas e industriales, de purines y licor ensilado, todos procesos que reducen el oxígeno disuelto debido a la respiración microbiana asociada. Cabe resaltar que el reporte de la WFD UK TAG, fija los criterios de los estándares propuestos, a partir de la comparación de 24 países miembros de la WFD y Noruega, lo cual indica que, en lo que respecta a la inclusión de ambos parámetros (oxígeno disuelto y DBO), existe consenso internacional en normarlos, en lo que a estándares ambientales para la protección de biológica, se refiere.

Por otro lado, la aplicación en Alemania del parámetro DBO se puede encontrar en dos instrumentos de gestión. El primer instrumento es la norma de aguas superficiales que establece, para un buen estado de la calidad química de las aguas, los valores de DBO<sub>5</sub> (el número 5 se refiere a que la demanda de oxígeno de la muestra de agua corresponde a 5 días de incubación) de entre 1,5 mg/L y 3 mg/L, dependiendo de la localización del río. El segundo instrumento se refiere al estado biológico de los recursos hídricos y se evalúa a través de clases de calidad biológica, basado en índices biológicos desarrollados en Alemania (Saprobie). Para estas clases se utilizan, adicionalmente, pocos parámetros físico-químicos como indicadores, entre los cuales se encuentra la DBO<sub>5</sub>.

La Directiva 2006/44/CE<sup>49</sup> establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para

---

<sup>49</sup> DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de  $\text{DBO}_5 \leq 3 \text{ mg/L}$ . Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9).

CONAMA Brasil, 2011 que establece un máximo de 3 mg/L para aguas de clase 1. Mientras que Japón<sup>50</sup> establece un estándar de  $\text{DBO}_5$  de 1mg/L con el objetivo de conservar recursos naturales propios de ríos y lagos, mientras que para aguas costeras establece valor de 2mg/L.

En este contexto, se hace presente que las aguas de la cuenca del río Valdivia, por sus propias características es biológicamente comparable con las clases I a II de calidad biológica en Alemania, las cuales se distinguen con los siguiente valores: clase I:  $\text{DBO}_5 < 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ; Clase I-II:  $\text{DBO}_5 = 1\text{-}2 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ; Clase II:  $\text{DBO}_5 = 2 - 6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ .

En conclusión, y considerando que las clases biológicas mayores no son aptas para mantener buenas condiciones ecológicas en la cuenca, el Ministerio del Medio Ambiente ha optado por niveles coherentes con dicha metodología, procurando conservar o preservar los ecosistemas hídricos y los servicios ecosistémicos regulados.

## Metales

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, ya sea en los componentes agua, sedimento y biota. Estos antecedentes dan cuenta principalmente de dos vías de exposición. La primera está relacionada con la toxicidad de los metales, la cual puede ser mayor o menor dependiendo de las condiciones del medio (dureza, COD, pH, etc) y está principalmente asociada a la fracción disuelta, siendo comúnmente evaluada a través de bioensayos. 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, suspensívoros, ramoneadores, etc. Esta vía de exposición permite la bioacumulación y bioconcentración de metales en los organismos y adicionalmente reproduce sus efectos en los niveles tróficos superiores, a través de la biomagnificación producida en sus depredadores. Por tratarse de material particulado se evalúa a través de los 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

---

<sup>50</sup> 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>

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 oxidoreducción, 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 (Hernandez et. al 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, 1999).

Finalmente, cuando existe variabilidad en las concentraciones de metales de forma natural, es necesario, en el control de la norma, poder diferenciar los aumentos de concentración derivados de condiciones de disturbio natural, de aquellos derivado de efectos antrópicos que no constituyen un disturbio, sino una condición de deterioro permanente de la calidad ambiental y por lo tanto generan una gran probabilidad de producir efectos adversos significativos en el ecosistema.

En consideración a lo anteriormente señalado se propuso normar los metales totales y los metales disueltos, en niveles de calidad ambiental que protegen entre a 70 a 100% del ecosistema de acuerdo a los estudios evaluación de riesgo ecológico realizados<sup>51</sup> y en consideración a las concentraciones históricas de metales registradas en la cuenca del río Valdivia desde el año 1987 en adelante.

En el expediente (folios 3274 a 3280) se consignan antecedentes que dan cuenta de los impactos de los metales totales en los ecosistemas acuáticos y la consecuente necesidad de normarlos. En efecto, la Evaluación de Riesgo Ecológica realizada demuestra los niveles máximos de tolerancia de las especies locales claves o aquellas que por su importancia funcional son especies de relevancia ecológica en este ecosistema, obteniéndose así información respecto de la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre las especies expuestas a determinados contaminantes.

Internacionalmente, la OCDE en su documento Annex 1 Data Sheets for Surface Water Quality Standards (<http://www.oecd.org/env/outreach/38205662.pdf>), realiza una revisión de diferentes normas ambientales europeas (EU: 78/659/EEC; RO GD 161; WFD-inland waters; ICPDR y ECE), proponiendo valores para las distintas clases de calidad establecidas por estas normas para las fracciones, tanto

---

<sup>51</sup> Los que se encuentran disponibles en el expediente (Folios 2438-2509vta; 2875vta).

disueltas y totales de los metales. 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 la NSCA de Valdivia posibilita evaluar sus efectos sobre especies claves del ecosistema como son los organismos filtradores, principalmente macroinvertebrados y peces. Por otra parte, los metales disueltos afectan, principalmente, a otros organismos tales como bacterias, microalgas, protozoos, macroalgas y macrófitas (Thomas P. Simon, 2003. Biological Response Signatures: Indicator Patterns Using Aquatic Communities; y Morris H. Roberts, Jr., Robert C. Hale, 2001. Coastal and Estuarine Risk Assessment; Troell et.al, 2003). 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 et al., 1993; Mancera-Rodríguez & Álvarez-León, 2006).

### **Aluminio total**

Los valores normados de aluminio total, consideran la mantención de la calidad histórica en los ríos San Pedro, Calle Calle, Valdivia y Cruces hasta Cahuincura. Para el río Cruces en el Sector de San Luis de Alba y el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter se estableció un valor de concentración que representa un nivel 70% de protección para el ecosistema, de acuerdo a Evaluación de Riesgo Ecológico.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de aluminio total con una tendencia central que fluctúan entre 0,11 y 0,35 mg/L.

USEPA, 1988 establece como concentración para la protección de la biota acuática un valor de aluminio total de 0.75 mg/L como concentración máxima (aguda) y 0.087 mg/L para toxicidad crónica<sup>52</sup>

### **Aluminio disuelto**

El valor normado en la cuenca del río Valdivia es de 0.030 mg/L, lo que corresponde a un valor

<sup>52</sup> 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.

referencias de 70% de protección de acuerdo a Evaluación de Riesgo Ecológico.

Australia y Nueva Zelanda propone valores de 0,027 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0.055 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 0.080 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; 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 (CONAMA Brasil, 2011<sup>53</sup>) y Canadá propone un valor de 0,1 mg/L para aguas con pH mayor a 6.5 (CCME, 2007).

### **Cobre total**

Los valores normados de Cobre total consideran la mantención de la calidad histórica en los ríos San Pedro, Calle Calle Valdivia y Cruces (0,02 mg/L). Para el río Cruces en el sector del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter se consideró un valor de 70% de protección para el ecosistema (0,030 mg/L), de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de cobre total con una tendencia central que fluctúan entre 0,010 y 0,015mg/L.

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, estando la toxicidad del cobre sobre tales organismos principalmente asociada a su forma iónica (Cu<sup>2+</sup>). Existen varios estudios que sugieren la existencia de una relación directa entre la toxicidad del cobre y determinadas variables ambientales (folio 3278vta, DVD).

### **Cobre disuelto**

El valor normado de Cobre disuelto en la cuenca del río Valdivia es de 0.003 mg/L, lo que corresponde a valor referencial de un 70% de protección de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

ANZECC & ARMCANZ, 2000 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%.

La Directiva 2006/44/CE<sup>54</sup> establece que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de Cobre disuelto  $\leq 0.005$  mg/L<sup>55</sup>. Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9).

El CCME, 2007 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.

---

<sup>53</sup> 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.

<sup>54</sup> DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces

<sup>55</sup> Para una dureza del agua de 10 mg/L CaCO<sub>3</sub>

### **Cromo total**

El valor normado de cromo total en la cuenca del río Valdivia, es de 0.03 mg/L, lo que garantiza la mantención de la calidad histórica en toda la cuenca.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de cromo total con una tendencia central que fluctúan entre 0,014 y 0,022mg/L

El Real Decreto 60/2011 de España<sup>56</sup>, con objeto de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales, establece normas de calidad ambiental para el cromo un valor de 0.050 mg/L. CONAMA Brasil, 2011 propone valores de 0.050 mg/L para aguas de clase 1.

Argentina establece un nivel guía de calidad para Cromo hexavalente con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 2.5 µg/l y para Cromo trivalente de 14µg/l<sup>57</sup> y 25 µg/l<sup>58</sup>(Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, 2003).

### **Hierro Total**

Los valores normados de Hierro total consideran la mantención de la calidad histórica en los ríos San Pedro y Calle Calle. Para los ríos Valdivia y Cruces consideran un valor de 70% de protección para el ecosistema de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de hierro total con una tendencia central que fluctúan entre 0,05 y 0,52mg/L

### **Hierro Disuelto**

Los valores normados de Hierro disuelto en los ríos San Pedro, Calle Calle y Valdivia consideran un valor de 70% de protección para el ecosistema del de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico y para el río Cruces la mantención de su calidad histórica (0,1 mg/L).

CONAMA Brasil, 2011 propone valores de 0.3 mg/L para aguas de clase 1. Argentina establece un nivel guía de calidad para Hierro disuelto con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 1.37 mg/L (República Argentina Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2003).

### **Manganeso Total**

Los valores normados de Manganeso total consideran la mantención de la calidad histórica en los ríos San Pedro, Calle Calle, Valdivia y Cruces. Para el río Cruces en el sector del Santuario de la Naturaleza

---

<sup>56</sup> Real Decreto 60/2011 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino de España, Sobre las Normas de Calidad Ambiental en el ámbito de la política de Aguas.

<sup>57</sup> Dureza 25 mg CaCO<sub>3</sub>/l

<sup>58</sup> Dureza 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l

Carlos Anwandter considera un valor de 100% de protección para el ecosistema, de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

De acuerdo a los antecedentes entregados por CADE-IPEPPE, 2004, en la cuenca del río Valdivia se observan valores de Manganeso total con una tendencia central que fluctúan entre 0,012 y 0,032 mg/L.

CONAMA Brasil, 2011<sup>59</sup> propone valores de 0.1 mg/L para aguas de clase 1.

### **Manganeso Disuelto**

Los valores normados de manganeso disuelto (0,01 mg/L) consideran un nivel de 100% de protección de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

ANZECC & ARMCANZ, 2000 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%.

Argentina establece un nivel guía de calidad para Manganeso disuelto con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 0.8 mg/L (República Argentina Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2003).

### **Zinc total:**

Los valores normados de Zinc total en los ríos San Pedro, Calle Calle y Valdivia (0,02 mg/L), consideran la mantención de la calidad histórica, en tanto que en río Cruces el valor normado (0,023 mg/L) considera un nivel de 70% de protección para el ecosistema de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

Debido a su alta toxicidad, el zinc se encuentra en muchas normas internacionales, por ejemplo en la "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" de la Unión Europea; "Decreto 831/93 sobre régimen de desechos peligrosos. Niveles guía de calidad del agua para la protección de la vida acuática." de Argentina; más reglamentos muestra el folio 3279. Junto con otros cationes divalentes bioacumulables, como Cu, Cd y Fe, este metal genera estrés oxidativo en distintos órganos de los organismos acuáticos, los que van perdiendo su función metabólica progresivamente.

La Directiva 2006/44/CE<sup>60</sup> y El Real Decreto 60/2011 de España establecen que las aguas que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (aguas salmonícolas) deberán mantener concentraciones de Zinc Total  $\leq 0.03$  mg/L<sup>61</sup> y de 0.2 mg/L<sup>62</sup> Pudiendo en cualquier momento fijar para las aguas declaradas valores más estrictos que los previstos (artículo 9).

<sup>59</sup> 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.

<sup>60</sup> DIRECTIVA 2006/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

<sup>61</sup> Para una dureza del agua de 10 mg/L CaCO<sub>3</sub>

<sup>62</sup> Para una dureza del agua de 50 mg/L CaCO<sub>3</sub>

CONAMA Brasil, 2011 propone valores de 0.18 mg/L para aguas de clase 1. Mientras que Japón<sup>63</sup> establece un estándar de Zinc de 0.03 mg/L con el objetivo de conservar recursos naturales propios de ríos y lagos, mientras que para aguas costeras establece un valor de 0.02 mg/L.

Cabe destacar que el D.S. N° 55/2013, MMA, estableció niveles de calidad ambiental para metales en su fracción disuelta considerando un nivel de protección del 70 % del ecosistema (Evaluación de Riesgo Ecológico aguda), niveles que se mantienen en el D.S. N° 1/2015. Por su parte el D.S. N° 1/2015, incorpora los metales en su fracción total dada su relevancia ambiental. En el caso del Zinc total, el nivel normado considera la protección de un 80% de ecosistema, en atención a la concentración histórica del Zinc total en la cuenca (Estaciones DGA: Desagüe Riñihue en Río San Pedro, BSJ en Río Calle Calle, Transbordador en río Valdivia, Rucaco y Loncoche en Río Cruces) que presenta un valor promedio que fluctúa entre 0.01 a 0.02 mg/L desde el año 1987 a 2015.

Sin embargo, el valor de concentración de Zinc total que protege a un 80% del ecosistema, que corresponde a 0,01 mg/L, resulta ser menor al valor de concentración de Zinc disuelto que protege al 70% del ecosistema, que corresponde a una concentración de 0,016mg/L. Por lo que la sentencia del Tribunal Ambiental destacó que, sin perjuicio de los distintos criterios de protección utilizados para normar el Zinc Total (80% de protección en relación a la calidad histórica de la cuenca) y Zinc disuelto (70% de protección), se debe considerar la relación entre Zinc total v/s Zinc disuelto. Por lo que en el presente Anteproyecto se modifica el criterio de protección para el Zinc total, bajando a un nivel de protección de 70% en las áreas de vigilancia del río Cruces. Con lo cual la concentración del Zinc total normado, en el río Cruces, corresponde a 0.023 mg/L. Quedando de la siguiente manera:

Elemento compuesto	Unidad	RSP	RCC I	RCC II	RCC III	RV	RC I	RC II	RC III	RC IV	SNCA
Zinc (total)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,023	0,023	0,023	0,023
Zinc (disuelto)	mg/L	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016

### Zinc Disuelto

Los valores normados de Zinc disuelto (0,016 mg/L) consideran valor de 70% de protección, de acuerdo a la Evaluación de Riesgo Ecológico.

ANZECC & ARMCANZ, 2000 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 0.015mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 0.031mg/L para un nivel de protección de especies de 80%.

El CCME, 2007 establece que la calidad del agua para la protección de la biota acuática es de 0,030

<sup>63</sup> 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>

mg/L<sup>64</sup>. Mientras que EPA, 1995 establece un valor de 0,120 mg/L<sup>65</sup>

Argentina establece un nivel guía de calidad para Zinc disuelto con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 9,7 µg/l<sup>66</sup> y 21 µg/l<sup>67</sup> (República Argentina Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2004).

### Nitrato y Fosfato

Valores normados entre 0,1 y 0,2 mg/L de nitrato y 0,02 mg/L fosfato, corresponden al valor histórico en la cuenca para todas las áreas de vigilancia.

De acuerdo a los antecedentes entregados por la Universidad Austral de Chile, 2016 para el período 2014-2016 se reportan valores promedio de Nitrato que fluctúan entre 0,058 y 0,172 mg/L. Mientras que para el fosfato se reportan valores promedios que fluctúan entre 0,002 y 0,004 mg/L.

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.

El nitrato y fosfato son nutrientes, que generalmente se analizan en conjunto, en ecosistemas acuáticos y se deben normar dado su impacto en el nivel trófico (transferencia de materia y energía en el ecosistema) de la cuenca. Normalmente, para este aspecto se norman nitrógeno total y fósforo total, sin embargo, en la cuenca del Río Valdivia existe solamente información histórica de nitrato y fosfato, medido por la Dirección General de Aguas, parámetros que igualmente sirven para controlar el estado trófico (particularmente el nitrato).

Cuando los valores de nutrientes alcanzan un cierto umbral, se produce un fenómeno denominado eutrofización, que consiste en que, por aumento de los nutrientes, se produce un crecimiento masivo de microalgas, las que con el tiempo se descomponen producto de la actividad bacteriana aeróbica, agotándose de esta manera el oxígeno presente en la columna de agua y produciéndose fenómenos de anoxia de fondo, lo que lleva a la liberación de compuestos tóxicos tales como metano, ácido sulfhídrico y CO<sub>2</sub>. Adicionalmente, el aumento excesivo de nutrientes en la cuenca puede producir efectos tóxicos, particularmente debido a la proliferación masiva de cianobacterias que en algunas circunstancias pueden producir toxinas, reducción de las concentraciones de oxígeno disuelto cuando se produce un crecimiento excesivo de macrófitas, lo que puede reducir la disponibilidad de luz en el ambiente acuático generando mortalidad y consecuentemente procesos de descomposición, el bloqueo de los cursos de agua por las macrófitas, cambios en el tiempo de retención hidráulica, condiciones de mezcla, luz, temperatura, sólidos suspendido y cambio en la biodiversidad.

---

<sup>64</sup> para una dureza de 10mg/L de CaCO<sub>3</sub>

<sup>65</sup> este valor corresponde a una dureza de 100 mg/L CaCO<sub>3</sub>

<sup>66</sup> Dureza 25 mg CaCO<sub>3</sub>/l

<sup>67</sup> Dureza 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l

En consecuencia, el hecho de normar ambos parámetros tiene como objetivo avanzar hacia la protección del estado trófico de esta cuenca, de manera de prevenir efectos nocivos tales como los registrados en otros ecosistemas acuáticos de nuestro país en los cuales se han observado Bloom fitoplanctónicos en algunos casos con microalgas que pueden ser tóxicas (ej. *Microcystis aeruginosa* en lago Rapel y Laguna de Aculeo). La suma de la toxicidad de las microalgas, el agotamiento de oxígeno en la columna de agua y la liberación de compuestos tóxicos como metano y CO<sub>2</sub>, pueden provocar la mortandad de otros organismos del ecosistema, tales como peces y plantas acuáticas

Como elemento tóxico para las especies ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone valores de concentración de Nitrato de 0.017 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0.7 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 3,4 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 17 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%. Por otro lado como regulador de la eutroficación, para ecosistemas ligera a moderadamente perturbados propone valores de Fósforo Tota (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. Para 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.

CCME, 2007<sup>68</sup> para Fosforo total propone los siguientes rangos según estado trófico a) ultra-oligotrófico <4ug/l; b) oligotrófico 4-10 ug/l; c) mesotrófico 10-20; meso-eutrófico 20-35; d) eutrófico 35-100 ug/l; e) hiper-eutrófico > 100 ug/l

## 21.- AOX (Comp. Org. Hal.)

Los llamados compuestos AOX (compuestos orgánicos halogenados) corresponden a un tipo de parámetro que representa la suma de todos compuestos orgánicos de halógenos ("halo" se refiere a presencia de Cloro, Bromo, Yodo y Flúor). Especialmente, los grupos de organoclorados (molécula orgánica + moléculas de cloro) y de organobromados (molécula orgánica + moléculas de bromo) constituyen compuestos muy tóxicos para la vida acuática y para humanos. Se destacan las propiedades tóxicas de los compuestos organoclorados sobre la capacidad reproductiva de los animales y de seres humanos (Voss et al., 1980).

Los compuestos organoclorados son altamente persistentes en el ambiente (Hellowell, 1989), ya que su hidrofobicidad (no se disuelven en agua) permite su concentración en compartimientos como los sedimentos y tejidos grasos (proceso de bioacumulación) (Kringstad, 1984; Voss et al., 1980; Nielson et al., 1990). Además, por ser de difícil biodegradación (que puede ser degradados por microorganismos) son concentrados a lo largo de la cadena alimenticia (proceso de biomagnificación) (Voss et al., 1980; Nielson et al., 1990), lo que se observa hasta en aves que se alimentan de especies acuáticas, como por ejemplo los cisnes. A su vez, el fenol es un compuesto orgánico presente de manera natural en la madera. A partir del fenol se pueden producir varias formas de clorofenoles (fenol + cloro), de las cuales algunas son tóxicas, carcinógenas, mutagénicas y teratogénicas (Igbiosa et al., 2013: "Toxicological Profile of Chlorophenols and Their Derivatives in the Environment: The Public Health Perspective").

<sup>68</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

Asimismo, uno de los compuestos más recurrentes y abundantes entre los AOX, encontrados en riles de blanqueamiento de pulpa de celulosa, es el 2,4,6-triclorofenol (Domínguez y Col, 2002), compuesto que está listado en normas internacionales de protección de la vida acuática y el estado ecológico, tales como, ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone valores 2,4,6-triclorofenol de 0.003 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0.020 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 0.040 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 0.095 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%. Así como Alemania (valor norma 0,001 mg/L) y reconocido como compuesto "tóxico y recalcitrante", por la EPA.

CONAMA Brasil, 2011 propone valores de 0.01 mg/L para aguas de clase 1

Adicionalmente, la Directiva 2008/105/CE<sup>69</sup>, el Real Decreto 60/2011 de España<sup>70</sup> con objeto de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales establece normas de calidad ambiental para el Pentaclorofenol de 0.4 ug/l. El CCME, 2007 establece que la calidad del agua para la protección de la biota acuática es de 0.5 ug / L

ANZECC & ARMCANZ, 2000 propone valores pentaclorofenol de 0.0036 mg/L para un nivel de protección de especies de 99%; de 0.010 mg/L para un nivel de protección de especies de 95%; de 0.017 mg/L para un nivel de protección de especies de 90%; de 0.027 mg/L para un nivel de protección de especies de 80%.

EPA, 1995 establece un valor de 0.019 mg/L como concentración máxima y 0.015 como concentración continua para la protección de biota de agua dulce a pH 7.8

Argentina establece un nivel guía de calidad para Pentaclorofenol con el objetivo de protección de biota acuática (NGPBA) de 0.21 ug/l (República Argentina Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, 2003).

Así, internacionalmente se norman compuestos específicos dependiendo de su toxicidad y no AOX, en general. En Chile el parámetro AOX es muy útil para controlar fuentes de compuestos tóxicos, los cuales se pueden analizar en detalle (diferentes tipos de AOX), si ocurren incidencia al respecto, pero en un monitoreo de rutina resulta costoso monitorear los compuestos por separado.

El estudio de Campos de 1996 (Impacto Ambiental Celulosa Arauco y Constitución- Planta Valdivia. Anexo 15. Investigación sobre la Calidad del Agua y Estudios Limnológicos del río Cruces (Loncoche al SNCA), registró la presencia de AOX en el mes de diciembre de ese año en un rango de 3,9 a 16 µg/l en el Río Cruces, en Lanco, y de pentaclorofenoles en el agua del Río Cruces, en los meses de invierno del mismo año, en una concentración promedio de 0,17 µg/l.

---

<sup>69</sup> DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

<sup>70</sup> Real Decreto 60/2011 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino de España, Sobre las Normas de Calidad Ambiental en el ámbito de la política de Aguas.

En este mismo estudio, en primavera, la concentración de pentaclorofenol alcanzó 0,0094 µg/l. También, se encuentra en el expediente (foja 2875 vta-CD), el estudio de Jaramillo (2005), que en relación con la concentración de AOX, menciona: “La concentración promedio de los Compuestos Organoclorados Adsorbibles (AOX) en el período (Abril a Diciembre del 2004) se incrementa en la Estación 2 respecto a la Estación 1 (30,33 vs. 2, 83 µg/L). La baja presencia de AOX en la Estación 1 (concentraciones menores a 3 µg/L) y la alta concentración en el efluente de CELCO registrada tanto en muestras compuestas semanales como mensuales (mayores a 1500 µg/L), permiten estimar que ésta debería reflejarse en la calidad del agua del río Cruces. Por ejemplo, en Abril del 2004 el incremento en la concentración fue de 32 µg/L, alcanzando un valor de 34 µg/L en la Estación 2 (después de la descarga), en comparación a 2 µg/L que registraba el río en la Estación 1, aguas arriba. Esta tendencia de incremento tras la descarga, se refleja en el aporte de cargas netas diarias en el tramo E1E2, que equivale en promedio a un aporte de ≈115.4 kg/d; paralelamente la carga asociada al efluente de CELCO fue de 123.7 kg/d.” Este estudio además (2° Inf. de avance) evaluó la concentración de AOX en sedimento concluyendo que las concentraciones de AOX en los sedimentos fueron más altas en el sector Rucaco, a partir del cual disminuyen hacia el interior del Santuario.

Cabe destacar que la inclusión de este parámetro fue solicitada durante la participación ciudadana (PAC), por una agrupación de distintas organizaciones (Centro Transdisciplinario de Estudios Ambientales y Desarrollo Humano Sostenible de la Universidad Austral de Chile; Colegio Médico de Valdivia; Colegio Médico Veterinario de Valdivia; Acción por los Cisnes; Observatorio Ciudadano; Conservación Marina Agrupación Transdisciplinaria de Estudiantes (ATRAE); Agrupación Biósfera; Agrupación de Promotores de Desarrollo Social y Ambiental (PRODESAM); Núcleo de Ideas para el Desarrollo Ecológico (NIDO)), los cuales, basados en el estudio de Claudio Zaror (“Apoyo al análisis de fuentes de emisión de gran magnitud y su influencia sobre los ecosistemas de la subcuenca del Río Cruces”, febrero de 2005, CONAMA X, foja 2875 vta, CD, del expediente) hacen notar que: “la descarga de efluentes de la Planta Valdivia resulta en un incremento de la conductividad eléctrica y de las concentraciones de sulfato, sodio y AOX en las estaciones E2 y E3, comparadas con los valores de la estación E1 (aguas arriba de las descargas), y con los de la Línea de Base y de 2002-3”.

En consecuencia, y considerando el estudio de Jaramillo (2005) y los antecedentes aportados durante la participación ciudadana sobre AOX (Estudio Zaror, 2005), se tomó la decisión de incorporar lo AOX en el D.S. N°55/2013, MMA.

A su vez, para fijar el valor de AOX se consideraron los antecedentes de ambos estudios citados anteriormente, más un método indirecto que consistió en la comparación la cuenca del Río Biobío. Así, para ambos ríos se analizaron las familias de especies de macroinvertebrados bentónicos y los resultados de estudios de Riesgo Ecológico. Estos análisis mostraron que, respecto de AOX, los ríos son comparables, con lo que la sensibilidad de sus especies frente a compuestos tóxicos como los AOX, también podrían ser comparables. En el detalle, es importante señalar que en la cuenca del Río Biobío se monitoreó el parámetro AOX en la red Biobío de las industrias de la cuenca, fijándose niveles de 5 clases de calidad. Así, y como la cuenca del Río Biobío se encuentra mucho más intervenida que la cuenca del Río Valdivia, se decidió utilizar solamente la clase 2 (buen estado del ecosistema acuático) para normar los AOX.

En consecuencia, en la inclusión y determinación del parámetro AOX, no sólo se ha considerado la

8150  
3719

opinión de la ciudadanía a través de la consulta pública (principio participativo), sino que también se ha contado con una base técnica que ha podido superar las deficiencias de información que, en un principio, existían respecto de aludido contaminante.

## Representatividad de las muestras

De acuerdo a lo señalado en el artículo N° 8 de D.S. N°1 de 2015, para efectos de evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en este decreto, y cuando la representatividad de las muestras analizadas sea afectada por fenómenos excepcionales o transitorios, tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales, dichos datos podrán ser excluidos de las mediciones destinadas a verificar el cumplimiento de las normas secundarias. Para tal efecto se requerirá que la Superintendencia certifique previamente y de manera fundada la falta de representatividad de las muestras.

Dentro de los fenómenos excepcionales o transitorios se encuentran aquellos que inciden significativamente en la variabilidad de un parámetro normado, pero que dado que se trata de fenómenos naturales y no antrópicos provocan una variación temporal para la cual los ecosistemas presentan mecanismos de adaptación, por lo cual este tipo de disturbios naturales exceden el alcance de las normas.

En este contexto, se destaca que este programa tiene como objetivo levantar información esencial para poder identificar las variables, naturales o antrópicas, que inciden en la variabilidad de los parámetros normados, de tal manera de constituirse como un instrumento de apoyo para permitir que las normas secundarias de calidad ambiental puedan cumplir su objetivo de protección, así como entregar la información necesaria para gestionar las “actividades antrópicas” que afectan la calidad fisicoquímicas de las aguas de la cuenca del Río Valdivia. Por tal motivo resulta esencial poder determinar si la variación detectada en la concentración corresponde a un disturbio natural o antrópico.

Dentro del proceso de elaboración de las normas se determinó que, tanto los aluminosilicatos normados como el oxígeno, son afectados por variables naturales transitorias tales como la precipitación y el aumento de la temperatura del agua producido por la radiación solar, por lo que para efectos de evaluar el cumplimiento de Aluminio, Hierro, Manganeso y Oxígeno, se considerarán los siguientes criterios

### Aluminosilicatos

El contenido de materiales en suspensión en los cauces está estrechamente relacionado con los caudales y los aportes de sedimentos arrastrados por los escurrimientos superficiales de las laderas de las cuencas generados durante los períodos de tormentas (Bogardi 1978, Simons y Senturk 1977). De esta forma, los períodos de precipitación intensa pueden provocar crecidas, avenidas e inundaciones que generar un aumento de arrastre de sedimentos hacia los cauces superficiales movilizandolos sedimentos en el ecosistema acuático.

Dada las condiciones litológicas de la cuenca de río Valdivia, este aumento en el transporte de sedimento 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, sin embargo 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 et al, 1991), el lavado de las cuencas necesarios para evitar los procesos de eutroficación, el transporte de sedimentos, nutrientes, materia orgánica, semillas, etc. 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 Liqueñe y Cruces. (Cade Idepe, 2004)

Para efectos de evaluar la representatividad de los aluminosilicatos (Al, Fe y Mn), cuando el monitoreo de control coincida con un período de precipitación intensa se deberá realizar un re-muestreo una vez transcurrido, al menos una semana, sin precipitación intensa. Se descartarán del análisis de cumplimiento aquellos valores de concentración de aluminosilicatos que se hayan elevado a causa de un disturbio temporal, lo cual será corroborado con el re-muestreo. Dicho re-muestreo estará a cargo del Ministerio del Medio Ambiente, quienes deberán realizar la toma de muestra y la Dirección General de Aguas, quienes realizarán el análisis químico en el LADGA

### Oxígeno

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, de tal manera que el aumento de la temperatura del agua tendrá como consecuencia una disminución en 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 N° 8 y Tabla N° 8 que muestran el efecto de la temperatura sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en agua.

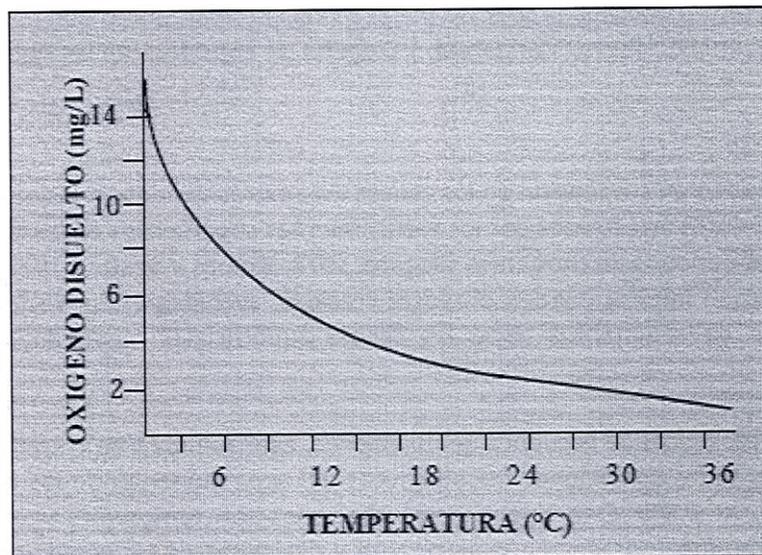


Fig: N° 8. Relación entre oxígeno disuelto y temperatura del agua. Los valores que se muestran son para un sistema de agua pura bien mezclada, al nivel del mar y una presión de 760 mm de Hg. Modificada de Horne y Goldman (1994).

Tabla N°8. Solubilidad máxima de Oxígeno en agua a presión atmosférica (101.3 KPA). Tomada de SMEWW 21st Edition, Method 4500-O Oxygen (dissolved) Table 4500-O:1

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 efectos del control de las normas, se descartarán del análisis de cumplimiento aquellos valores de oxígeno disuelto que se encuentren por debajo del valor normado cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- La saturación de oxígeno sea superior a 75%
- El aumento de la temperatura del agua del río esté elevada por causas estrictamente naturales, es decir a causa del aumento de la radiación solar

Si se cumple a y b la disminución de la concentración de oxígeno del agua responde a la disminución natural de la concentración de oxígeno típica del período estival durante las horas de mayor radiación solar.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aróstica M., I. (2007). "La Contraloría hoy". En *Actualidad Jurídica*, 16, pp. 127-142. - (1991). "El trámite de toma de razón de los actos administrativos". En *Revista de Derecho Público*, 49, pp. 131—168.
- Arostica, L, "El trámite de toma de razón de los actos administrativos" en *Revista de Derecho Público*, N° 49, 1991, pp. 131-168
- ANZECC. 2000. National Water Quality Management Strategy: Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand.
- Bermúdez Soto, J., 2014. *Fundamentos de Derecho Ambiental*. 2° Edición Octubre de 2014 Editorial Libromar (549 pp.).
- Bonada, N., Prat, N., Munné, A., Rieradevall, M., Tercedot, J.Alba, Alvarez, M., J. Avilés, J. Casas, P.Jáimez Cuellar, A. Mellado, G. Moya', I.Pardo, S. Robles, G. Ramo' M- Luisa. Suárez, M. Toro, M. Vidal-Abarca, S. Vivas, y C. Zamora-
- Cade-Ideppe, 2004. *Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de Calidad*, desarrollado por Cade-Idepe, Consultores en ingeniería.
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007 *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.
- CEA (2003). *Guía de los Humedales del Río Cruces*. Ediciones CEA. 140 pp.
- CCME, 2007. *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DISSOLVED OXYGEN (Freshwater)*.
- CONAF (2011). *Catastro del uso del suelo y vegetación: Monitoreo y actualización*. Región de los Ríos.
- Domínguez, E. y Fernández, H. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. 237 pp.
- Habit, Evelyn, & Victoriano, Pedro. (2012). *Composición, origen y valor de conservación de la Ictiofauna del Río San Pedro (Cuenca del Río Valdivia, Chile)*. Gayana (Concepción), 76(Supl. 1).
- Hernandez et. al 1999, *Fracciones Biodisponibles de Arsénico, Plomo, Cadmio y Mercurio en sedimentos de corrientes superficiales seleccionadas*. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 1999; 37 (3):132-5
- Holon. 2014. *Determinación de influencia de la descarga de efluentes de Planta Valdivia sobre la columna de agua y sedimentos en Río Cruces*. Informe preliminar. HOLON. 31 pp + Anexos.

Horne AJ, Goldman CR (1994) Limnology. 2nd edition. McGraw-Hill. New York, EEUU. 576 pp.

Medina M. & Encina-Montoya F. 2003. Incorporación de la evaluación de riesgo ecológico en el sistema de evaluación de impacto ambiental para ecosistemas acuáticos en Chile. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 19: 19 – 27

Ministry of the Environment Government of Japan, 1997. Environmental Quality estandars for conservation of living environment. Disponible en : <http://www.env.go.jp/en/water/wq/wp.pdf>.

Ministry of the Environment Government of Japan, 2003. Environmental Quality estandars for conservation of living environment (Zn). Disponible en: <http://www.env.go.jp/en/water/wq/wp.pdf>

Muñoz. 2002. Criterios para la selección de condiciones de referencia en los ríos mediterráneos. Resultados del proyecto GUADALMED. Limnetica 21:99–114.

Oporto, J. 2006. Prospección del Huillín (Lontra provocax) en la zona media del río Cruces, Provincia de Valdivia. Corporación Terra Australis. 2006. 31 pp.

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 pp.

Praus S, Palma M, Domínguez R. (2011). La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile. Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile. Proyecto GEF-PNUD-MMA. Santiago. 478p

República Argentina Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, 2004. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente Zinc.

República Argentina Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, 2003. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente Cromo

San Martin C., Ramirez C., Alvarez M., 2003. Macrófitos como bioindicadores para caracterizar ambientes dulceacuícolas. Revista geográfica de Valparaíso. 34:243-253.

Svobodová, Z., R. Lloyd, J. Máchová & B. Vyrusová. 1993. Water Quality and fish health. FAO Roma, 67 p.

Soto D., 2002. Patrones oligotróficos en lagos del sur de Chile: relevancia de los nutrientes y de la profundidad de mezcla. Rev. chil. hist. nat. [online]. 2002, vol.75, n.2, pp. 377-393. ISSN 0716-078X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000200009>.

Suter II G. 1995. Ecological risk assessment. Lewis Publishers. London, UK. 538 pp

UACH-UCSC, 2007. Modelamiento Hidrodinámico del sistema estuarial de los ríos Valdivia, Cruces y Calle Calle. Estudio Técnico desarrollado por la Universidad Austral de Chile y la Universidad Católica de la Santísima Concepción para CONAMA, Región de Los Lagos.

UACH, 2007. Recopilación y Análisis de Información Ambiental Existente de Los Estuarios de los ríos Calle-Calle y Valdivia, Informe Técnico realizado para CODEPROVAL por la Universidad Austral de Chile (UACH).

UACH, 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

UACH, 2015. Informe Final. Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus tributarios.

UACH, 2016. Informe Final. Programa de monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus tributarios

UCT, 2012. Identificación, Cuantificación y Recopilación de Valores Económicos para los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca del Río Valdivia. Estudio Técnico desarrollado por la Universidad Católica de Temuco para el Ministerio del Medio Ambiente

United States Environmental Protection Agency, 1986. Office of Water. Quality Criteria for Water. EPA 440/5-86-001, Mayo 2007

US Environmental Protection Agency, 1993. Office of Water Policy and Technical Guidance on Interpretation and Implementation of Aquatic Life Metals Criteria, 49 pp, 3MB by Martha G. Prothro, Acting Assistant Administrator for Water.

United States Environmental Protection Agency, 1995. Water Quality Criteria Document for the protection of Aquatic Life in Ambient Water. EPA 820-B-96-001, September 1996.

US Environmental Protection Agency, 1998. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1998. Guidelines for Risk Assessment. Washington DC, USA. 114 pp.

United States Environmental Protection Agency, 2007. Office of Water. Aquatic Life Ambient Freshwater Quality Criteria-Copper. EPA-822-R-07-001, February 2007

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