



## **Importancia, beneficios y gestión de los servicios ecosistémicos de la cuenca del lago Villarrica, región de La Araucanía: Planes y programas para su protección.**

Darío Manuel Llaue Alcaman

Ingeniería en recursos naturales renovables,

Universidad Católica de Temuco

Practicante Centro de Políticas Públicas, Universidad  
Católica de Temuco

Supervisor guía: Cristian Quiroz Reyes, CPP – UCT

### Resumen

El territorio de Chile posee una gran diversidad de ecosistemas únicos, los cuales tienen sus propias estructuras, y dinámicas siendo sistemas sensibles a los disturbios antrópicos, contando además con una gran heterogeneidad de ecosistemas dulceacuícolas los que tienen una gran importancia para la biodiversidad, y las actividades humanas, brindando grandes servicios ecosistémicos a la sociedad. En este informe se analizan las diferentes funciones y servicios que otorga este cuerpo de agua, la degradación y transformaciones producidas por el ser humano, así como las diferentes herramientas de gestión institucional para la conservación y mitigación de la degradación para la cuenca del lago Villarrica, región de La Araucanía, Chile.

### 1. Introducción

El territorio chileno posee el distintivo rasgo de insularidad, comportándose como isla biogeográfica. Fenómeno resultante de las diferentes barreras naturales de nuestra geografía, compuestas por el árido desierto del norte, la cordillera de los andes y finalmente el Océano pacífico (CONAMA, 2008). De esta forma, la variedad de los factores ambientales en la gradiente altitudinal y latitudinal, hacen de Chile un país altamente heterogéneo en términos ecosistémicos, albergando una alta variedad y diversidad biológica, formando ecosistemas

únicos a lo largo del país, donde interactúan los factores ambientales y el conjunto de todos los seres vivos.

Los ecosistemas dulceacuícolas, al igual que los terrestres, presentan una enorme diversidad en Chile, desde bofedales, vegas y salares, incluyendo lagos, lagunas, pantanos y ríos. Todos ellos tienen en común, contar con un cuerpo de agua, ya sea permanente o intermitente y con una matriz terrestre dependiente, siendo esta la cuenca hidrográfica del cuerpo de agua (Habit et al. 2019). Estos ambientes limnicos pueden clasificarse como lenticos o loticos en función de su movimiento hídrico, siendo denominado lotico, aquellos sistemas que se encuentran en movimiento, en tanto, los ambientes lenticos, presentan agua sin corriente, donde figuran principalmente los lagos (CONAMA, 2008). Estos frágiles, y dinámicos ambientes son de gran importancia para el sustento de la vida, y las actividades humanas, brindando una serie de servicios ecosistémicos, siendo los bienes y servicios que los humanos obtienen de la naturaleza, asignándole un valor económico, ecológico y social (De la Rosa & Ruiz, 2020).

El estado trófico (la relación entre carga de nutrientes y el crecimiento de materia orgánica dentro del sistema hídrico) de diversos cuerpos de agua en Chile están subiendo de una manera acelerada, debido al aumento en las últimas décadas de las diferentes actividades económicas que aportan grandes cantidades de carga de nutrientes y contaminantes a estos lagos, los cuales son producidos principalmente por malas prácticas agrícolas, descargas de efluentes sin correcto tratamiento, y una mala gestión territorial (Correa et al. 2011). Situación en la que se encuentran diferentes lagos de gran importancia económica, social y ambiental de las regiones de La Araucanía y Los Lagos, como los lagos; Villarrica, Calafquén, Riñihue y Llanquihue, denominados como algunos de los lagos Nord patagónicos de nuestro país los cuales poseen una gran importancia ecosistémica, y una serie de servicios, los cuales su degradación

implica la disminución del bienestar humano en aspectos como la salud, la seguridad alimentaria e incluso la libertad de las poblaciones (Huertas-Rodríguez et al. 2018).

## 2. El lago Villarrica y su cuenca

Uno de los lagos más grandes de Chile es el lago Villarrica, ubicado en la Región de la Araucanía. Este, corresponde a un cuerpo de agua de origen glaciar, ubicado en la zona precordillerana de la región, próximo a la cordillera de los Andes. Este lago cuenta con una superficie aproximada de 176 km<sup>2</sup>, y una profundidad promedio de 120 metros (Bruning, 2018). Siendo sus principales tributarios los ríos Pucón y Quilque, donde el río Pucón nace de la confluencia de los ríos Trancura y Liucura. Dando paso a la formación del río Toltén, comportándose como descarga del lago Villarrica, siguiendo su camino para formar una de las principales y más importantes cuencas de la región de La Araucanía.

La cuenca del lago Villarrica, según la división político-administrativa del país, comprende las comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue. Es una de las subcuencas del río Toltén, con una superficie de 2.805 km<sup>2</sup>, comprendiendo dos cuerpos de agua el lago Villarrica y Caburgua, donde el 90% de los ingresos a la cuenca son del río Trancura, medio por donde ingresan la mayor concentración de nutrientes al lago, aumentando sus niveles de eutrofización (MMA, 2020).

## 3. Servicios ecosistémicos y Amenazas del lago Villarrica

Los servicios ecosistémicos representan los beneficios que trae para el hombre el correcto funcionamiento de los sistemas naturales, siendo estos, las recompensas derivadas de las funciones ecológicas que los elementos de un sistema desarrollan. Así, la producción de estos servicios dependerá de la estructura y de los procesos existentes en un ecosistema en particular, por lo que cualquier factor que impacte y/o modifique el ecosistema, alterando sus atributos bióticos o abióticos, sus estructuras o las interacciones que ocurren en él, también altera el flujo de beneficios que estos ecosistemas generan para la sociedad (DGA, 2009).

La capacidad de un ecosistema para generar servicios que satisfagan las necesidades humanas es dominada función ecosistémica, las que se pueden clasificar en; (1) funciones de regulación, (2) funciones de hábitat y sustrato, (3) funciones de producción y (4) funciones de información cultural y espiritual.

El lago Villarrica es un ecosistema de alto valor productivo, en el cual el ser humano es un actor que se relaciona con el sistema y su calidad de agua. Brindando beneficios económicos, sociales y culturales, permitiendo desarrollar actividades productivas, donde la calidad del agua ha permitido la aplicación de una economía agrícola de subsistencia, una explotación de los servicios de turismo y el funcionamiento de una serie de pisciculturas, las que aportan el 8,7 % del empleo a nivel regional (DGA, 2009).

**Tabla N°1.- Funciones ecosistemas del lago Villarrica.**  
**Fuente: DGA, 2009**

<b>Función de Regulación</b>	<b>Función de hábitat y sustratos</b>
Servicios referidos a la regulación de flujos o reducción de riesgos relacionados con los cursos de agua.	Servicios previstos para apoyar el funcionamiento de hábitats y los ecosistemas
a) Regulación climática	a) Hábitat para vida silvestre
b) Regulación de flujos hidrológicos	b) Régimen de flujos necesarios para mantener los hábitats
c) Mitigación de riesgos naturales	c) Hábitat adecuados para la reproducción
d) Control de erosión y sedimentación	
e) Control de calidad de aguas superficiales y subterráneas	
<b>Función de Producción</b>	<b>Función de información cultural o entretenimiento</b>
Todos aquellos servicios enfocados directamente en la oferta de productos alimentarios y no alimentarios provenientes del cuerpo de agua	Servicios relacionados con la recreación e inspiración humana
a) Agua para aprovechamiento	a) Deportes acuáticos
b) Pesca	b) Estética del paisaje
c) Producción pecuaria	c) Herencia cultural e identidad
d) Productos maderables y no maderables	d) Inspiración artística y espiritual
e) Medicinas	e) Actividades de recreación asociadas al recurso hídrico
	f) Pesca deportiva

El incremento de las actividades humanas en el territorio ha generado un deterioro progresivo en los recursos hídricos. En este contexto, las principales perturbaciones antrópicas que afectan el

estado ecológico y la calidad del agua se relacionan con cambios de uso de la tierra, la agricultura, salmonicultura, las plantaciones exóticas y la urbanización (Caputo, 2020).

Donde la principal causa de deterioro en la calidad de las aguas del lago Villarrica, es producto del ingreso acelerado de nutrientes (fósforo y nitrógeno) desde su cuenca aportante, lo cual ha generado un fuerte impacto sobre la calidad y cantidad de los servicios previstos en la cuenca, principalmente aquellos relacionados con el turismo y la recreación (MMA, 2020).

El exceso de nutrientes produce un proceso de eutrofización que, en el caso del lago Villarrica, se ha traducido en un aumento desmedido del crecimiento de microalgas, lo cual repercute en la disminución del oxígeno del agua, reducción de la transparencia y el aumento de toxinas, afectando en la calidad de vida de las personas y sus actividades económicas (Ampuero, 2021).

#### 4. Objetivos de desarrollo sostenible y actividades de la cuenca

La implementación de políticas públicas para la preservación de los ecosistemas dulceacuícolas es de suma relevancia, en un contexto de constante presión ambiental debido a las diferentes actividades antrópicas que conllevan la disminución de calidad y cantidad de estos ecosistemas. Las políticas deben estar ligadas a los diferentes compromisos globales que adopta el territorio para la mantención de estos servicios y en consecuencia la calidad de vida de las personas, uno de estos compromisos son los ODS suscritos por nuestro país, donde se identifican 6 objetivos (ver anexos) en relación con la preservación de los ecosistemas dulceacuícolas y sus servicios ecosistémicos.

Las actividades realizadas en la cuenca deben ser acordes a los objetivos del territorio, tanto en su intensidad como sus repercusiones, de modo que éstas no degraden las funciones ecosistémicas de la cuenca, y se implementen herramientas adecuadas para el control de estas actividades y sus aportes de nutrientes a la cuenca, de modo que su desarrollo no altere la calidad económica, social y ambiental del territorio.

**Tabla N°2.- Servicio ecosistémico del lago Villarrica para cada actividad económica de la cuenca. Fuente: DGA, 2009**

Sector de la actividad económica	Función ecosistémica	Servicios ecosistémicos
Turismo	Regulación	Recreación
	Información	Pesca deportiva, deportes acuáticos
Construcción	Sustrato	Recepción de desechos
	Regulación	Dilución de desechos
Agropecuaria silvícola	Sustrato	Proceso productivo
	Regulación	Riego, liberación de desechos
Industria	Regulación	Dilución de desechos, utilización para proceso productivo

#### 5. Norma de calidad secundaria del lago Villarrica

En Chile la regulación normativa ambiental, además de lo contenido en la Constitución de La República, en calidad de agua está dada por la ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente y su Reglamento para la Dictación de normas de Calidad Ambiental y Emisión (D.S N°38/2012), donde se establece el derecho de todos los chilenos a vivir en un ambiente libre de contaminación.

Una de las principales políticas ambientales vigentes para prevenir la degradación de los ecosistemas acuáticos y conservar sus servicios ecosistémicos para el bienestar humano, son las Normativas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA), las cuales tienen una aplicación a escala cuenca o subcuenca y establecen los niveles de concentración de contaminantes, cuya presencia o ausencia en el medio puede constituir un riesgo para la protección o conservación de la naturaleza (Caputo, 2020).

Estos instrumentos para la gestión ambiental tienen incidencia en otras políticas y herramientas ambientales, como: (a) Declaración de zona latente o saturada. (b) Elaboración de plan de prevención y/o descontaminación. (c) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (MMA, 2022).

El año 2013 se establecieron las NSCA por medio del D.S N°19, para la protección de las aguas continentales del lago Villarrica (BCN, 2013). Se trata de un instrumento de gestión para el diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del lago Villarrica, teniendo como principal objetivo la mantención de la calidad del agua, y prevenir la eutrofización antrópica (SMA, 2016). Debido a que la calidad del lago se ha visto afectada, tendiendo a la mesotrófia (niveles de productividad trófica media en lago). En esta norma se establecen puntos de control para el monitoreo de la cuenca y los valores mínimos y máximos de los parámetros asociados a la calidad; Fosforo disuelto, Nitrógeno, Transparencia y Clorofila a.

#### 6. Zona saturada y latente

La ley ambiental vigente acuña dos conceptos; (1) zonas saturadas y (2) zonas latentes. Aquellos territorios que cuentan con una o más NCSA, y sus parámetros definidos son superados, son declarados zona saturada. En tanto, las zonas latentes son aquella en que la concentración de contaminantes en el agua, suelo o aire definidas en la NCSA se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma (Liberona, 2011). En el caso de ser superados los parámetros establecidos por la NCSA, es decir zona saturada, se procede a la elaboración de un Plan de Descontaminación del territorio a cargo del Ministerio del Medio Ambiente, para restablecer los parámetros a sus condiciones normales, de ser declarado zona latente, se procede a la elaboración de un Plan de Prevención para evitar que estos valores superen lo establecido por la normativa de la cuenca o subcuenca.

En la fiscalización de la NSCA del lago Villarrica (D.S N°19/2013) por parte de la SMA en el periodo 2015-2016, se determinó que los valores máximos y promedio bianual para los parámetros de “clorofila-a”, “transparencia” y “Fosforo disuelto” se encuentran en niveles de saturación, superando lo establecido en la normativa de la subcuenca. Por lo tanto, de acuerdo con la ley 19.300, la cuenca del lago Villarrica es declarado como zona saturada por sus parámetros superados por medio del D.S N°43, publicado el año 2018.

#### 7. Plan de restauración, conservación y monitoreo del lago

Según lo dispuesto en el D.S N°39/2012, que aprueba la Dictación de Planes de Prevención y Descontaminación de aquellos territorios con una o más NCSA, si los valores máximos de los parámetros de control son superados se debe elaborar un plan para revertir esta condición de saturación por medio del “Plan de Descontaminación”. Dada la condición de saturación de la cuenca del lago Villarrica, considerando los criterios de superación indicados en la normativa ambiental y su condición de saturación, el año 2018 se inició el proceso para la elaboración de un Plan de Descontaminación de la cuenca del lago Villarrica, el cual tiene por objetivo disminuir la concentración de contaminantes del lago para mantener su calidad, revirtiendo su condición de saturación por medio de diferentes acciones.

Luego de 5 años de tramitación para la elaboración del anteproyecto del plan de descontaminación por parte del Seremi de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía, mediante la resolución exenta N°437 se aprueba el anteproyecto del Plan de Descontaminación por clorofila-a, transparencia y fosforo disuelto para la cuenca del lago Villarrica, en el año 2020, estando actualmente sometido a consulta pública.

Este plan de descontaminación en el caso de ser aprobado contempla una disminución de las emisiones de Fósforo total en un 36% en un periodo de 15 años. Para ello, el plan contempla establecer un límite de emisiones para las pisciculturas en la cuenca, debido a que se estima que son responsables de la emisión de 115.5 toneladas de Fósforo al año (Ortega et al. 2019). Asimismo, busca la creación de un programa de reforestación y recuperación de 2000 hectáreas de bosque nativo dentro de la zona saturada para la protección de la calidad de las aguas superficiales. Además de considerar medidas para el control de emisiones de residuos líquidos domiciliarias y urbanas, debido al nulo tratamiento de las aguas servidas en las zonas de Catripulli y currarrehue, junto con el uso de fosas sépticas en los tramos de Villarrica-Pucón.

## 8. Recomendaciones

Según lo indicado en la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025, elaborada por el MOP, considerado el inventario más reciente de cuerpos de agua en Chile identifica más de 1200 ríos y más de 15000 lagos y lagunas, distribuidos en 101 cuencas.

La normativa relacionada con la gobernanza del agua y su gestión es escasa y engorrosa, debido a la superposición, redundancia de funciones y responsabilidades compartidas entre muchas entidades gubernamentales relacionadas con la gestión del agua. Siendo las NCSA una de las pocas herramientas efectivas para la preservación de la calidad del agua.

En la actualidad solo existen dos cuerpos de agua superficial en el país que cuentan con una normativa de calidad ambiental, el lago Villarrica y el Llanquihue, la que sólo regula y estudia los parámetros fisicoquímicos, sin considerar la evaluación de la calidad de la biodiversidad.

Para evitar la disminución de la calidad de los ecosistemas dulceacuícolas, y que estos ecosistemas pierdan sus dinámicas, estructuras y funciones, se hace necesario:

- Creación de NCSA para las aguas superficiales del país.
- Mayor fomento a la educación ambiental en planes de descontaminación, y en los actores de la cuenca.
- Avanzar en una nueva institucionalidad de aguas descentralizada para cada territorio.
- Políticas de incentivo para la gestión integrada de los recursos hídricos por parte de las diferentes instituciones relacionadas.
- Manejo integrado de cuencas según sus potencialidades, y fragilidad.

Medidas que permitirían mantener la calidad de las aguas superficiales, para preservar la biodiversidad, y las funciones ecosistémicas que brindan a la sociedad.

## 9. Bibliografía

Ampuero-Vera, D. (2021). Análisis del plan de descontaminación por clorofila “a”, transparencia y fosforo disuelto para la cuenca del lago Villarrica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Ambientales. Concepción, Chile.

Biblioteca del Congreso Nacional (2013). Decreto N°19. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica.

Bruning-Gonzales, M. (2018). Estudio de aporte de carga de nutrientes por fuentes contaminantes y análisis de escenarios de descontaminación mediante un modelo de calidad de aguas en el lago Villarrica. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Caputo, L. (2020). Protección de los ecosistemas acuáticos ante la presión de la crisis económica que viene.

CONAMA (2008). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores Santiago de Chile, 640 pp.

CORREA-ARANEDA, FRANCISCO, URRUTIA, JONATHAN, & FIGUEROA, RICARDO. (2011). Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 84(3), 325-340.

De la Rosa, M. & Ruiz, A. (2020). Valoración social de los servicios ecosistémicos de humedales costeros: estado actual y perspectivas. *Acta biol. Colomb.*

DGA (2009). Antecedentes para el análisis general de impacto económico y social de la norma secundaria del lago Villarrica.

Habit, E., K. Górski, D. Alò, E. Ascencio, A. Astorga, N. Colin, T. Contador, P. de los Ríos, V. Delgado, C. Dorador, P. Fierro, K. García, O. Parra, C. Quezada-Romegialli, B. Ried, P. Rivera, C. Soto-Azat, C. Valdovinos, I. Vera-Escalona, S. Woelfl (2019). Biodiversidad de

Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 64 páginas.

Huertas, J. Sanín, C. & Cataño, A. (2018). Los peces y sus servicios ecosistémicos en la cuenca del río Porce. Actual Biol 40 (108): 72-84. Medellín. Colombia.

Liberona, F. (2011). Zonas saturadas y latentes. Fundación Terram. Santiago de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2020). Resolución extensa N°437. Aprueba anteproyecto del plan de descontaminación por clorofila “a”, transparencia y fosforo disuelto, para la cuenca del lago Villarrica. Santiago. Chile.

Ortega, J. Nistal, M. Martínez, C. Abarzúa, K. Rubilar, F. (2019). Análisis y evaluación de medidas de reducción de nutrientes (Nitrógeno y Fosforo) para incorporar al plan de descontaminación del lago Villarrica. Centro de Gestión y Tecnologías del Agua. Universidad de la Frontera. Temuco. Chile.

SMA (2016). Informe técnico cumplimiento de normas de calidad de agua del lago Villarrica. Superintendencia del medio ambiente. Gobierno de Chile.

## 10. Anexos

**Tabla N°2.- Objetivos de Desarrollo Sostenible y su relación con la conservación del lago Villarrica.**  
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo de Desarrollo Sostenible	Meta para el año 2030	Vinculación con la cuenca del lago Villarrica
Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.	Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio accesible para todos. Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores.	La cuenca del lago Villarrica es un ecosistema dulceacuícola, siendo uno de los lagos más grandes de Chile, aportando grandes volúmenes de agua para su aprovechamiento. Los ODS

	Proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua, incluyendo bosques, montañas, humedales y ríos.	establecen la necesaria gestión de estos sistemas y la preservación de su calidad.
Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.	Mantener el crecimiento económico per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales. Lograr niveles más elevados de productividad económica.	Las diferentes actividades económicas de la cuenca del lago Villarrica deben ser sostenibles, de manera que su desarrollo no altere la calidad del ecosistema.
Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.	Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos. Aumentar la urbanización sostenible e inclusiva y la capacidad para la planificación.	Debido a la influencia del sector urbano en la cuenca del lago Villarrica, aportando diferentes desechos desde la ciudad al lago, la infraestructura y equipamiento urbano debe ser sostenible, de modo que las tecnologías aplicadas no afecten la calidad del lago.
Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.	Lograr la gestión y uso eficiente de los recursos naturales. Alentar a las empresas a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad. También se espera promover prácticas de adquisición públicas sostenibles en cuanto a las políticas y prioridades nacionales.	Los métodos de producción de los diferentes sectores, como el agrícola, piscícola, inmobiliario y forestal, en la cuenca generan diferentes impactos en la calidad del agua. Es por esto la necesidad de garantizar que estas metodologías de producción sean sostenibles para la preservación de los servicios que brinda el lago Villarrica.
Objetivo 13:	Incorporar	Mantener la

<p>Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p>	<p>medidas relativas al cambio climático en las políticas y estrategias nacionales.</p> <p>Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales de los países.</p>	<p>cantidad y calidad de los ecosistemas dulceacuícolas en conjunto de sus funciones, disminuye los riesgos asociados por desastres naturales, y permite la captación de carbono. Adoptar medidas para la protección de estos ecosistemas es equivalente a combatir el cambio climático</p>
<p>Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.</p>	<p>Velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres e interiores de agua dulce.</p> <p>Promover la gestión sostenible de todos los tipos de bosques y luchar contra la desertificación.</p>	<p>La cuenca del lago Villarrica es un ecosistema interior de agua dulce, teniendo una estrecha interrelación con los bosques riverieños, los cuales son objetivos de conservación y uso sostenible.</p>