

De: Nicolas Trivelli Spörke NTrivelli@mma.gob.cl

Enviado el: lunes, 13 de enero de 2025 14:05

Para: Daniela Ilona Manushevich Vizcarra <DManushevich@mma.gob.cl>; Félix Andrés Contreras Contreras <FContrerasC@mma.gob.cl>; Sebastian Aleth Jofre Rojas <SJofre@mma.gob.cl>; Pablo Andres Etcharren Ulloa <PEtcharren.9@mma.gob.cl>; Boris Baltazar Pacheco Silva <BPacheco@mma.gob.cl>; Cesar Andres Hodgges Chandia <CHodgges@mma.gob.cl>; Valentina Rayén Escanilla Jaramillo <VEscanilla@mma.gob.cl>; Gabriel Alonso Bustos Bustillos <GBustos@mma.gob.cl>; Javier Federico Forray Fernandez <JForray@mma.gob.cl>; Victoria Belemmi Baeza <VBelemmi@mma.gob.cl>

CC: Victor Andres Caro Castro <VCaro@mma.gob.cl>; Isabel Rojas Astorga <IRojas@mma.gob.cl>; Daniela Ivannova Madrazo Ortega <DMadrazo@mma.gob.cl>; Hector Adolfo Maximiliano Osorio Retamal <HOsorio@mma.gob.cl>; Diego Alejandro Fischer Montt <DFischer@mma.gob.cl>

Asunto: AGIES Proyecto Definitivo PDA Villarrica.

Estimadas Daniela, Victoria y Valentina,
Estimados Félix, Sebastián, Pablo, Boris, César, Javier y Gabriel,

Adjunto a este correo se encuentra el AGIES del Proyecto Definitivo del PDA de Villarrica para su difusión.

Muchas gracias a todos por el apoyo constante y la información proporcionada para la evaluación.

Quedo atento a cualquier comentario o sugerencia de mejora.

Abrazos.



Nicolás Trivelli Spörke
Jefe de la Sección de Evaluación Ambiental de Políticas Públicas y Valoración de la Biodiversidad
Departamento de Economía Ambiental
División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

+56 2 2573 5545

Resumen

El D.S. N° 43/2018 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2018) declaró a la cuenca del Lago Villarrica saturada para los parámetros *Clorofila "a"*, *Transparencia* y *Fósforo Disuelto*. Para *Clorofila "a"*, dada esta saturación, se diseña un Plan de Descontaminación Ambiental (PDA) el cual contiene medidas para reducir la emisión de contaminantes que generan esta saturación. El Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) evaluará el efecto que tendrán las medidas del PDA en la reducción de la emisión, los efectos sobre la calidad del agua en el lago, los costos que implica la implementación de estas medidas y los beneficios atribuibles a mejorar la calidad del agua del lago, considerando la situación actual y la situación con el PDA implementado.

A partir de la evaluación del AGIES, se obtienen los siguientes resultados, para un horizonte de evaluación de 15 años (2025-2034)¹:

- Las medidas de reducción de emisiones propuestas en el Proyecto Definitivo permitirían cumplir la NSCA para *Fósforo Total* (Figura A), *Fósforo Disuelto*, *Clorofila "a"* (Figura B) y *Transparencia* (Figura C), en todas las áreas de vigilancia de la cuenca.
- Las medidas con mayores reducciones corresponden a i) Norma de Emisión para el sector pisciculturas con un 78% de las reducciones, ii) la reforestación en franjas riparianas con un 8% del total de reducciones, iii) la construcción de la Planta de Tratamiento de Curarrehue con un 6% del total de reducciones, iv) la conexión de viviendas al alcantarillado en la zona concesionada con un 5% del total de reducción de las emisiones y v) las soluciones sanitarias en zonas rurales con un 3% de la reducción de las emisiones.
- Los beneficios valorizados se estiman en US\$ 3.260 millones, en valor presente² (Tabla B). Estos beneficios son atribuibles a la disposición a pagar (DAP) a nivel nacional para valores de uso y de no uso del Lago, dado el cumplimiento de los límites normativos establecidos en la NSCA del Lago Villarrica (desde el año 2028 al año 2040).
- Los costos asociados a la implementación del plan ascienden a US\$ 56,13 millones de dólares en valor presente (ver Tabla B) y se descomponen en un 34% de costos para el Estado y un 66% de costos para agentes privados (Tabla A, Tabla B).
- La razón beneficio costo es de 58 veces los beneficios por sobre los costos. Por su parte, el beneficio neto del plan se estima en US\$ 3.204 millones, lo que sugiere una alta rentabilidad social asociada a la implementación del plan (Tabla B).

El análisis concluye que el PDA del Lago Villarrica, junto con propiciar el cumplimiento de las normas vigentes del Estado de Chile, es consistente con los compromisos del Ministerio de Medio Ambiente al crear instrumentos que disminuyan la contaminación y que promuevan la protección de la biodiversidad y los ecosistemas

¹ El periodo de evaluación considera 15 años desde la entrada en vigencia del plan, la que se asume a partir de 2025.

² Valor del dólar corresponde a 943 pesos y valor de la UF corresponde a 38.384 pesos, según promedio mensual 2024

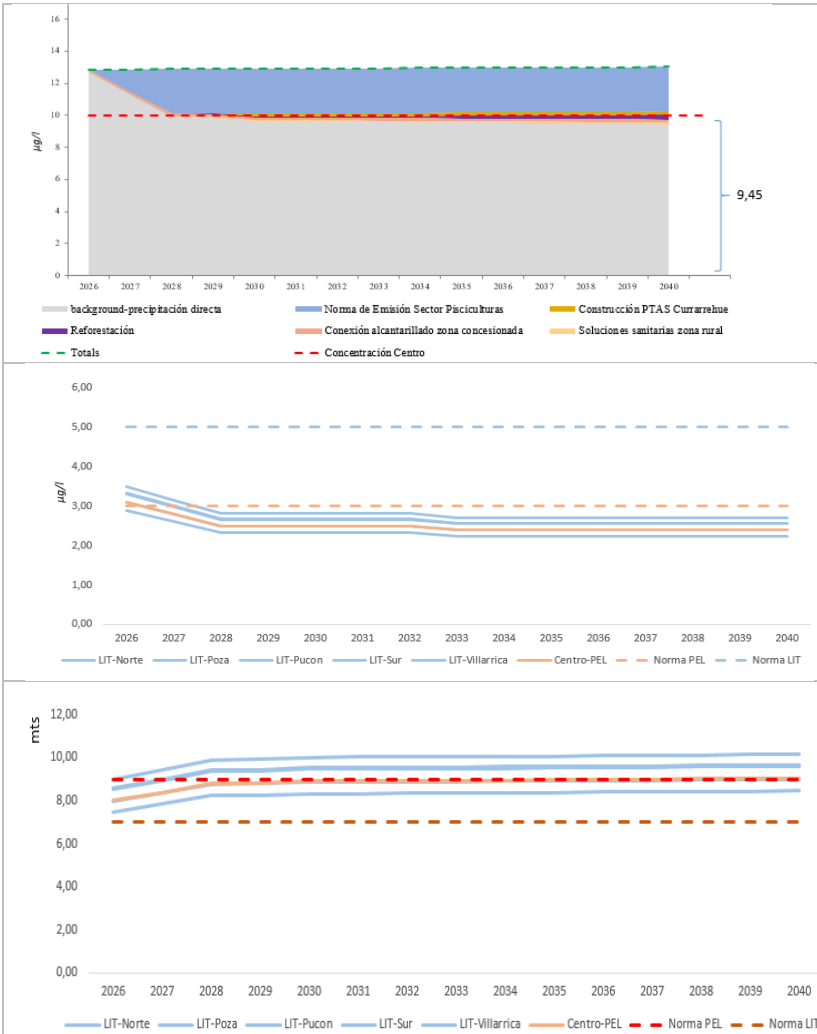


Figura A: La reducción en la concentración promedio anual de *Fósforo total* alcanza el objetivo propuesto por la NSCA para el lago Villarrica en la zona pelágica, logrando valores inferiores a 10 µg/l ($\leq 0,010$ mg/l) a partir del año 2028.

Con estas reducciones, la zona pelágica alcanzaría una concentración promedio estimada de 9,45 µg/l al término del PDA (año 2040), evidenciando el cumplimiento de los límites definidos por la NSCA.

Figura B: La reducción en la concentración de *Clorofila "a"* permitirá cumplir con los objetivos establecidos por la NSCA en todas las áreas de vigilancia. Estos objetivos son de 5 µg/l para la zona Pelagial y 3 µg/l para las áreas litorales. El cumplimiento en la zona Pelagial se alcanzará a partir del año 2027, mientras que las zonas litorales ya cumplen con los valores requeridos en la actualidad.

Figura C: La disminución de los niveles de *Fósforo total*, *Fósforo disuelto* y *Clorofila "a"* mejorará la *Transparencia* del agua en el lago, permitiendo el cumplimiento de este parámetro según la NSCA, tanto en la zona Pelagial como en las zonas litorales.

Medida Evaluada	Estado [MM USD]	Privado [MM USD]	Estado %	Privado %
Norma de Emisión sector Pisciculturas	0,00	34,69	0,00%	93%
Construcción PTAS Curarrehue	2,34	0,00	12,45%	0%
Conexión alcantarillado Zona Concesionada	0,00	2,60	0,00%	6,98%
Soluciones sanitarias domiciliarias rurales	5,56	0,00	29,54%	0,00%
Reforestación	10,27	0,00	54,54%	0,00%
Aumento de Monitoreos	0,65	0,00	3,47%	0,00%
Sub total	18,83	37,30	33,55%	66,45%
Total	56,13		100%	

Tabla A: Se presentan los costos en valor presente al año 2025, expresados en millones de dólares, para cada una de las medidas implementadas en el PDAV, diferenciando entre costos asumidos por el Estado y costos privados.

El costo total del plan asciende a US\$ 56 millones, de los cuales US\$ 18,83 millones (34%) corresponden a medidas a implementar por el Estado, mientras que el sector privado asumirá US\$ 37,30 millones (66% del costo total).

Costos [MM USD]	Beneficios [MM USD]	Razón B/C	Beneficio total Neto [MM USD]
56,13	3260,74	58,09	3204,61

Tabla B: Se presentan los indicadores económicos obtenidos para el plan. Los beneficios se estiman a partir de la disposición a pagar (DAP) por recuperar y mantener la calidad del lago según los niveles estipulados por la NSCA, considerando tanto el valor de uso como el de no uso del lago.

El beneficio estimado asciende a US\$ 3.206,764 millones, lo que, indica que la razón beneficio-costos es de 58 veces los beneficios sobre los costos. Tanto los costos como los beneficios están expresados en valor presente al año 2025.



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR *CLOROFILA “A”*, *TRANSPARENCIA Y FÓSFORO DISUELTO*, PARA LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA.

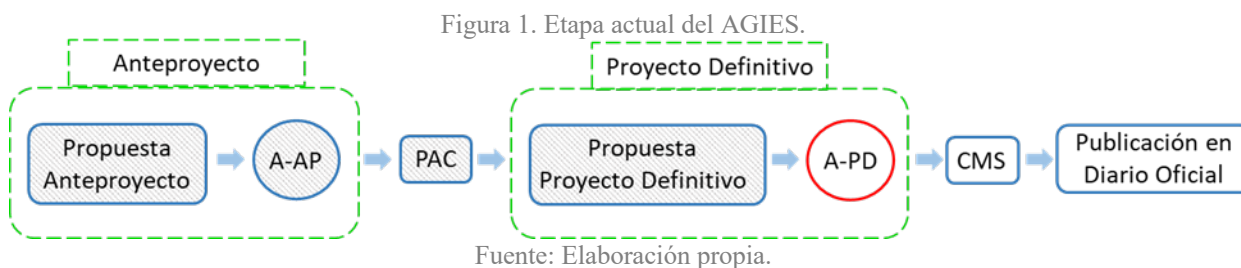
Enero 2025

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.



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

El presente documento corresponde a la actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo (en rojo, Figura 1) del Plan de Descontaminación Ambiental (PDA) por *Clorofila “a”*, *Transparencia y Fósforo disuelto*, para la cuenca del lago Villarrica, según la información disponible por el MMA a la fecha de evaluación.

Específicamente, se evalúan;

- El cumplimiento de los niveles de concentración definidos en la NSCA del Lago Villarrica, una vez implementadas las medidas propuestas por el PDA.

- Los costos de las medidas propuestas por el PDA.
- Los beneficios asociados a una mejora en la calidad del agua, una vez implementadas las medidas del PDA.

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.

Contenido

1. Cambios Considerados en la actualización de Costos y Beneficios.....	6
1.1. Cambios en los parámetros para la modelación de las concentraciones.	7
2. Resultados	8
2.1. Análisis de cumplimiento: concentración de <i>Fósforo total</i> en zona Pelagial.	8
2.2. Análisis de cumplimiento: Concentración de <i>Fósforo total</i> en todas las áreas de vigilancia. 9	
2.3. Análisis de cumplimiento: Concentración de <i>Clorofila “a”</i> en todas las áreas de vigilancia. 9	
2.4. Análisis de cumplimiento: Concentración de <i>Fósforo disuelto</i> en todas las áreas de vigilancia	10
2.5. Análisis de cumplimiento: niveles de <i>Transparencia</i> en todas las áreas de vigilancia.....	10
2.6. Costos	11
2.7. Beneficios.....	12
3. Anexos.....	14
3.1. Anexo 1: Inventario de Emisiones	14

1. Cambios Considerados en la actualización de Costos y Beneficios.

El Proyecto Definitivo del PDA presenta diferencias respecto al AGIES del Anteproyecto³ publicado el año 2020. El Proyecto Definitivo tiene modificaciones que influyen en los resultados, y además, debido a la extensión de la consulta pública e indígena (4 años), se hace necesario actualizar los valores reportados en el Anteproyecto. Es importante señalar que, estos cambios corresponden a cambios en las medidas, pero no significan cambios metodológicos para la evaluación, los cuales se mantienen respecto al anteproyecto. Los principales cambios se detallan a continuación.

A continuación en la Tabla 1, se presentan los cambios tanto del documento de Proyecto Definitivo, como la actualización de variables utilizadas en la evaluación.

Tabla 1: cambios generado en el Proyecto Definitivo que son considerados en la actualización del AGIES

Cambio	Propuesta Proyecto Definitivo
Cambio en el inventario de Emisiones	<p>Se actualiza información relacionada con inventario de emisiones en el Artículo 1 del Proyecto Definitivo. La Actualización del AGIES se realiza bajo este nuevo inventario (ver Anexo 3.1).</p> <p>Se observa una disminución en la emisión para el inventario actualizado, esto se refleja principalmente en el sector de las pisciculturas, las cuales a la fecha ha ido adecuando sus procesos, generando este cambio.</p>
Concentraciones medidas en el Lago	<p>Se incorporaron mediciones de <i>Fósforo Total</i> para el período 2019 al período 2022, generando una data de calidad del lago para <i>Fósforo total</i>, <i>Clorofila "a"</i> y <i>Transparencia</i> de 9 años (2014 a 2022). Con estos nuevos antecedentes se estimaron los valores referenciales se "línea base" para el AGIES.</p>
Actualización de la carga crítica y la concentración base.	<p>Debido a la incorporación de un nuevo inventario de emisiones, y a la actualización de los valores de calidad, tanto la carga crítica como la concentración base empleada en la modelación sufrieron cambios para el proyecto definitivo.</p> <p>El capítulo 2.3 del Anteproyecto del AGIES, presenta la metodología para Modelar las concentraciones en el lago, estos cambios significan que, para efectos del proyecto definitivo la carga critica corresponde a 203,10 ton/año lo que sugiere que en equilibrio la concentración del lago debe alcanzar los 10 µg/l.</p> <p>Por su parte la concentración base o concentración actual utilizada en el modelo corresponde a 12,4 µg/l para <i>Fósforo total</i>.</p>
Construcción Alcantarillado Rivera sur	<p>Se elimina esta medida (artículo 17 del AP) en el proyecto definitivo, por consiguiente, se elimina de la evaluación del AGIES.</p>

³ Disponible en https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/ver.php?id_expediente=927449

Actualización del valor del Dólar y la UF	Para el cálculo de costos y beneficios en el proyecto definitivo se actualizo el valor del dólar y de la UF a un promedio de los promedios mensuales del año 2024, esto significa que se consideró un valor de 943 USD por cada peso chileno, mientras que el valor de la UF corresponde a 38.384 pesos chilenos.
Actualización de la población	Se actualizo la población asociada al cálculo de beneficios considerando una proyección basada en datos del CENSO entre 2025 y 2040.
Cambios en variables hidrológicas.	Se actualizan las variables hidrológicas del lago como los caudales de entrada (río Trancura) y caudal de salida (río Toltén) para los cálculos del modelo de emisión concentración del lago, incorporando datos de los años 2019 a 2022.

Fuente: elaboración propia

1.1. Cambios en los parámetros para la modelación de las concentraciones.

Las variables⁴ consideradas para el cálculo de las ecuaciones del capítulo 2.3 del AGIES del Anteproyecto son presentadas en Tabla 2.

Tabla 2: Variables consideradas en la evaluación de las concentraciones del Lago

Variable	Valor	Unidad
Área del lago	175,9	km ²
Profundidad lago	120	m
Tw	3.076	año
Volumen del lago	21.108	Millones m ³
Caudal efluente	210.9	m ³ /s

Fuente: elaboración propia

El principal cambio se presenta en el “caudal del efluente” el cual disminuye para el período 2019-2022, pasando de 217,6 m³/s para el cálculo en el Anteproyecto a 210,9 m³/s para el cálculo del proyecto definitivo. Las otras variables se mantienen ya que no se observó variación en sus valores.

⁴ Estas variables han sido actualizadas respecto a las utilizadas en el análisis de la NSCA, debido principalmente a nueva información disponible.

2. Resultados

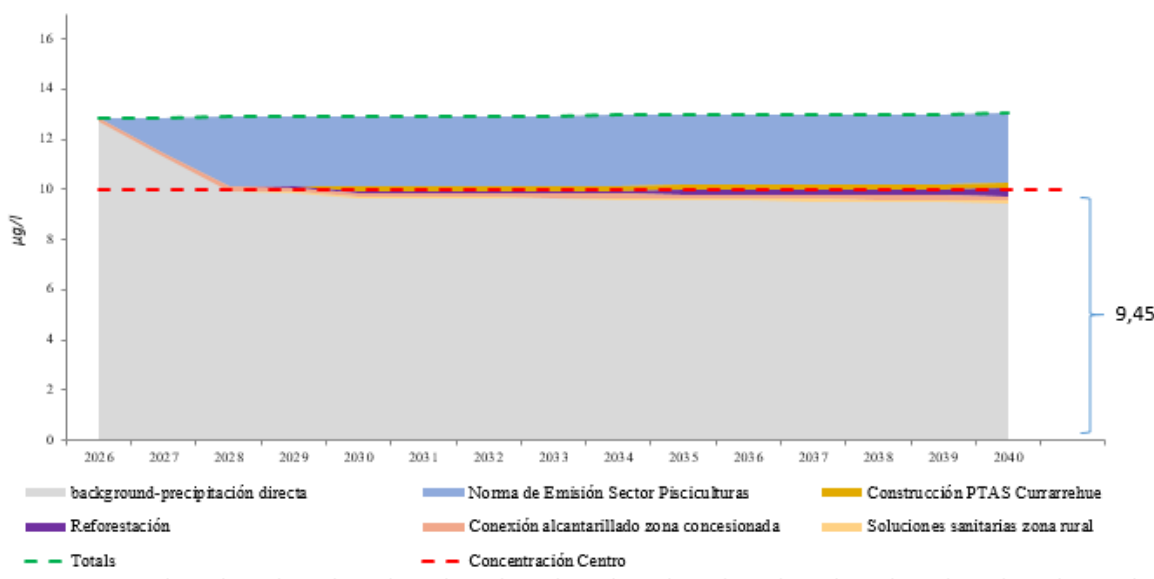
A continuación, se presentan los resultados obtenidos dado el nuevo escenario propuesto para el proyecto definitivo, no se consideraron cambios metodológicos entre la evaluación del anteproyecto y la del proyecto definitivo, por lo cual los cambios en los resultados corresponden netamente a los nuevos escenarios de línea base (emisiones y concentraciones), cambio en las medidas, valor del dólar y actualización de la población.

2.1. Análisis de cumplimiento: concentración de *Fósforo total* en zona Pelagial.

La implementación del plan comprende un período de 15 años (2025 a 2040), considerando años calendario (1 de enero a 31 de diciembre). Debido a que la zona Pelagial del lago es la zona con la norma más restrictiva, y que el *Fósforo total* es considerado el contaminante limitante, su evaluación permite identificar que, una vez se cumpla la norma en esta área, se cumplirá para las demás áreas de vigilancia del Lago.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** representa las reducciones estimadas para la concentración ($\mu\text{g/l}$) en su métrica anual, para el parámetro *Fósforo total*, en la zona Pelagial del lago.

Gráfico 1: Evolución del plan respecto a la reducción de la concentración de *Fósforo total* [µg/l] en el área de vigilancia Centro



Fuente: Elaboración propia.

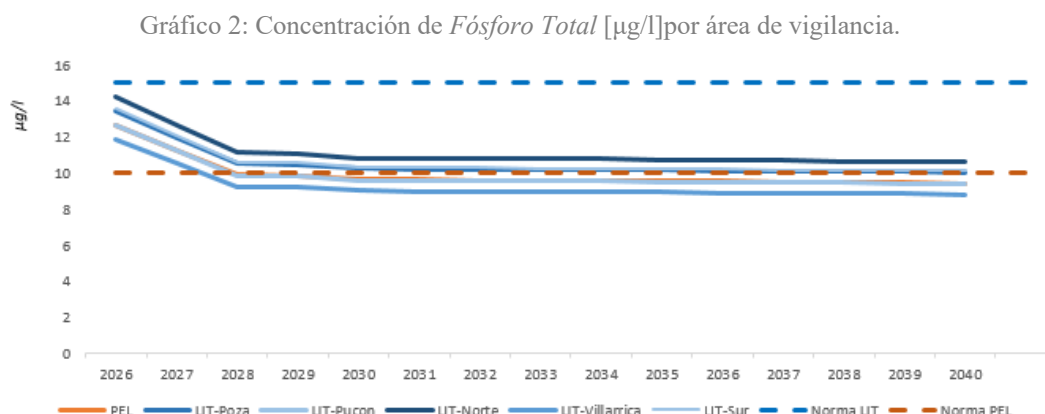
La estimación específica que al año 2028 se cumplirá el límite normativo establecido en la NSCA para *Fósforo Total*, en el área de vigilancia Pelagial del lago, los valores de concentración se mantienen por debajo del límite de calidad (10 µg/l) durante todo el período de cumplimiento (2028 a 2040), esto quiere decir que, las medidas implementadas logran reducir la concentración del lago a niveles de cumplimiento normativo.

Es importante destacar que, dado que en la metodología de estimación de la concentración el lago se consideró un Tiempo de Respuesta del lago, existirán efectos aún después del año 2040 (fin del horizonte de evaluación del plan), debido a que el tiempo de respuesta es de 3 años. Por ende, se espera que incluso se sigan generando reducciones en concentración hasta el año 2038, a pesar de que para la evaluación del

PDAV el horizonte de evaluación sea entre los años 2021 y 2035.

2.2. Análisis de cumplimiento: Concentración de *Fósforo total* en todas las áreas de vigilancia.

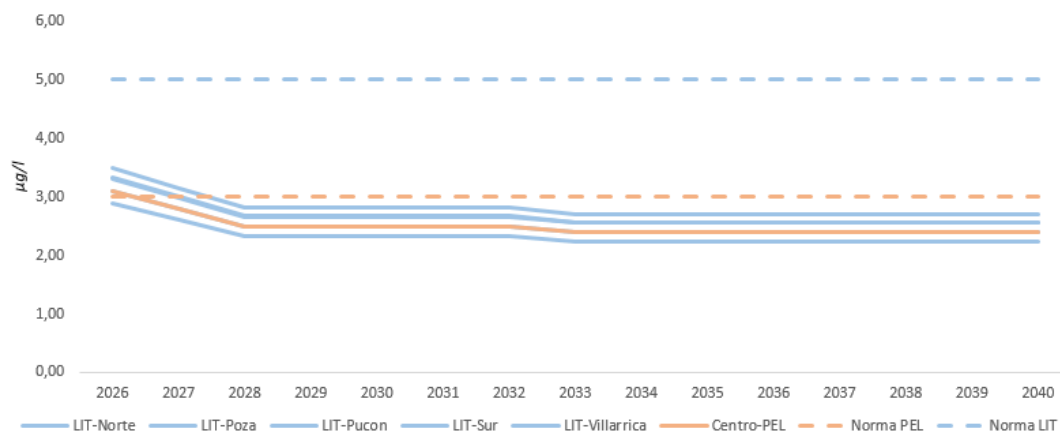
Se presentan los resultados de la evaluación de la concentración de *Fósforo total* para todas las áreas de vigilancia del Lago. Se observa que, una vez implementadas las medidas del PDA se generará el cumplimiento de los límites impuestos por la NSCA (ver Gráfico 2).



Fuente: elaboración propia.

2.3. Análisis de cumplimiento: Concentración de *Clorofila "a"* en todas las áreas de vigilancia.

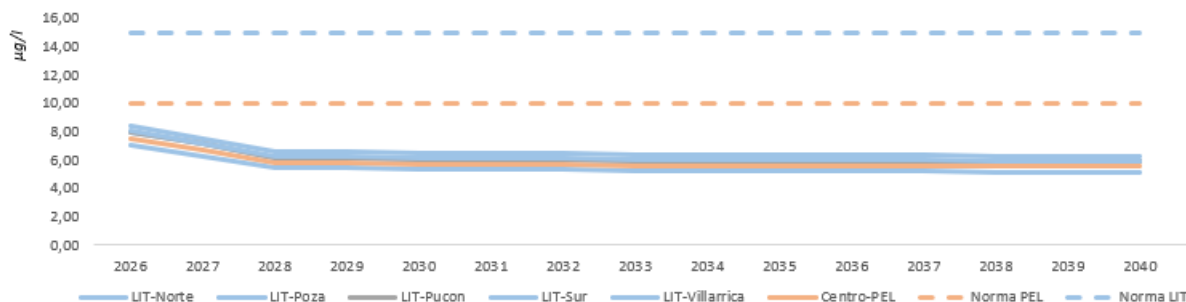
Para el caso de la *Clorofila "a"*, al estimar los niveles a través de la ecuación descrita en el capítulo 2.7.1 del Anteproyecto, la cual indica que, la concentración de este parámetro está dada por la concentración de *Fósforo total*, obtendremos que, el cumplimiento de los niveles en todas las áreas de vigilancia se genera al segundo año de implementado el PDA (ver Gráfico 3), esto se explica porque los actuales niveles se encuentran muy cercanos al límite normativo, por lo que, la implementación temprana de las medidas generaría reducciones necesarias para lograr este cumplimiento normativo .

Gráfico 3: Concentración de *Clorofila "a"* [$\mu\text{g/l}$] por área de vigilancia.

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis de cumplimiento: Concentración de *Fósforo disuelto* en todas las áreas de vigilancia

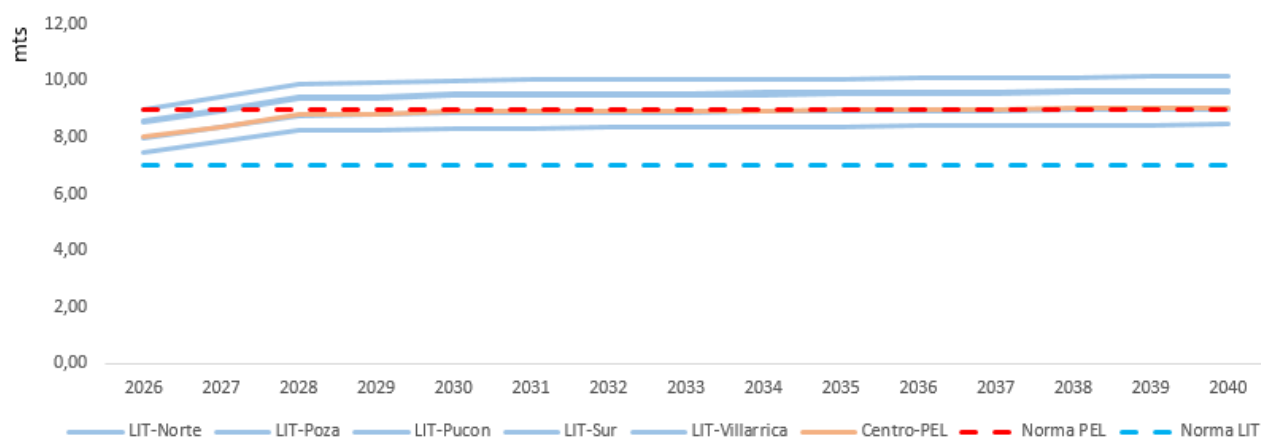
El caso de *Fósforo disuelto* es particular, ya que, debido a la incorporación de data del año 2019-2022 se logró observar que un cumplimiento desde la entrada en vigencia del PDA. (ver Gráfico 4)

Gráfico 4: Concentración de *Fósforo disuelto* [$\mu\text{g/l}$] en todas las áreas de vigilancia

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Análisis de cumplimiento: niveles de *Transparencia* en todas las áreas de vigilancia

La *Transparencia* logra el cumplimiento de los límites de la NSCA para todas sus áreas de vigilancia. Este cumplimiento es relevante para la estimación de beneficios ya que se logra cumplir uno de los principales atributos del Lago, el cual es, la Transparencia de sus aguas por sobre los 8 metros. (ver Gráfico 5)

Gráfico 5: Distancia [metros] de *Transparencia* en todas las áreas de vigilancia.

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Costos

En la Tabla 3 se presentan los costos asociados a cada medida evaluada en valor presente al año 2025. El costo del PDA alcanza los US\$ 56,13 millones.

La medida evaluada que genera los mayores costos corresponde a la implementación de una norma de emisión para el sector pisciculturas con un 61,81%, seguida por la Reforestación para favorecer la retención de sedimentos con un 18,3%. Otras medidas varían su costo entre un 9,9% y un 1,2%, del costo total.

Tabla 3: Costos por medida, en valor presente en millones de dólares

Medida Evaluada	Costos MM USD	Aporte Porcentual
Norma de Emisión sector Pisciculturas	34,69	61,81%
Reforestación	10,27	18,31%
Soluciones sanitarias domiciliarias rurales	5,56	9,91%
Conexion alcantarillado Zona Concesionada	2,60	4,63%
Construcción PTAS Curarrehue	2,34	4,2%
Aumento de monitoreos	0,65	1,2%
Total	56,13	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la distribución de los costos entre los agentes que realizan la inversión, el sector privado invertirá entre las distintas medidas evaluadas US\$ 37,3092 millones, correspondiente a un 66% del total de los costos del plan. El Estado por su parte realizará una inversión de US\$ 18,83 millones, lo que representa un 34% del total de los costos.

Tabla 4: Costos por medida (valor presente) según agente

Medida Evaluada	Estado [MM USD]	Privado [MM USD]	Estado %	Privado %
Norma de Emisión sector Pisciculturas	-	34,89	-	93%
Construcción PTAS Curarrehue	2,34	-	12,45%	-
Conexion alcantarillado Zona Concesionada	-	2,60	-	6,98%
Soluciones sanitarias domiciliarias rurales	5,56	-	29,54%	-
Reforestación	10,27	-	54,54%	-
Aumento de Monitoreos	0,65	-	3,47%	-
Sub total	18,83	37,30	33,55%	66,45%
Total	56,13		100%	

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una diferencia entre los costos del Anteproyecto (US\$ 104,15 millones) y del Proyecto Definitivo, principalmente debido a una disminución en las emisiones del sector piscicultor. Esta reducción se logró gracias a la implementación de mejoras recientes, lo que permitió un mayor cumplimiento de la medida por parte de dicho sector, reduciendo así los costos. Adicionalmente, la eliminación de la medida de construcción del alcantarillado en la ribera sur (cuyo costo en el Anteproyecto ascendía a US\$ 33,17 millones), medida caracterizada por sus elevados costos y bajas reducciones, contribuyó a este nuevo escenario.

2.7. Beneficios

El beneficio económico asociado al PDA asciende a US\$ 3.261 millones en valor presente al año 2025, considerando un período de evaluación establecido entre 2025 y 2040. Este valor incluye tanto los valores de uso como de no uso para la población nacional dispuesta a pagar, y abarca los años en que se cumple el PDA, es decir, desde 2028 (cuando se alcanza el cumplimiento) hasta 2040, período durante el cual se perciben los beneficios.

El cálculo del valor de la DAP utilizado en el Anteproyecto se realizó en UF, por lo que no fue necesario ajustar estos valores por inflación. Solo se actualizó el valor del dólar y la UF utilizando promedios mensuales de 2024, lo que resultó en un tipo de cambio de 943 pesos chilenos por dólar y un valor de la UF equivalente a 38.384 pesos chilenos.

El aumento en el beneficio entre la versión del Anteproyecto y el Proyecto Definitivo se explica principalmente por el incremento en los valores de la UF y el dólar. En menor medida, también influye el ajuste en la proyección de la población, que considera el desplazamiento del horizonte temporal de 2025 a 2040.

Finalmente, el PDA presenta una relación beneficio-costos positiva, lo que significa que los beneficios económicos superan ampliamente los costos. Según la Tabla 5, los beneficios son 58,09 veces mayores que los costos, lo que indica que la implementación del plan es altamente rentable. El beneficio total neto asociado al PDA asciende a US\$ 3.204 millones.

Tabla 5: Beneficios del PDA, Relación Beneficio/costo y Beneficio neto.

Costos [MM USD]	Beneficios [MM USD]	Razón B/C	Beneficio total Neto [MM USD]
56,13	3.260,74	58,09	3.204,61

Fuente: Elaboración propia.

Los altos beneficios que tiene este PDA, se pueden explicar por la alta DAP que tiene la población a uno de los principales destinos turísticos del País, y por la relación que existe entre los efectos que tendrá el

PDA y las variables ambientales que la población pondera del Lago Villarrica.

3. Anexos

3.1. Anexo 1: Inventario de Emisiones

Tabla 5: Línea base de Emisiones [ton/año] considerada en el AGIES																	
Sectores del Inventario.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Pisciculturas	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	71,5
Planta de tratamiento Pucón	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Alcantarillado Curarrehue	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Coberturas de uso de suelo antrópico	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6	136,6
Coberturas de uso de suelo natural	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
Aguas residuales domiciliarias sin saneamiento en área concesionada	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6
Aguas residuales domiciliarias sin saneamiento en borde de Lago	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Aguas residuales domiciliarias sin saneamiento en zona rural	13,5	13,7	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6	14,7	14,9	15,1	15,3	15,5	15,7	15,9	16,1	16,3	16,5
background-precipitación directa	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Total	271,3	271,5	271,8	272,0	272,2	272,5	272,7	273,0	273,2	273,4	273,7	273,9	274,2	274,4	274,7	275,0	275,2

Fuente: Elaboración Propia.

4. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Plan de Descontaminación Ambiental del Lago Villarrica
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Declaración de zona saturada: Decreto Supremo N° 43 de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente.
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Ambiental
	Fecha de término del AGIES	Abril del año 2025
	Alcance geográfico	Comunas de Pucón, Villarrica, Curarrehue y Cunco.
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo.
	Área de aplicación	División de Recursos Naturales y Biodiversidad
Metodología	Metodología	Análisis de Costo y Beneficio.
	Normativas consideradas de línea base	Cumplimiento de Resolución de Calificación Ambiental (RCA) para proyectos, Decreto Supremo 90/2000.
	Nivel de evaluación de beneficios	Experimentos de Elección
	Reducción de concentraciones estimada	3,019 µg/l de <i>Fósforo Total</i> al año 2040
	Reducción de emisiones estimada	63,3 ton/año para el 2040.
	Años de evaluación	15 años, 2025 a 2040
Parámetros	Valor del dólar	943 CLP (promedio móvil Enero 2024 a Diciembre de Año 2024)
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	56,13
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	3260,74