



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

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

Septiembre 2023

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de normas de calidad y de emisión, así como planes de prevención y/o descontaminación ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (MINSEGPRES, 1994) y en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012 del MMA), se requiere de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta regulatoria, de tal forma que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental (DEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

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

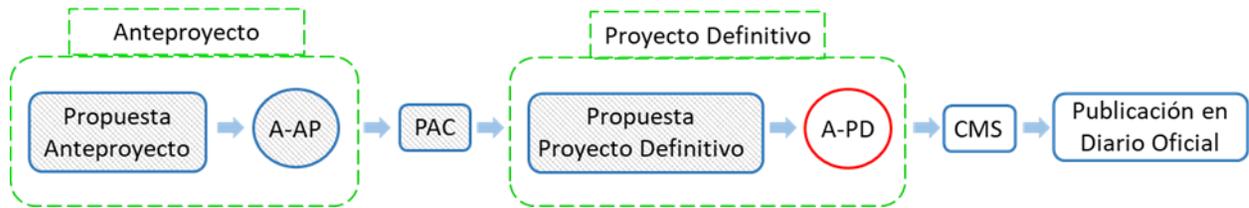
- AGIES del anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana,
- Actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación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

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

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

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

Figura 1. Etapa actual del AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

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

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

Resumen

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

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

- Se evalúan límites máximos y mínimos permisibles para 15 parámetros¹ en 10 áreas de vigilancia. Estos corresponden a *pH*, *oxígeno disuelto*, *Conductividad eléctrica*, *sulfato*, *cloruro*, *demanda biológica de oxígeno (DBO₅)*, *aluminio total*, *cobre total*, *hierro total*, *manganeso total*, *zinc total*, *nitrógeno de nitrato*, *fósforo de ortofosfato*, *compuestos orgánicos halogenados adsorbibles (AOX)* y *Sodio*.
- Se actualiza la línea base de calidad de la cuenca del río Valdivia considerando datos entre los años 1987 y 2020². Se incluyen datos de calidad *background* en el análisis, correspondientes al percentil 5 de los datos de calidad (ver Anexo 9.1).
- Se actualiza la línea base de emisiones puntuales, correspondiente a 29 fuentes emisoras, cuya información de emisión corresponde a los años 2018, 2019, 2020 y 2021. La información se obtuvo de reportes de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Se actualiza la línea de base de emisiones difusas, considerando la actualización del “Catastro de uso de suelo”³, el aumento de hectáreas para dos áreas de vigilancia y cambios en la actualización de información sobre factores de exportación.
- Se considera para el análisis de costos de estas normas, las exigencias establecidas en la RCA N°70⁴ del 30 de junio de 2008, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos, mediante la cual se calificó ambientalmente favorable el proyecto "Incorporación de un sistema de filtración por membranas al tratamiento de efluentes y otras mejoras ambientales en Planta Valdivia", cuyo titular es Celulosa Arauco y Constitución S.A (en adelante “RCA N°70/2007). El fin de dicha inclusión, es evitar la doble contabilización de costos (dado que, sus implementaciones debiesen generar reducciones en la calidad de la línea de base).

¹ Se considera al pH como un solo parámetro, independiente que se norme con límite superior e inferior.

² Se asume que la calidad actual (línea base) está conformada por el aporte de fuentes emisoras (puntuales y difusas) y las concentraciones que se encuentran de forma natural en el río.

³ Catastro de uso de suelo y vegetación de CONAF (2014), modificado por el MMA el 2019.

⁴ La RCA N° 70/2008 especifica, entre otras obligaciones, la construcción de la nueva bocatoma y la implementación de una planta de osmosis inversa, construcciones que implicarían, entre otros aspectos, una reducción de AOX de 27.18 kg/ día, que sería removido del río, en base a cálculos del considerando n°1136, tabla N°27, de la resolución sancionatoria N° 1.478/2017 de la SMA.

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

Del análisis de costos y beneficios⁵ del proyecto definitivo se desprende lo siguiente:

- Los límites permisibles de concentración establecidos para 15 parámetros y 10 áreas de vigilancia generarían 30 superaciones (22%) y 109 cumplimientos (78%) respecto a la calidad actual. Las superaciones ocurren en 7 áreas de vigilancia: RCR1, RCR2, RCR3, RCR4, SNCA, RSP y RCC2. Los parámetros superados corresponden a *pH*, *Oxígeno Disuelto*, *Sulfato*, *Cloruro*, *Aluminio total*, *Hierro total*, *Zinc total*, *Nitrógeno de Nitrato*, *Fósforo de Ortofosfato*, *AOX*, *Cond. Eléctrica* y *Sodio*.
- De las 30 superaciones 19 de ellas pueden ser revertidas a través de la implementación de medidas de abatimiento en los agentes emisores (puntuales), por consiguiente, se logra que, 128 normas cumplan, mientras que las restantes 11 no pueden ser evaluadas⁶.
- Los costos de implementación (monitoreo y fiscalización) de la norma se estimaron en US\$ 0,07 millones anuales.
- Los costos valorizados por la eventual implementación de un PDA en la cuenca, asociados a revertir 19 superaciones de las normas, se estiman en US\$ 1,5 millones anuales.
- La implementación de los límites regulatorios y el cumplimiento de ellos generará un impacto positivo en la calidad del agua y por consiguiente en los procesos y estructuras de los ecosistemas, lo que aporta a la mantención y mejora en la provisión de servicios ecosistémicos (SS.EE.) identificados en la cuenca. El beneficio económico estimado considera metodologías de análisis económico a través de la Disposición a Pago (DAP)⁷ por la provisión de servicios ecosistémicos y mejoras en la calidad de las aguas a través de la transferencia de beneficios de valores nacionales e internacionales.
- Se ha incorporado una nueva metodología de evaluación de beneficios, la que considera la estimación de la DAP por mejoras en la calidad de las aguas, a través de tres estudios de meta- análisis, cuya metodología se describe en el capítulo 2. El valor calculado por esta nueva metodología corresponde a US\$ 8,94 millones anuales. Cabe recalcar que se opta por considerar como beneficio de las NSCA el valor de US\$ 7,31 millones anuales, dado que este valor se sustenta en la metodología utilizada en la evaluación del anteproyecto. Por consiguiente, esta nueva metodología es un aporte adicional a considerar como un posible escenario de beneficios atribuibles a las NSCA evaluadas.

⁵ Valor del dólar 873 CLP/dólar, promedio móvil 12 meses para el año 2022. Valor de la UF 35.110 CLP al 31 de diciembre de 2022.

⁶ La imposibilidad de evaluar su cumplimiento está dada por distintos motivos metodológicos (falta de información base, inexistencia de medidas de abatimiento, u otros factores.)

⁷ La disposición a pagar corresponde a la máxima cantidad de dinero que un individuo pagaría por obtener un bien o servicio (Saz Salazar & García Menéndez, 2002).

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

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

Contenido

1. ANTECEDENTES	7
1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN: INTERPRETACIÓN ECONÓMICA DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL	7
1.2 ASPECTOS DEL DISEÑO DE LA NSCA	8
1.3 ASPECTOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	9
2. METODOLOGÍA	11
2.1 LÍNEA BASE DE CONCENTRACIONES	11
2.2 LÍNEA BASE DE EMISIONES.....	12
2.2.1 Emisiones de fuentes puntuales	12
2.2.2 Emisiones de fuentes difusas	13
2.3 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES REGULATORIOS.....	14
2.3.1 Concentración modelada del río	14
2.3.2 Análisis de factibilidad	16
2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS NSCA.....	17
2.4.1 Costos de Monitoreo y Fiscalización asociados a la NSCA.....	17
2.4.2 Consideraciones normativas para el análisis de costos	19
2.4.3 Costos de abatimiento asociados a un eventual PDA.....	20
2.4.4 Marco conceptual de la valoración económica de beneficios de NSCA.....	22
2.4.5 Análisis de beneficios con enfoque de Servicios Ecosistémicos.	24
2.4.6 Valoración de beneficios asociados a la NSCA.....	25
2.4.7 Valoración de beneficios asociados a un eventual PDA	26
3. COSTOS Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS NSCA	30
3.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA (MONITOREO Y FISCALIZACIÓN).	30
3.2 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS NORMAS	31
3.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies.....	31
3.2.2 Beneficios para el medio humano, social y económico	32
3.2.3 Beneficios para el Estado	35
4. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO	37
5. COSTOS Y BENEFICIOS ASOCIADOS A UN EVENTUAL PDA	40
5.1 COSTOS DE UN EVENTUAL PDA (MEDIDAS DE ABATIMIENTO)	40
5.2 BENEFICIOS ASOCIADOS A UN EVENTUAL PDA.....	41
5.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies.....	41
5.2.2 Beneficios para la población.....	43
6. COMENTARIOS FINALES	46
7. BIBLIOGRAFÍA	47
8. FICHA DEL AGIES	51
9. ANEXOS	52
9.1 LÍMITES NORMATIVOS PROPUESTOS POR NSCA	52
9.2 CONCENTRACIONES DE “SITUACIÓN ACTUAL” (SIN NSCA) Y CONCENTRACIONES DE “SITUACIÓN CON PROYECTO” (CON NSCA)	53
9.3 SUPERFICIE DE LAS ÁREAS DE VIGILANCIA.....	56
9.4 COSTOS DE MONITOREO Y FISCALIZACIÓN	57
9.5 TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO PARA FUENTES PUNTUALES.....	58
9.6 ESPECIES EN ESTADO DE CONSERVACIÓN EN LA CUENCA	65
9.7 DAP CONSIDERADAS PARA TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS DE ESTUDIOS INTERNACIONALES.	66

1. Antecedentes

La actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo de las NSCA de la cuenca del río Valdivia presenta diferencias respecto al AGIES del anteproyecto⁸ publicado el año 2017. El proyecto definitivo tiene modificaciones que influyen en el análisis, las cuales se detallan en este capítulo.

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

Una norma secundaria de calidad ambiental (NSCA) establece valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (artículo 3°, D.S. N°38/2012, MMA). Por su parte, el AGIES deberá evaluar los costos y beneficios que implique el cumplimiento de la propuesta de norma⁹ (artículo 15, D.S. N°38/2012, MMA).

Una NSCA corresponde a un instrumento de gestión ambiental que por sí solo no obliga un cambio en el comportamiento de los agentes económicos, sólo genera una obligación legal para el Estado. Esto supone un problema desde la perspectiva del análisis económico, pues el análisis costo-beneficio se estructura bajo la premisa de evaluar los costos y beneficios del cambio en el comportamiento de los agentes a partir de cambios marginales. Sin embargo, las NSCA pueden desencadenar la generación de otros instrumentos de gestión ambiental si se superan los límites máximos establecidos¹⁰, específicamente un Plan de Descaminación Ambiental (de ahora en adelante PDA o Plan, indistintamente)¹¹, que es obligatorio en las zonas declaradas como saturadas (Artículo N°44, Ley N°19.300, de 1994). Este instrumento exige cambios en el comportamiento de los agentes emisores responsables de las superaciones de la NSCA y por tanto genera costos y beneficios.

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

⁸ Disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/agies-dic_2017.pdf

⁹ En este caso se trata del proyecto definitivo.

¹⁰ Con excepción de los parámetros Oxígeno Disuelto y pH mínimo que se consideraran superados también cuando el valor se encuentre bajo lo indicado en sus respectivos límites regulatorios.

¹¹ Un PDA tiene como finalidad recuperar los niveles señalados por la norma secundaria de calidad ambiental, respectivamente. Esto se realiza a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas (D.S. 39/2012, artículo 2). Inclusive, un Plan puede considerar otros instrumentos de estímulo a acciones de mejoramiento y reparación ambientales (Artículo N° 18 del D.S. 39/2012, MMA, 2012b).

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

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

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

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

1.2 Aspectos del diseño de la NSCA

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

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

Aspecto	Anteproyecto 2017	Proyecto Definitivo 2023
Parámetros regulados	<ul style="list-style-type: none"> • 21 parámetros físico-químicos • 10 áreas de vigilancia • En total 204 límites regulatorios 	<ul style="list-style-type: none"> • 15 parámetros físico-químicos (se consideran; <i>pH</i>, <i>Oxígeno Disuelto</i>, <i>Sulfato</i>, <i>Cloruro</i>, <i>DBO₅</i>, <i>Aluminio total</i>, <i>Cobre total</i>, <i>Hierro total</i>, <i>Manganeso total</i>, <i>Zinc total</i>, <i>Nitrógeno de Nitrato</i>, <i>Fósforo de Ortofosfato</i>, <i>AOX</i>, <i>Cond. Eléctrica</i> y <i>Sodio</i>). • 10 áreas de vigilancia, pero se suma superficie a las áreas de vigilancia río Cruces 1 (RCR-1) y río Valdivia (RV). • En total 139 límites regulatorios.
Límites de concentración permitida	<ul style="list-style-type: none"> • Los límites normativos se detallan en el capítulo N° 1.5 AGIES del anteproyecto, tabla 1-4 “Niveles de calidad ambiental establecidos en el anteproyecto de NSCA río Valdivia” 	<ul style="list-style-type: none"> • Se modifican límites regulatorios, por actualización de información y cambio de criterios en la fijación de valores para la tabla de clases de calidad: criterios ecológicos, La estadística es propia de los cuerpos de agua de la cuenca, mientras las referencias de calidad corresponden a normativa y lineamientos internacionales considerando datos al año 2019 a 2020.
Configuración de la cuenca regulada	<ul style="list-style-type: none"> • Se detalla en la Figura 1-2 y 1-4 del AGIES del anteproyecto. Superficie normada 583.908 hectáreas 	<ul style="list-style-type: none"> • Se aumenta la superficie de las áreas de vigilancia RCR-1 y RV. Esto no afecta el punto de control de las NSCA en dichas áreas de vigilancia, pero aumenta la superficie de influencia que drena sus aguas al punto de control. • Superficie normada 699.070 hectáreas.

Monitoreo y fiscalización	<ul style="list-style-type: none"> • 4 campañas de monitoreo anuales en las áreas de vigilancia, para los 21 parámetros normados. 	<ul style="list-style-type: none"> • 12 campañas de monitoreos anuales en las áreas de vigilancia, para 15 parámetros normados. • Se evalúa el costo incremental, esto quiere decir que se consideran los costos de monitoreo y fiscalización para 8 campañas de monitoreo anuales en las áreas de vigilancia.
----------------------------------	--	--

Fuente: elaboración Propia

1.3 Aspectos de la evaluación económica

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

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

Aspecto	AGIES Anteproyecto	AGIES Proyecto Definitivo 2023
Línea base de calidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Percentil 15 y 85 según parámetros para una serie de datos medidos entre 2014 y el 2015. 	<ul style="list-style-type: none"> • Percentil 20 y 85 según parámetros para una serie de datos medidos para los años 2018 a 2020.
Calidad <i>background</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Se considera una concentración base de 12 mg/l para Oxígeno Disuelto para todas las áreas de vigilancia. Los otros parámetros poseían un nivel de calidad <i>background</i> de 0. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada parámetro se considera como calidad <i>background</i> el percentil 5 (P5) de las concentraciones del periodo 1987-2020 de los datos de cabecera de cuenca para las 4 áreas de vigilancia de RCR y las 3 áreas de vigilancia del RCC. Para RSP, SNCA y RV se utilizó el P5 de cada área de vigilancia específica.
Línea base de emisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Años 2011-2013 para emisiones de fuentes puntuales que reportan al D.S. 90/2000. • Año 2011 para emisiones de PTAS urbanas. • Para la estimación de emisiones para fuentes difusas se utilizan factores de exportación propuestos por literatura (ver tabla 7-5 “Factores de exportación de nutrientes” del AGIES de anteproyecto), y se utilizan datos del Catastro de Bosque Nativo (CONAF 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> • Años 2018-2021 de emisiones de todas las fuentes puntuales que reportan al D.S. 90/2000. • Se mantiene la metodología de cálculo de fuentes difusas, solo existen cambios en estas por la ampliación de la superficie de las áreas de vigilancia RCR-1 y RV, y al ajuste de los factores de exportación de nutrientes para la cuenca.

Aspecto	AGIES Anteproyecto	AGIES Proyecto Definitivo 2023
Línea base de emisiones: Fuentes Emisoras Puntuales	<ul style="list-style-type: none"> Se consideran 27 fuentes puntuales dentro de la cuenca 	<ul style="list-style-type: none"> Se consideran 29 fuentes puntuales dentro de la cuenca.
Valorización de Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Se emplea transferencia de beneficios a través de un meta – análisis para servicios ecosistémicos identificados en la cuenca. Se emplea una transferencia de beneficios para un estudio que especifica Disposición a Pago (DAP) para mejorar en la calidad del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Se mantienen metodologías de valoración del AGIES de anteproyecto, y se actualizan sus valores reportados al año 2022 (valor del Dólar, UF, entre otros). Se actualiza el número de población y número de hogares según proyecciones del Censo de población 2017, en base a estudio que caracteriza la población de la cuenca (MMA, 2021a). Se incorpora transferencia de beneficios por disposición a pagar por mejoras en la calidad de las aguas de 3 meta- análisis que consideran 65 estudios internacionales. De estos 65 estudios se utilizaron 27 estudios, los cuales poseen características socio ambientales similares a las de la cuenca.
Costos	<ul style="list-style-type: none"> Curvas de costo de abatimiento utilizando como fuente de referencia Fundación Chile, (2010) y AMPHOS 21 (2014) . Minimización de costos de abatimiento en base a cumplimiento de calidad exigida por la norma, estimando reducción en fuentes emisoras a través de un factor emisión-concentración. Costos de monitoreo para 4 campañas anuales, y costos de fiscalización de las NSCA por concepto de Horas Profesionales empleadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se incorpora nuevas curvas de costo de abatimiento y eficiencia de remoción. En base a los estudios de (AMPHOS 21, (2014); ECOTEC, (2017) y; Fundación Chile, (2010). Se mantiene la metodología de minimización de costos de abatimiento en base a cumplimiento de calidad exigida por las normas, estimando reducción en fuentes emisoras a través de un factor emisión-concentración. Costos de monitoreos para 8 campañas adicionales a las del anteproyecto. Se consideran los costos de fiscalización por concepto de Horas Profesionales empleadas. Se incorporan obligaciones contenidas en otros instrumentos de gestión ambiental, incluyendo la RCA N°70/2008, como parte del análisis de costos de estas NSCA.

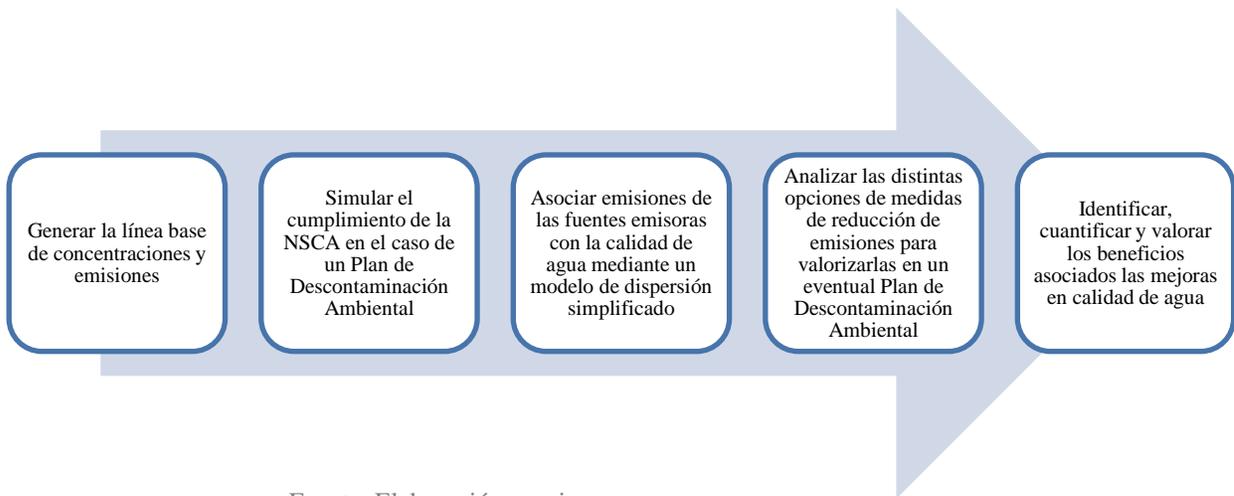
Fuente: elaboración propia

2. Metodología

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

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

Figura 2. Diagrama general de la metodología de AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

2.1 Línea base de concentraciones

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

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

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

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

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

Se considera un cumplimiento cuando el valor de calidad de la “situación actual” es igual o menor al valor de la “situación con proyecto” es decir menor al límite normativo, por el contrario, cuando el valor de la “situación actual” es mayor que el límite normativo, se considerará como una superación¹⁴.

2.2 Línea base de emisiones

2.2.1 Emisiones de fuentes puntuales

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

Donde,

- $W_{FE_{i,j}}$: Emisión del parámetro i en la fuente emisora j (ton/año).
 $C_{Desc_{i,j}}$: Concentración promedio anual de la descarga del parámetro i en la fuente j (mg/L)
 Q_j : Caudal de descarga de la fuente j (m³/día).
 NA_j : Nivel de actividad de la fuente j según rubro al que pertenece (días/año).
 FCU : Factor de conversión de unidades (10⁶ para mg/L).

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

2.2.2 Emisiones de fuentes difusas

Las emisiones de parámetros provenientes de fuentes difusas relacionadas al uso de suelo son estimadas mediante factores de exportación, para Nitrógeno de Nitrato y Fosforo de Ortofosfato¹⁵ y usos de suelo, en el caso específico de estas NSCA se consideraron las emisiones difusas relacionadas a cada una de las 10 áreas de vigilancia de la cuenca.

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

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

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

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

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

¹⁵ *Fósforo de ortofosfato (P-PO₄) y nitrógeno de nitrato (N-NO₃).*

$$W_{i,k} = \sum_u FE_{i,u} \cdot A_{u,k} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

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

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

2.3 Evaluación de cumplimiento de los límites regulatorios

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

2.3.1 Concentración modelada del río

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

$$C_{LBi,k} = C_{Naturali,k} + C_{FEi,k} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde,

- $C_{LBi,k}$: Concentración observada en el río del parámetro i en el área de vigilancia k (mg/L).
 $C_{Naturali,k}$: Concentración natural del parámetro i en el área de vigilancia k (mg/L).
 $C_{FEi,k}$: Concentración del parámetro i aportada por todas las fuentes emisoras que aportan al área de vigilancia k (mg/L).

Si la norma establece niveles de calidad ($C_{NSCAi,k}$) menores de la línea base, es decir, el delta ($C_{NSCAi,k} - C_{LBi,k}$) tiene magnitud negativa¹⁶, se requerirá reducir las emisiones de las fuentes contaminantes. Para determinar esta reducción y que se cumpla con la norma, se simula la concentración observada en la cuenca a partir de las emisiones del parámetro (W). Para modelar la concentración aportada por las fuentes emisoras, y a su vez el cumplimiento normativo por medio de la reducción de emisiones, se emplea un modelo de dispersión, para el cual se requiere la estimación del Factor de Emisión Concentración (FEC), que se expresa mediante la Ecuación 4.

¹⁶ Esta relación es inversa para *Oxígeno disuelto* y *pH mínimo*, pudiendo ser expresada como ($C_{LBi,k} - C_{NSCAi,k}$)

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

Donde,

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

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

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

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

Donde,

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

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

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

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

$$\alpha_{i,k} = \frac{(C_{LBi,k} - C_{naturali,k})}{\sum_{i,j} W_{FEi,j,k} \cdot Coef_{e_{i,i}} / d_{j,k}} \quad \text{Ecuación 6}$$

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

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

Donde,

- $C_{modelada_{i,k}}$: Concentración modelada en el río del parámetro i para las áreas de vigilancia k (mg/L).
- $C_{natural_{i,k}}$: Concentración natural en el río del parámetro i para las áreas de vigilancia k (mg/L).
- $\varepsilon_{eq_{i,j}}$: Eficiencia equivalente de reducción de emisiones del parámetro i para la fuente j (%).

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

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

Donde,

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

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

2.3.2 Análisis de factibilidad

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

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

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

Donde,

¹⁷ http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

¹⁸ http://metadatos.mma.gob.cl/servicios/metadata/recursos/downloadRecurso/324149/IF_costos_abat_RILes_AMP_HOS.pdf

¹⁹ http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%20-%20Inventario%20MMA%20-%20INF_FINAL%20EMI%20A.pdf&access=public

- $\Delta_{concentracion_{i,k}}$: Delta de concentración máxima que es factible alcanzar del parámetro i en el área de vigilancia k (mg/L).
- $E_{máxima_{i,m}}$: Eficiencia máxima de abatimiento (%) para el parámetro i y, de todas las tecnologías m que abaten dicho parámetro.

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

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

Donde,

- $R_{exigida_{i,k}}$: Reducción exigida por parámetro i para el área de vigilancia k (mg/L).
- $I_{calidad\ actual_{i,k}}$: Indicador de calidad actual para los pares de parámetro i - área de vigilancia k (mg/L).
- $NSCA_{i,k}$: Parámetro i -área de vigilancia k normados (mg/L).

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

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

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

2.4 Métodos de análisis de costos y beneficios de las NSCA

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

2.4.1 Costos de Monitoreo y Fiscalización asociados a la NSCA

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

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

Donde,

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

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

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

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

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

2.4.2 Consideraciones normativas para el análisis de costos

Se incorporó un análisis que evaluó reducciones en la calidad actual del agua por efecto de compromisos ambientales de otros instrumentos de gestión ambiental, los cuales a la fecha no han sido implementados, debiendo hacerlo²⁰.

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

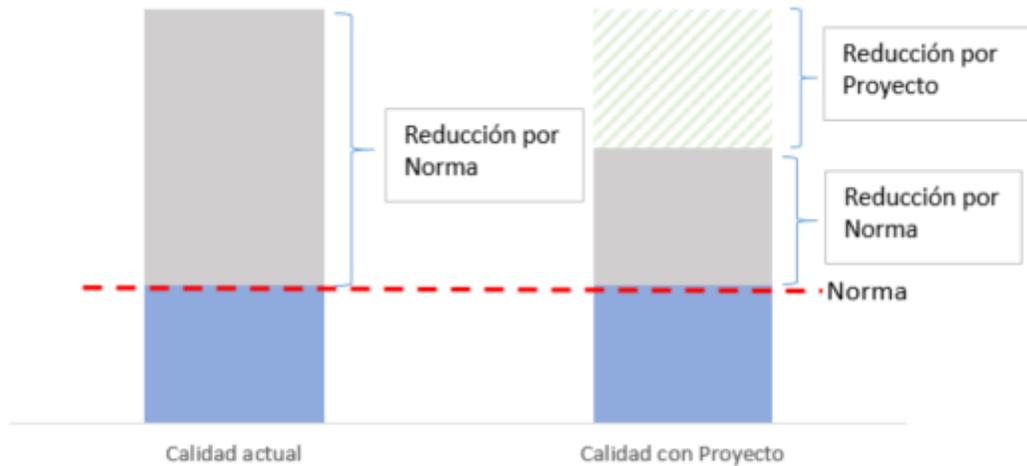
²⁰ Esto significa, proyectos que poseen una RCA favorable que a la fecha no han sido construidos o implementados. Específicamente se incorporan las exigencias correspondientes a la RCA N° 70/2008.

²¹ Esto se refiere a que los costos fueron evaluados considerando que todas las obligaciones normativas de las fuentes presentes en la cuenca son cumplidas, incluyendo las medidas contenidas en la RCA N°70/2008 del titular Celulosa Arauco y Constitución S.A.

Se hace presente que mediante Resolución Exenta N°1.487, de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, se sancionó a Celulosa Arauco y Constitución S.A., por incumplimientos relativos a la no construcción de una planta de osmosis inversa y el no haber construido una nueva bocatoma para la captación de las aguas del proceso “aguas abajo” del punto de descarga del efluente, ambas medidas dispuestas por la RCA N°70/2008. Si bien la sanción fue reclamada por el titular ante el Tercer Tribunal Ambiental (Rol R-64-2018), las alegaciones respecto a dichas sanciones fueron todas rechazadas por el Tribunal mediante sentencia del 10 de febrero de 2020.

Posteriormente las partes recurrieron de casación en la forma y en el fondo ante la Corte Suprema, que fueron rechazados. Por lo anterior, las obligaciones del titular respecto a la referida RCA se encuentran plenamente vigentes. Lo anterior, explica el motivo por el cual los costos por cumplimiento de la RCA N°70/2008 no son incorporados como costos asociados a estas normas, hacerlo de otro modo generaría una doble contabilización de costos.

Figura 3: Escenarios de evaluación implementados en Proyecto Definitivo.



Fuente: Elaboración propia

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

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

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

2.4.3 Costos de abatimiento asociados a un eventual PDA

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

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

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

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

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

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

s. a.:

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

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

Ecuación 12

Donde,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Costo}_{j,m} = a_m \cdot Q_j^{b_m} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde,

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

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

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

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

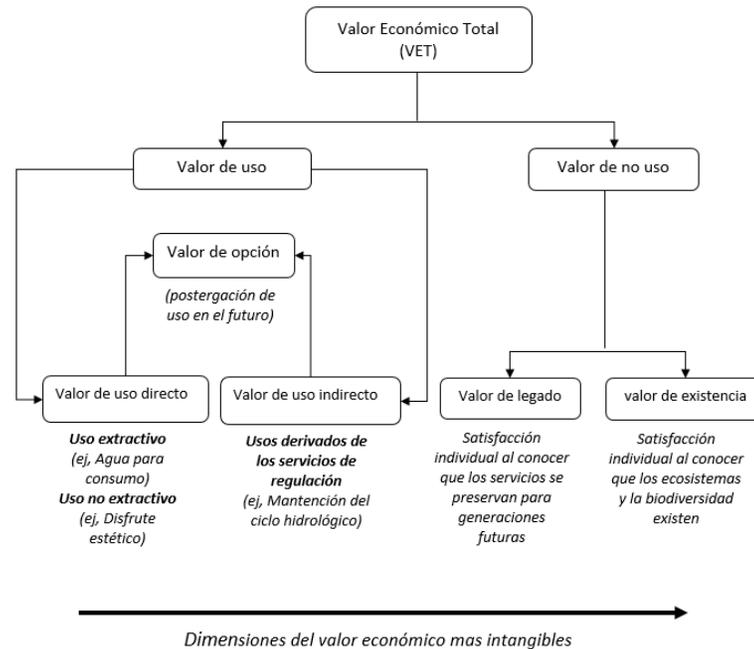
Como se mencionó en el capítulo 1.1, “*La implementación de una NSCA permite la protección de los ecosistemas limitando las concentraciones máximas o mínimas permisibles para los parámetros normados*”, esto permite establecer una protección implícita de los ecosistemas y al flujo de bienes y servicios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

La economía ambiental ha desarrollado distintas metodologías para estimar el valor monetario asociado a estos beneficios, utilizando distintas técnicas de valoración ambiental que permiten la realización de un análisis de costo-beneficio. Dichas técnicas son, debido a su enfoque antropocéntricas, basándose en cómo el ser humano valora el medio ambiente ya sea a través de preferencias reveladas o declaradas²² (Wegner & Pascual, 2011). Por ello, el beneficio monetizado vinculado a la protección de especies y ecosistemas corresponde a una aproximación del valor que la sociedad otorga a determinados componentes y atributos del ecosistema.

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

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

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



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

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

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

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

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

2.4.5 Análisis de beneficios con enfoque de Servicios Ecosistémicos.

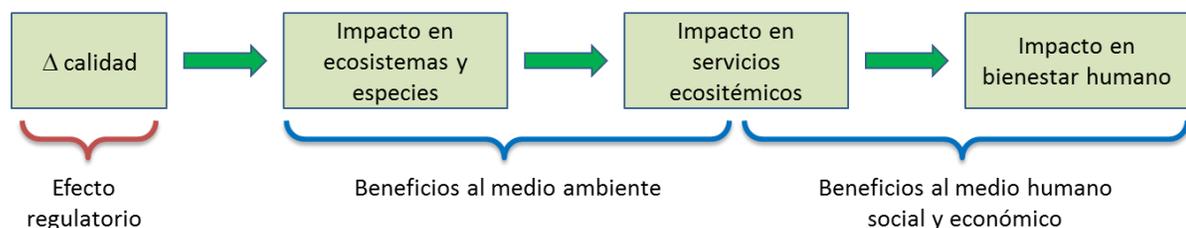
Para vincular en un análisis económico los efectos de los límites regulatorios impuestos por las NSCA, los efectos en los ecosistemas y los impactos tanto sociales como económicos, se utiliza el enfoque de servicios ecosistémicos (SS.EE.). Los SS.EE. se definen como “*la contribución directa e indirecta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

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

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

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

Figura 5: Beneficios de los servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración Propia

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

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

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

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

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

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

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

2.4.6 Valoración de beneficios asociados a la NSCA

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

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

- Inflación, dado que es necesario actualizar los valores monetarios a un año común. Para el caso de Chile se utiliza la herramienta en línea del INE²³ y para el caso de Estados Unidos se utiliza la CPI Inflation Calculator del U.S. Bureau of Labor Statistics²⁴. Como fecha de inicio se utiliza el mes de diciembre del año del estudio.
- Paridad de poder de compra (PPC), para casos de estudios de otros países, ya que en cada país la capacidad de compra es distinta y está determinado por distintos tipos de cambio. Por lo tanto, para poder comparar el poder adquisitivo de una moneda en dos países distintos se requiere ajustar el valor mediante el tipo de cambio PPC. El PPC se extrae de las bases de datos del Banco Mundial²⁵.
- Diferencias en la utilidad marginal del ingreso (UMI), utilizada para comparar la disposición a pagar (DAP) de países con diferentes niveles de desarrollo. La DAP por una mejora en la calidad ambiental difiere entre países y suele venir determinada por las diferencias en los niveles de ingresos y los distintos contextos ambientales. En la mayoría de los casos, los países pobres tienen una apreciación distinta de las circunstancias ambientales, lo que conduce a una DAP menor que un país rico (Figueroa, 2010).

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

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

Donde,

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

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

2.4.7 Valoración de beneficios asociados a un eventual PDA

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

²³ disponible en <http://encina.ine.cl/CALCULADORA/>

²⁴ disponible en https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm

²⁵ World Bank. DataBank. World Development Indicators. PA.NUS.PPPC.RF. Disponible en: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

$$\text{Beneficio} = DAP_{\text{Marginal}} \cdot N^{\circ} \text{ Hogares} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde,

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

Nº Hogares : Número de hogares en las comunas del área de influencia de la NSCA de la cuenca del río Valdivia.

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

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

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

De los 65 estudios internacionales, se seleccionaron 27²⁶ de ellos, los cuales consideran valores de DAP, para ecosistemas similares a los de la cuenca del río Valdivia.

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

$$\text{Beneficio} = \text{DAP}_{\text{calidad}} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ Hogares} \cdot \text{Factor personas/hogar} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde,

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

Nº Hogares : Número de hogares de la cuenca del río Valdivia

Factor personas/hogar : Número de personas por hogar a nivel nacional (3,1)

Como valor del DAP se utilizó un promedio de los estudios analizados correspondiente a US\$ 82,23 hogar por año y considera 27²⁷ de los 65 estudios evaluados. Los valores de DAP unitario para estos 27 estudios se presentan en el Anexo 9.7

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

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

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

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

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

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

²⁹ Promedio móvil 2022.

3. Costos y beneficios de la implementación de las NSCA

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

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

Tabla 6: Costos totales atribuibles a las NSCA

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Resultados costos de fiscalización por Servicio Público

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

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Tabla 9: Resultados costos de monitoreo

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

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

3.2 Beneficios de la implementación de las normas

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

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

3.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies

i. Protección del medio ambiente y especies

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

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

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

3.2.2 Beneficios para el medio humano, social y económico

i. Mantenimiento de los servicios ecosistémicos

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

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

De forma conjunta, la alta heterogeneidad de ecosistemas que conforman la cuenca ha propiciado el desarrollo de variadas actividades vinculadas a la recreación y el ecoturismo, entre las cuales destacan el rafting, canotaje y remo desarrollado en los ríos San Pedro y Calle-Calle, la pesca deportiva³⁰ en el río Cruces y San Pedro y el avistamiento de avifauna en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, que en conjunto proveen los servicios ecosistémicos de recreación y turismo (uso experiencial de plantas, animales y paisajes, uso físico de paisajes, entretenimiento).

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

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

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

³⁰ De especies tanto nativas como exóticas

Tabla 11: Matriz AV-receptor en la cuenca

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Beneficios para el Estado

i. Mejora de indicadores de imagen país

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

En este sentido, se añade una nueva NSCA para la calidad de las aguas del país que se suma a las 6 existentes. En términos de superficie de cuenca involucrada se pasa de 54.951 a 61.941 km² relacionados a NSCA, lo que representa un 8,2% de la superficie continental de Chile.

Además, el país suma la protección de una de las 177 áreas importantes para las aves (IBA, por sus siglas en inglés) existentes en Chile reconocidas por *Birdlife International*³¹ que suman una superficie total de 46.855 km² en el país.

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

4. Análisis de Cumplimiento

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

Tabla 14: Análisis de cumplimiento por parámetro.

Parámetros	Cumplimiento	Superaciones	Total
<i>pH</i>	19	1	20
<i>Oxígeno Disuelto</i>	5	5	10
<i>Sulfato</i>	5	1	6
<i>Cloruro</i>	3	3	6
<i>DBO₅</i>	10	0	10
<i>Aluminio total</i>	8	2	10
<i>Cobre total</i>	10	0	10
<i>Hierro total</i>	6	4	10
<i>Manganeso total</i>	10	0	10
<i>Zinc total</i>	9	1	10
<i>Nitrógeno de Nitrato</i>	8	2	10
<i>Fósforo de Ortofosfato</i>	8	2	10
<i>AOX</i>	1	4	5
<i>Cond. eléctrica</i>	4	2	6
<i>Sodio</i>	3	3	6
TOTAL	109	30	139

Fuente: Elaboración propia

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

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



Fuente: elaboración propia

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Tabla 16 Cumplimiento normativo, con implementación de abatimientos.

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

Fuente: elaboración Propia

5. Costos y beneficios asociados a un eventual PDA

5.1 Costos de un eventual PDA (medidas de abatimiento)

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

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

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

Fuente: Elaboración Propia.

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

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

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

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Beneficios asociados a un eventual PDA

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

- i. Beneficios sobre ecosistemas y especies
 - Reducción de la carga contaminante
 - Protección de medio ambiente y especies
 - Reducción del riesgo para la protección de especies
- ii. Beneficios para la población
 - Identificación y valoración de potenciales mejoras en la calidad del agua

5.2.1 Beneficios sobre ecosistemas y especies

i. Reducción de la carga contaminante

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

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

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

Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

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

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

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

Fuente: elaboración propia

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

ii. Protección del medio ambiente y especies

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

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

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

iii. Reducción del riesgo para la protección de especies

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

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

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

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

5.2.2 Beneficios para la población

i. Identificación de potenciales mejoras en la calidad del agua

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

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

Tabla 21 Matriz parámetro-receptor en la cuenca

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

iii. Valoración de potenciales mejoras en la calidad del agua

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

Tabla 22: Resultados de beneficios asociados a un PDA.

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

6. Comentarios Finales

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

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

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

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

Respecto de los costos, estos se separan en:

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

El análisis de beneficios genera los siguientes resultados:

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

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

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

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

7. Bibliografía

- AMPHOS 21, 2014. Generación de información base para la evaluación de normas de calidad ambiental y emisión: revisión y actualización sobre tecnologías y costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. <http://metadatos.mma.gob.cl/servicios/metadatos/recursos/d>, Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente. Elaborado por AMPHOS21 para el Ministerio del Medio Ambiente de Chile., Santiago.
- Arratia, G., 1987. Description of the primitive family Diplomystidae (Siluriformes, Teleostei, Pisces): morphology, taxonomy and phylogenetic implications. *onner Zool. Monogr.*
- Barnhouse, L., Suter, G., 1986. User's manual for ecological risk assessment. Environmental Sciences Division Publication No. 2679. Prepared for Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency.
- Cárdenas, P., 2007. Cambios en la exportación y retención de nitrógeno y fósforo causado por la conversión de bosque nativo a plantaciones forestales en microcuencas de la cordillera de la costa en el sur de Chile. *Esc. Ciencias, Fac. Ciencias. Universidad Austral de Chile, Valdivia.*
- CENMA, 2019. Revisión y edición técnica de capítulos AGIES de Instrumentos de Gestión Ambiental de Calidad del Agua. Anexo 1: Valores Recomendados para la estimación de Aporte de las Fuentes Difusas., 2019.
- CENMA, 2016. Generación y complementación de información base para la elaboración de los AGIES relacionados con recursos hídricos. Aplicación práctica en la cuenca del río Elqui y en la cuenca del río Mataquito.
- CONAF, 2014. Catastros de uso de suelo y vegetación [WWW Document]. URL <http://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion>
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., R.S., D.G., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complex.* 7, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Díaz, S., Demissew, S., Joly, C., Lonsdale, W.M., Larigauderie, A., 2015. A Rosetta Stone for Nature's Benefits to People. *PLoS Biol.* 13, 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002040>
- ECOTEC, 2017. Inventario de tecnologías de tratamiento de residuos industriales líquidos y actualización de costos de tecnologías de tratamiento. [http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%](http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1b36614-2640-4954-8413-2e0098f69e28&fname=ECOTEC%20Informe%20Final), Informe Final. Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.
- Figueroa, B., 2010. Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Ministerio del Medio Ambiente de Chile, PNUD, GEF.
- Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.* 68, 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Fundación Chile, 2010. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en sistemas hídricos: estimación de costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf. Elabor. para la Com. Nac. del Medio Ambient.
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C., 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment

- schemes. *Ecol. Econ.* 69, 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- Gómez-Baggethun, E., Ruiz-Pérez, M., 2011. Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Prog. Phys. Geogr.* 35, 613–628. <https://doi.org/10.1177/0309133311421708>
- Habit, E., Dyer, B., Vila, I., 2006. Estado de Conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70, 100–113.
- Habit, E., Victoriano, P., 2012. Composición, origen y valor de conservación de la ictiofauna del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* 76, 10–23. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100002>
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2012. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), Report to the European Environment Agency. <https://doi.org/10.1093/nq/s3-XII.307.392-a>
- Hicks, R., 2002. A Comparison of Stated and Revealed Preference Methods for Fisheries Management. Department of Coastal and Ocean Policy. Virginia Institute of Marine Science The College of William and Mary.
- Huenchuleo, C.A., Barkmann, J., Marggraf, R., 2016. Attitudinal determinants of willingness - to-pay for river ecosystem improvements in central Chile: A choice experiment. *Cienc. e Investig. Agrar.* 43, 125–137. <https://doi.org/10.4067/s0718-16202016000100011>
- INE, 2017. Comunas: Población estimada al 30 de junio por sexo y edad simple 2002-2020. Base de datos.
- Johnston, R.J., Besedin, E.Y., Iovanna, R., Miller, C.J., Wardwell, R.F., Ranson, M.H., 2005. Systematic Variation in Willingness to Pay for Aquatic Resource Improvements and Implications for Benefit Transfer: A Meta - Analysis. *Can. J. Agric. Econ. / Rev. Can. D' Agroéconomie* 53, 221–248. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2005.04018.x>
- Johnston, R.J., Besedin, E.Y., Stapler, R., 2017. Enhanced Geospatial Validity for Meta-analysis and Environmental Benefit Transfer: An Application to Water Quality Improvements. *Environ. Resour. Econ.* 68, 343–375. <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0021-7>
- Kluesener, J.W., Lee, G.F., 1974. Nutrient loading from a separate storm sewer in Madison, Wisconsin. *J. Water Pollut. Control Fed.* 46, 920–936.
- León-Muñoz, J., Echeverría, C., Marcé, R., Riss, W., Sherman, B., Iriarte, J.L., 2013. The combined impact of land use change and aquaculture on sediment and water quality in oligotrophic Lake Rupanco (North Patagonia, Chile, 40.8°S). *J. Environ. Manage.* 128, 283–291. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.008>
- Lin, J.P., 2004. Review of Published Export Coefficient and Event Mean Concentration (EMC) Data.
- Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., Garcia-Lorene., M., Montes, C., 2014. Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. *Ecol. Indic.* 37, 220–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.003>
- Martín-López, B., González, J., Vilarly, S., 2012. Ciencias de la Guía Docente Guía Docente. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2011.11.018>
- Martínez Alier, J., 2002. El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración, Quinta Edi. ed. Espiritrompa.
- MINSEGPRES, 2000. D.S. 90/2000. Norma De Emision Para La Regulacion De Contaminantes Asociados a Las Descargas De Residuos Liquidos a Aguas Marinas Y Continentales Superficiales. Ministerio Secretaria General de la Presidencia.
- MINSEGPRES, 1994. Ley 19300. APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Chile.
- MMA, 2021a. Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de

- Normas.pdf.
- MMA, 2022b. Informe de antecedentes para la elaboración del proyecto definitivo de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia.
- MMA, 2020b. Decreto 15. ESTABLECE REGLAMENTO DE LA LEY N° 21.202, QUE MODIFICA DIVERSOS CUERPOS LEGALES CON EL OBJETIVO DE PROTEGER LOS HUMEDALES URBANOS. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile.
- MMA, 2019. Catastro de uso de suelo y vegetación actualizado.
- MMA, 2017. Guía metodológica para la transferencia de beneficios.
- MMA, 2014. PROPUESTA SOBRE MARCO CONCEPTUAL, DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.
- MMA, 2012a. Decreto 38. APRUEBA REGLAMENTO PARA LA DICTACIÓN DE NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE EMISIÓN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- MMA, 2012b. Decreto 39. APRUEBA REGLAMENTO PARA LA DICTACIÓN DE PLANES DE PREVENCIÓN Y DE DESCONTAMINACIÓN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile.
- OCDE/ELAC, 2016. Environmental Performance Reviews: Chile 2016. Paris.
- Oyarzún, C.E., Campos, H., Huber, A., 1997. Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso del suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 70, 507–519.
- Parks, S., Gowdy, J., 2013. What have economists learned about valuing nature? A review essay. *Ecosyst. Serv.* 3. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.002>
- Praus, S., Palma, M., Domínguez, R., 2011. La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile. Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile.
- Reckhow, K, Beaulac, M., Simpson, J., 1980. Modeling Phosphorus Loading and Lake Response Under Uncertainty: A Manual and Compilation of Export Coefficients. Washington, DC.
- Rioseco Vallejos, G., Mardones Poblete, C., Jiménez del Río, J., 2015. Efecto directo e indirecto de la dispersión de las emisiones industriales sobre la regulación ambiental. *Rev. análisis económico* 30, 79–96. <https://doi.org/10.4067/s0718-88702015000200004>
- Saz Salazar, S. del, García Menéndez, L., 2002. Disposición a pagar versus disposición a ser compensado por mejoras medioambientales:: evidencia empírica. IX encuentro Econ. pública, hacienda y medio Ambient. 7 y 8 febrero 2002, 2002.
- Schröter, M., van der Zanden, E.H., van Oudenhoven, A.P.E., Remme, R.P., Serna-Chavez, H.M., de Groot, R.S., Opdam, P., 2014. Ecosystem Services as a Contested Concept: A Synthesis of Critique and Counter-Arguments. *Conserv. Lett.* 7, 514–523. <https://doi.org/10.1111/conl.12091>
- Schuyt, K., Brander, L., 2004. The Economic Values of the World's Wetlands, Environmental Studies. Amsterdam.
- Soto, D., Arismendi, I., González, Sanzana, J., Jara, F., Jara, C., Guzmán, E., Lara, A., 2006. Southern Chile, Trout and salmon country: invasión patterns and threats for native species. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 79, 97–117.
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems & Biodiversity: Synthesis Report, De Economist. <https://doi.org/10.1007/BF02331707>
- UCT, 2012. Identificación, Cuantificación y Recopilación de Valores Económicos para los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca del Río Valdivia.
- UCT, 2011. Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las Normas Secundarias de

- Calidad Ambiental para la Protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región .
UCT, 2010. Evaluación de riesgo ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Andwandter como apoyo a la elaboración del anteproyecto de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Región de Los Ríos.
- Van Houtven, G., Powers, J., Pattanayak, S.K., 2007. Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis? *Resour. Energy Econ.* 29, 206–228. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.01.002>
- Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., Ramírez, R., 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile.
- Wegner, G., Pascual, U., 2011. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. *Glob. Environ. Chang.* 21, 492–504. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.008>

8. Ficha del AGIES

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

9. Anexos

9.1 Límites Normativos propuestos por NSCA

Tabla 24: valores establecidos por la NSCA

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

Fuente: Elaboración Propia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9.3 Superficie de las áreas de vigilancia

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

9.4 Costos de monitoreo y fiscalización

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

Tabla 29 Valores considerados para una campaña de monitoreo.

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

Fuente: Elaboración propia en base a <http://cl.toponavi.com/113872-31937>; 2) <http://www.consumovehicular.cl/?q=comparador#/estadísticas> CNE, mayo 2023; <http://www.intervialchile.cl/peajes-y-tarifas/>; y sitio web de transparencia institucional

*valores referenciales a un profesional grado 11 del MMA.

Los costos unitarios de los análisis de laboratorio según parámetro utilizados en la evaluación se detallan en la Tabla 30. Estos valores consideran un promedio de cotizaciones obtenidas de Hidrolab, SGS y EULA³².

Tabla 30 Costos unitarios de monitoreo según parámetro

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

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones señaladas en texto

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

³² Cotizaciones realizadas al año 2020.

Tabla 31: Valores considerados para costos fiscalización.

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

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

9.5 Tecnologías de abatimiento para fuentes puntuales

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

Tabla 32: Eficiencia de remoción por tecnología

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

Tecnología de abatimiento	Parámetro	Eficiencia
FisAdsDAA	<i>DBO₅</i>	90%
FisAl	<i>Fósforo de Fosfato</i>	90%
FisArr	<i>AOX</i>	93%
FisEled	<i>Sulfato</i>	90%
FisElex	<i>AOX</i>	95%
FisFlo	<i>DBO₅</i>	95%
FisFlo	<i>Fierro total</i>	85%
FisFlo	<i>Manganeso total</i>	85%
FisInt	<i>Sulfato</i>	95%
FisInt	<i>Cloruro</i>	98%
FisInt	<i>Aluminio total</i>	97%
FisInt	<i>Manganeso total</i>	98%
FisNan	<i>Fierro total</i>	95%
FisOsm	<i>DBO₅</i>	100%
FisOxiAg	<i>AOX</i>	95%
FisOxiAire	<i>AOX</i>	95%
FisOxiAO	<i>DBO₅</i>	95%
FisOxiAO	<i>AOX</i>	95%
FisPre	<i>DBO₅</i>	83%
FisPre	<i>Cobre total</i>	73%
FisPre	<i>Fierro total</i>	51%
FisPre	<i>Manganeso total</i>	90%
FisPre	<i>Zinc total</i>	70%
FisPre	<i>Fósforo de Fosfato</i>	84%
FisPreR	<i>DBO₅</i>	95%
FisPreR	<i>Fierro total</i>	85%
FisPreR	<i>Manganeso total</i>	85%
FisPreTR	<i>DBO₅</i>	95%
FisPreTR	<i>Fierro total</i>	85%
FisPreTR	<i>Manganeso total</i>	85%
FisSepN	<i>DBO₅</i>	95%
FisSepN	<i>Fierro total</i>	85%
FisSepN	<i>Manganeso total</i>	85%

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

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

*OyM: Operación y Mantenimiento

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

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

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

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

Fuente: Elaboración Propia

9.6 Especies en estado de conservación en la cuenca.

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

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

Fuente: Elaboración Propia

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

9.7 DAP consideradas para transferencia de beneficios de estudios internacionales.

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

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

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