

3 2 5 5



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

**DEPARTAMENTO DE ASUNTOS HÍDRICOS Y ECOSISTEMAS ACUÁTICOS,**  
**DIVISIÓN DE RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD**  
**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**  
**(SEPTIEMBRE 2014)**

## INFORME TÉCNICO

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

#### I. INTRODUCCIÓN

Las NSCA para la Protección de las Aguas del río Cruces, fueron incluidas en forma especial en el “9º Programa Priorizado de Normas”, debido al desequilibrio ecológico ocurrido en el “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter”. Sin embargo, debido a la escasez de antecedentes técnicos existentes en ese período, el ámbito de aplicación territorial de estas normas se limitó a la fracción limnética del río Cruces, dejando fuera de este proceso normativo la zona estuarial de este río, es decir al “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter”. Por tal motivo, a fines del año 2006 se dio inicio a la elaboración de las NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, proceso incluido en el “10º Programa Priorizado de Normas”, el cual resulta una regulación complementaria a las NSCA del río Cruces, ya que dentro del ámbito de aplicación territorial de estas normas se encontraría la parte estuarial del río Cruces (“Santuario”) además del río Calle Calle y el río Valdivia.

Luego del análisis del modelo hidrodinámico del sistema estuarial en el cual se estableció que los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia forman parte de un mismo sistema estuarial y por lo tanto constituyen una única unidad ecosistémica, a través de la Res. Ex. N° 947/2010 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), se ordenó la acumulación del procedimiento de elaboración de las NSCA para la protección de las aguas del río Cruces al procedimiento de elaboración de las NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia.

Posteriormente, una vez finalizado el trabajo con el **Comité Operativo** (19 servicios públicos) y el **Comité Ampliado** (Universidad, ONGs, Colegios de profesionales, municipios, y empresas usuarias de la cuenca) el **Anteproyecto** de estas normas fue publicado en el D.O el 15 Junio 2012, desarrollándose el proceso de **Participación Ciudadana** entre el 18 de Junio al 12 de Septiembre de 2012 (Talleres en San José de la Mariquina, Lanco, Los Lagos, Valdivia y Consulta Indígena).

Durante el año 2013 se realizó el **AGIES** y el **Proyecto Definitivo** fue aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS), a través del D.S. N° 55/2013. El Cual fue tomado de Razón con alcance por la Contraloría General de la República (CGR) el 11 de marzo del 2014.

El alcance realizado por la CGR hace presente que corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) fijar las metodologías analíticas, de acuerdo a lo establecido el artículo N° 3 letra ñ) de la Ley Orgánica de la SMA.

Finalmente, durante el año 2014, debido a las diferencias entre el Anteproyecto, el Proyecto Definitivo y el Decreto Supremo que tomara de razón la CGR, se ha realizado una revisión del D.S. N° 55/2013 MMA, con el objetivo de mejorar este instrumento de gestión ambiental, de tal manera que pueda cumplir con los objetivos de protección para los cuales fue diseñado y adicionalmente incorporar el alcance realizado por la CGR.

## II. OBJETIVO DE PROTECCIÓN DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL (NSCA) PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

El objetivo de protección de estas normas es: *“Conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca. Su ámbito de aplicación territorial incluye a los ríos San Pedro, Calle Calle, Valdivia y Cruces”*.

Lo anterior considerando que la ley 19.300 define en su Art N° 2:

b) Conservación del Patrimonio Ambiental: el uso y aprovechamiento racional 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: El 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.

Históricamente, el proceso de elaboración de normas se centraba en el análisis de los datos de parámetros fisicoquímicos disponibles. Sin embargo, la CONAMA en el año 2009 inició un proceso de mejora, cuyo objetivo fue pasar del enfoque reduccionista/estadístico, que sólo considera la cantidad y calidad de agua, al enfoque ecosistémico, en el cual el foco de atención se centra en la estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Por tal razón, el proceso de elaboración de las NSCA de la cuenca del río Valdivia centra sus esfuerzos en las especies, familias, géneros y funciones ecosistémicas que se desea proteger, en la identificación de las condiciones fisicoquímicas del agua que pueden asegurar su sobrevivencia y reproducción y en los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas proveen a la sociedad en su conjunto, todo ello bajo un enfoque de desarrollo sustentable.

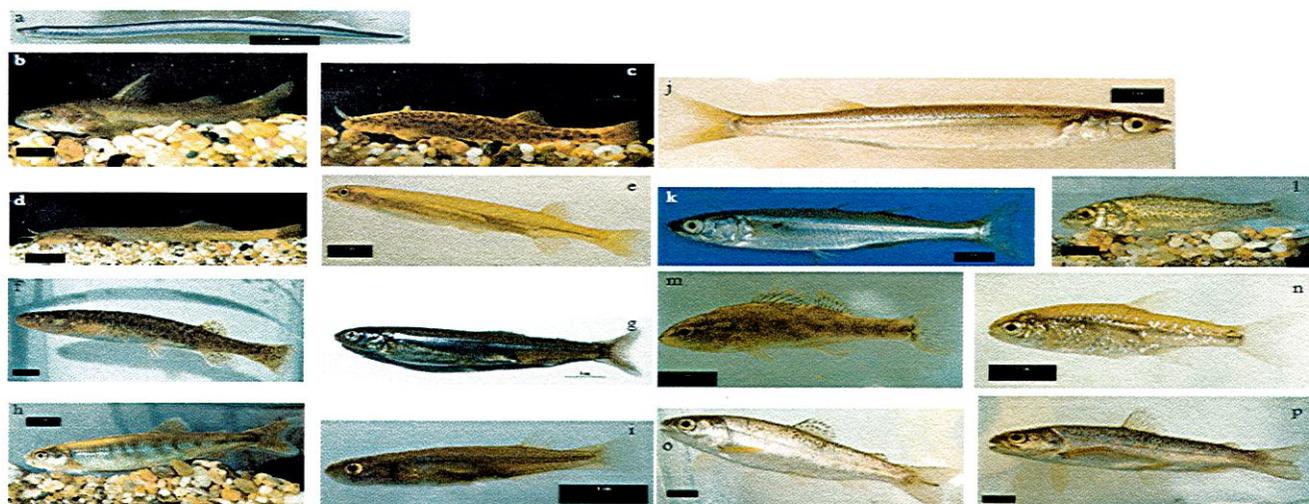
De esta forma, el proceso de elaboración de las NSCA de la cuenca del río Valdivia consideró la recopilación, sistematización y análisis de toda la información disponible en la cuenca y la generación de nueva información, a partir de la cual se puede describir en forma general las características hidrodinámicas, fisicoquímicas, ecológicas de la cuenca. Además, de los usos y presiones de la cuenca y de la identificación de los servicios ecosistémicos que provee la cuenca del río Valdivia. Estableciéndose el alto valor de la cuenca por su patrimonio natural, por la presencia de áreas de alto valor para la conservación (Sitio RAMSAR “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter” y “Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo”), por concentrar zonas de interés turístico y especialmente por su biodiversidad y endemismo, con presencia de 61 especies de microalgas, 67 especies de invertebrados acuáticos, 120 especies de plantas acuáticas y una veintena de especies de fauna íctica (UCT 2012)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Aproximación ecotoxicológica y evaluación de riesgo ecológico para el santuario de la naturaleza como apoyo a la elaboración del anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, desarrollado por la Universidad Católica de Temuco.

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 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.

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 (Fig. N° 1).



**Fig. N° 1** 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)

A través del análisis de los usos de la cuenca se pudo establecer los parámetros antrópicos de mayor relevancia (aquellos que son descargados a través de fuentes puntuales y han mostrado variaciones en el tiempo y espacio, tales como Al, Fe, SO<sub>4</sub>, Na, Cl y Conductividad) y los parámetros de mayor importancia ecológica (como por ejemplo, O<sub>2</sub>, metales totales y nutrientes). Parámetros que deben ser normados, ya que dependiendo de su concentración pueden resultar tóxicos o pueden producir efectos adversos indeseados para estos ecosistemas, como por ejemplo la eutroficación.

Este proceso normativo incorporó como herramienta complementaria la Evaluación de Riesgo Ecológico, la cual permitió estimar empíricamente los niveles máximos de tolerancia de las

especies locales claves o aquellas que por su importancia funcional son especies de relevancia ecológica en estos ecosistemas, obteniendo, por tanto, información respecto de la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre las especies expuestas a determinados contaminantes (parámetros fisicoquímicos). Todo ello con el objetivo de proteger al ecosistema en su conjunto. De esta manera, se establecieron niveles de calidad ambiental para aluminio, cobre, hierro, manganeso y zinc (UCT 2010; UCT 2011)<sup>2</sup> que aseguran la protección de efectos letales y subletales para un 70-80% de las especies presentes en el ecosistema.

Finalmente, se establecieron tablas Clases de Calidad sobre la base del análisis estadístico de la cuenca, de Índices Bióticos, de Evaluación de Riesgo Ecológico y de una exhaustiva revisión de Normas Internacionales de protección de Biota Acuática.

Para la determinación de los parámetros a normar y la magnitud de su concentración se consideró:

- Monitoreo de calidad de aguas realizado por la Dirección General de Aguas desde el año 1987 al 2012.
- Determinación de calidad natural para el año 2001 realizada en el estudio Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad.
- 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, desarrollado por la UACH.
- Evaluación de riesgo ecológico para el Santuario de la Naturaleza
- Modelamiento hidrodinámico del sistema estuarial de los río Cruces – Calle Calle –Valdivia.
- Revisión de normas Internacionales cuyo objetivo es la protección de la biota acuática.
- Revisión de biodiversidad de la cuenca, comunidades indígenas, desarrollo económico, etc.
- Una clasificación entre parámetros antrópicos, naturales y mixtos. Para ello se realizó un inventario de emisiones puntuales en la cuenca (Industrias, sanitarias y otros) y se realizó una revisión del régimen hidrológico, de la escorrentía superficial y su relación con los parámetros a normar. Destacándose que el Fe y Al corresponden a parámetros mixtos descargados a la cuenca y con una gran influencia natural derivada de la litología de la cuenca y su escorrentía.

---

<sup>2</sup> Estudio "Evaluación de Riesgo Ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en apoyo al proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia" y Estudio "Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en apoyo al proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia", ambos desarrollados por la Universidad Católica de Temuco (UCT).

### III. PROCESO DE REVISIÓN Y MEJORA DEL DS 55/2013 DEARROLLADO DURANTE EL AÑO 2014

El proceso de elaboración del anteproyecto recopiló, sistematizó y analizó toda la información disponible en la cuenca y generó información a partir de la cual se pudo determinar cuáles son los parámetros antrópicos de mayor relevancia (aquellos que han mostrado variaciones en el tiempo y espacio derivados de intervención antrópica: Al, Fe, SO<sub>4</sub>, Na, Cl y Conductividad), cuales son los parámetros de mayor importancia ecológica (como por ejemplo, O<sub>2</sub>, metales totales y nutrientes). Determinando áreas de vigilancia y niveles de calidad ambiental para cada uno de los parámetros normados que aseguran la protección y preservación de estos ecosistemas.

El Anteproyecto de las NSCA de la cuenca del río Valdivia fue publicado en el diario oficial el 15 de junio del 2012, con lo cual se dio inicio al proceso de participación ciudadana, recibándose todas las observaciones hasta el 12 de septiembre del mismo año.

Posteriormente, con el objetivo de contar con el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de este Anteproyecto y elaborar el Proyecto Definitivo, el año 2011, se realizaron estudios que pudieran generar antecedentes y apoyar el proceso de elaboración del AGIES de estas Normas<sup>3</sup>. Como resultado de este trabajo se esperaba contar con un Proyecto Definitivo que considerara los aspectos económicos y sociales de la implementación de estas normas y las observaciones recibidas en el proceso de participación ciudadana.

Sin embargo, el proceso de elaboración del Proyecto Definitivo en muchos casos no consideró los principales aspectos ecológicos contenidos en el expediente de estas normas generando cambios en el proceso que van en desmedro de este instrumento de gestión ambiental y ponen en riesgo el cumplimiento del objetivo de protección para el cual fueron diseñadas estas normas. Adicionalmente, poniendo en riesgo el nivel de confianza que se había alcanzado con la ciudadanía.

Se observaron diferencias entre:

- a) El Anteproyecto (D.O. 15.06.12) y el Proyecto Definitivo (Acuerdo N° 19 del 28.11.2013, del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad).
- b) El Acuerdo N° 19 del 28.11.2013, del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el D.S. N° 55 del 27.12.13 del MMA, firmado por el Presidente de la República.
- c) El D.S. N° 55 del 27.12.13 del MMA, firmado por el Presidente de la República y el DS 55/2013 MMA tomado de Razón con alcance, el 11.03.14, por la Contraloría General de la República.

Dentro de los principales cambios detectados se encuentra:

- La eliminación de los metales totales, sodio, calcio, magnesio y potasio.

---

<sup>3</sup> Consultoría: "Identificación, cuantificación y recopilación de valores económicos para los servicios ecosistémicos de la cuenca del Valdivia", desarrollado por la Universidad Católica de Temuco (UCT).

- El aumento en los niveles de calidad ambiental sulfato y cloruro.
- La disminución de la concentración de oxígeno.
- Modificación de los límites de las áreas de vigilancia.

Los cambios anteriormente señalados, en su mayoría, no se sustentan en los antecedentes ecológicos necesarios para garantizar que se dé cumplimiento al objetivo de protección de estas normas. En consecuencia, fue necesario iniciar un proceso de revisión, antes de su publicación. Por tal motivo, durante el primer semestre del año 2014 se realizó una revisión del D.S. N° 55/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), tomado de razón con alcance por la CGR, con el objetivo de mejorar este instrumento de gestión ambiental de tal manera que pueda cumplir con los objetivos de protección para los cuales fue diseñado bajo un Enfoque Ecosistémico y de Desarrollo Sustentable.

Este proceso de revisión y mejora consideró la revisión y análisis de la siguiente información:

1. La información actualizada de la calidad fisicoquímica de la cuenca del río Valdivia (últimos años disponibles).
2. Clases de Calidad para la cuenca del río Valdivia.
3. La importancia de normar los metales totales en la cuenca del río Valdivia.
4. La obligación de controlar las NSCA en la sección final de cada área de vigilancia.
5. Áreas de vigilancia.
6. Todos los antecedentes que constan en el Fallo de la causa por daño ambiental que condena a la principal empresa que descarga sus riles en el río Cruces.
7. Todos los antecedentes que constan en el expediente público.

## REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

### 1. Información actualizada de la calidad fisicoquímica de la cuenca del río Valdivia (últimos años disponibles).

Las Tablas N° 1 y 2, indican la condición actual de los parámetros normados, de acuerdo a los resultados del monitoreo realizado por la Dirección General de Aguas entre los años 2008 al 2012. En color verde se destacan aquellos niveles de concentración que se encontrarían por debajo del nivel normado, en rojo aquellos niveles de concentración que superarían el nivel normado, en amarillo los valores de concentración que corresponden al límite de detección actual (para más detalles ver anexo 1) de la metodología analítica utilizada por la Dirección General de Aguas y en violeta se indican los valores de concentración que deben ser revisados considerando eventos de precipitación intensa que provocan aumento de la escorrentía superficial generando picks de metales propios de la litología de la cuenca (Al, Fe y Mn).

Respecto de los límites de detección de las metodologías analíticas, en el Programa de Vigilancia de estas normas se deberá establecer que no se considerarán sobrepasadas las NSCA cuando el valor de concentración reportado corresponda al límite de detección de la metodología analítica, toda vez que el límite de detección no representa una concentración efectivamente medida, sino un rango de concentración que se encuentra por debajo del límite de detección, es decir entre cero y el límite de detección de la metodología analítica.

Respecto de los picks de metales propios de la litología de la cuenca (aluminosilactos) asociados a eventos de precipitación intensa, estos deberán ser analizados en detalle, toda vez que, como se mencionó anteriormente, podría tratarse de disturbios naturales, para los cuales el ecosistema tiene mecanismos propios para enfrentarse a ellos y en consecuencia estarían fuera del alcance de estas normas.

Período 2008-2009

Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	RV	RC I	RC II	RC III
pH	-	7,86	7,49	7,71	6,11-7,26	7,4	7,51
Oxígeno disuelto	mg/L	11,06	10,97	11,11	10,63	11,28	11,25
Conductividad eléctrica	µS/cm	49	46,4		32	96	93
Sulfato	mg/L	2,2	2,2		2,2	15	16,6
Sodio	mg/L	3	2,97		2,78	12,7	12,1
Cloruro	mg/L	2,674	2,7		3,4	8,5	8,9
<b>Aluminio (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Cobre (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cromo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Hierro (Total)	mg/L	0,04	0,33	0,292	0,37	0,52	0,3
Manganeso (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01
Zinc (Total)	mg/L	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Nitrato	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,074	0,155	0,217	0,189	0,2	0,222
Fosfato	mg/L	0,035	0,018	0,037	0,041	0,024	0,027
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l						

## 2009-2010

Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	RV	RC I	RC II	RC III
pH	-	7,86	7,38	8,63	6,77 - 7,52	7,15	7,37
Oxígeno disuelto	mg/L	12,06	10,97	11,38	10,63	12,53	12,4
Conductividad eléctrica	µS/cm	50	51		33,7	78,5	86
<b>Sulfato</b>	<b>mg/L</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>13,716</b>	<b>16,6</b>
Sodio	mg/L	2,938	2,866		3,004	11,141	12,1
Cloruro	mg/L	2	2,342		2,8	6,3	5
<b>Aluminio (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Cobre (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cromo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Hierro Total)	mg/L	0,04	0,35	0,31	1,05	0,66	0,381
Manganeso (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,07	0,04	0,02
Zinc (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,018	0,01	0,01	0,012
Nitrato	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,07	0,143	0,163	0,103	0,147	0,191
Fosfato	mg/L	0,017	0,008	0,02	0,006	0,007	0,014
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l						

Tabla N° 1. Condición Actual (percentil 85) para el período 2008-2009 y para el período 2009-2010

## 2010-2011

Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	RV	RC I	RC II	RC III
pH	-	7,72	7,44	8,25	7,11 - 7,79	7,25	7,47
Oxígeno disuelto	mg/L	12,06	12,05	11,4	12,15	12,1	11,52
Conductividad eléctrica	µS/cm	58	53		48	78,5	59
Sulfato	mg/L	s/i	s/i			s/i	s/i
Sodio	mg/L	2,952	3,288		3,603	8,225	13,798
Cloruro	mg/L	1,748	2,501		3,335	5,29	6,049
<b>Aluminio (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Cobre (Total)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cromo	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Hierro Total)	mg/L	0,134	0,194	0,35	0,503	0,717	0,615
<b>Manganeso (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,044</b>
Zinc (Total)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,051	0,061	0,092	0,165	0,181	0,157
Fosfato	mg/L	0,004	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l						

## 2011-2012

Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	RV	RC I	RC II	RC III
pH	-	7,52	7,65	7,87	7,42 - 7,79	7,61	7,21
Oxígeno disuelto	mg/L	10,8	12,05	10,3	11,06	11,52	10,42
Conductividad eléctrica	µS/cm	47	48		48	98	83
Sulfato	mg/L	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Sodio	mg/L	3,036	3,297		3,603	19,196	19,323
Cloruro	mg/L	2,223	12,102		3,361	11,344	9,727
<b>Aluminio (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>s/i</b>	<b>s/i</b>	<b>s/i</b>	<b>s/i</b>	<b>s/i</b>	<b>s/i</b>
<b>Cobre (Total)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
Cromo	mg/L	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Hierro Total)	mg/L	0,1	0,122	0,434	0,503	0,467	0,487
Manganeso (Total)	mg/L	0,02	0,02	0,035	0,02	0,03	0,034
Zinc (Total)	mg/L	0,01	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato	mg/L N-NO <sub>3</sub>	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Fosfato	mg/L	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l						

Tabla N° 2. Condición Actual (percentil 85) para el período 2010-2011 y para el período 2011-2012

Respecto de las condiciones hidroquímicas, la cuenca del río Valdivia se destaca por la baja concentración de sales, presentando las características propias de un sistema de aguas muy blandas. Por lo cual, los niveles de calidad ambiental para esta cuenca deberían considerar la mantención de la calidad histórica de la cuenca del río Valdivia, reconociendo que las condiciones hidroquímicas de esta cuenca pueden considerarse únicas y escasas en nuestro país, tal como se puede observar en la figura N°2.

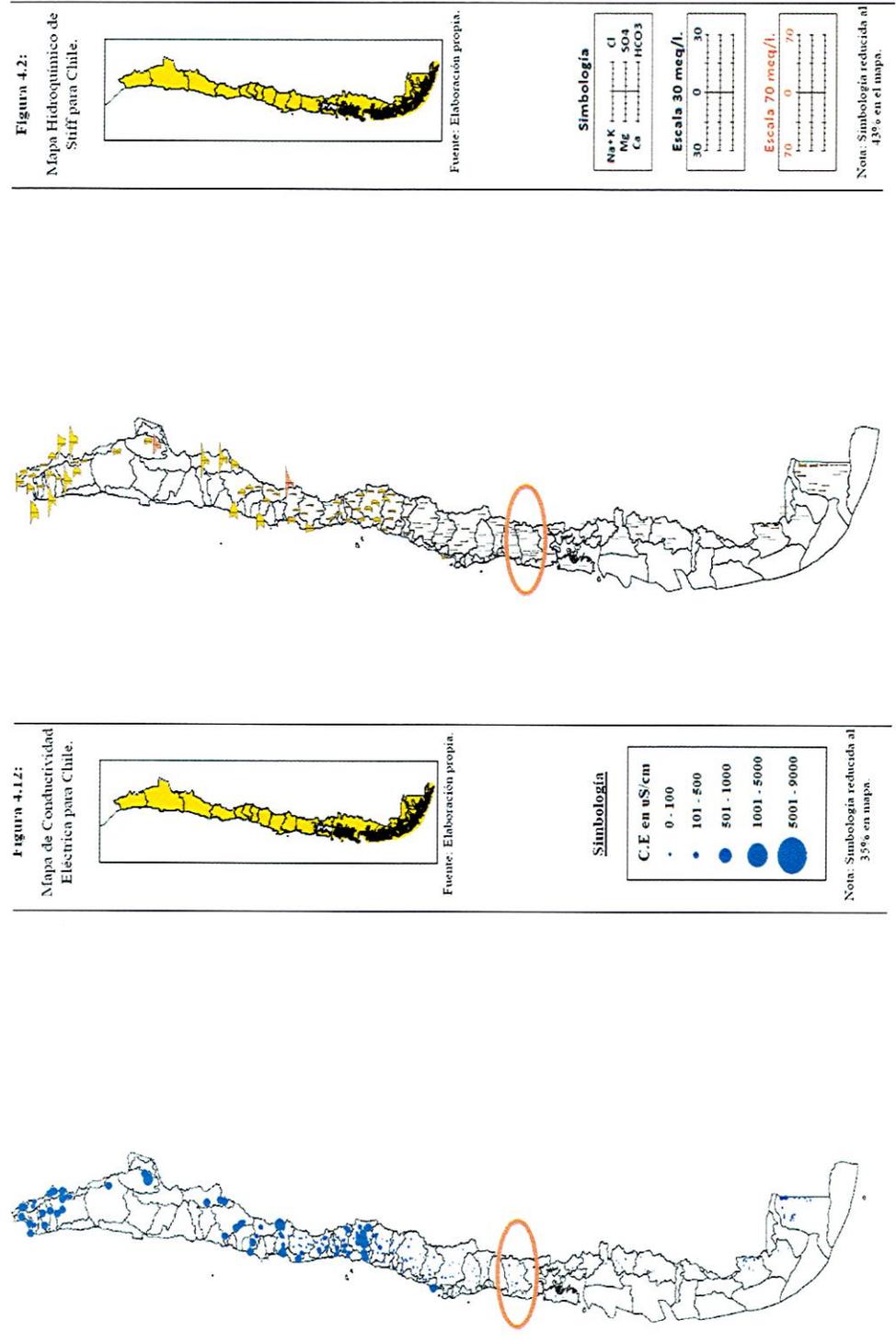


Figura N°2. Características hidroquímicas de nuestro país.  
Fuente: Propuesta de Índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile. Tesis para optar al título de Ingeniero. Tamara García Quevedo, Universidad de Chile - Ministerio del Medio Ambiente.

A continuación se entrega la caracterización histórica de las características hidroquímicas de la cuenca<sup>4</sup>.

#### **Conductividad Eléctrica:**

Río Calle Calle: En la estación río Calle Calle en Balsadero San Javier se observa, en una serie de tiempo de catorce años, un comportamiento en dos periodos el primero hasta 1996 que disminuye en aproximadamente en 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el segundo que en los últimos seis años de la serie de tiempo aumenta los 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con una tendencia central en un valor de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Río Cruces: En la estación río Cruces en Rucaco se observa, en una serie de tiempo de catorce años, un comportamiento en dos periodos el primero hasta 1997 que disminuye en aproximadamente en 5  $\text{uS}/\text{cm}$  y el segundo que en los últimos cinco años de la serie de tiempo aumenta en 9  $\text{uS}/\text{cm}$ , con una tendencia central en un valor de 44  $\text{uS}/\text{cm}$ .

Río Enco: En la estación río Enco en Chan Chan se observa, en una serie de tiempo de catorce años e interrumpida entre los años 1997 al 2000, un comportamiento en dos periodos el primero hasta 1997 que disminuye en aproximadamente en 10  $\text{uS}/\text{cm}$  y el segundo entre los años 2000-2002 aumenta en 5  $\text{uS}/\text{cm}$ , con una tendencia central en un valor de 50  $\text{uS}/\text{cm}$ .

Río Huanahue: En la estación río Huanahue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo de dieciséis años, un comportamiento en dos periodos el primero hasta 1998 que permanece constante en aproximadamente en un valor de 54  $\text{uS}/\text{cm}$  y el segundo que en los últimos tres años de la serie de tiempo aumenta en 11  $\text{uS}/\text{cm}$ , con una tendencia central en un valor de 65  $\text{uS}/\text{cm}$ .

Río Liquiñe: En la estación río Liquiñe en Liquiñe se observa hasta el año 1997 una tendencia central plana, a partir de la cual se observa un aumento hasta aprox. 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Río Llanquihue: En la estación río Llanquihue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo de catorce años, un comportamiento en tres periodos el primero desde el inicio de la serie de tiempo hasta el año 1991 que tiende a disminuir en aproximadamente 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el segundo entre los años 1991 al 2000 permanece constante en 45  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en los últimos dos años de la serie se observa un aumento en 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con una tendencia central en un valor de 55  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Río San Pedro: En la estación río San Pedro en Desague Lago Riñihue se observan tres periodos comportamientos. El primero desde el inicio de la serie de tiempo hasta 1991 hasta valor de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Luego presenta una tendencia decreciente hasta el año 1998, y luego aumenta en los últimos años de la serie de tiempo, hasta un valor de 58  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Río Valdivia: En la estación río Valdivia en Transbordador, en una serie de tiempo de doce años, se observa un comportamiento que disminuye desde el comienzo de la serie de tiempo hasta el año

---

<sup>4</sup> Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de Calidad, desarrollado por Cade-Idepe, Consultores en ingeniería, 2002

1994 en 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para permanecer constante en un solo valor hasta el término de la serie de tiempo.

**Sulfato:**

Río Calle Calle: En la estación río Calle Calle en Balsadero San Javier se observa, en una serie de tiempo de siete años e interrumpida entre los años 1993 al 1999, un comportamiento constante en un mismo valor, con una tendencia central plana en un valor de 0,7 mg/l.

Río Cruces: En la estación río Cruces en Rucaco se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1993 a 1999, un comportamiento en dos períodos el primero hasta 1988 disminuye en aproximadamente en 0,5 mg/l y el segundo período aumenta a lo largo de la serie de tiempo, interrumpida. La tendencia central, en los últimos años es plana en un valor de 0,8 mg/l.

Río Enco: En la estación río Enco en Chan Chan se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1993 hasta el 2002 un comportamiento oscilante desde el comienzo de la serie de tiempo hasta 1989 y luego permanecer constante en un mismo valor hasta el término de la serie de tiempo, la tendencia central es constante en un valor de 0,75 mg/l.

Río Huanahue: En la estación río Huanahue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre 1993 hasta 1999 un comportamiento disímil desde el comienzo de la serie de tiempo hasta 1989 y luego permanece constante en un mismo valor con una tendencia central plana en un valor de 0,52 mg/l.

Río Liquiñe: En la estación río Liquiñe en Liquiñe se observa en una serie de tiempo de diecisiete años e interrumpida por diez años entre 1990-2000, un comportamiento disímil con una tendencia central en un valor de 1,2 mg/l.

Río Llanquihue: En la estación río Llanquihue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo que va desde 1987 al 2002 e interrumpida entre los años 1993 al 2000, un comportamiento oscilante, con una tendencia central en un valor de 1,2 mg/l.

Río San Pedro: En la estación río San Pedro en Desague Lago Riñihue se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1992 al 2000, un comportamiento desde 1988 hasta 1992 constante en un mismo valor en 1992 se observa un peak de aumento de 0,4 mg/l permaneciendo constante en un valor hasta el término de la serie de tiempo, con una tendencia central plana en 1,3 mg/l.

Río Valdivia: En la estación río Valdivia en Transbordador, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1993 al 2001, se observa un comportamiento desde el inicio hasta 1993 que disminuye a lo largo de la serie de tiempo y luego permanece constante hasta su término. La tendencia central en un valor de 50 mg/l.

**Cloruro:**

Río Calle Calle: En la estación río Calle Calle en Balsadero San Javier se observa, en una serie de tiempo de cuatro años e interrumpida entre los años 1993 al 1999, un comportamiento disímil en un primer período desde el comienzo de la serie hasta el año 1989 tiende a aumentar, luego disminuye hasta 1993, en los últimos dos años permanece constante en un mismo valor, con una tendencia central plana en un valor de 3,5 mg/l.

Río Cruces: En la estación río Cruces en Rucaco se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1993 a 1999, un comportamiento en dos periodos el primero hasta 1988 que aumenta en aproximadamente en 0,5 mg/l y el segundo que disminuye a lo largo de la serie de tiempo interrumpida hasta 1993 permaneciendo constante en un mismo valor hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central, en los últimos años es plana en un valor de 0,38 mg/l.

Río Enco: En la estación río Enco en Chan Chan se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre los años 1993 hasta el 2000 inclusive un comportamiento decreciente desde el inicio hasta 1993 para permanecer constante en un mismo valor hasta el término de la serie de tiempo, la tendencia central es constante desde 1993 en un valor de 3,0 mg/l.

Río Huanahue: En la estación río Huanahue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo de quince años e interrumpida entre 1993 hasta 1999 un comportamiento decreciente hasta 1993 y luego permanece constante en un mismo valor con una tendencia central plana en un valor de 3,5 mg/l.

Río Liquiñe: En la estación río Liquiñe en Liquiñe se observa en una serie de tiempo de dieciocho años e interrumpida por diez años entre 1989-1998, un comportamiento que tiende a decrecer en aproximadamente 1mg/l desde el inicio de la serie de tiempo hasta el año 1989, desde el año 2000 al 2002 se mantiene constante en un mismo valor con una tendencia central plana en un valor de 3,5 mg/l.

Río Llanquihue: En la estación río Llanquihue antes del lago Panguipulli se observa, en una serie de tiempo que va desde 1987 al 2002 e interrumpida entre los años 1993 al 2001, un comportamiento oscilante, con una tendencia central en un valor de 3,5 mg/l.

Río San Pedro: En la estación río San Pedro en Desague Lago Riñihue se observa, en una serie de tiempo de dieciséis años e interrumpida entre los años 1993 al 2001, un comportamiento oscilante hasta 1990, en adelante hasta el término de la serie de tiempo permanece constante en un mismo valor, con una tendencia central plana 3,5 mg/l.

Río Valdivia: En la estación río Valdivia en Transbordador, en una serie de tiempo de quince años, se observa un comportamiento que disminuye en aproximadamente 1500 (Por ingreso marino) mg/l, en adelante hasta el término de la serie de tiempo permanece constante en un mismo valor, con una tendencia central plana 250 mg/l.

## 2. Clases de Calidad para la cuenca del Río Valdivia

Las Tablas de calidad fueron elaboradas por el Departamento de Asuntos Hídricos con el objetivo de apoyar la implementación de modelos para elaborar los AGIES, ya que a través de estas clases de calidad se podrán evaluar distintos escenarios económicos. Adicionalmente con el establecimiento de estos límites es posible incorporar el principio preventivo, de eficiencia y evaluar la incorporación del principio de gradualidad de acuerdo a lo establecido en la Ley 19.300.

Su elaboración consideró el establecimiento de 5 Clases de Calidad, cada una de ellas representa distintas condiciones ecológicas entre las cuales se destaca:

**Clase 1 “Excelente”:** Referencia de la cuenca, la cual representa el mejor estado de la cuenca.

**Clase 2 “Óptima”:** Las concentraciones aquí establecidas se consideran óptimas para el ecosistema.

**Clase 3 “Media”:** considera un ambiente con perturbación antrópica, pero corresponde a un sistema con condiciones ambientales medianamente aceptables.

**Clase 4 “Mala”:** 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”:** Ambientalmente inaceptable

La determinación de los límites de cada clase se realizó sobre la base de los antecedentes utilizados en la elaboración del Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia”. A saber: Evaluación de Riesgo Ecológico<sup>5</sup> (agudo y crónico); Índices Biológicos (Tabla N°3); Estudios específicos por parámetros (valores de nutrientes para mantener el estado trófico del sistema); Estudios específicos de requerimientos para la acuicultura; Revisión de Normativa internacional para la protección de biota acuática como referencia (Tabla N°4). Bajo los siguientes criterios:

**Clase 1:** Percentil 5 de toda la cuenca, es decir los valores más bajos registrados en la cuenca durante todo el período de monitoreo de la cuenca (1987-2012)

**Clase 2:** ERE (entre 70%-90% de protección) > IB (Familias sensibles IB: 9-10) > Características propias de la cuenca (CC) > Estudios específicos por parámetro > Normas Internacionales > Percentil 80 de toda la cuenca. Es decir, estos límites garantizan un ambiente óptimo para la conservación y preservación del ecosistema.

---

<sup>5</sup> Estudio “Evaluación de Riesgo Ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en apoyo al proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia” y Estudio “Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en apoyo al proceso de elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca del río Valdivia”, ambos desarrollados por la Universidad Católica de Temuco (UCT).

**Clase 3:** Percentil 90 de la cuenca en relación a punto medio entre clase 2 y clase 4, esta es una clase media que presenta perturbaciones antrópicas, sin embargo presenta concentraciones que permiten la mantención del ecosistema.

**Clase 4:** ERE (entre 40 a 50% de protección)> IB (familias tolerantes IB: 3-4)> Estudios específicos por parámetro > Percentil 99 de toda la cuenca, estos valores de conservación generan efectos adversos sobre el ecosistema, en consecuencia son ambientalmente inaceptables.

	Familias sensibles	Familias Tolerantes	Río Damas (Figuroa et al., 2003)		Familias sensibles	Familias Tolerantes
	Valdivia 9-10	Valdivia 3-4	clase 1 indice biológico	clase 7 indice biológico	Maipo 9-10	Maipo 7
Aluminio	0,06-0,22	0,3			0,55-2,87	
Amonio	0,03				0,02-0,07	0,02-0,38
AOX						
Cloruro	1,6-3,3	3,1-17,8	24,3-39,3	43,3-46,3	54,16	
Coliformes Fecales	31-528				2-17	2-49
Color Verdadero	8,0-16				5	5-7
Conductividad Eléctrica	33-48	42-162,2	68,5-83,9	94,4-118,9	107-896	216,4-2780
DBO5	1-1,5		1,0-2,0	2,5-8,8	1-2,35	1-2,3
DQO	2,0- 4,3	3-7,3	10-11,9	11,9-20,6		
Fenoles Totales	0,002-0,004					
Fósforo Total	0,04-0,06		0,03-0,05	0,14-0,18	0,01-0,12	0,01-0,05
Hidrocarburos Totales	0,22-0,36			0,06-0,32		
Hierro	0,013-0,54	0,22-0,72	0,78	0,78-1,08	0,37-2,14	
Manganeso	0,003-0,006	0,025-0,034	0,029	0,026-0,062	0,08-0,11	
Nitrato	0,06-1,83				0,8-2,26	0,34-2,85
Nitrito	<0,005		0,002-0,01	0,02-0,06		
Nitrógeno Total	0,07-0,12		0,28-0,47	0,68-0,94	0,34-1,05	0,16-0,91
Oxígeno Disuelto	7,06-10,42	9,48-10,09	6,3-7,9	3,0-6,4	8,19	5,6
pH	6,68-7,4	6,21-7,47			7,79-8,32	7,71-9,5
Sólidos Suspendidos	2,7-29,8				1,9-142	2,8-90
Sulfato	3	3,0-26,2			14,5-408	

Tabla N°3. Valores de concentración de parámetros fisicoquímicos asociados a la presencia de macrofauna bentónica según índices bióticos. Valores obtenidos de la aplicación de Índices Bióticos en el Río Valdivia por el CENMA (2011), en el Río Maipo por el CEA (2010) y en el Río Damas de acuerdo a Figuroa et, al 2003.

País	Nombre de la norma
Unión Europea	DIRECTIVA 2008/105/CE normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
República Federal de Alemania	DIRECTIVA 2008/105/CE normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
Reino de España	Real Decreto 60/2011 sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
Reino de los Países Bajos	Decreto sobre la calidad del agua y su seguimiento
República de Italia	DIRECTIVA 2008/105/CE normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
Reino de Suecia	DIRECTIVA 2008/105/CE normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
República Argentina	Decreto 831/93 sobre régimen de desechos peligrosos. Decreto Reglamentario de la Ley 24.051
Australia y Nueva Zelanda	Directrices de Australia y Nueva Zelanda para la calidad del agua dulce y salada
Confederación de Canada	Directrices relativas a la calidad del agua para proteger la vida acuática
Estados Unidos de Norteamérica	Ley del Agua
Japón	Ley de Medio Ambiente - Estándares de calidad para la conservación del agua
Reino Unido	DIRECTIVA 2008/105/CE normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas

Tabla N°4. Normas internacionales de protección de biota acuática utilizadas como referencia para la elaboración de Clases de Calidad en la cuenca del río valdivia.

Metal	Unidad	Pais	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

Tabla N° 5. Niveles de calidad ambiental establecidos en distintas normas internacionales cuyo objetivo es la protección de la biota acuática.

**TABLA DE CLASES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA**

Propuesta Final		Clase 1 Excelente	Clase 2 Óptima	Clase 3 Media	Clase 4 Mala	Clase 5 Muy Mala
Parametro	Unidad	P5	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
Conduct	umhos/cm	24,50	70 (IB)	116,00	162 (IB)	> 162
Ox, Dis,	mg/l	11,60	9 (IB) Río	7	5 (EE)	< 5
			8 (IB) Estuario	7		
Cl-	mg/l	1,77	5,6 (IB)	11,70	17,8 (IB)	> 17,8
(SO4-2)	mg/l	0,30	1,2 (IB)	13,74	26,2 (IB)	> 26,2
Ca+2	mg/l	5,23	3 (IB)	15,90	26,2 (IB)	> 26,2
Mg+2	mg/l	1,80	4,7 (CC)	9,85	15*	>15
K+	mg/l	1,79	2,6 (CC)	3,80	5*	> 5
Na+	mg/l	2,20	5,7 (CC)	15,70	25,7 (IB)	> 25,7
Al	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
Cr	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,07	> 0,07 Total
Cu	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
Fe	mg/l	0,01	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
Zn	mg/l	0,001	Total 0,01 (ERE 80)	0,05	Total 0,09 (ERE 50)	> 0,09 Total
			Disueltos 0,003 (ERE 80)	0,02	Disuelto 0,032 (ERE 50)	> 0,032 Disuelto
N(NO3-)	mg/l	0,01	0,20	0,55	0,9 (IB m)	> 0,9
P(PO4-3)	mg/l	0,003	0,03	0,06	0,09	> 0,09

(EE) Oxígeno disuelto, de acuerdo a Lloyd, 1992 con un concentración de 5 mg/l peces pueden sobrevivir unas pocas horas.

\*Produce daños en la acuicultura (Meade, 1991, Piper et. al, 1982; Lawson, 1995)

Al comparar los niveles de calidad normados a través del DS N° 55/2013, se observa que Hierro y Cromo se encuentran en una concentración que se considera inaceptable para la preservación del ecosistema (Tabla N° 6).

N°	Parámetros	Unidad	RSP	RCCI	RCCII	RCCIII	RV	RCI	RCII	RCIII	RCIV	SNCA
1	Oxígeno disuelto	mg/l	8,5	8,5	8,5	8	8	8,5	8,5	8,5	8,5	8
2	Conductividad eléctrica	µS/cm	70	70	-	-	-	70	70	70	70	-
3	pH	-	6,3-8	6,3-8	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8,5	6,3-8	6,3-8	6,3-8	6,3-8	6,3-8,5
4	Cloruro	mg/l	6	6	-	-	-	6	6	10	10	-
5	Sulfato	mg/l	5	5	-	-	-	5	5	10	10	-
6	Demanda biológica de oxígeno	mg/l	2	2	2	2	3	2,5	2,5	2,5	2,5	3
7	Nitrato	mg/l N-NO3-	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
8	Ortofosfato	mg/l P-PO4-	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
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 disuelto	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
11	Hierro disuelto	mg/l	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
12	Manganeso disuelto	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
13	Zinc disuelto	mg/l	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
14	Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
15	Cromo total	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabla. N° 6. D.S.N°55 del 27 de diciembre de 2013 comparada con las clases de calidad para la cuenca del río Valdivia.

### 3. La importancia de normar los metales totales en la cuenca del río Valdivia

Existen numerosos antecedentes, tanto en la literatura nacional como internacional, respecto de los efectos adversos relacionados con el aumento de los metales en ecosistemas acuáticos en los componentes 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 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.

Las NSCA tienen por objetivo establecer niveles de calidad ambiental que se consideran seguros para la protección de la biota. De esta forma las NSCA se constituyen como una herramienta útil para gestionar, a través de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación, las actividades antrópicas susceptibles de alterar los niveles de calidad ambiental establecidos. En este contexto y en particular para los metales, la relación entre las fuentes puntuales y difusas con los niveles de calidad ambiental en el río se puede establecer principalmente, a través de los metales totales debido a:

- a) En general, de acuerdo a lo establecido en el D.S. 90/2000 y en su revisión, el seguimiento y fiscalización de las fuentes puntuales se realiza a través de los metales totales<sup>6</sup>.
- b) El seguimiento de la contaminación difusa se puede realizar principalmente a través de los

---

<sup>6</sup> El punto 6.5 del D. S. 90/2000 (en revisión artículo N° 53) establece que la determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se debe efectuar de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficializadas que se indican teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda, excepto cuando se especifican contenidos disueltos que deberán medirse en condiciones filtradas de la muestra.

metales totales<sup>7</sup>.

- c) 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)

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<sup>8</sup>, 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.

Adicionalmente, cabe destacar que la normativa internacional que tiene como objetivo la protección de la vida acuática ha considerado históricamente la determinación de niveles de calidad ambiental de metales tanto en fracción disuelta como la fracción total.

En consideración a lo anteriormente señalado se propone normar los metales en su fracción disuelta y total.

#### **Importancia de los metales en el ecosistema acuático**

Los metales pesados constituyen un riesgo en el medio ambiente, ya que 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).

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

<sup>7</sup> Las cuencas que tienen usos forestales y agrícolas pueden presentar aumentos en las tasa de erosión de suelo y de la escorrentía superficial, afectando significativamente la calidad del agua, especialmente aumentando la concentración de metales en forma particulada es decir los metales totales.

<sup>8</sup> Disturbio corresponde a una perturbación extrema de las condiciones fisicoquímicas de ecosistema (precipitación extrema, pulsos de lavado, vulcanismo, sequía, etc.), la cual afecta significativamente a la biota pudiendo producir hasta mortalidad masiva, pero por tratarse de un fenómeno de corta duración (horas y /o días) permite que el ecosistema pueda recuperarse, a través del inicio de procesos de sustitución temporal hasta la recuperación total de las condiciones normales de un ecosistema. Por ejemplo, el rebrote es una respuesta funcional a eventos de sequía o a disturbios como el fuego y el ramoneo (Miller 1999a).

movilidad. Las formas químicas generalmente difieren en su habilidad para ser transferidos al ecosistema (Pinzón, 1999)

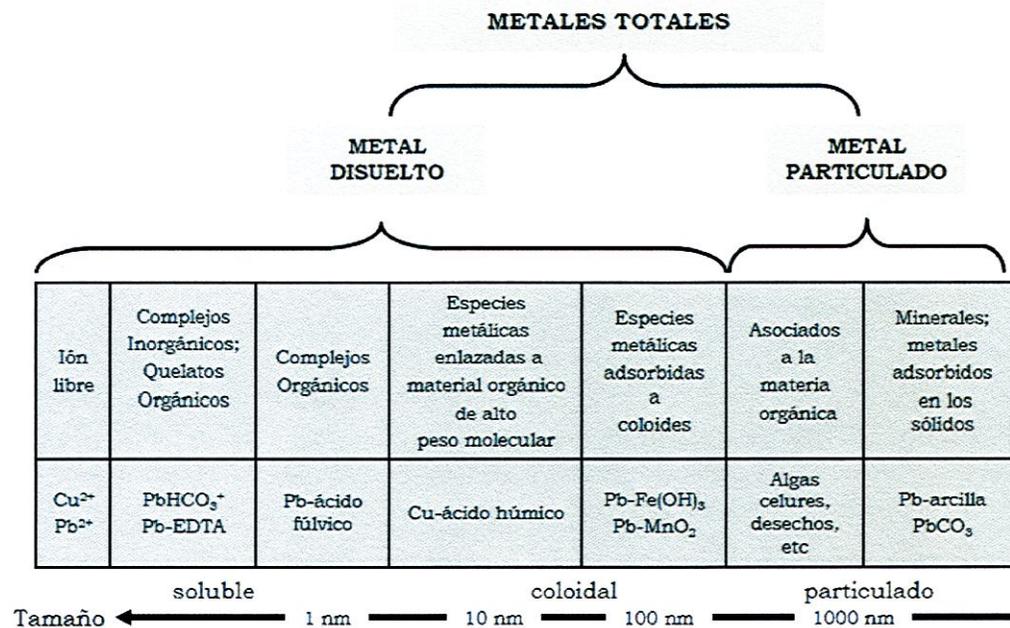
### **Especiación y biodisponibilidad**

Los metales son persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados, ni mediante procesos biológicos ni antropogénicamente. Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas, por ejemplo material particulado ( $>0,45 \mu\text{m}$ ), coloidal ( $1 \text{ nm}-0,45 \mu\text{m}$ ) y especies disueltas ( $\leq 1 \text{ nm}$ ). En estas últimas especies se incluyen los iones metálicos hidratados, los cuales suelen ser considerados como la fracción metálica más biodisponible, así como los complejos metálicos orgánicos e inorgánicos con ligandos de origen natural o antropogénico, los cuales son potencialmente biodisponibles (Martorell, 2010)

La gran complejidad que muestran los sistemas acuáticos hace que los estudios de especiación en el medio acuático presenten una elevada dificultad. Esta complejidad se debe a que contienen la mayoría de los elementos de la tabla periódica (a menudo presentes en una gran variedad de formas químicas), así como una variedad infinita de compuestos orgánicos; a esto hay que unir los bajos niveles de concentración que suelen presentar los metales en las aguas naturales. Además los compuestos presentes en las aguas naturales cubren un amplio rango de tamaños, desde unos pocos Å (iones inorgánicos hidratados) hasta la escala macroscópica de 1 mm o más (desechos de los organismos). Los compuestos de un tamaño intermedio, como son los coloides inorgánicos y las macromoléculas orgánicas, juegan un papel importante en la regulación química del agua (Martorell, 2010). Dado que las transformaciones entre diversas especies de metal, que a menudo implican cambios en la coordinación de los enlaces y/o cambios en el estado de oxidación, pueden ocurrir de forma continua, el destino de los metales trazas en los ecosistemas acuáticos depende en gran medida de las especies, las cuales pueden coexistir y pueden o no estar en equilibrio termodinámico.

Estos cambios son normalmente reversibles en escalas de tiempo que varían en función del elemento, con la consecuencia importante de que la especiación de un metal es función de las condiciones biofísicoquímicas del medio en el cual se encuentra, y por tanto puede variar en función del tiempo y del espacio. Variaciones en la proporción de las especies presentes afectan a la biodisponibilidad de los metales traza, su grado de adsorción en los coloides y partículas, y en general a la movilidad en la columna de agua y sus tasas de transferencia a través de la interfaz agua-sedimento [Tercierwaeber y Taillefert, 2008].

Los procesos biogeoquímicos más importantes que regulan la movilidad de los metales pesados en los medios acuáticos, incluyen los procesos de adsorción, las reacciones redox, así como los procesos de meteorización. Estos procesos están influenciados a su vez por una serie de factores químicos tales como pH, el potencial redox, y la especiación química de los metales [Bradly y col., 2005].



Ejemplos:

**a) Cobre:**

El cobre aparece en una gran variedad de formas: sulfuros, sulfatos, carbonatos, y también como cobre elemental. La calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>) es el mineral más abundante de cobre, el cual contiene un 34% de cobre. La forma química adoptada por el metal (iónica, complejo, precipitado), y por tanto, su movilidad y disponibilidad, depende de factores ambientales como el pH, el potencial redox, el tipo de suelo y sedimento, la dureza del agua y el contenido orgánico. Estos factores pueden variar de un medio a otro, dando lugar a condiciones de deficiencia de cobre o de toxicidad.

En el medio ambiente el cobre está distribuido en las tres fases: acuosa (como ión libre o complejos solubles), sólida (en partículas, coloides, suelos y sedimentos) y biológica (adsorbido e incorporado) [Flemming y Trevors, 1989].

Existen fundamentalmente tres procesos que controlan los niveles de cobre en disolución, su transformación en las distintas formas químicas, su movilidad en los ecosistemas acuáticos y su disponibilidad para la biota, que son: 1) complejación, 2) precipitación y 3) adsorción. Estos procesos, así como la resultante especiación, reparto y biodisponibilidad del cobre, están gobernados por la química del Cu (II). Los principales ligandos inorgánicos que forman complejos con el cobre en las aguas naturales son los iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>) y carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), dependiendo del pH y la dureza del agua. Otros ligandos inorgánicos importantes capaces de formar complejos inorgánicos con cobre en algunas aguas naturales son HS<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cl<sup>-</sup>, y NH<sub>3</sub>. El papel de estos ligandos, a excepción del Cl<sup>-</sup>, es menor en agua de mar que en las aguas naturales debido a las bajas concentraciones que presentan.

Los principales precipitados de Cu que se forman en las aguas naturales incluyen Cu(OH)<sub>2</sub>, CuO, Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>) y Cu<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Los fosfatos también forman precipitados con cobre. Los

carbonatos y sulfuros presentes en los sedimentos contribuyen a la retención y acumulación de cobre. La adsorción de cobre y su reparto entre los sedimentos y el compartimento acuático depende de las características adsorbentes del sedimento, las características metálicas y algunos parámetros medioambientales. Los factores que afectan a los procesos de adsorción/desorción de cobre en los medios naturales incluyen el pH, la concentración de Cu y de adsorbentes, el tipo de ligando y su concentración, y los cationes competidores. En general, la adsorción de cobre por las arcillas y la materia orgánica es función directa del pH, con una adsorción máxima para un pH de 7,0 (Martorell, 2010)

#### **b) PLOMO**

El Pertenece al grupo IV-A de la tabla periódica y presenta dos estados de oxidación +II y +IV. En la mayoría de sus compuestos inorgánicos el plomo tiene estado de oxidación +II; de éstos, las sales de bromuro y cloruro son ligeramente solubles en agua mientras que las sales de carbonato y las sales básicas son completamente insolubles. Las principales causas naturales de movilización de plomo desde la corteza terrestre la constituyen las erupciones volcánicas y la meteorización de las rocas. Los compuestos insolubles de plomo se hunden y se adsorben en los sedimentos o bien se adhieren en las partículas en suspensión (especialmente partículas de arcilla), funcionando éstas como secuestrante de compuestos de plomo. El comportamiento del plomo en los suelos y los sedimentos está controlado por tres factores: en primer lugar su adsorción específica con varias fases sólidas, la precipitación de compuestos de plomo que presentan una elevada estabilidad, y en tercer lugar la formación de complejos o quelatos muy estables con la materia orgánica de los suelos y sedimentos. El plomo presenta una elevada adsorción por los óxidos de manganeso y de hierro, más fuerte que cualquier otro metal, siendo mayor para los óxidos de manganeso (Jaworski, 1987; Bradl y col., 2005)

#### **Bioacumulación, Bioconcentración y Biomagnificación.**

La bioacumulación puede definirse como la captación de un químico por un organismo desde el medio biótico (alimento) y/o abiótico concentrándolo en el organismo (Rand et al., 1995). Una vez producida la bioacumulación comienza el proceso de Bioconcentración, el cual corresponde a la acumulación de los contaminantes en el organismo a partir del agua y por la ingestión de alimento llevándose a cabo un aumento de las concentraciones, siendo este último la principal vía para la captación de contaminantes en todos los organismos (Hall, 2003). Dentro de la cadena trófica es posible transefrir un químico xenobiótico desde el alimento a un organismo, resultando en una alta concentración dentro del organismo comparada con la fuente de origen (Conell, 1990; Rand et al., 1995), con lo cual, se produce un incremento en la concentración entre los niveles tróficos, por lo tanto la biomagnificación en los niveles tróficos superiores. En el caso del mercurio por ejemplo, existen tres formas del mercurio: mercurio elemental ( $Hg^0$ ), mercurio inorgánico ( $Hg^{+2}$  y  $Hg^{+1}$ ), y orgánico. Cada forma y compuestos del mercurio tienen características específicas. Hasta cierto punto, todas las formas de mercurio pueden llegar a bioacumularse, pero el metilmercurio se absorbe y acumula más que otras formas (US EPA, 1997). Esta bioacumulación de mercurio ocurre cuando los organismos vivos, absorben este metal más rápidamente de lo que sus cuerpos pueden eliminar, por lo que el contaminante se bioacumula en sus tejidos u órganos (Rand et al., 1995; Gray, 2002). Cuando el mercurio que se bioacumula es transferido de un nivel trófico a otro incrementando su concentración a través de la cadena trófica, se considera que ha ocurrido la

3273 VTA  
3278 VTA

biomagnificación del mercurio (Campos, 1987; Regnell & Ewald, 1997; Gray, 2002), por lo que los animales carnívoros son los que tienden a acumular altas concentraciones de este elemento.

**Toxicidad**

La biodisponibilidad del cobre para los organismos acuáticos depende de la concentración total y de la especiación, 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. Al igual que para otros metales, se observó que la toxicidad del cobre aumenta cuando disminuye la dureza del agua y el oxígeno disuelto, decreciendo en presencia de agentes quelantes, ácidos húmicos, aminoácidos y sólidos en suspensión (Alabaster y Lloyd, 1992). Sorensen (1991) observó que en los peces la toxicidad también varía inversamente respecto a la salinidad, la alcalinidad, el pH y el tamaño de los mismos. A su vez, estudios realizados con varias especies de animales indican que la toxicidad del cobre también disminuye cuando aumenta el carbono orgánico total (Spear and Pierce, 1979). Lind et al. (1985) examinaron los efectos tóxicos asociados al cobre sobre *Daphnia pulicaria* en diversas aguas superficiales y encontraron que la influencia del carbono orgánico total es más importante que la dureza del agua; similares resultados se obtuvieron con *Pimephales promelas*. Ensayos de toxicidad aguda efectuados con la especie de alga *Selenastrum capricornutum* también demostraron que la toxicidad del cobre disminuye cuando aumenta el pH (Michnowicz and Weaks, 1984).

**Normas Internacionales**

La Tabla N° 7, indica las normas internacionales que establecen niveles de calidad ambiental para metales totales con el objeto de proteger la biota acuática.

Nombre de la norma	Metal Total	Fuente de la norma	Otros parámetros	País / Fecha de emisión
Directiva 2006/44/CE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieran protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces	Zinc	Parlamento Europeo y Consejo <a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:ES:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:ES:PDF</a>	Fósforo, nitratos, hidrocarburos, amoníaco, cloro, zinc, cobre	CEE / 2006
Decreto 831/93 sobre régimen de desechos peligrosos. Niveles guía de calidad del agua para la protección de la vida acuática	Aluminio Arsénico, Boro, Cadmio, Cianuro, Zinc, Cobre, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable <a href="http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/residuos/dec831/dec831_93.htm">http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/residuos/dec831/dec831_93.htm</a>	Orgánicos, inorgánicos, metales y pesticidas	Argentina / 1993

3279  
3279

<b>Resolución 357/2005 sobre la clasificación de las aguas y establece los estándares de vertido</b>	<i>Arsénico, Boro, Cadmio, Cianuro, Zinc, Cobre, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo</i>	<i>Consejo Nacional de Medio Ambiente - CONAMA</i> <a href="http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf">http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf</a>	Metales, aceites, compuestos orgánicos	<b>Brasil / 2005</b>
<b>Directrices relativas a la calidad del agua para proteger la vida acuática</b>	<i>Zinc, Hierro, Mercurio, Níquel, Plomo</i>	<i>Directrices de Calidad Ambiental de Canadá</i> <a href="http://st-ts.come.ca/">http://st-ts.come.ca/</a>	Metales, Compuestos orgánicos e inorgánicos y plaguicidas	<b>Canadá / 1991</b>
<b>Ley del Agua</b>	<i>Aluminio<sup>9</sup></i>	<i>Agencia de Protección Medioambiental</i> <a href="http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm">http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm</a>	Metales, aceites, aldrín, amoníaco, DDT	<b>EEUU / 1980 (2012)</b>

Tabla N° 7. Normas para la protección de la biota acuática.

### Anteproyecto NSCA Cuenca Valdivia

El Anteproyecto de las NSCA de la cuenca Valdivia propone valores de NSCA para metales totales, en función de su importancia ecológica (biodisponibilidad de material particulado) y la factibilidad de análisis, dado que la DGA monitorea los metales totales desde el año 1987 a la fecha. Por lo tanto, se cuenta con una base robusta de data histórica que caracteriza las condiciones que han existido en estos ecosistemas históricamente y se garantiza el control y seguimiento de los metales totales, dado que estos monitoreos están incorporados en el presupuesto de la DGA.

Esta información histórica permite analizar la variabilidad de los metales totales en la cuenca, por más de 20 años y además permite asociar las concentraciones observadas a diferentes estados ecológicos de la cuenca. Como por ejemplo, las concentraciones de metales totales de los últimos 20 años en la sub cuenca del río Calle Calle (ríos: San Pedro, Calle Calle y Valdivia) pueden asociarse a un buen estado ecológico, ya que a la fecha, no existe ningún antecedente que dé cuenta de un deterioro significativo de estos ecosistemas que pueda ser asociado a la concentración de metales. Sin embargo, en la subcuenca del Cruces la situación es muy diferente,

9

1. The value of 87 µg/l is based on a toxicity test with the striped bass in water with pH = 6.5–6.6 and hardness <10 mg/L. Data in "Aluminum Water-Effect Ratio for the 3M Plant Effluent Discharge, Middleway, West Virginia" (May 1994) indicate that aluminum is substantially less toxic at higher pH and hardness, but the effects of pH and hardness are not well quantified at this time.

2. In tests with the brook trout at low pH and hardness, effects increased with increasing concentrations of total aluminum even though the concentration of dissolved aluminum was constant, indicating that total recoverable is a more appropriate measurement than dissolved, at least when particulate aluminum is primarily aluminum hydroxide particles. In surface waters, however, the total recoverable procedure might measure aluminum associated with clay particles, which might be less toxic than aluminum associated with aluminum hydroxide.

3. EPA is aware of field data indicating that many high quality waters in the U.S. contain more than 87 g aluminum/L, when either total recoverable or dissolved is measured

ya que especialmente en la en la Zona de Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, se ha descrito una gran cantidad de efectos adversos significativos en el ecosistema, los cuales han sido vinculados directamente al aumento de las concentraciones de metales. Por ejemplo, una de las causas de la mortalidad masiva de Cisnes de Cuello Negro fue producida Hemocromatosis, es decir la acumulación de hierro en el hígado. Otro ejemplo es el aumento de Hierro y Manganeseo sobre Luchecillo, lo cual pudo haber disminuido la tasa fotosintética. Adicionalmente, desde el año 2004 en adelante, durante el período de estiaje (bajo caudal) en la zona del Santuario, se ha observado la aparición de aguas turbias color marrón con una alta concentración de sólidos suspendidos y metales pesados (Hierro, Aluminio y Manganeseo).

Todos estos antecedentes han contribuido a que una gran parte de los procesos sancionatorios iniciados en contra de CELCO, se basen en el incumplimiento en los niveles de descarga de metales en la cuenca (Aluminio, Manganeseo, Hierro, Arsénico, Níquel)<sup>10</sup>.

Adicionalmente, los antecedentes antes mencionados, dan cuenta de la importancia de normar, en virtud de la protección del ecosistema, los niveles de calidad ambiental de metales totales en la cuenca. Cabe destacar que el control de los metales totales debe considerar además la variabilidad natural registrada en estos últimos 20 años de monitoreo, la cual da cuenta de “peaks” de metales totales asociadas al aumento de la escorrentía superficial en períodos de lluvia extrema. Por tal motivo, siendo estos aumentos en la concentración de los metales totales considerados disturbios naturales, los cuales no perduran en la columna de agua por más de una semana, deben ser excluidos del control de las NSCA. Para ello el anteproyecto consideró el análisis de la representatividad de las muestras, establecido en el artículo N° 8 del Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia<sup>11</sup>

#### **4. La obligación de controlar las NSCA en la sección final de cada área de vigilancia**

Debido a que gran parte de los ríos normados forman parte de un estuario (donde las aguas cambian la velocidad y dirección de la corriente dependiendo de las mareas) el Anteproyecto no considera la obligación de controlar las normas en el punto final de un área de vigilancia. Sin embargo, el Proyecto Definitivo y en consecuencia el acuerdo de los Ministros establece en el artículo 6º<sup>12</sup> la obligación de controlar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental en la sección final de cada una de las áreas de vigilancia. Esta obligación impone una restricción innecesaria que puede afectar negativamente el adecuado control de las normas.

---

<sup>10</sup> Antecedentes disponibles en el Fallo de la Demanda por Daño Ambiental en contra de Celulosa Arauco y constitución.

<sup>11</sup> Anteproyecto NSCA Cuenca Valdivia, en su artículo 8º señala que 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 se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías, catástrofes naturales, tales datos podrán ser excluidos de las mediciones destinadas a verificar el cumplimiento de las normas secundarias

<sup>12</sup> Artículo 6º.- Del cumplimiento. El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá verificarse anualmente de acuerdo al Programa de Vigilancia, sobre la base del monitoreo para cada parámetro controlado y en la sección final de cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4.

## 5. Áreas de vigilancia

Tanto en el Anteproyecto (D.O 15.06.12) como en el Acuerdo N° 19 del 28.11.2013, del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, el fin del área de vigilancia RCII se encuentra en Rucaco. Por lo cual, la descarga de Celco se encuentra dentro del área de vigilancia RCII y el poblado de San Jose de la Mariquina se encuentra dentro del área RCIII. La separación de estas dos fuentes potenciales de contaminación del río, resulta fundamental para que en el programa de vigilancia se puedan diferenciar claramente sus impactos, facilitando el establecimiento de medidas en el caso de que se requiera de un Plan de Prevención o de un Plan de Descontaminación.

El D.S. N° 55 del 27.12.2013, firmado por el Presidente de la república, cambia las coordenadas geográficas del fin del área de vigilancia RCII, extendiéndola aproximadamente 1.5 kilómetros aguas abajo, en consecuencia el nuevo punto de control para RCII se encuentra aproximadamente a 3 Kilómetros de distancia de la descarga de Celco (Fig N°3). Con ello se garantiza que el punto de monitoreo no se encuentra en el área de dilución del Ril de Celco sino que este ril se encuentra completamente mezclado, tanto en el período de bajo caudal como en el periodo de alto caudal<sup>13</sup>

En el D.S N° 55/2013 tomado de razón con alcance el 11.03.13, por la Contraloría General de la República, se cambia las coordenadas geográficas del fin del área de vigilancia RCII, dejando a la empresa en el inicio del área de vigilancia RCIII. Este cambio en los límites del área de vigilancia RCII es particularmente preocupante, porque quedan en la misma área de vigilancia dos importantes fuentes potenciales de contaminación del río, lo cual genera problemas en el control y seguimiento de las normas. Además, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 6 del D.S. N° 55 /2013 MMA (el control de las normas debe realizarse en la sección final del área de vigilancia) el punto de control de los posibles impactos que pudiera generar el Ril de Celco en el ecosistema acuático y el área de San José de la Mariquina se evaluará en conjunto aproximadamente 20 Km aguas abajo (Fig N°3 y Fig 4). Con ello se elimina la posibilidad de poder evaluar separadamente posibles impactos, lo cual va en directo desmedro de una adecuada gestión en el sector.

Al respecto cabe destacar que:

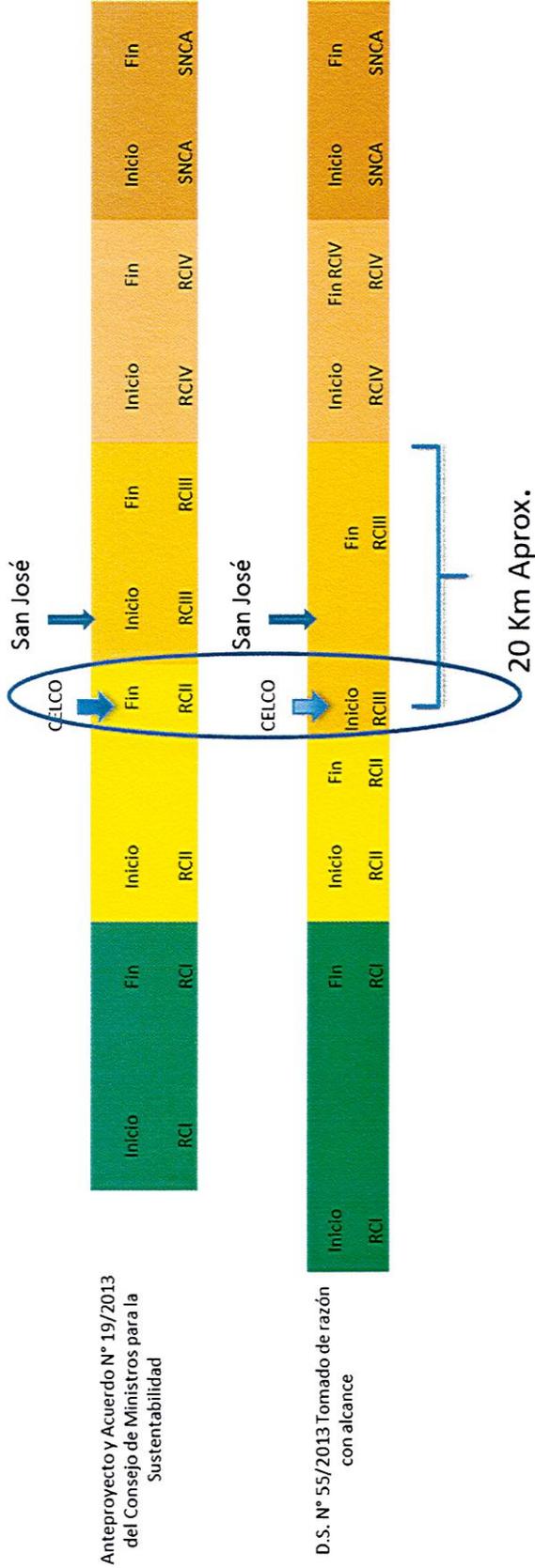
- a) En la Región de los Ríos y especialmente en la comuna de Valdivia existe una ciudadanía altamente comprometida con el cuidado y protección del medio ambiente. Ciudadanía empoderada que ha estado permanentemente preocupada por el estado ecológico del Santuario de la Naturaleza, especialmente por los efectos adversos que se han producido a propósito de la entrada en operación de CELCO. Desde que iniciamos el proceso de elaboración de normas en la región, con las Normas del río Cruces, se ha tratado de trabajar con los más altos estándares técnicos y de transparencia para ganar la confianza de la ciudadanía. Lo que se había logrado hasta el proceso de PAC del Anteproyecto de las NSCA cuenca Valdivia, en el cual hasta las más exigentes organizaciones ciudadanas manifestaban conformidad con el proceso, indicando que aun cuando el Anteproyecto podría haber sido más exigente, habíamos mejorado nuestra gestión.

<sup>13</sup> “Determinación de las plumas de rodamina, color verdadero y temperatura con caudal alto en el río Cruces, Planta Valdivia. Informe Elaborado por el Centro EULA de la Universidad de Concepción, en octubre de 2006  
 Determinación de las plumas de rodamina, color verdadero y temperatura con caudal bajo en el río Cruces, Planta Valdivia. Informe Elaborado por el Centro EULA de la Universidad de Concepción en octubre de 2006.

- a) La zona de Rucaco corresponde a un área que genera la atención de la ciudadanía porque en ella, recurrentemente se han producido problemas ambientales en (por ejemplo mortalidad de peces y alergias en las personas que han tenido contacto con el agua), los cuales son normalmente asociados a la descarga de Celco por la ciudadanía.



Fig. N°3. Área de Vigilancia RCIII. Se indican los diferentes puntos de inicio de esta área de vigilancia, de acuerdo a las diferentes versiones de las NSCA de la cuenca del Río Valdivia



Anteproyecto y Acuerdo N° 19/2013 del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

D.S. N° 55/2013 Tomado de razón con alcance

Fig. N° 4 Esquema de las áreas de vigilancia del Río Cruces, de acuerdo a lo establecido en el Anteproyecto, en el Acuerdo N° 19/2013 y en D.S. N° 55 Tomado de Razón con alcance

## 6. Todos los antecedentes que constan en el Fallo de la causa por daño ambiental que condena a la principal empresa que descarga sus riles en el río Cruces

Luego de nueve años el Primer Juzgado de Civil de Valdivia acreditó la relación de causalidad y configuró la presunción de culpabilidad y del nexo causal contemplado en el artículo 52 de la Ley Bases del Medio ambiente sobre la base de los procesos sancionatorios por incumplimiento de la legislación ambiental y en especial de la RCA 279/1998 que fijó el marco regulatorio de la planta. Concluyendo que el cambio ambiental que sufrió el río Cruces y el Santuario de la Naturaleza durante el 2004 está vinculado temporalmente al descontrol operativo de la planta y a las transgresiones en que incurrió a la legislación medio ambiental, las cuales fueron conocidas y sancionadas por los órganos competentes, como CONAMA, Servicio de Salud de Valdivia y Superintendencia d Servicios Sanitarios. Condenando por Daño Ambiental a Celulosa Arauco y Constitución

Al respecto cabe destacar que:

- Las transgresiones en que incurrió a la legislación medio ambiental están relacionadas con el incumplimiento de los límites de concentraciones y carga en el ril de: SO<sub>4</sub>, Cl, Al, Fe, Mn, entre otros.
- De acuerdo a lo establecido en el Artículo 3 (19.300) todo el que culposa o dolosamente cause daño al medio ambiente, estará obligado a repararlo materialmente, a su costo, si ello fuere posible, e indemnizarlo en conformidad a la ley
- De acuerdo a lo establecido en el Artículo 53 (19.300).- Producido daño ambiental, se concede acción para obtener la reparación del medio ambiente dañado
- De acuerdo a lo establecido en el artículo 2 (19.300) la Reparación es la acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.

### I. RESULTADOS

Considerando los antecedentes anteriormente expuestos se modificaron los niveles de calidad ambiental de sulfato, cloruro, oxígeno y se incorporaron metales totales y sodio, **en concordancia con lo que había sido previamente establecido en el Anteproyecto de estas normas.** Adicionalmente, se restablecieron las coordenadas de los límites de las áreas de vigilancia establecidas en el D.S.N°55 del 27 de diciembre de 2013 firmado en la presidencia. Específicamente realizando las siguientes mejoras:

- a) Se reestablecieron los límites de las áreas de vigilancia, establecidos en el el DS 55/2013 firmado por la presidencia en diciembre de 2013. en consecuencia el nuevo punto de control para RCII se encuentra aproximadamente a 1.5 Kilómetros aguas abajo de Rucaco
- b) Mejorar niveles de calidad ambiental al menos de sulfato, cloruro, restableciendo los límites de calidad establecidos en el Anteproyecto.

- c) Se reincorporaron los metales totales, de tal manera de contar con niveles de calidad ambiental para metales totales y disueltos. Con el siguiente criterio

Nivel de calidad ambiental para la fracción disuelta de acuerdo a los límites de ERE entre el 80 y 90% de protección del ecosistema.

Nivel de calidad ambiental para la fracción Total: promedio de los datos efectivamente medidos en lo últimos 20 años.

- d) Restablecimiento sulfato y sodio, de acuerdo a los niveles de calidad ambiental establecidos en el Anteproyecto.
- e) Se mejoró la redacción del artículo 6, eliminando la obligación de controlar las NSCA al final del tramo, en consideración a la condición de estuarios.
- f) Se mejoró el criterio de cumplimiento y excedencia, en concordancia con el máximo de monitoreos que actualmente es posible realizar en la cuenca. Lo cual a su vez es concordante con las características hidrológicas de la cuenca (asegura que no existiera más de un periodo de tres meses sobre la norma)

#### Áreas de Vigilancia.

Para efectos del control del cumplimiento de las presentes normas, se han establecido para la cuenca del río Valdivia diez áreas de vigilancia. Los lugares de inicio y término de cada una de las áreas de vigilancia se establecen en la tabla siguiente. Las coordenadas (en UTM WGS 84 – Huso 18) se señalan a modo referencial.

Para efectos de establecer el límite de cada área de vigilancia se deberá trazar, desde cada punto definido por las coordenadas de la Tabla N° 8, una línea recta que cruce el río de forma perpendicular al cauce en el lugar más cercano a ese punto.

Cauce	Área de Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM (referenciales)	
			N	E
Río Cruces	RCI	De: Naciente río Cruces	5.634.252	733.256
		Hasta: Río Cruces en Loncoche	5.639.597	705.228
Río Cruces	RCII	De: Río Cruces en Loncoche	5.639.597	705.228
		Hasta: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163

<b>Río Cruces</b>	<b>RCIII</b>	Hasta: Río Cruces aguas abajo Rucaco	5.621.312	680.163
		Hasta: Río Cruces en Cahuincura	5.620.787	667.634
<b>Río Cruces</b>	<b>RCIV</b>	De: Río Cruces en Cahuincura	5.620.787	667.634
		Hasta: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.447	658.822
<b>Río Cruces</b>	<b>SNCA</b>	De: Río Cruces en San Luis de Alba	5.614.447	658.822
		Hasta: Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.372	648.860
<b>Río Valdivia</b>	<b>RV</b>	De: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río Calle Calle	5.590.480	649.650
		Hasta: Río Valdivia en desembocadura bahía de Corral	5.585.128	638.570
<b>Río San Pedro</b>	<b>RSP</b>	De: Desagüe Lago Riñihue	5.595.015	716.287
		Hasta: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925
<b>Río Calle Calle</b>	<b>RCCI</b>	De: Río San Pedro aguas arriba confluencia río Quinchilca	5.586.045	691.925
		Hasta: Río Calle Calle en Balsa San Javier	5.592.061	674.754
<b>Río Calle Calle</b>	<b>RCCII</b>	De: Río Calle Calle en Balsa San Javier	5.592.061	674.754
		Hasta: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144
<b>Río Calle Calle</b>	<b>RCCIII</b>	De: Río Calle Calle en Cuesta Soto	5.593.991	656.144
		Hasta: Frente Club de Yates aguas arriba Confluencia Río Cruces y Río	5.590.480	649.650

Tabla N° 8. Áreas de Vigilancia NSCA cuenca Valdivia.

**Niveles de calidad por área de vigilancia:**

Para cada Área de Vigilancia identificada, se establecen los siguientes niveles de calidad ambiental para cada uno de los parámetros normados. De acuerdo a lo señalado en la Tabla N° 9 este nuevo proyecto definitivo ha establecido niveles de calidad ambiental que aseguran la preservación de estos ecosistemas normando los parámetros en clase 2 y 3 (Tabla N°10).

N°	Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	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



3287



N°	Elemento o compuesto	Unidad	RSP	RCC I	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) LD	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
12	Cromo LD	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
13	Hierro Total)	mg/L	0,1	0,2	0,2	0,2	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
14	Hierro (Disuelto)	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
15	Manganeso (Total)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,14
16	Manganeso (Disuelto)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	Zinc (Total)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
18	Zinc (Disuelto)	mg/L	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
19	Nitrato	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
20	Fosfato	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
21	Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

Tabla N° 10. Valores normados en comparación con las Clases de Calidad de la cuenca del río Valdivia.

**Criterio de excedencia:**

Se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, cuando el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, supere los valores establecidos en las presentes normas.

Para el control del oxígeno disuelto, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 15 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, sea menor a los valores establecidos en las presentes normas

En el caso del control de pH, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 15 y/o el percentil 85, de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de dos años calendarios consecutivos, se encuentre fuera del rango establecido en el presente decreto.

Se considerarán también sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, si en un año de monitoreo, uno o más parámetros superan al menos en dos oportunidades los límites establecidos en el artículo 5°.

Para determinar las excedencias anteriores (percentil 15 y 85, según corresponda) se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

Si el período de monitoreo no comenzare el 1° de enero, se considerarán los dos primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de 2 años calendarios consecutivos de mediciones

**Cumplimiento:**

El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá verificarse anualmente, de acuerdo al Programa de Vigilancia, sobre la base del monitoreo para cada parámetro controlado en cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4°.

**Programa de Vigilancia:**

El Programa de Vigilancia deberá incluir, al menos, cuatro monitoreos anuales con representatividad estacional, para cada parámetro a controlar. Adicionalmente, deberá considerar la intensificación del monitoreo en caso de observarse una tendencia hacia la superación de los niveles de calidad ambiental establecidos en las presentes normas.

**II. ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL (AGIES) 2014**

El AGIES del proyecto definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia analiza los potenciales efectos que generaría la implementación de las normas en los receptores de esta cuenca (biodiversidad y medio humano), considerando que, en los casos donde los límites sean

superados, es obligación para el Estado generar un Plan de Descontaminación que tiene por objetivo la disminución de la contaminación mediante el establecimiento de medidas de reducción de emisiones. En este contexto, tanto los beneficios como los costos deberán ser nuevamente evaluados considerando información adicional que hasta ese momento se haya levantado en la cuenca. Los resultados del AGIES indican que las normas generan beneficios importantes tales como:

- Incremento significativo en la protección de especies acuáticas. Se limita la concentración de parámetros de origen antrópicos en la cuenca que pueden ser tóxicos y/o generar efectos adversos para el ecosistema para la biota, y que inciden en el adecuado funcionamiento de las comunidades acuáticas presentes.
- Incremento en la provisión de servicios ecosistémicos que provee la cuenca, beneficiando principalmente a los sectores relacionados con mantención de hábitats y desarrollo de oportunidades de recreación y ecoturismo entorno a turismo de naturaleza (espacios naturales y sistemas hídricos), provisión hídrica (calidad), relacionado a usos para consumo humano y otros productivos (por ejemplo, acuicultura).
- Permite la protección del patrimonio cultural de las comunidades indígenas existentes en la cuenca, concentradas principalmente en las comunas de Lanco, Mariquina y sectores aledaños al humedal del río Cruces.

De igual manera, la norma induce a costos de monitoreo que se estiman en 14.000 USD/año para el Estado de Chile producto de un incremento en el monitoreo de parámetros físico-químicos y biológicos con el fin de mejorar la gestión de la calidad hídrica en la cuenca. En relación al cumplimiento, en un eventual Plan de Descontaminación se estiman costos de 1,1 MMUSD/año por medidas de reducción de emisiones. La implementación de este tipo de normas va en línea a los compromisos que Chile ha suscrito voluntariamente en la OCDE, organismo que recomienda, entre otros, la creación de normas de calidad de agua para mejorar la salud ambiental y cumplir los compromisos internacionales de Chile, y de esta manera, permitir tanto la conservación de la biota local como preservar y mejorar los servicios ecosistémicos de la cuenca.

### III. RELEVANCIA PARA LA REGIÓN DE CONTAR CON INSTRUMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA

#### Introducción

*“El objetivo de estas normas es conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca. Su ámbito de aplicación territorial incluye a los ríos San Pedro, Calle Calle, Valdivia y Cruces “*

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 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 mantención de hábitats y desarrollo de oportunidades de recreación y ecoturismo entorno a turismo de naturaleza (espacios naturales y sistemas hídricos), provisión hídrica (calidad), relacionado a usos para consumo humano y otros productivos (por ejemplo, acuicultura). Adicionalmente, permite la protección del patrimonio cultural de las comunidades indígenas existentes en la cuenca, concentradas principalmente en las comunas de Lanco, Mariquina y sectores aledaños al humedal del río Cruces.

Cabe destacar que el equilibrio ecológico y la belleza escénica han potenciado el desarrollo económico y social de la Región de Los Ríos, que concentra sus actividades económicas principalmente en el desarrollo forestal, agropecuario y turístico.

### **Descripción de las principales actividades económicas de la Región**

Sin perjuicio de que los tramos normados corresponden a la cuenca media baja del río Valdivia (ríos San Pedro, Calle Calle, Valdivia y Cruces), de modo referencial se señalan las principales actividades económicas y productivas de la región, las cuales se concentran en torno a los sectores forestal y maderero, agrícola y ganadero, pesquero y acuícola, además de los vinculados al turismo y al conocimiento y formación científica-tecnológica. De acuerdo al (Banco Central 2012) el PIB de la región al año 2012 alcanzó los 2.438 MMUSD, siendo los rubros más relevantes de la economía regional la industria manufacturera con el 21,9%, el rubro silvoagropecuario aportando un 12,9% y el comercio-restaurantes-hoteles con un 12,6%. La matriz productiva de esta región está fuertemente vinculada al uso de recursos hídricos. Los derechos de aprovechamiento de agua superan los 2.800 m<sup>3</sup>/s, siendo el 3% de ellos derechos consuntivos (riego, agua potable, consumo doméstico) y 97% no consuntivos (generación hidroeléctrica, uso industrial, salmonicultura). Consecuentemente, las iniciativas productivas que utilizan estos derechos (puntos de captación/retribución) se encuentran principalmente asociadas a las industrias acuícola (29%), agroindustrial (25%), forestal (18%) y sanitaria (11%), según datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). En esta cuenca la acuicultura corresponde mayoritariamente a cultivos salmoacuícolas desarrollados en sistemas dulceacuícolas (generación de ovas, alevinaje) y estuariales (smoltificación, engorda), con una producción que al año 2010 alcanzó las 1.900 ton (90% trucha arcoíris, 10% salmón del atlántico) (SERNAPESCA 2011). Por su parte las actividades agrícolas se encuentran vinculadas a una superficie de riego de 60 km<sup>2</sup>, produciendo, entre otros cultivos, el 32% de la cosecha de ballica (147.870 ton) y el 9% de avena forrajera del total nacional. Respecto a la producción ganadera, en la cuenca se crían más de 1.3 millones de animales para consumo humano, principalmente bovinos (47%), aves (32%) y ovinos (14%). En cuanto a la producción forestal, la cuenca del Río Valdivia aporta el 7% de la producción nacional de plantaciones de árboles exóticos (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, *Pinus radiata*).

El turismo es otro aspecto que influencia significativamente la economía de la Región de los Ríos, destacándose por una gran concentración de atractivos de alta belleza escénica y riqueza de especies y ecosistemas. En este contexto, el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) ha declarado en el interior de la cuenca del río Valdivia variadas Zonas de Interés Turístico (ZOIT), donde las partes altas de la cuenca (comuna de Panguipulli) concentran centros termales, áreas para la práctica de deportes invernales, lagos y ríos. En tanto, las zonas medias y bajas (comunas de Corral y Valdivia) se caracterizan por sus playas y zonas de estuarios y canales.

Respecto a los usos de suelo dominantes en la cuenca, las áreas cubiertas por bosque nativo ocupan un 49% de la cuenca, un 24% por praderas y un 15% por plantaciones forestales de especies exóticas

### **Condiciones sioespecíficas de la Región de Los Ríos que resguardan las NSCA**

#### **a) Ecosistemas acuáticos oligotróficos**

Una de las características principales de la región es que cuenta con cursos y cuerpos de agua con características oligotróficas lo cual genera condiciones óptimas para el desarrollo del turismo y otras actividades económicas en la región. Los lagos araucanos son lagos monomíticos, oligotróficos y temperados, con alta transparencia, baja productividad<sup>14</sup>. Por ejemplo, el lago Neltume mantuvo su estado oligotrófico durante los últimos 35 años. No hay evidencia de un aumento significativo de la trofia aunque los datos de P total están ya cerca de la transición a un estado oligo-mesotrófico (7-9 µgP/L). El lago Pirehueico de acuerdo a los parámetros tróficos (secchi, P total y clorofila) mantuvo su estado ultra-oligotrófico durante los últimos 35 años. No hay evidencia de un aumento significativo de la trofia.<sup>15</sup> Sin embargo, es necesario considerar que la lenta tasa de renovación de sus aguas hace que estos cuerpos de agua sean vulnerables a la contaminación y a la intensa presión de uso de sus riberas.

#### **b) 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>16</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 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>17</sup>.

<sup>14</sup> [SOTO, DORIS](http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000200009). 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>.

<sup>15</sup> Diagnóstico y caracterización del estado trófico del lago Neltume y Pirehueico

<sup>16</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>

<sup>17</sup> Gobierno Regional de Los Ríos, Estrategia Regional de Desarrollo Regional 2009 - 2019, Región de Los Ríos. Valdivia, 2009, p. 53

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 Río 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 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.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Bradl, H.B, Kim, C., Kramar, U., Stüben, D., 2005. Heavy Metals in the environment. Chapter 2: Interactions of heavy metals. Ed. H.B. Bradl.
- Campos, H. 1987. Los metales pesados, su contaminación y sus efectos tóxicos. Contaminación ambiental. Medellín, Colombia. 9 (17): 63-70.
- Connell, D. 1998. Biomagnification by aquatic organism- a proposal. Chemosphere 19: 1573-1584.
- Flemming, C.A., Trevors, J.T., 1989. Copper toxicity and chemistry in the environment: a review. Water Air Soil Poll., 44, 143-158.
- García, T. 2012. Propuesta de Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas Hídricos de Chile. Tesis para optar al título de Ingeniero. Universidad de Chile - Ministerio del Medio Ambiente
- Gray, J. 2002. Biomagnification in marine systems: The perspective of an ecologist. Mar. Poll. Bull. 45: 46-52
- Gobierno Regional de Los Ríos, 2009. Estrategia Regional de Desarrollo Regional 2009 - 2019, Región de Los Ríos.
- 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),
- Hall, J. E. 2002. Bioconcentration, bioaccumulation and biomagnification in Puget Sound Biota: Assessing the ecological risk of chemical contaminants in Puget Sound. University
- 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
- Jaworski, J.F., 1987. Lead, mercury, cadmium and arsenic in the environment SCOPE 31. Chapter 1: Lead. Ed. T.C. Hutchinson and K.M. Meena, Published by John Willey & sons
- Mancera-Rodríguez, N. J. & R. Álvarez-León. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Acta Biol. Colom., 11 (1): 3-23
- Martorell, J.J., 2010. Tesis Doctoral Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa Suratlántica Andaluza afectada por contaminación difusa. Facultad de Ciencias, Departamento de Química Analítica, Universidad de Cádiz.
- Rand, G.M., P.G., Wella, L.S. McCarthy. 1995. Introduction to Aquatic Ecology. En: Rand., G.M. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Taylor and Francis, London. 3-53p.

Romero-Bañuelos, M.A. 2003. Hidrología y metales pesados en la materia particulada suspendida del agua superficial de la porción sur de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. 100p.

Regnell, O. & G. Ewald. 1997. Factors controlling temporal variation in methylmercury levels in sediment and water in a seasonally stratified lake. *Limnol. Oceanog.* 42 (8): 1784-1795.

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>.

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

Tercier-waeber, M.L.,Taillefert, M. 2008. Remote in situ voltametric techniques to characterize thebiogeochemical cycling of trace metals in aquatic systems. *J. Environ. Monitor.*, 10, 30-50

USA EPA. 1997. Report to congress: Mercury. Us Environmental Protection Agency, Washington, D. C.

**ANEXO 1**  
**Parámetros Analíticos y Límites de Detección de LADGA**

**NUTRIENTES**

Parámetros	Expresado como	Métodología Analítica	Técnica Analítica	Límite de Detección	Referencias Bibliográficas	Observaciones
Nitratos	mg/L de N-NO3+N-NO2	Salicilato Sódico	E.A.M.	0.010 mg/L	Rodier, 1981	Desde 1986 como N-NO3 y a partir del 2011 como N-NO3+N-NO2
Nitritos	mg/L de N-NO2	Método de Diazotización	E.A.M.	0.006 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 4500-NO <sub>2</sub> -B. Hach Method 8507, USEPA Approved	Desde 1990 hasta 2011 el LD: 0,001 para muestras Red de Lagos
Amoníaco	mg/L de N-NH3	Método Nessler	E.A.M.	0.02 mg/L	Hach Method 8038, USEPA Approved	Desde 1990 hasta 2011 el LD: 0,01 para muestras Red de Lagos
Nitrógeno Total	N-Total	Digestión Ácida con Persulfato y Método de Salicilato Sódico	E.A.M.	10 ug/L	SMEWW 21st Edition, y Rodier, 1981	del 2004 al 2007
Nitrógeno Total	N-Total	Suma de Nitrógenos de N-NO3, N-NO2 y N-kjeldahl				Los análisis informados en la base de datos generalmente se han subcontratado
Fósforo	mg/L de P-PO4	Método de Ácido Ascórbico	E.A.M.	0.003 mg/L muestras Sup y Sub 0.012 mg/L muestras Red de Lagos	SMEWW 19th Edition, Method 4500-P-E. Hach Method 8048, USEPA Approved	Desde 1990 hasta 2011 el LD: 0,001 para muestras Red de Lagos
Fósforo Total	ug/L de P	Método de Ácido Ascórbico y Digestión Ácida con Persulfato	E.A.M.	3 ug/L	SMEWW 21st Edition, Method 4500-P-E. SMEWW 21st Edition, Method 4500-P-B-5	Desde 1990 para Red de lagos
Silice	mg/L de SiO2	Método del Molibdosilicato	E.A.M.	1.00 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 4500-SiO2 C. Hach Method 8185, USEPA Approved	Desde 1990 para Red de lagos
D.Q.O.	mg/L de DQO	Método del Reactor de Digestión	E.A.M.	1 mg/L para muestras de lagos 3.0 mg/L muestras Sup y Sub	Hach Method 8000, USEPA Approved	Desde 1990 para Red de lagos, y desde 1997 para Red Superf. y Subterránea

Clorofila "a"	ug/L de Clorofila "a"	Método basado en Scor- Unesco Calculo mediante formula que permite estimar hasta 0,1 ug/L	E.A.M.		SCOR UNESCO Working group 17., 1966. Determination of Photosynthetic pigments in the sea water. Monographs on oceanographic methodology, UNESCO.	Desde 1990 para Red de lagos
Boro	mg/L de B	Método del Azometino-H	E.A.M.	1 mg/L	AOAC Metodo oficial 982,01	Desde 2000 Azometino-H, antes SMEWW 4500-B C. Carmine método.

#### MICROELEMENTOS

Parámetros	Expresado como	Métodología Analítica	Técnica Analítica	Límite de Detección	Referencias Bibliográficas	Observaciones
Cobre	mg/L de Cu	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.02 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2010 el LD: 0,01
Niquel	mg/L de Ni	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0,05 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2012 el LD: 0,02
Cadmio	mg/L de Cd	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.01 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales
Zinc	mg/L de Zn	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.01 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales
Plomo	mg/L de Pb	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.07 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2012 el LD: 0,05
Cobalto	mg/L de Co	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.01 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales
Plata	mg/L de Ag	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.01 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales
Hierro	mg/L de Fe	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.02 mg/l	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2010 el LD: 0,03

Manganeso	mg/L de Mn	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.02 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2010 el LD: 0,01
Cromo	mg/L de Cr	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0,05 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2012 el LD: 0,03
Aluminio	mg/L de Al	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.5 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 D	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2012 el LD: 0,3
Molibdeno	mg/L de Mo	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.05 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 D	Desde año 1995 como metales totales. Hasta año 2005 el LD: 0,01
Mercurio	mg/L de Hg	Espectroscopía de absorción atómica/vapor frío	E.A.A/VF	0.001 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3112 B /Perkin Elmer	Desde año 1995 como metales totales
Arsenico	mg/L de As	Espectroscopía de absorción atómica/generacion de hidruros	E.A.A/GH	0.001 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3114 B/Perkin Elmer	Desde año 1995 como metales totales
Selenio	mg/L de Se	Espectroscopía de absorción atómica/generacion de hidruros	E.A.A/GH	0.001 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3114 B /Perkin Elmer	Desde año 1995 como metales totales

#### MACROELEMENTOS

Parámetros	Expresado como	Métodología Analítica	Técnica Analítica	Límite de Detección	Referencias Bibliográficas	Observaciones
Calcio	mg/L de Ca	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.4 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	hasta año 2009 metales disueltos, del 2010 en adelante metales totales
Magnesio	mg/L de Mg	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.1 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	hasta año 2009 metales disueltos, del 2010 en adelante metales totales
Sodio	mg/L de Na	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.2 mg/L (589 nm) 12.0 mg/L (330 nm)	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	hasta año 2009 metales disueltos, del 2010 en adelante metales totales

1  
3370

Potasio	mg/L de K	Espectroscopía de absorción atómica	E.A.A./Llama	0.2 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 3111 B	hasta año 2009 metales disueltos, del 2010 en adelante metales totales
Cloruro	mg/L de Cl	Titulación	Volumetría	1.0 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 4500-Cl C.	Desde el origen de la base de datos BNA
Sulfato	mg/L de SO4	Turbidimetría	Nefelometría	4,2 mg/L	SMEWW 21st Edition, Method 4500-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> E.	Desde Octubre 2012. Datos anteriores HACH Method 8051, USEPA Approved method 375.4 LD:3,0

E.A.A.: Espectrofotometría Absorción Atómica

E.A.M.I.: Espectrofotometría Absorción Molecular

1  
3301