

Parámetro	Efecto en ecosistema
Manganeso	No se encontró literatura relacionada los efectos que produce en ecosistema.
Níquel	La toxicidad de níquel en mamíferos depende de la forma química del Ni, produce daños en el sistema respiratorio, cardiovascular, gastrointestinal, hepático, renal, sistema reproductivo, entre otros.
Nitrógeno total	Los mayores problemas ambientales generados por el nitrógeno se relacionan con: el incremento de la concentración de iones hidrógeno en cuerpos de agua superficiales con escasa capacidad de neutralización de ácidos, generando la acidificación de estos sistemas; estimular el desarrollo, mantenimiento y proliferación de productores primarios (plantas, algas, fitoplancton) propiciando la eutrofización de los ecosistemas acuáticos; y en ciertas ocasiones, puede alcanzar niveles tóxicos que influyen en la capacidad de las especies hidrobiológicas para sobrevivir y desarrollarse.
Plomo	Efectos tóxicos en organismos autóctonos, proporcionalmente en aquellos que habitan en aguas de menor dureza. Estos efectos se traducen en: alteraciones en el crecimiento, reproducción, comportamiento, metabolismo, sobrevivencia.
Selenio	En general los efectos están asociados a su poder detoxificante frente a otros metales tóxicos (Cd, por ejemplo).
Sólidos Sedimentables	Los sólidos sedimentables en cantidades excesivas constituyen un importante estresor de los ecosistemas acuáticos, generando efectos sobre la biota y sobre el hábitat de dichas especies. Estos efectos se relacionan con la deposición de sólidos en fondos de ríos, lagos y estuarios, y con la obstrucción de espacios (camas) de desove.
Sólidos Suspendidos Totales	A pesar de que todos los cuerpos de agua superficiales llevan sólidos en suspensión en condiciones naturales. Si las concentraciones se incrementan por perturbaciones antrópicas, se generan alteraciones en las características físicas, químicas y biológicas del sistema, por ejemplo relacionadas a la penetración de la luz, cambios de temperatura, efectos estéticos adversos, liberaciones de metales y pesticidas y nutrientes como el fósforo en el agua desde zonas de adsorción en el sedimento (efectos en biota relacionados a incremento en la deriva de invertebrados acuáticos, reducción del desarrollo y supervivencia de huevos y larvas de peces, entre otros efectos). Además, cuando los sólidos suspendidos tienen alto contenido de materia orgánica, su descomposición in situ puede reducir los niveles de oxígeno disuelto en el agua, generando los ambientes con escasa oxigenación que pueden llevar a la muerte de organismos acuático en condiciones de bajo flujo.
Sulfatos	Los sulfatos se encuentran naturalmente en cuerpos de agua superficiales, ejercen una acción catalítica sobre los procesos de degradación de otras sustancias. Se ha reportado toxicidad para ciertos peces y musgos acuáticos. En ambientes eutrificados la contaminación por sulfatos puede generar una mayor nutrientes y compuestos potencialmente tóxicos.
Xileno	Se han reportado efectos ligeramente tóxicos para la vida acuática. Los valores de LC50/96-horas para peces se encuentran entre 10 y 100 mg/l.
Zinc	Daños embrionarios, desarrollo y crecimiento. Afecta también la reproducción, según estudios realizados en microcrustáceos de agua dulce.

Fuente: Elaboración propia en base a EPA, Marín (2003), Sánchez (2008), Auer, Mihelcic et al. (2013), Muniz, Lana et al. (sin año), The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF) (sin año), Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2011), Barba (2002), Rodríguez-Serrano, M. Martínez-de la Casa et al. (2008), Gutiérrez and Gagneten (2011), Comisiones obreras



de Aragón (CCOO) (sin año), Jimenez (2012), USEPA (2015), Camargo, and Alonso (2007), JA Camargo and Alonso (2006), USEPA (2003), G.S. Bilotta and Brazier (2008), MacDonald Environmental Sciences Ltd. (1997), Geurts., Sameel. et al. (2009)

En el país existen alrededor de 600 especies amenazadas (de un total de 1.009 especies clasificadas en alguna categoría de conservación), los grupos más amenazados corresponden a peces de aguas continentales (85,1%) e invertebrados (79,1%).

A continuación se detalla la cantidad de especies de fauna íctica que se encuentran en categorías de conservación (ver Tabla 4-9 y detalle de cada una de las especies en Anexo 7.6).

Tabla 4-9. Categorías de conservación de especies ícticas de Chile

Categoría de conservación	N° de especies
En peligro crítico ¹⁸	1
En peligro	22
Vulnerable	14
Total especies clasificadas	46

Fuente: Elaboración propia.

Del total de especies ícticas clasificadas en alguna categoría de conservación, alrededor del 65% son además endémicas del país (30 especies).

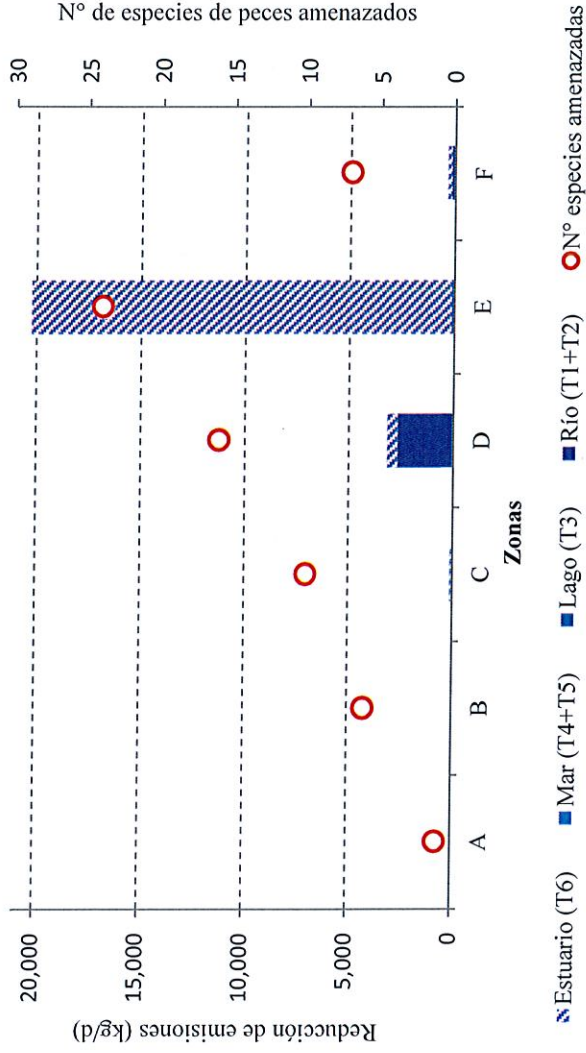
En relación a las especies ícticas amenazadas que habitan cada una de las zonas del país donde se generan reducciones de emisiones relacionadas al PDR_DS 90, la Figura 4-7 muestra su distribución de norte a sur (desde la zona A a la zona F).

En la Figura 4-7 se observa que las zonas con mayor cantidad de especies ícticas en categorías de amenaza (es decir, en peligro crítico, en peligro y vulnerables) corresponden a la zona D y zona E correspondientes desde la cuenca del río Rapel hasta la cuenca del río Palena. De estas especies un 75% son peces endémicos del país. Los mayores endemismos se presentan en las zonas C, D y E (sobre un 80% de las especies clasificadas como amenazadas).

A su vez, las mayores reducciones de emisiones se generan principalmente en la zona E desde la cuenca del río Biobío hasta el río Palena. La zona D también presenta reducciones relevantes. Los ecosistemas donde se generan las mayores reducciones son los estuarios, especialmente los que se ubican en las zonas E y D, respectivamente.

¹⁸ Especie *Orestias piacotensis* (nombre común: Karachi), especie endémica del norte del país (laguna Piacota).

Figura 4-7. Especies ícticas amenazadas y reducción de emisiones por zonas del país (kg/d).



Fuente: Elaboración propia.

Los estuarios son ecosistemas de particular importancia ecológica¹⁹ (p.e. sitios de reproducción, refugio y crecimiento de especies estuarinas y marinas) e importancia productiva (p.e. pesquerías). Son sistemas frágiles²⁰ y complejos en donde se produce una interacción dinámica entre variables físicas, químicas y biológicas (Kennish (2012), (2010) representando zonas muy activas desde el punto de vista hidro-sedimentario (Cienfuegos 2012), pero al mismo tiempo, son zonas muy lábiles, especialmente a las actividades humanas (e.g. aumento de la carga de sedimentos de los ríos ligada a la erosión causada por la tala de bosques, construcción de muelles) y a la descarga de efluentes industriales y urbanos que normalmente se sitúan en los márgenes de estos sistemas (Stuardo J 1989).(2012)(2012)(2012)(2012)(2012)(2012)(2012)

En los estuarios de Chile se han identificado 25 especies en categorías de amenaza de un total de 46 especies ícticas amenazadas. La Tabla 4-10 muestra los peces de estuarios amenazados por cada zona del país.

La tabla muestra que las zonas C, D y E presentan la mayor cantidad de especies ícticas amenazadas. Considerando el total de peces amenazados por zona, en los estuarios de las zonas C, D y E habitan un 60%, 50% y 38% respectivamente del total de especies del área.

¹⁹ Los estuarios se encuentran entre las aguas naturales más fértiles del mundo, en las que la micro y macro flora mantienen un alto nivel de producción. Esta alta productividad sustenta tramas tróficas que permite el rápido crecimiento de peces juveniles que usan los estuarios como criaderos.

²⁰ Las altas tasas de sedimentación de estos sistemas ponen en riesgo las funciones ecológicas de estos sistemas.

A su vez, en las zonas D y E se presentan las mayores reducciones de emisiones en estuarios (ver también Figura 4-7).

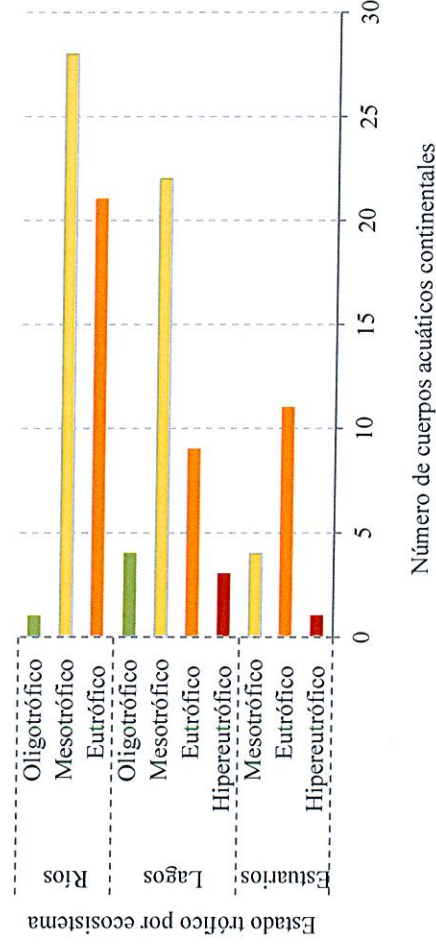
Tabla 4-10 Especies ícticas estuarinas amenazadas por zona del país.

Zonas	Nº de especies	Proporción del total de especies amenazadas por zona
Zona C	6	60%
Zona D	8	50%
Zona E	9	38%
Zona F	2	29%

Fuente: Elaboración propia.

Las funciones y procesos ecológicos que sustentan la biodiversidad y servicios ecosistémicos de los sistemas acuáticos continentales y marinos dependen en gran medida de la calidad de sus aguas. El incremento en la carga de nutrientes en los ambientes dulceacuícolas y estuarinos, es decir la eutroficación de estos ecosistemas, determina la respuesta biótica de los sistemas, y se relaciona comúnmente con pérdida de diversidad biológica y disminución de los servicios que proveen (por ejemplo, provisión de agua para diversos usos, hábitat de especies, recreación, entre otros) (Pardo R 2006). La Figura 4-8 muestra el estado trófico para diferentes ecosistemas acuáticos continentales de Chile.

Figura 4-8 Estado trófico de diferentes ecosistemas del país.



Fuente: Elaboración propia en base a (SGS 2015) (CEA 2014)

De este análisis se puede inferir que el estado promedio de los sistemas acuáticos continentales de Chile monitoreados corresponde a mesotrofia. Dada la condición actual de eutroficación de los sistemas acuáticos continentales, es relevante su protección y uso sustentable.

Respecto a cuerpos lacustres el espíritu del PDR_DS 90 es prevenir la aceleración de procesos de eutrofización en estos sistemas, ocasionados por el ingreso de nutrientes a través de descargas puntuales. Los lagos son cuerpos de aguas notoriamente más



susceptibles a ser deteriorados ambientalmente, por lo que no basta solo con limitar las descargas directas, sino que es necesario controlar el aporte de nutrientes de los afluentes que lo componen ((Rast and Lee 1978), (Pizarro 2016)).

En el caso de los estuarios, diversos estudios concluyen que los sistemas estudiados en Chile, se encuentran con niveles de eutrofia importantes, donde las descargas de residuos líquidos son la principal amenaza, dada su cercanía a zonas pobladas del litoral.

El análisis de reducción de emisiones que genera el PDR_DS 90 en cada ecosistema acuático (ver Figura 4-7) muestra que las mayores reducciones se generan en sistemas estuarinos (desde la zona D y E principalmente). Por tanto, se considera que el carácter preventivo del D.S.90/00 contribuirá a evitar el cambio a niveles superiores de trofia principalmente en lagos y estuarios.

Es importante considerar los principales efectos que la eutrofización genera en los ecosistemas acuáticos y el bienestar humano, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4-11. Efectos de la eutrofización en los cuerpos de agua

Efectos de eutrofización	Beneficios de reducir eutrofización
Incremento de problemas de olor y sabor en abastecimiento de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de costos de tratamiento - Consumidores satisfechos - Disminución de la necesidad de fuentes alternativas
Reducción de la calidad estética del cuerpo de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Residentes más felices - Incremento del desarrollo económico aledaño - Aumento de actividades recreativas - Mayor biodiversidad
Aumento de probabilidad de toxinas presentes en el agua	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la pesca comercial y recreacional - Mantenimiento de la biodiversidad - Incremento en actividades ligadas al contacto con el agua
Pérdida de la profundidad del agua, área del cuerpo de agua y capacidad de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de la necesidad de fuentes alternativas - Mantenimiento del valor comercial de propiedades aledañas - Mantenimiento de la factibilidad de pesca - Mantenimiento de la viabilidad de actividades recreativas

Fuente: (Lewandowski 2000)

4.6.2 Bienestar humano: Beneficios relacionados con el medio humano.

Los beneficios en salud humana relacionados con efectos evitados por reducción en la emisión de ciertos parámetros se abordan mediante la Tabla 4-12. En ella se resume la información de los efectos que el contacto o la ingesta genera en los receptores.

Tabla 4-12. Efectos de parámetros normados en la salud humana.

Parámetro	Efecto en salud
Aceites y Grasas	En general los efectos de altos niveles de AyG en agua están asociados a alteraciones cutáneas al estar en contacto con aguas contaminadas. También se describen posibles efectos cancerígenos (próstata, vejiga y pulmón), pero éstos están asociados en mayor medida a los efectos de los metales asociados a los AyG.
Boro	Normalmente la permanencia en el organismo es baja, se absorbe completamente en el tracto gastrointestinal y rápidamente se elimina en la orina. Presenta efectos negativos sobre el aparato digestivo y el sistema nervioso. Incluso el consumo permanente de agua con altos niveles de B podría causar la muerte.
Cadmio	Tóxico en niveles > 1 ppm, especialmente en su forma iónica o en compuestos. Es bioacumulable en el organismo y los efectos toxicológicos varían en proporción a la cantidad de cadmio consumida, desde dolores estomacales, hasta daños severos en los pulmones y riñones. Está definido como probablemente cancerígeno. La ingesta es mediante consumo de alimentos o vegetales o aguas con altos valores de cadmio.
Cloro Libre Residual	Personas asmáticas o alérgicas. El consumo prolongado de agua en concentración mayor a 90 ppm puede provocar una sensación de estrangulamiento, irritación boca y garganta, irritación de laringe y esófago. El valor normado para agua potable en Chile es ≤ 2 [mg/L].
Cianuro	Las personas pueden estar expuestas al CN- por ingesta de alimentos contaminados o que contienen CN-, bebida, adsorción por la piel. Una vez que el CN- esté en pulmones o estómago se traspasa rápidamente al flujo sanguíneo. Los efectos tóxicos pueden aparecer cuando la concentración de CN- en la sangre es superior a 0,05 [mg/dL]: puede provocar la muerte o estados de coma, daños al cerebro, corazón.
Cobre	Tóxico en niveles > 1 ppm, especialmente en su forma iónica o en compuestos. Los efectos que produce beber agua con altos contenidos de cobre puede provocar náuseas, vómitos, dolores estomacales y diarrea; en forma severa podría provocar daños daño al hígado, riñones, incluso causar la muerte.
Coliformes Fecales	Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que se encuentran en los intestinos de animales de sangre caliente, y son consideradas como un indicador de calidad sanitaria de las aguas pues son un parámetro que alerta de la contaminación fecal. Puede causar desde malestar gastrointestinal a enfermedades como cólera, hepatitis, tifus, etc.
Cloruros	No se encontraron antecedentes específicos de los daños que pueden provocar los Cl ⁻
Cromo	No se encontraron antecedentes específicos, se señala que es menos dañino que el Cr ⁺⁶ .
Cromo Hexavalente	Los efectos que produce en dosis altas es de amplio espectro, desde alteraciones cutáneas, problemas pulmonares, incluso desarrollar cáncer de pulmón.
DBO₅	Efectos indirectos, pues aguas contaminadas por materia orgánica pueden producir diversas infecciones gastrointestinales en las personas que consumen agua o ingieren alimentos.
Fluoruro	Ingesta alta de F ⁻ puede ocasionar problemas renales y descalcificación de los huesos, afectando mayoritariamente a la población de mayor edad.
Fósforo total	No se ha encontrado literatura que indique los efectos del fósforo sobre la salud

Parámetro	Efecto en salud
	humana.
Hidrocarburos Fijos	Los efectos en salud dependen de la naturaleza de los hidrocarburos, pudiendo ser potenciales agentes cancerígenos, afectar el sistema nervioso.
Hierro disuelto	No se encontró literatura relacionados a los efectos en salud por ingesta en agua (sólo conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis)
Índice de fenol (fenol)	La exposición reiterada a niveles bajos de fenol en el agua potable ha sido asociado a enfermedades gastrointestinales, en concentraciones extremadamente altas pudiera generar problemas neurológicos (dificultad para caminar, temblores, pérdida de concentración) y hasta la muerte. Considerando los criterios de calidad de agua establecidos por EPA (2014) para la protección de la salud humana, en el caso del consumo de organismos y agua ese valor es ~4 mg/l, en el caso del consumo sólo de organismos el valor es de ~300 mg/l (endopint no cancerígeno), el criterio para efectos organolépticos establece un límite de 0,3 mg/l.
Manganeso	Falta de Mn en el organismo puede provocar problemas cardíacos, anemia y malformaciones. Exceso de Mn por sobre >14 [mg/L] puede provocar daños cerebrales.
Níquel	No es considerado un elemento muy tóxico. La ingesta en cantidades considerables puede provocar problemas renales, también el contacto puede provocar alergias e irritaciones cutáneas.
Nitrógeno total	La ingesta de nitritos y nitratos contenidos en agua potable contaminada (sobre 1mg/NO ₂ -N/l y 10 mg NO ₃ -N/l) puede inducir diversas enfermedades relacionadas con el bloqueo de la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina. Los niños de menos de 4 años de edad parece ser particularmente susceptibles. A los nitritos y nitratos también se atribuye un rol potencial en el desarrollo de cáncer del tracto digestivo (por formación bacterial de nitrosaminas). Además del potencial desarrollo de múltiples enfermedades coronarias, a la vejiga, ovario, entre otros. El amonio no es especialmente tóxico para los organismos superiores, si lo puede ser para peces cuando se encuentra en forma de NH ₃ no iónico.
Plomo	Produce la enfermedad “Saturnismo” (acumulación de metal en los huesos, los nervios, sistema renal e hígado) y provoca anemia, parálisis, dolores de cabeza. Además es un agente cancerígeno. Es bioacumulable, También se ha detectado que en el embarazo, se traspasa Pb en la placenta y provoca retraso mental en los niños. el crecimiento, reproducción, comportamiento, metabolismo, sobrevivencia.
Selenio	Ingesta excesiva de Se puede producir alteraciones cutáneas, nerviosas, problemas intestinales, renales y de salud bucal (caries).
Sólidos Sedimentables	Los sólidos sedimentables afectan la transparencia y calidad estética de las aguas para baño, afectan procesos industriales y de potabilización (pueden acumularse en sistemas de tratamiento de aguas residuales).
Sólidos Suspendidos Totales	No se han reportado efectos directos en salud humana.
Sulfatos	En asociación con magnesio y sodio (usualmente presente en los cuerpos de agua), pueden generar efectos laxativos en humanos y ganado. En situaciones de excesiva

Parámetro	Efecto en salud
	concentración en agua para consumo humano puede generar catarisis (sobre 600 mg/l), deshidratación y problemas gastrointestinales.
Xileno	Las tres formas de xileno (meta-xileno, orto-xileno y para-xileno) afectan la salud humana de manera similar. Exposiciones breves o prolongadas a altas concentraciones de xileno pueden producir efectos sobre el sistema nervioso (falta coordinación muscular, mareo, confusión).
Zinc	No es un elemento tóxico <i>per se</i> , pero su presencia normalmente está asociada al Cd (tóxico).

Fuente: Elaboración propia en base a Marín (2003), Sánchez (2008), Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2011, Comisiones obreras de Aragón (CCOO) (sin año), World Health Organization (WHO) (2015)

En la tabla anterior se detalla el efecto en salud humana de cada uno de los parámetros físico-químicos que reducen sus emisiones por el PDR_DS 90. Los parámetros en que se genera la mayor reducción de emisiones son los halogenados (CLR), Orgánicos (Triclorometano, DBO₃) y nutrientes, lo que lo que proporcionaría un importante reducción en la generación de compuestos cancerígenos y toxicológicos para la población. Destacan las reducciones de nitrógeno y fósforo, contribuyendo de este modo a la prevención de la eutrofización de estos cuerpos de agua considerados como frágiles y de gran importancia para las comunidades acuáticas y terrestres (ver también Tabla 4-8).

La población percibe los beneficios de la norma de emisión por medio de la mejora en la calidad de los servicios ecosistémicos que proveen los diferentes cuerpos de agua a nivel nacional. A continuación se detallan los servicios ecosistémicos provistos por los diferentes ecosistemas acuáticos del país (Tabla 4-13).

La reducción de emisiones producto de una norma como esta incrementaría la provisión de servicios relacionados principalmente de usos consuntivos como son agua para consumo humano, agricultura e industrial, también aquellos servicios de provisión de especies hidrobiológicas, regulación y dilución de contaminantes y servicios culturales como la recreativos, aquellos relacionados al sentido de pertenencia y espiritual (por ejemplo, la protección adicional que general el PDR_DS 90 en Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO)).

Mejoras en la calidad de las aguas determinan la disminución en el riesgo en salud al que se expone la población que se beneficia de los servicios ecosistémicos proporcionados por los diversos ecosistemas acuáticos. Así por ejemplo, la contaminación de aguas superficiales con Coliformes fecales limita el uso asociado al consumo de agua y al contacto directo para recreación. La contaminación por metales o algún contaminante tóxico o de difícil remoción incrementa la probabilidad de efectos adversos en salud, ya sea por consumo directo de agua o por ingesta de alimentos contaminados. Al igual que el impacto en la población, si la calidad del agua no es apta para el uso industrial que se demanda, se deberá incurrir en costos de tratamiento adicionales para recuperar las calidades requeridas por la industria (por ejemplo, nivelación de pH, reducciones o eliminación de patógenos y/o desinfección, reducciones en concentraciones de metales y sales, entre otros). Ciertos sectores industriales requiere de buena calidad de agua para el uso en sus procesos



productivos, en sectores como agroindustrias (agroalimenticio), acuícolas o en el uso del agua para riego, la calidad del agua resulta relevante.

Tabla 4-13. Clasificación general de servicios ecosistémicos provistos por los recursos hídricos.

Sección	División	Grupo	Clase		
Provisión	Nutrición	Biomasa	Plantas silvestres		
			Animales silvestres		
		Agua	Plantas de acuicultura		
			Animales de acuicultura		
	Materiales	Biomasa	Agua superficial para consumo humano		
			Fibras y otros materiales vegetales o animales para uso directo (no alimenticio)		
		Agua	Materia vegetal o animal de uso agrícola		
			Materia genética de plantas, algas o animales		
			Agua superficial no para consumo humano		
			Metales		
Regulación	Energía	Energía de fuentes abióticas	No metales		
			Fuentes de energías renovables abióticas		
	Regulación de desechos, tóxicos y otros	Regulación por biota	Bioremediación biótica por microorganismos, plantas y animales		
			Filtración, secuestro, almacenamiento o acumulación por microorganismos, plantas y animales		
	Regulación de flujos	Regulación por ecosistemas	Flujos de agua	Dilución abiótica por agua	
				Cielo hidrológico y mantenimiento de flujo de agua	
		Mantenimiento de las condiciones biológicas, químicas y físicas	Protección del hábitat y pool génico	Control de plagas y enfermedades	Protección contra eredicidas e inundaciones
					Polinización y dispersión de semillas
			Condiciones del agua	Composición atmosférica y composición del clima	Mantenimiento de poblaciones y hábitats
					Control de plagas y enfermedades relacionadas al agua
Culturales	Interacciones físicas e intelectuales con la biota, ecosistemas y paisajes.	Interacciones físicas y experienciales	Mantenimiento de la composición química de aguas dulces		
			Mantenimiento de la composición química de aguas marinas		
		Interacciones intelectuales y representativas	Otros usos culturales	Regulación climática regional y local	
				Clase	
				Uso experiencial de plantas, animales y paisajes	
				Uso físico de paisajes	
	Interacciones espirituales, simbólicas con la biota y ecosistemas	Espiritual y/o emblemático	Existencia y legado	Ciencia y educación	
				Herencia cultural	
				Estético	
				Sacro o religioso	

Fuente: Modificado de (Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) 2015), (MEA 2005), (Bujinovsky 2015).

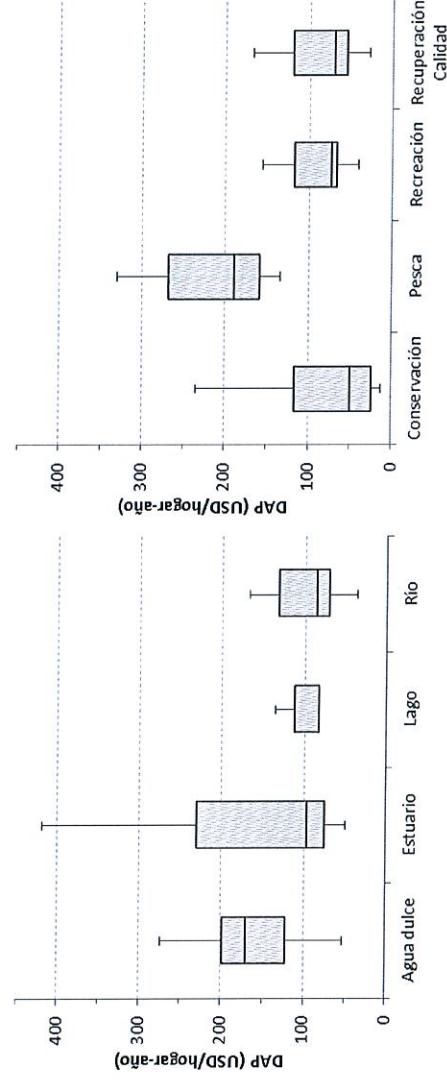
4.6.3 Antecedentes económicos de mejora en la calidad del agua

Se presenta antecedentes económicos como una manera de aproximarnos al beneficio de la normativa evaluada.

i. Disposición a pagar por mejoras en la calidad del agua.

Se realizó una revisión bibliográfica con el fin de obtener antecedentes que permitan aproximarnos al orden de magnitud que los hogares valoran los cuerpos de aguas o bien, disposición a pagar. Para ello se presentan los estudios de Van Houtven, Powers et al. (2007) y Johnston, Besedin et al. (2005), quienes realizan un meta-análisis de valoración contingente relacionados la disposición a pagar por mejorar la calidad del agua.

Figura 4-9 Disposición a pagar (DAP) por mejoras en la calidad de (a) diferentes cuerpos de agua y (b) razón del pago (USD2010/hogar-año)



Fuente: Elaboración propia a partir de Van Houtven, Powers et al. (2007) y Johnston, Besedin et al. (2005)

La Figura 4-9 indica que existe una disposición a pagar por la mejora de calidad de agua y que depende también al motivo de la valoración del recurso hídrico, alcanzando el mayor valor para los recursos utilizados para la pesca. El objetivo de la recopilación es que los hogares valoran, no tan solo la cantidad de agua, sino que la calidad de la misma.

A partir de los datos anteriores, se realizó una estimación de la valorización que se obtendría en Chile por mejorar la calidad del agua en los cuerpos de agua utilizando los siguientes supuestos:

- El percentil 50 de los datos por cuerpo de agua, transferido mediante Paridad de Poder Adquisitivo, representa la disposición a pagar de los hogares en Chile por mejorar la calidad de los mismos.
- Se diferencia una valorización diferente en los hogares que hacen uso directo del recurso como los que no lo utilizan, asumiendo que los *usuarios* poseen una WTP 3 veces mayor que los *no usuarios* (Van Houtven, Powers et al. 2007).



- Para estimar el número de hogares que son usuarios directos del cuerpo de agua se asumen igual a los hogares de la comuna del cuerpo de agua que mejorará la calidad del agua, determinado en el análisis de superación de norma (ver capítulo de metodología). Para los no usuarios, se considerará los hogares de provincia.

Se utilizó los percentiles 5, 50 y 95 de los estudios recopilados por tipo de cuerpo de agua, ajustado por el PIB per cápita entre EEUU y Chile igual a 3.8 para el año 2010.

Tabla 4-14. DAP transferido a Chile por tipo de cuerpo de agua (USD2010/hogar-año)

Percentil	Estuario	Lago	Río
5%	12,9	21,8	10,0
50%	25,6	21,9	23,8
95%	109,8	35,6	46,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-15. Hogares estimados caracterizados por cuerpo de agua (número de hogares)

Tipo de usuario	Estuario (Tabla 6)	Lago (Tabla 3)	Río (Tablas 1 y 2)	Total
Directo	165.728	9.337	541.576	849.224
Indirecto	511.046	55.765	1.089.441	1.769.273

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-16. Valorización por DAP asociada a la mejora de los cuerpos de agua (MMUSD/año)

Percentil	Estuario (Tabla 6)	Lago (Tabla 3)	Río (Tablas 1 y 2)	Total
5%	14,3	1,4	24,8	40,5
50%	31,1	1,7	42,5	75,2
95%	60,0	2,1	64,4	126,5

Fuente: Elaboración propia

Los beneficios estimados son del orden de 70 MMUSD anuales para el percentil 50

ii. Precios sombra

La metodología de los precios sombras es utilizada para asignar un valor a los bienes que no tienen un precio en el mercado. Un ejemplo claro de esta situación son bienes relacionados con el medio ambiente y específicamente las emisiones de contaminantes. Los precios sombra pueden ser considerado como un *proxi* del valor que la sociedad le proporciona a la emisión de contaminantes y es posible utilizarlo para el análisis económico de normativas medioambientales (Bruyn 2010).

A partir del costo de tratamiento de determinados parámetros y algunos ajustes de eficiencia en la producción, es posible obtener un valor monetario por unidad de masa vertida a los cuerpos de agua. Esto es lo que el estudio de Hernández-Sancho, Molinos-Senante et al. (2010) realiza en la región de Valencia de España para plantas de tratamiento de aguas, lo que permite determinar el valor unitario de emisiones de nitrógeno (N), fósforo



(P), sólidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno (DBO5) y carbono orgánico disuelto (COD), diferenciado además por tipo de cuerpo de agua²¹.

Los precios sombra de las emisiones del estudio de Hernández-Sancho, Molinos-Senante et al. (2010) calculados en la región de Valencia de España para plantas de tratamiento de aguas fueron transferidos a Chile mediante PIB per cápita de ambas localidades e inflación, resultado que se muestra en la siguiente tabla²².

Tabla 4-17. Precios sombra contaminantes por tipo de cuerpo de agua transferido a Chile [USD/kg]

Parámetro	Estuario	Río	Mar
Nitrógeno	29,3	7,3	2,1
Fósforo	46,5	13,9	3,4
Sólidos Suspendidos Totales	0,004	0,002	0,000
DBO ₅	0,053	0,015	0,002
COD*	0,055	0,044	0,004

Fuente: Elaboración propia a partir de Hernández-Sancho, Molinos-Senante et al. (2010)

De esta manera, es posible valorizar la reducción de emisiones producto de la implementación de la norma mediante la reducción de emisiones de estos parámetros. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4-18. Valorización de emisiones [MMUSD/año]

Parámetro	Total
Nitrógeno	47,8
Fósforo	9,1
Sólidos Suspendidos Totales	0,0
DBO ₅	0,2
COD*	-
Total	57,1

Fuente: Elaboración propia

iii. Costos de recuperación

Otra forma de aproximarnos a los beneficios de una norma que tiene un objetivo preventivo, es considerar como beneficios los costos evitados asociados a una eventual recuperación de cuerpos de agua contaminados.

²¹ Esto está relacionado con las exigencias diferenciadas en la localidad española, donde existen diferencias en las emisiones según cuerpo de agua. A mayor exigencia, mayor es el precio sombra. e indirectamente, mayor es el valor que la sociedad le atribuye a dichos cuerpo de agua.

²² La transferencia de beneficios por PIB per cápita es normalmente utilizado cuando está relacionado con Deposition a pagar, donde el ingreso es una variable fundamental. En este caso, los precios sombras están asociados a costos de tratamiento, por lo que podría no ser necesaria la transferencia de beneficio con este método, caso que resultaría un valor aproximadamente 3 veces superior.



Existen en el mundo varias experiencias de programas con el objetivo de disminuir la contaminación que han el caso de una degradación imperante en la calidad del cuerpo de agua, afectando en gran medida el ecosistema y los servicios ecosistémicos asociados razón por lo que se hace necesario invertir en medidas de recuperación del cuerpo de agua.

Existen algunas experiencias internacionales que han incurrido en costos de recuperación, algunas de ellas reportadas a continuación.

Se reportaron algunos indicadores básicos de los programas reportados a continuación:

Tabla 4-19 Costos de programas de recuperación cuerpos de agua superficial.

Programa	Contaminantes	Superficie	Duración proyecto (años)	Costo total (MMUSD)	Costo anualizado (MMUSD/año)	Costo anualizado por superficie (MMUSD/km ² /año)
Remedial action plan for the lower Fox River	PCB Fósforo SSed	1.654	6	369	79,5	0,05
Chesapeake Bay Program (EEUU)	Nutrientes Pesticidas Metales Productos farmacéuticos	11.601	7	24.100	4.580	0,39
Green Corridor and Guadamar Restoration Project	Metales pesados	46	7	185	35,1	0,76

Fuente: Elaboración propia basado en (Chesapeake Bay Commission 2003; Keillor 2007; Wisconsin Department of Natural Resources 2013)

Aun cuando los costos dependen de muchas variables sitioespecíficas para ser extrapolados (por ejemplo, tipo de contaminante, grado de contaminación, área de contaminación, accesibilidad, número de fuentes contaminantes, etc.), todos los programas mencionados tienen como similitud que corresponden a inversiones de gran envergadura y con un amplio periodo de aplicación.

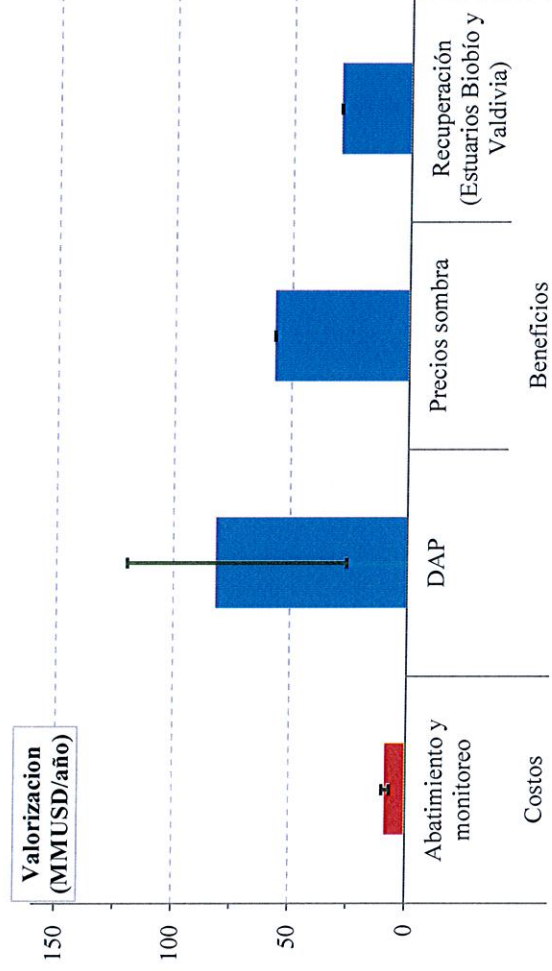
A modo de ejemplo, se puede utilizar el caso del estuario del río Biobío y Valdivia, con una superficie aproximada de 17 y 57 km² respectivamente. Ambos estuarios corresponden a cuerpos de agua que actualmente es afectado por emisiones puntuales y sobre los que se estima una reducción de emisiones con la presente normativa. Utilizando el valor unitario por superficie de la bahía de Chesapeake de 0.39 MMUSD/km²/año, los costos de recuperación en caso de recuperar estos cuerpos de agua son del orden de 29 MMUSD anuales.

Los costos de recuperación no son las únicas pérdidas que se incurren en caso de alta contaminación de los cuerpos de agua. A estos hay que añadir la pérdida de servicios ecosistémicos prestados por los cuerpos de agua, como por ejemplo, los recreacionales, íntimamente relacionados con el desarrollo turístico de la zona afectada.

4.7 Comparativa de costos y beneficios de la norma

El objetivo de este capítulo es resumir a modo comparativo los beneficios y costos valorizados en los capítulos anteriores. Se comparan los costos de inversión y monitoreo con los beneficios estimados bajo las tres metodologías planteadas. Se ajustaron todos los valores USD 2014 mediante factores de inflación con el fin de hacerlos comparables.

Figura 4-10. Comparación de costos y beneficios estimados (MMUSD 2014 /año)



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó en el capítulo de metodología, los beneficios estimados no pueden ser agregados o sumados debido a que se incurriría en un error de doble conteo. Sin embargo, existe una coherencia entre los resultados en cuanto al orden de magnitud entre beneficios y costos estimados en la regulación, donde los primeros serían superiores a los segundos. Esto es debido a tres causas fundamentalmente, la cual es explicada por cada una de las metodologías:

- En relación a la DAP, los beneficios son relevantes porque las zonas donde están ubicados los cuerpos de agua que mejorarían su calidad conllevan una alta densidad poblacional, aumentando los hogares beneficiados como usuarios directos como indirectos.
- En relación a los precios sombra, se unen dos efectos: en primer lugar, la revisión de norma tiene reducciones significativas en nutrientes producto principalmente de la tabla 6 de estuarios, que a su vez son los de mayor valoración; En segundo lugar,

Los estuarios son los cuerpos de agua con mayor valoración por la población, por lo que la norma, al enfocarse en estos lugares, genera un efecto de eficiencia normativa relevante.

- Finalmente, la literatura respalda que los costos de recuperación son de mayor envergadura que los de prevención, por lo que no es de extrañar una diferencia semejante considerando tan solo 2 cuerpos de agua.

Es relevante recordar que estos análisis no considera los beneficios proporcionados a la biota, ecosistema y al patrimonio ambiental nacional, que por ser de carácter biocéntrico, no tiene sentido valorarlos económicamente (antropocéntrico).

5. Conclusiones

Los efectos que generan las modificaciones propuestas en el Proyecto Definitivo de Revisión de esta norma permiten reducir las emisiones en diversos ecosistemas acuáticos especialmente en estuarios. Junto a lo anterior, el Proyecto Definitivo de Revisión incluye la regulación de la descarga de parámetros sensibles como son aquellos relacionados a los Trihalometanos y sus precursores.

En específico, el análisis realizado estimó importantes reducciones de emisiones en Cloro Libre Residual para todo el ámbito nacional, y nutrientes principalmente para los cuerpos de agua estuarinos.

La importancia de la protección de los estuarios, se documentó desde el enfoque ecosistémico y respecto al bienestar humano. En primer lugar, los estuarios concentran una importante diversidad biológica, endemismo de especies ícticas, muchas de las cuales han sido clasificadas como amenazadas en estado silvestre (en peligro crítico, en peligro y vulnerables). Además, los estuario proveen numerosos servicios ecosistémicos componentes fundamentales del bienestar de las poblaciones asociadas a estos sistemas.

Las zonas del país donde la norma genera las mayores reducciones de emisiones coinciden con aquellos sistemas acuáticos que concentran el mayor número de especies amenazadas, de esta forma, la regulación evaluada permite cumplir con el objetivo propuesto, es decir, prevenir de la contaminación y sus efectos en los ecosistemas acuáticos continentales, marinos y estuarinos.

Se estimaron económicamente tanto los beneficios como los costos de la regulación. En cuanto a los beneficios, la aproximación empleada consideró tres metodologías diferentes (no aditivas), obteniendo resultados entre los 20 y 80 MMUSD/año. Por su parte, los costos de alcanzar los nuevos límites propuestos se estimaron en alrededor de 8,5 MMUSD/año, atribuidos principalmente al abatimiento de las descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.

Existen algunos aspectos que, si bien no fueron analizados, son temas pendientes para futuras revisiones de esta norma. Uno de ellos es el impacto que genera en los ecosistemas y sus servicios el incremento en el límite de emisión de cobre; así como también el aumento del límite normativo en determinados parámetros (p.e. boro, tolueno, otros) por efecto del cambio de tabla 1 a tabla 3 para ciertas fuentes emisoras (fuentes emisoras localizadas en ríos afluentes a lagos).

Finalmente, el AGIES en base a la metodología propuesta y los resultados obtenidos, sostiene que la inversión adicional producto del cumplimiento de los nuevos límites establecidos proporciona beneficios significativos tanto para el ecosistema acuático, la protección de sus especies amenazadas y el patrimonio natural del país, y a la vez, permite la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales en la calidad del vida de la población.

6. Bibliografía

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2011). "Resúmenes de Salud Pública." Retrieved 30 de Noviembre, 2015, from http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phshome.html.
- AMPHOS 21 (2014). Generación de información base para la evaluación de normas de calidad ambiental y emisión: revisión y actualización sobre tecnologías y costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente. Santiago.
- Andreoli, M., Iroumé, Arumi, Nardini, Pizarro, Caamaño, Meier & Link (2012). "The need for a hydromorphological approach to Chilean river management." Revista chilena de historia natural **85**(3): 339-343.
- Auer, M., J. Mihelcic, et al. (2013). Capítulo Ocho: Calidad del Agua. Ingeniería Ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. J. Mihelcic and J. Zimmerman. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Santiago de Cali, Universidad del Valle.
- Bruyn, S. M. (2010). Shadow Prices Handbook: Valuation and Weighting of Emissions and Environmental Impacts, CE Delft.
- Bujinovsky, R. (2015). "Evaluation of the ecosystem services on inland waters in the Slovak Republic-to date findings. ." Ekológia (Bratislava) **34**(1): 19-25.
- Camargo., J. A. and Á. Alonso (2007). "Inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: causes and consequences." Retrieved 02 de Diciembre, 2015, from <http://www.eoearth.org/view/article/153841/>.
- CEA (2014). Conservación de ecosistemas acuáticos continentales y su biodiversidad, implementación de metodologías y desarrollo de herramientas para la planificación, evaluación y priorización de ecosistemas
- CENAM (2015). Delimitación de Estuarios en Chile. Estudio preparado para el Ministerio del Medio Ambiente. La Serena.
- Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) (2015). Generación y complementación de información base para la elaboración de los AGIES relacionados con recursos hídricos. Aplicación práctica en la cuenca del río Elqui y en la cuenca del río Mataquito. Informe en Revisión, preparado para el Ministerio del Medio Ambiente.



Cienfuegos, C., Gionás, Almar y Villagrán (2012). Desembocaduras y lagunas costeras en la zona central de Chile Humedales Costeros de Chile: Aportes Científicos a su gestión sustentable. A. C. y. J. M. Fariña.

Comisiones obreras de Aragón (CCOO) (sin año). Avanzado en la producción limpia como reducir impactos ambientales y riesgos para la salud en el uso de aceites y grasas lubricantes. Aragón.

Chesapeake Bay Commission (2003). The Coast of a Clean Bay. Assessing Funding Needs Throughout the Watershed.

Dyer, B. (2000). "Revisión sistemática y biogeográfica de los peces dulceacuícolas de Chile." Estudios Oceanológicos **19**: 77-98.

EPA (2013). Benefit and Cost Analysis for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Steam Electric Power Generating Point Source Category.

Fundación Chile (2010). Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en sistemas hídricos: estimación de costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. Elaborado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Santiago.

G.S. Bilotta and R. E. Brazier (2008). "Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota." Water Research **42**(12): 2849-2861.

Geurts., J., J. Sarneel., et al. (2009). "Interacting effects of sulphate pollution, sulphide toxicity and eutrophication on vegetation development in fens: A mesocosm experiment." Environmental Pollution **157**(2009): 2072-2081.

Gutiérrez, M. F. and A. M. Gagneten (2011). "Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce. Avance metodológicos y potencialidad de cladóceros y copépodos como organismos test." Revista Peruana de Biología **18**(3): 389-396.

Habit, B. D. I. V. (2006). "Estado de Conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. ." Revista Gayana **70**(1): 100-113.

Hernández-Sancho, F., M. Molinos-Senante, et al. (2010). "Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain." Science of the Total Environment **408**(4): 953-957.

JA Camargo and Á. Alonso (2006). "Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment." Environment International **32**(6): 831-849.

Jimenez, D. (2012). Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiansis*) Ostión de Mangle en



- el puente Portete del estero Salado (Guayaquil). Facultad de Ciencias Naturales. Ecuador, Universidad de Guayaquil.
- Johnston, R., E. Besedin, et al. (2005). "Systematic Variation in Willingness to Pay for Aquatic Resource Improvements and Implications for Benefit Transfer: A Meta Analysis." Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie **53**(2 3): 221-248.
- Keeler, B. L., S. Polasky, et al. (2012). "Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services." Proceedings of the National Academy of Sciences **109**(45): 18619-18624.
- Keillor, P. (2007). Deciding About Sediment Remediation. A step - by - step guide to making the decisions.
- Kennish, M. J. (2012). "Environmental threats and environmental future of estuaries." Environmental Conservation **29**(1): 78-107.
- Kennish, M. J. a. H. W. P. (2010). Coastal Lagoons Critical Habitats of Environmental Change. Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. M. J. K. a. H. W. Paerl: 1-6.
- Lewandowski, J. (2000). "Planning and Management of Lakes and Reservoirs: An Integrated Approach to Eutrophication."
- MacDonald Environmental Sciences Ltd. (1997). Ambient Water Quality Guidelines (Criteria) for Turbidity, Suspended and Benthic Sediments, Documento preparado para British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks.
- Marín, R. (2003). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. España, Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- MDS (2015). Precios Sociales Vigentes 2015, Ministerio de Desarrollo Social. Gobierno de Chile.
- MEA (2005). Ecosystems and human well-being, Millennium Ecosystem Assessment.
- MINSEGPRES (2001). Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Gobierno de Chile. **Decreto 90**.
- Muniz, P., P. Lana, et al. (sin año). Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos.
- Pardo R, V. I. (2006). "Causas que podrías determinar la eutroficación en los lagos chilenos." Eutroficación en América del Sur: Causas, consecuencias y tecnologías de control: 197-208.



- Pizarro, P. V., Sergio Cerda, Daniela Briones (2016). "Cooling and eutrophication of southern Chilean lakes." Science of the Total Environment **541**: 683–691.
- Rast, W. and G. F. Lee (1978). "Summary Analysis Of The North American (US Portion) OCED Eutrophication Project: Nutrient Loading-Lake Response Relationships And Trophic State Indices."
- Rodríguez-Serrano, M., M. Martínez-de la Casa, et al. (2008). "Toxicidad del Cadmio en plantas." Ecosistemas **17**(3): 139-146.
- Sánchez, A. (2008). "Efectos de los Trihalometanos sobre la salud." Higiene y sanidad ambiental **8**: 280-290.
- SGS (2015). Red de monitoreo ambiental de sistemas acuáticos costeros y andinos de Chile.
- Stuardo J, V. C. (1989). "Estuarios y lagos costeros: Ecosistemas importantes del Chile central." Ambiente y Desarrollo **5**: 107-115.
- TEEB (2013). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands, IEEP.
- The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF) (sin año). Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el medio marino. Documento de información técnica. **13**.
- USEPA (1978). A comparison of oxidation ditch plants to competing process for secondary and advances treatment of municipal wastes, USEPA.
- USEPA (2003). Developing water quality criteria for suspended and bedded sediments (SABS) Potential Approaches. Draft. Office of Water and Office of Science and Technology, USEPA.
- USEPA (2015). "National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table." Retrieved 30 de Noviembre, 2015, from <http://www2.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>.
- Van Houtven, G., J. Powers, et al. (2007). "Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis?" Resource and Energy Economics **29**(3): 206-228.
- Wisconsin Department of Natural Resources (2013). Remedial Action Plan Update for the Lower Green Bay and Fox River Area of Concern, Office of the Great Lakes.

AGIES Proyecto definitivo DS 90



World Health Organization (WHO) (2015). "Chemical hazards in drinking - water." Water Sanitation Health. Retrieved 02 de Diciembre, 2015, from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/.

7. Anexos

7.1 Modificaciones principales que propone el Proyecto Definitivo en relación a la normativa vigente

Cuerpo del texto	Modificación	Característica de la modificación	¿Se evalúa en el AGIES?
Título I, Disposiciones Generales	Sujetos obligados al cumplimiento de la norma	Se especifica quienes son los sujetos obligados al cumplimiento de la norma y los casos en los que no será aplicable. En este punto se añade la causal relacionada al volumen de descarga inferior a 5 [m3/d] y que solo excedan valores de temperatura, sólidos sedimentables y poder espumógeno de la Tabla Fuente Emisora "Valor Característico"	No, porque no se tienen los datos de las fuentes emisoras cuando hicieron su caracterización del RIL.
	Incorporación de parámetros en la Tabla Fuente Emisora "Carga Contaminante";	Incorporación de los parámetros: Nitrógeno Total, Trihalometanos y Cloro Libre Residual	No se tienen los datos para estimar la carga contaminante de cada fuente emisora, tampoco se cuenta con los datos reales de cuando se caracterizó como para estimar el impacto de la inclusión de nuevos parámetros (si entrasen nuevas fuentes emisoras o si se dejasen de serlo fuentes emisoras existentes). Sin embargo, si se evaluó el costo de análisis de laboratorio de los parámetros nuevos para las fuentes emisoras existentes y el costo de análisis de laboratorio de todos los parámetros para la evaluación de condición de fuente emisora de los artefactos navales.



Cuerpo del texto	Modificación	Característica de la modificación	¿Se evalúa en el AGIES?
	Caracterización de residuos líquidos	Obligación de presentar una caracterización de residuos líquidos del efluente sin tratar, en el momento de mayor producción	No, no se tienen los datos de cuando las fuentes emisoras se caracterizaron y calificaron como tal
Titulo II, Definiciones	Inclusión de las definiciones de "Fuente Móvil", "Fuente Difusa"	Inclusión de las definiciones de "Fuente Móvil", "Fuente Difusa". No queda claridad si la norma de emisión aplica sobre estas definiciones. Se sugiere incluir también la definición de "Fuente Puntual".	No, se asume que la norma de emisión aplica para las fuentes puntuales que cataloguen como fuente emisora. El AGIES considera las fuentes puntuales existentes.
		Identifica varias características entre las que destacan: 1. Artefactos navales deben someterse a calificación de Fuente Emisora.	1. No, los datos disponibles no permiten determinar cuáles artefactos navales podrían ser considerados Fuentes Emisoras.
	Bajo la definición de "Residuos líquidos" se consideran una serie de características para evaluar la condición de fuente emisora	2. Si una fuente emisora califica como tal debido a las concentraciones de los parámetros en su punto de captura y muestra que no genera modificaciones al residuo líquido, dejará de considerarse fuente emisora.	Sin embargo, se evaluó el costo de análisis de laboratorio de todos los parámetros de la Tabla "Fuente Emisora" y "Valor Característico" para artefactos navales se consideró naves de tipo wellboat y fishboat que tienen intercambio de agua y sistema de tratamiento. 2. No, escapa del alcance del AGIES determinar tal situación
	Definición de "Zona de Protección Litoral" en tramo de Punta Puga al sur hasta Cabo de Hornos	Se indican las coordenadas que determina límites de la ZPL	No, pues no aplica a las fuentes emisoras existentes.
	Definición de "Estuarios"	Se define estuarios	Sí, esto tiene repercusiones en fuentes emisoras que deben cambiar de Tabla.

AGIES Proyecto definitivo DS 90



Cuerpo del texto	Modificación	Característica de la modificación	¿Se evalúa en el AGIES?
	Definición de "Cuerpo fluvial afluente de cuerpo de agua lacustre"	Se define estos cuerpos de agua	Sí, esto tiene repercusiones en fuentes emisoras que deben cambiar de Tabla.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 2º, Descargas a cuerpos de agua fluvial	Modificación de la metodología para determinar la Zona de Protección Litoral	Se establece coordenadas para definir ZPL desde Punta Puga al sur	No, pues los efectos de esta modificación aplicará para las nuevas fuentes emisoras
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 2º, Descargas a cuerpos de agua fluvial	Incorporación de parámetro a normar en Tabla 1	Se incorpora el parámetro Cloro Libre Residual y su valor de norma (0,5 [mg/l])	Sí, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dicho parámetro.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 2º, Descargas a cuerpos de agua fluvial	Modificación en el valor de norma del parámetro "Cobre" en la Tabla 1	Se modifica el límite de norma del parámetro "Cobre" de 1 a 2 [mg/l].	Sí, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dicho parámetro.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 2º, Descargas a cuerpos de agua fluvial	Incorporación de parámetro a normar en Tabla 2	Se incorpora el parámetro Cloro Libre Residual y su valor de norma (0,5 [mg/l])	Sí, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dicho parámetro.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 3º, Descargas a cuerpos de agua lacustres	Se considera como fuente emisora regulada a Tabla 3, a todas aquellas que descarguen a un cuerpo de agua afluente a un cuerpo lacustre	Mayor número de empresas reguladas por Tabla 3, debido a que se consideran todas las empresas que están en subsubcuencas que drenan hacia (están aguas arriba de) un cuerpo de agua lacustre	Sí, se identifican las fuentes emisoras que deben cambiar de Tabla 1 o 2 a Tabla 3.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 3º, Descargas a cuerpos de agua lacustres	Incorporación de parámetros a normar en Tabla 3	Se incorporan los parámetros: Cloruros, Cloro Libre Residual y Trihalometanos, siendo su valor de norma (400, 0,5 y 0,1 [mg/l] respectivamente)	Sí, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dichos parámetros.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 3º, Descargas a cuerpos de agua lacustres	Modificación de límites máximos de emisión de los parámetros (más restrictivo)	Se modifican los límites de norma de los parámetros: Cadmio, Cromo Hexavalente, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc	Sí, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dichos parámetros.
Título III, Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 3º, Descargas a cuerpos de agua lacustres	Considerar los Artefactos Navales	Se señala que los Artefactos Navales que sean considerados como Fuente Emisora	No, los datos disponibles no permiten determinar cuáles

ACHES Proyecto definitivo DS 90

Cuerpo del texto	Modificación	Característica de la modificación	¿Se evalúa en el AGIES?
líquidos a aguas continentales superficiales y marinas, Párrafo 4°, Descargas a cuerpos de agua marinos	catalogados como Fuentes Emisoras	deben cumplir Tabla 4	artefactos navales podrían ser considerados Fuentes Emisoras.
	Se incluye los Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios como excepción a la norma de Coliformes Fecales	En los Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios se normará Coliformes Fecales con un valor de 70 [NMP/100 ml]	Si
	Incorporación de parámetros a normar en Tabla 4	Se incorporan los parámetros: Cloro Libre Residual y Trihalometanos, siendo su valor de norma (1 y 0,1[mg/l] respectivamente)	Si, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dichos parámetros.
	Incorporación de parámetros a normar en Tabla 5	Se incorporan los parámetros: Cloro Libre Residual y Trihalometanos, siendo su valor de norma (2 y 0,2[mg/l] respectivamente)	Si, pero solo a las fuentes emisoras que informan la emisión de dichos parámetros.
	Incorporación de la Tabla 6 (Estuarios)	Se incluye la Tabla que regula la descargas a estuarios	Si, se identifican las fuentes emisoras actuales, reguladas por Tabla 1 o 2 y que cambiarían a Tabla 6 por estar descargando en estuario.
Título IV, Programa y plazos de cumplimiento	Artefactos navales deben someterse a calificación de Fuente Emisora	Artefactos navales deben someterse a calificación de Fuente Emisora	Si, pero solo a estimación del costo de monitorear los parámetros requeridos en las Tablas Fuente Emisora "Carga Contaminante" y "Valor Característico"
Título V, Procedimientos de monitoreo y control, Párrafo 1°,	Caracterizar residuos líquidos con los parámetros Cloro Libre Residual y Trihalometanos	Todas las Fuentes Emisoras deberán caracterizarse en estos parámetros en un plazo de tres meses o en su primera descarga en máxima producción.	Si, pero solo a nivel del costo de análisis de laboratorio de ambos parámetros.
monitoreo y control, Párrafo 1°,	Monitoreo de autocontrol de todos los parámetros según Tabla	Monitoreo de autocontrol de todos los parámetros normados en la Tabla que le	Si, costos de análisis de laboratorio de los parámetros

AGIES Proyecto definitivo DS 90

Cuerpo del texto	Modificación	Característica de la modificación	¿Se evalúa en el AGIES?
Control de la norma		corresponda a cada Fuente Emisora, una vez al año	controlados por cada Tabla.
Título V, Procedimientos de monitoreo y control, Párrafo 3°, Condiciones específicas para el monitoreo	Modificación en la frecuencia de monitoreo	Nueva forma de estimar la cantidad de días de monitoreos según volumen de la descarga mensual	No
Modificación en la frecuencia de monitoreo aplica según tamaño de la empresa		Las empresas de menor tamaño no se verán afectas a la modificación de la frecuencia de monitoreo	Si
Título V, Procedimientos de monitoreo y control, Párrafo 5°, Evaluación del cumplimiento de la norma	Modificación de las Tablas de Tolerancia	Modificación en las Tablas de Tolerancia (condiciones para decretar que una empresa cumple o incumple la norma).	Si
Título V, Procedimientos de monitoreo y control, Párrafo 6°, Medición de parámetros adicionales	Requerimientos de monitorear parámetros adicionales	Se solicitará a todas las fuentes emisoras, el monitoreo de los parámetros: Benceno, Nitrito, Nitrito-Nitrato, Nitrógeno amoniacal, Sodio, Trihalometanos	Si, se considera el costo de análisis de laboratorio de estos parámetros.

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Tecnologías de Abatimiento

Tabla 7-1. Tecnologías de Abatimiento de residuos industriales líquidos.

<p>Tratamientos Físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Desbaste •Sedimentación •Tamizado •Flotación •Filtración •Cribado •Torres de enfriamiento •Intercambiador de calor
<p>Tratamientos Químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Precipitación química •Coagulación •Neutralización •Floculación
<p>Sistemas Biológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Filtros biológicos •Aeróbicos •Lodos activados •SBR-Biorreactor Discontinuo Secuencial •BRI- Biorreactor de Biomasa Inmovilizada •Anaeróbicos •UASB- Reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos •EGSB- Reactor de Lecho Granular Expandido •Lagunas de Oxidación •Biomatización
<p>Tecnologías de Membrana</p> <ul style="list-style-type: none"> •BRM-Biorreactor de membrana •Electrodialisis •Nanofiltración-Microfiltración-Ultrafiltración •Carbón activado granular – Carbón activado en polvo •Osmosis inversa •BALE- Reactor anaerobio de lecho fluidizado
<p>Ozonización</p>
<p>Electrocoagulación</p>
<p>Cavitación</p>

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Tecnologías de abatimiento y eficiencia de remoción

Tabla 7-2. Tecnologías de abatimiento y su eficiencia de remoción para cada parámetro.

Tecnología de abatimiento	Parámetro que abate	Eficiencia de remoción [%]	
		Máxima	Mínima
Adsorción por carbón activado	Demanda Biológica de Oxígeno	99	97
	Sólidos Sedimentables	99	97
	Sólidos Suspendedos Totales	99	97
	Aceites y Grasas	82.6	79.45
	Demanda Biológica de Oxígeno	99	97.5
BRI	Hidrocarburos Volátiles	99	97.5
	Sólidos Suspendedos Totales	98	95
	Aceites y Grasas	73	
	Demanda Biológica de Oxígeno	99	
BRM	Nitrógeno Total Kjeldahl	90	
	Arsénico	99	98.5
	Demanda Biológica de Oxígeno	99.9	
	Fenoles		90
Coagulación -Floculación	Fósforo total		90
	Mercurio	99	
	Poder Espumógeno	90	
	Sólidos Sedimentables	99.9	
	Sólidos Suspendedos Totales	99.9	
	Demanda Biológica de Oxígeno		95

ACHES Proyecto definitivo DS 90



Tecnología de abatimiento	Parámetro que abate	Eficiencia de remoción [%]		
		Máxima	Media	Mínima
Desbaste	Hierro	90	85	80
	Manganeso	90	85	80
	Sólidos Suspendedos Totales	99	97.5	96
	Demanda Biológica de Oxígeno		95	
	Hierro	90	85	80
	Manganeso	90	85	80
EGSB	Sólidos Suspendedos Totales	99	97.5	96
	Aceites y Grasas	85		
	Nitrógeno total	54		
	Sólidos Suspendedos Totales	90		
	Aceites y Grasas		95	
Electrocoagulación	Aluminio	99	99	99
	Arsénico	98	96.5	95
	Boro		97	
	Cadmio		98	
	Cobre		99	
	Cromo Hexavalente		97	
	Demanda Biológica de Oxígeno	99	97.5	96
	Fósforo total		70	
	Hierro		99	
	Manganeso	85	84	83
	Molibdeno	87	85	83
	Níquel		99	
	Nitrógeno total		80	
	Selenio		99	

AGIES Proyecto definitivo DS 90



Tecnología de abatimiento	Parámetro que abate	Eficiencia de remoción [%]	
		Máxima	Mínima
Electrodesionización	Sólidos Suspendedos Totales	99	99
	Zinc		99
	Aluminio		97
	Boro		95
	Cloruro		98
	Manganeso		98
	Sulfato		95
	Arsénico	80	
	Sólidos Suspendedos Totales		90
	Sulfato		90
Filtración	Demanda Biológica de Oxígeno		95
	Hierro	90	85
	Manganeso	90	85
	Sólidos Suspendedos Totales	99	97.5
Flotación	Demanda Biológica de Oxígeno		95
	Hierro	90	85
	Manganeso	90	85
	Sólidos Suspendedos Totales	99	97.5
Lagunas de oxidación	Aceites y Grasas	97.6	70.58
	Coliformes Fecales	99.99	99.57
	Demanda Biológica de Oxígeno	98.81	81.97
	Fósforo total	96.74	76.94
	Nitrógeno total	92.58	51.64
	pH	6.87	7
			43.57
			99.15
			65.13
			57.14

ACHES Proyecto definitivo DS 90

Tecnología de abatimiento	Parámetro que abate	Eficiencia de remoción [%]		
		Máxima	Mínima	
Lodos Activados	Sólidos Sedimentables	87.5	93.73	
	Temperatura	35	19.5	
	Coliformes Fecales	90	75	
	Demanda Biológica de Oxígeno	95	85	
	Fósforo total	25	17.5	
	Nitrógeno total	30	22.2	
	Pentaclorofenol	80	65	
	Sólidos Suspendedos Totales	90	90	
	Fósforo total	90	80	
	Nitrógeno total	90	80	
Complemento para Lodos Activados	Aceites y Grasas	91	90	
	Arsénico	90	69.5	
	Cadmio	72	51	
	Cobre	91	73	
	Cromo	87	71.5	
	Demanda Biológica de Oxígeno	90	82.5	
	Fósforo total	96	83.5	
	Hierro	72	51	
	Manganeso	91	90	
	Mercurio	24	21	
Precipitación Química	Plomo	93	68.5	
	Selenio	70	70	
	Sólidos Suspendedos Totales	91	78	
	Zinc	90	69.5	
	Demanda Biológica de		95	
	Tamizado			

ACIHS Proyecto definitivo DS 90



Tecnología de abatimiento	Parámetro que abate	Eficiencia de remoción [%]	
		Máxima	Mínima
UASB	Oxígeno		
	Hierro	90	85
	Manganeso	90	85
	Sólidos Suspendedos Totales	99	97.5
	Tetracloroetano	98	
	Demanda Biológica de Oxígeno	80	72.5
	Fósforo total	40	35
	Nitrógeno total	10	
	Sólidos Suspendedos Totales	78	69
	Sulfato	98	73
	Sólidos Sedimentables		99
	Sólidos Suspendedos Totales	92	88
			85

Fuente: Elaboración propia basado en USEPA (1978); AMPHOS 21 (2014).

7.4 Asignación de Zonas según cuencas

Figura 7-1. Zonificación según cuencas.

Zona	Cuenca
Zona A	Río San José
	Costeras Tilviche-Loa
	Río Loa
	Costeras R.Loa-Q.Caracoles
Zona B	Costeras entre Q. la Negra y Q. Pan de Azúcar
	Río Salado
	Costeras e Islas R.Salado-R.Copiapo
	Costeras entre R.Choapa y R.Quilimari
	Río Copiapo
	Río Huasco
	Costeras e Islas entre R.Huasco y Cuarta Region
	Río Elqui
	Costeras entre Elqui y Limari
	Río Limari
Zona C	Río Choapa
	Río Quilimari
	Costeras Quilimari-Petorca
	Río Petorca
	Río Ligua
	Costeras Ligua-Aconcagua
	Río Aconcagua
	Costeras entre Aconcagua y Maipo
	Río Maipo
	Costeras entre Maipo y Rapel
Zona D	Río Rapel
	Costeras Papel-E.Millahue
	Río Mataquito
	Costeras Mataquito-Maule
	Río Maule
	Costeras Maule y Limite Region
	Costeras entre limite Region y R. Itata
	Río Itata
Zona E	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Bio-Bio
	Río Biobío
	Costeras e Islas entre Ríos Bio-Bio y Carampangue
	Río Carampangue
	Río Lebu
	Costeras Lebu-Paicavi
	Río Imperial
	Río Tolten
	Río Yaldívía
	Costeras entre R. Yaldívía y R. Bueno
Zona F	Río Bueno
	Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo
	Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho
	Río Yelcho
	Islas Chiloe y circundantes
	Río Palena y Costeras Limite Decima Region
	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisen
	Río Aisen
	Costeras e Islas entre R. Aisen y R. Baker y Canal Gral. Martínez
	Río Baker
Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemberg e islas al oriente	
Costeras e Islas entre R. Hollemberg, Golfo Alto, Laguna Blanca	
Costeras entre Lag. Blanca(inc), Seno Otway, canal Jeronimo y Magallanes	
Tierra del Fuego	

Fuente: Elaboración propia

7.5 Glosario de parámetros y clasificación

Tabla 7-3. Parámetros y clasificación.

Parámetro	Sigla Parámetro	Clasificación
Aceites y Grasas	AyG	Orgánico
Aluminio	Al	Metal
Arsénico	As	No Metal
Boro	B	No Metal
Cadmio	Cd	Metal
Cianuro	CN-	Orgánico
Cloro Libre Residual	CLR	Halogenados
Cloruro	Cl-	Halogenados
Cobre	Cu	Metal
Coliformes fecales	Coli/100ml	Orgánico
Cromo	Cr	Metal
Cromo Hexavalente	Cr+6	Metal
Demanda Biológica de Oxígeno	DBO5	Orgánico
Estaño	Sn	Metal
Fluoruro	F-	Halogenados
Fósforo	P	Nutrientes
Hydrocarburos Fijos	HCF	Orgánico
Hydrocarburos Totales	HCT	Orgánico
Hydrocarburos Volátiles	HCV	Orgánico
Hierro Disuelto	FeDis	Metal
Índice de Fenol	IndFen	Orgánico
Manganeso	Mn	Metal
Mercurio	Hg	Metal
Molibdeno	Mo	Metal
Níquel	Ni	Metal
Nitrógeno	N	Nutrientes
Nitrógeno Kjeldahl Total	NKT	Nutrientes
Pentaclorofenol	PCF	Orgánico
pH	pH	Físico
Plomo	Pb	Metal
Poder Espumógeno	PE	Físico
Selenio	Se	No Metal
Sólidos Sedimentables	Ssed	Físico
Sólidos Suspendedos Totales	SST	Físico

Sulfatos	SO4	Compuesto de azufre
Sulfuros	S2-	Compuesto de azufre
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	SAAM	Orgánico
Temperatura	Temp	Físico
Tetracloroetano	TCE	Orgánico
Tolueno	Tol	Orgánico
Triclorometano	TRCIM	Orgánico
Trihalometanos	THMs	Orgánico
Xileno	Xil	Orgánico
Zinc	Zn	Metal

Fuente: Elaboración propia.

7.6 Especies ícticas en clasificadas en categorías de conservación: en peligro crítico, en peligro y vulnerables.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Categoría de conservación
1	<i>Orestias piacotensis</i>	Karachi	En peligro crítico
2	<i>Aplocheilichthys marinus</i>	Peladilla	En peligro
3	<i>Aplocheilichthys taeniatus</i>	Peladilla	En peligro
4	<i>Aplocheilichthys zebra</i>	Peladilla	En peligro
5	<i>Basilichthys semotilus</i>	Pejerrey	En peligro
6	<i>Bullockia maldonadoi</i>	Bagrecito	En peligro
7	<i>Cheirodon kiliani</i>	Pocha	En peligro
8	<i>Diplomystes camposensis</i>	Tollo	En peligro
9	<i>Diplomystes chilensis</i>	Tollo de agua dulce	En peligro
10	<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i>	Tollo	En peligro
11	<i>Galaxias globiceps</i>	Puye	En peligro
12	<i>Mordacia lapicida</i>	Lamprea de agua dulce	En peligro
13	<i>Orestias agassii</i>	Karachi, orestias	En peligro
14	<i>Orestias ascotanensis</i>	Karachi, orestias	En peligro
15	<i>Orestias chungarensis</i>	Karachi, orestias	En peligro
16	<i>Orestias laucaensis</i>	Karachi, orestias	En peligro
17	<i>Orestias parinacotensis</i>	Karachi, orestias	En peligro
18	<i>Percilia gillissi</i>	Carmelita	En peligro
19	<i>Percilia irwini</i>	Carmelita de Concepción	En peligro
20	<i>Trichomycterus chiltoni</i>	Bagrecito	En peligro
21	<i>Trichomycterus chungarensis</i>	Bagrecito	En peligro
22	<i>Trichomycterus rivulatus</i>	Bagrecito	En peligro
23	<i>Trichomycterus laucaensis</i>	Bagrecito	En peligro
24	<i>Basilichthys australis</i>	Pejerrey chileno	Vulnerable
25	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey chileno	Vulnerable
26	<i>Cheirodon australe</i>	Pocha del sur	Vulnerable
27	<i>Cheirodon galusdae</i>	Pocha de los lagos	Vulnerable
28	<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Vulnerable
29	<i>Galaxias maculatus</i>	Puye	Vulnerable
30	<i>Geotria australis</i>	Lamprea de bolsa	Vulnerable
31	<i>Hatcheria macraei</i>	Bagre	Vulnerable
32	<i>Nematogenys inermis</i>	Bagre grande	Vulnerable
33	<i>Odontesthes brevianalis</i>	Cauque del norte	Vulnerable
34	<i>Odontesthes gracilis</i>	Pejerrey de Juan Fernández	Vulnerable
35	<i>Odontesthes mauleanum</i>	Cauque	Vulnerable
27	<i>Percichthys melanops</i>	Perca negra	Vulnerable
28	<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagrecito	Vulnerable

Fuente: Elaboración propia.