



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

APLICACIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL DPSIR PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAGOS EN LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA



Habilitación presentada para optar al título de
Ingeniera Ambiental

KAROL GIANINA GONZÁLEZ ARRIAGADA

Profesor Guía: Dr. Roberto Urrutia Pérez.

Concepción, Chile

2021



“APLICACIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL DPSIR PARA LA GESTIÓN DE LAGOS EN LA CUENCA DEL RÍO VALDIVIA”

PROFESOR GUÍA: Dr. Roberto Urrutia Pérez

PROFESOR COMISIÓN: Dr. Mauricio Aguayo Arias

PROFESOR COMISIÓN: Dr. Alberto Araneda Castillo

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, octubre 2021



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPIRITU

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia, quienes son un pilar fundamental en mi vida. Mamá (Lorena), mami (Abuelita Juana), papá (César), tía Zulema, tía Carola, Tía Maigo y Bastián quienes me han enseñado a ser la persona que soy hoy y, a quienes les debo el poder estar realizando esta tesis.

A mis amigas de la Universidad, Romina, Yocelin y Daniela, mi trio de chicas superpoderosas, con quienes pasé cada alegría y tristeza dentro de la carrera, quienes fueron mi red de apoyo en momentos de fuerte presión dentro de estos años y quienes espero continúen en mi vida.

A Javiera, Alexis, Matías, quienes llegaron después; pero de igual forma fueron un apoyo y se convirtieron en mis grandes amigos.

A mi amiga de toda la vida e infancia: Karina, por estar siempre a pesar de no vernos siempre, por ser la mejor amiga que pude tener.

También quiero destacar de forma especial a Braulio, mi compañero de vida y pilar fundamental, quien me motivaba y me motiva a seguir cada día. Quien es mi cable a tierra y el sol en mis días nublados, a lo largo de mi vida y de esta tesis.

A mis bebes, quienes son las mejores mascotas que pude haber encontrado. León, Kiara, Nala y Mota, mi fiel compañía.

Agradezco al Profesor Urrutia por el tema de investigación y el conocimiento otorgado en terreno.

También a Florencia, quien apareció hace poco en mi vida, de manera profesional y me permitió continuar con la investigación, a pesar de los conflictos internos.

Además, agradezco al CRHIAM por financiar esta investigación mediante la Beca de Pregrado Proyecto ANID/FONDAP 15130015.

“No solo no hubiese nada sin ustedes, sino con toda la gente que estuvo a mi alrededor desde el comienzo; algunos siguen hasta el día de hoy. GRACIAS.... TOTALES.”

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IV
RESUMEN.....	V
1. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES	1
1.1. Recursos Hídricos	1
1.1.1 Disponibilidad de agua en Chile.....	1
1.1.2 Presiones sobre los recursos hídricos	3
1.2 Gestión del agua	6
1.3 Modelo DPSIR.....	9
1.4 Cuenca Río Valdivia.....	12
2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo General.....	14
3.2 Objetivos Específicos	14
4 METODOLOGÍA.....	15
4.1 Área de Estudio.....	15
4.2 Identificar forzantes, presiones, estado ambiental e impactos en lagos de la cuenca del río Valdivia.....	17
4.3 Establecer relaciones forzantes-presiones-estado-impactos y respuestas en un modelo conceptual DPSIR para los lagos de la cuenca	21
4.4 Generar un listado de medidas de gestión para los impactos identificados.....	22
5 RESULTADOS	23
5.1 Resultados para el objetivo N°1: Identificar forzantes, presiones, estado ambiental impactos y respuestas en lagos de la cuenca del río Valdivia	23
5.1.1 Fuerzas Impulsoras	23
5.1.1.1 Demográficas.....	24
5.1.1.1.1 Desarrollo Demográfico rural	24
5.1.1.2 Económicas	26
5.1.1.2.1 Producción Acuícola.....	26
5.1.1.2.2 Actividad inmobiliaria	28
5.1.1.2.3 Infraestructura y transporte.....	29
5.1.1.2.4 Actividad Minera.....	30
5.1.1.2.5 Actividad Turística	31
5.1.1.2.6 Incendio Forestal.....	32
5.1.1.2.7 Generación hidroeléctrica	33
5.1.1.3 Culturales.....	34

5.1.1.3.1	Regulación Territorio	34
5.1.1.4	Tecnológicas.....	35
5.1.1.4.1	Saneamiento Ambiental	35
5.1.1.5	Naturales	36
5.1.1.5.1	Erupciones Volcánicas	36
5.1.1.5.2	Cambio Climático	37
5.1.2	Usos de Suelo.....	38
5.1.3	Presiones	44
5.1.3.1	Alteración del régimen hídrico	44
5.1.3.2	Cambio geomorfológico del cauce	45
5.1.3.3	Aporte de coliformes fecales (presencia de pozos negros.	45
5.1.3.4	Intensificación uso urbano y rural	46
5.1.3.5	Cambio uso de suelo.....	46
5.1.3.6	Aporte de sólidos y nutrientes al sistema acuático	48
5.1.3.7	Invasión de especies exóticas.....	49
5.1.3.8	Uso intensivo turístico y recreativo	50
5.1.3.9	Extracción de recursos no metálicos.....	51
5.1.3.10	Descarga de aguas residuales al sistema acuático	52
5.1.3.11	Aporte de material y sedimentos volcánicos al sistema acuático	53
5.1.3.12	Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo	54
5.1.3.13	Aporte de sedimentos y material vegetal por escorrentía superficial	55
5.1.4	Estado	59
5.1.5	Impactos.....	61
5.1.6	Respuestas	68
5.2	Resultado para el objetivo N°2: Establecer relaciones forzantes-presiones-estado-impactos y respuestas en modelos conceptuales DPSIR para los lagos de la cuenca	72
5.3	Resultado para el objetivo N°3: Generar un listado de medidas de gestión para los impactos identificados.....	77
5	CONCLUSIÓN	79
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidad hidrica en Chile.	4
Figura 2. Modelo Conceptual DPSIR.	10
Figura 3. Delimitación Cuenca río Valdivia.	15
Figura 4. Interacción Modelo Conceptual DPSIR.....	22
Figura 5. Lago Pellaifa.....	39
Figura 6. Lago Pirihueico	39
Figura 7. Lago Calafquen	40
Figura 8. Lago Riñihue.	40
Figura 9. Lago Pullinque	41
Figura 10. Lago Neltume	41
Figura 11. Lago Panguipulli	42
Figura 12. Mapa conceptual DPSIR del Lago Panguipulli.....	72
Figura 13. Mapa conceptual DPSIR del Lago Neltume	73
Figura 14. Mapa conceptual DPSIR del Lago Pirihueico.....	73
Figura 15. Mapa conceptual DPSIR del Lago Pullinque.....	74
Figura 16. Mapa conceptual DPSIR del Lago Pellaifa	74
Figura 17. Mapa conceptual DPSIR del Lago Riñihue.....	75
Figura 18. Mapa conceptual DPSIR del Lago Calafquen.....	75
Figura 19. Modelo conceptual DPSIR para la cuenca del río Valdivia.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disponibilidad de agua en Chile.....	1
Tabla 2. Publicaciones científicas utilizando la metodología DPSIR	11
Tabla 3. Población total cuenca río Valdivia.....	25
Tabla 4. Volcanes con influencia en la cuenca.....	34
Tabla 5. Fuerzas Impulsoras presentes por actividad en cada lago.	43
Tabla 6. Cambio uso de suelo 2006-2013. Región de los Ríos	47
Tabla 7. Concentraciones de aniones de las estaciones de muestreo.....	57
Tabla 8. Forzantes y presiones presenten en cada lago.....	60
Tabla 9. Estado ambiental de los lagos de la cuenca.	62
Tabla 10: Forzantes, Presiones e Impactos presentes en cada lago.....	66

RESUMEN

El cambio climático se ha hecho presente en todo el mundo y Chile no es la excepción. A medida que aumentan las presiones sobre las cuencas hidrográficas y los lagos, existe una creciente necesidad de usar marcos conceptuales que puedan utilizarse para generalizar desafíos complejos de sostenibilidad y así poder organizar la investigación e información que ayude a comprender la interacción entre los procesos ecológicos y sociales.

El modelo conceptual Fuerzas Motrices-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas (DPSIR) es uno de esos enfoques que puede ser utilizado para mejorar la gestión y ser aplicado en materia de recursos hídricos.

La cuenca del río Valdivia forma parte de la zona sur, la cual atraviesa una mega sequía junto al país, la que se ha intensificado en los últimos años, disminuyendo las precipitaciones. Debido a este escenario, es necesario disponer de información que dé cuenta de las actividades que están generando presiones en los lagos de esta cuenca, que pueden derivar en posibles impactos ambientales, para promover la sustentabilidad en el uso y en la gestión.

Basándose en estas actividades, el presente trabajo tiene como objetivo general desarrollar un modelo conceptual para una gestión ambiental en los lagos de la cuenca del río Valdivia, para identificar y establecer cada una de estas actividades y poder generar un listado de medidas de gestión para los impactos que se identifiquen.

La metodología a usar será en base a estudios, utilizando información que se encuentra disponible en línea, desde diferentes instituciones público-privadas,

utilizando software de información Geográfica como ArcGis, junto a información descargada desde el Servicio de Evaluación Ambiental y Superintendencia de medio ambiente, correspondiente a su información de unidades fiscalizables que se encuentra en la infraestructura de datos espaciales (IDE), además de información sobre el estado de calidad de los lagos dentro de la cuenca. En base a estos datos, se estimarán las presiones que genera cada actividad en los cuerpos de agua, el efecto sobre el estado actual de los lagos, los impactos que estas podrían generar y las respuestas que están presentes en protección de estos, para finalmente evaluar estos efectos y proponer medidas de gestión, para mitigar y compensar.



1. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

1.1. Recursos Hídricos

1.1.1 Disponibilidad de agua en Chile

Chile cuenta con 1.251 ríos ubicados en 101 cuencas a lo largo del territorio, cuyas aguas drenan una superficie de 756.102 km². En ella encontramos 12.784 cuerpos de aguas, considerando lagos y lagunas y 24.114 glaciares (Dirección General de Aguas, 2016). En general, los recursos hídricos presentes en ellos contienen agua de buena calidad y son importantes reguladores de los flujos en las cuencas. (Ministerio de Obras Públicas, 2013)

Bajo este contexto, Chile es considerado como un país privilegiado en materia de recursos hídricos, según el Banco Mundial, la disponibilidad media del agua en Chile es de 53.000 m³ por habitante al año, superior al promedio mundial de 6.600 m³ por habitante al año y mayor que el valor considerado internacionalmente para cumplir con un desarrollo sostenible de 2.000 m³ por habitante al año. (Ministerio de Obras Públicas, 2012).

Tabla 1: Disponibilidad del Agua en Chile por habitante. (MOP, 2011).

Región	M ³ /persona/año	Región	M ³ /persona/año
Arica y Parinacota	854	Maule	23.978
Tarapacá	-	Biobío	21.556
Antofagasta	52	Araucanía	49.273
Atacama	208	Los Ríos	136.207
Coquimbo	1.020	Los Lagos	-
Valparaíso	801	Aysén	2.993.585
Metropolitana	525	Magallanes	1.959.036
O'Higgins	6.829	MEDIA	53.923

Fuente: Adaptado del Banco Mundial 2011.

Se observa en la Tabla 1 la disponibilidad de agua en Chile por habitante, según la división político-administrativa del país. Esta disponibilidad está distribuida de manera desigual desde la región de Arica hasta la Región Metropolitana, con un valor insuficiente y por debajo del umbral internacional para el desarrollo sostenible. El caso más extremo se presenta en las regiones de Antofagasta y Atacama con 52 y 208 m³/habitante mientras que hacia el centro-sur, regiones como O'Higgins y la Araucanía supera los 6.000 m³/persona/año, llegando hasta los 49.000 m³/persona/año, mientras que, en zonas australes como la región de Aysén y Magallanes, la disponibilidad es muy superior, llegando a ser una de las reservas hídricas más grandes en el mundo. Además, la geografía del país y los diferentes climas hacen que la disponibilidad de recursos hídricos sea de forma irregular. (Santibáñez, 2016).

Según Quintana (2004), la precipitación es el principal aporte de recurso hídrico en una cuenca y es uno de los principales factores cuando se analiza la disponibilidad de agua superficial; pero las proyecciones de las precipitaciones en el país hacia el 2050 muestran una disminución, lo que trae como consecuencia un clima más seco en comparación con la media histórica; las áreas más afectadas serán las regiones entre Atacama y Los Lagos, las más productivas desde el punto de vista agrícola y con mayor concentración de población del país.

Otra forma de evaluar la disponibilidad del recurso hídrico es a partir del caudal susceptible a otorgar mediante derechos de aprovechamiento de agua, ya sean estos permanentes o eventuales, de ejercicio continuo, discontinuo y alternado. (Dirección General de Aguas, 2016).

Además, en el Tercer Informe del Medio Ambiente (2020) se detalla que la mayor parte de los cuerpos de agua han experimentado un descenso. Entre los principales lagos (aquellos con mayor superficie de espejo de agua) la mayoría presenta descenso de nivel, a excepción del Villarrica, Ranco y El Toro. (SINIA, 2020). Uno de los factores a considerar en esta baja de disponibilidad es el incremento de temperaturas y la frecuencia e intensidad de olas de calor del último tiempo, atribuida a una mega-sequía que data del año 2008. (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015).

1.1.2 Presiones sobre los recursos hídricos

Por otro lado, el aumento de la población y las actividades económicas han ejercido presión sobre la disponibilidad de agua, lo que ha llevado a declarar numerosas regiones como agotadas tanto en sus aguas superficiales como subterráneas (Valdez-Pineda et al., 2014). La Figura N°1, muestra la relación entre la demanda y la disponibilidad hídrica del país, además de las zonas declaradas con escasez hídrica.

Desde la región Metropolitana al norte, se observa que existe una relación negativa entre la demanda y la disponibilidad de agua, esto se debe a la baja cantidad de agua caída de precipitaciones en esta zona y la excesiva demanda debido a las actividades productivas como la minería. (Valdez-Pineda et al., 2014). Mientras que, hacia el sur, ocurre todo lo contrario, debido al aumento de precipitaciones. En Chile, el tipo de contaminación de las aguas cambia según la zona y a su vez, esta se debe al tipo de uso. En la zona norte, como muestra la Figura 1 b), existen acuíferos en color rojo, declarados como agotados,

también existen los acuíferos protegidos (de color naranja) donde se prohíbe su explotación, el amarillo corresponde a los acuíferos restringidos, en donde existe un alto riesgo de agotamiento, por lo que solo se pueden constituir derechos de agua de tipo temporal y finalmente los de color gris, los cuales son acuíferos prohibidos, en donde el recurso simplemente se agotó, o su tipo de agua es de mala calidad lo que no permite su uso. (Valdez-Pineda et al., 2014).

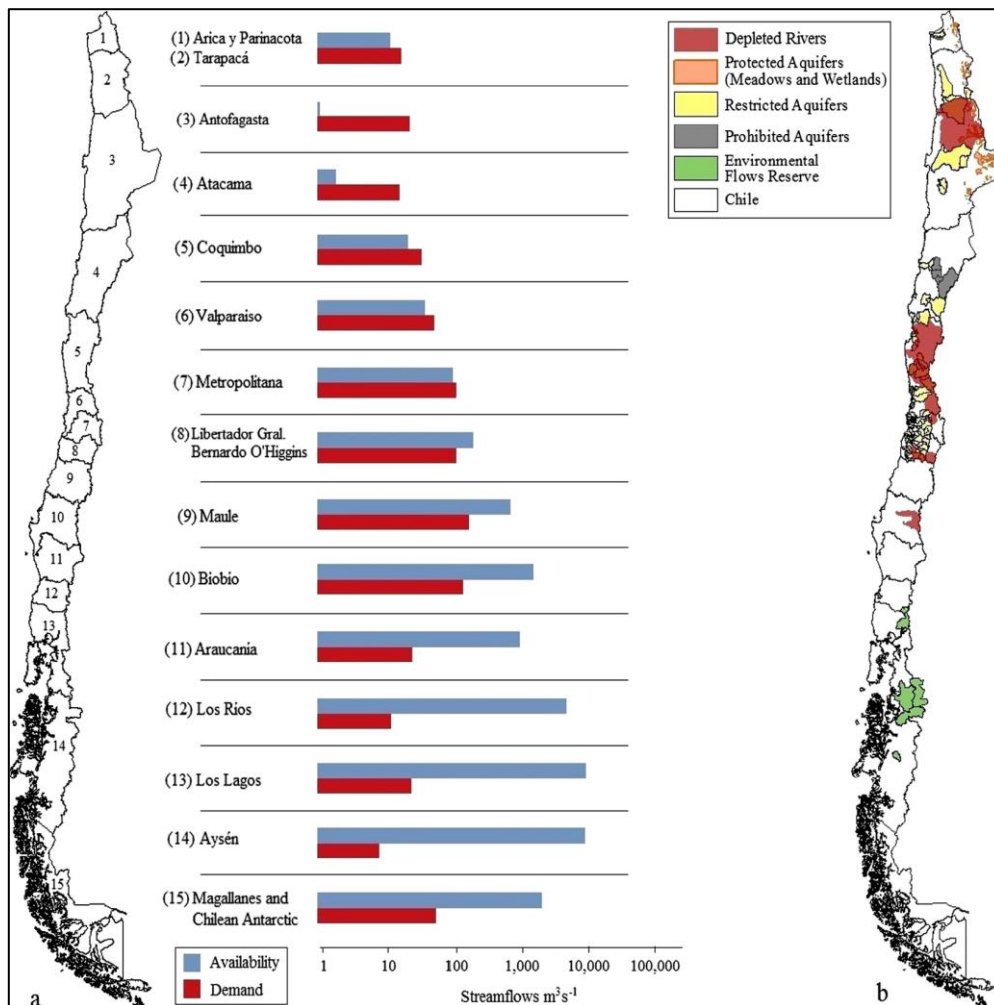


Figura 1: Disponibilidad hídrica en Chile. (a) Relación entre el caudal superficial y la demanda de agua ($m^3 s^{-1}$) para cada región administrativa. (b) Condiciones legales determinadas por el Gobierno de Chile para los ríos y acuíferos.

Fuente: Valdez – Pineda et al., 2014.

Continuando con esta zona, una de las presiones que más destaca es la minería, la cual genera contaminación por metales pesados ya sea, por vertidos, transporte o almacenamiento, estos generan concentraciones de minerales y relaves con un gran potencial tóxico, dañando ecosistemas costeros y aguas superficiales (Schalscha y Ahumada, 1998). Adicionalmente, la zona destaca por contar con suelos salinizados, lo que afecta a su vez el agua subterránea, debido a la escasez de precipitaciones y una alta evaporación y evapotranspiración.

En cambio, en la zona central la mayor presión se debe a la agricultura y la expansión urbana, quienes han generado contaminación difusa por uso de fertilizantes. (Dirección General de Aguas, 2016). En esta zona, se pueden encontrar problemas de calidad de agua, sobre todo aguas abajo de las áreas urbanas, debido a la descarga de aguas residuales. De igual forma es importante destacar que la contaminación difusa derivada de las actividades industriales es difícil de determinar y monitorear. (Fundación Chile, 2016).

Por el contrario, hacia el sur, se pueden encontrar grandes cantidades de cuerpos de aguas, mayoritariamente lagos, los cuales también se ven afectados debido a una gran cantidad de presiones. Estos sistemas, en el último tiempo están presentando contaminación en sus aguas y condiciones de eutrofización, debido al aumento de nitrato y fósforo. (EULA, 2015). Estos cuerpos de agua corresponden a ecosistemas acuáticos con alto tiempo de residencia, con un cambio de trofia como un proceso natural; pero que se está viendo acelerado por las acciones antrópicas.

En esta zona sur, las principales actividades que destacan son: el cambio de uso de suelo por la deforestación y la explotación forestal, la construcción de

caminos, las descargas de aguas servidas, las descargas industriales, la introducción de especies exóticas, la construcción de embalses para riego y para producción de hidroelectricidad, el desarrollo urbano, la aplicación de fertilizantes de uso agrícola, la recreación y el turismo además de la salmonicultura. (EULA, 2015)

En General, son escasos los ambientes acuáticos a lo largo del país que han escapado de tener presiones, ya que además de forma indirecta, Chile tiene un alto riesgo de afectación por el cambio climático. (Dirección General de Aguas, 2016). Inclusive, en enero 2020 el país inicio el trámite para presentar un proyecto de ley denominado Ley Marco de Cambio Climático para establecer como meta el alcanzar el carbono neutralidad al año 2050.

Además, se proyecta un aumento en la frecuencia de eventos extremos, tales como sequías e inundaciones fluviales y costeras debido al cambio climático. Todos estos cambios tendrán repercusión directa o indirecta sobre la mayor parte de las actividades productivas del país y, por supuesto, también en las personas, en el medio ambiente y en la biodiversidad. (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, MMA 2020).

1.2 Gestión del agua

Las Presiones, la contaminación del agua, la perdida y degradación de hábitats en los cuerpos de agua a causa de los impactos del calentamiento global, junto a las perturbaciones humanas ha originado que un gran número de naciones desarrolle distintas iniciativas para implementar estrategias de gestión destinadas a mitigar la disminución de la calidad del agua y la pérdida de hábitat

con el fin de que estos sigan caracterizándose por prestar servicios ecosistémicos a la sociedad.

En general, el objetivo principal que presentan estas iniciativas internacionales es mejorar la calidad y el estado ecológico de las aguas continentales mediante la identificación de factores estresantes e implementando estrategias de gestión sostenible respaldadas por frecuente monitoreo. (Dörnhöfer & Oppelt,2016). Algunos ejemplos son la Directiva Marco Europea del Agua (2000), el Acuerdo de la Calidad del Agua de los Grandes Lagos de EE. UU y Canadá (1972), la Red Canadiense de Pulso de Lagos (2016) y la Estrategia Nacional de Gestión del Agua de Australia y Nueva Zelanda. (1992).

En Chile, la gestión de los recursos hídricos opera en base a un modelo de mercado, donde el agua se comercializa y se regula por el código de aguas de 1981. Este modelo, el cual se considera también de desarrollo económico se encuentra ligado a una apertura hacia el exterior, en el marco de una economía de mercado ligada a los recursos naturales. (Ibáñez, 2014). Manteniendo hasta el día de hoy un modelo de sustentabilidad débil (Bachmann,2006). Por lo que, para avanzar en sustentabilidad en el uso de este recurso, es necesario desarrollar políticas que, apoyadas en la ciencia, logren un buen manejo de estos sistemas considerando todos los intereses relacionados. (Davies y Mazumder, 2003).

De modo complementario, en la década de 1980, dentro de lo que es la Red de Calidad de Aguas, la Dirección General del Agua (DGA) a través del departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos (DCPRH), comenzó el desarrollo de la “Red Nacional Mínima de Control de Lagos” que

tiene como objetivo generar información pública y sistemática para caracterizar los lagos y lagunas del país, incluyendo el estado trófico.

El control de las emisiones a cuerpos de agua superficiales y marinas son reglamentadas por el decreto supremo N°90/2000, mientras que las descargas a aguas subterráneas están normadas por el decreto supremo 46/2002 (SINIA, 2020). Coincidentemente, la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente en su artículo 7° bis, entrega los mecanismos normativos para llevar a cabo un manejo integrado de cuencas hidrográficas mediante una evaluación ambiental estratégica, en donde se deben considerar etapas de diseño y aprobación, así como los criterios de desarrollo sustentable, debiendo instar la participación de otros entes del estado relacionados con los alcances del plan o política de gestión. (Bachmann,2006).

En la actualidad, para el caso de los lagos, solo dos cuentan con Norma Secundaria de Calidad del Agua, ellos son el Lago Villarrica y el Lago Llanquihue, los que se destacan por ser dos sistemas fuertemente impactados por actividades humanas, permitiendo que su monitoreo sea continuo; pero solo debido a esta normativa. En nuestro país, el monitoreo lacustre se encuentra a cargo de la Dirección General de Agua (DGA) el cual se centra solo en registro de parámetros físicos y químicos (pH, concentración de clorofila, oxígeno disuelto, nutrientes, etc.) como descriptores de la calidad del agua, sin incluir el monitoreo de la diversidad biológica. Esta falta de información representa un serio obstáculo para evaluar la integridad de las aguas continentales, lo que dificulta la creación de estrategias de conservación y gestión sustentable en los recursos hídricos del país. (Habit et al., 2019).

1.3 Modelo DPSIR

Moser, 2014 detalla que una de las formas de gestionar y documentar la dinámica de los sistemas sociológicos a varias escalas temporales, es a través de modelos conceptuales, que describan las percepciones y comportamiento de los individuos en relación con el medio ambiente.

Uno de los modelos más completos para organizar esta información, involucrando el desarrollo sustentable es el Modelo DPSIR, el cual es considerado para organizar factores de sostenibilidad ambiental. Sus siglas DPSIR se definen como: Fuerza Motriz (causa) – Presión - Estado-Impacto-Respuesta. (del inglés, *Driving force – Pressure – State – Impact – Response*).

El enfoque de este modelo inicia desde la metodología RPS (presiones, estados, respuestas) propuesto y adoptado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 1999) el que ha demostrado ser muy útil en la descripción de orígenes y consecuencias de problemas ambientales. (OECD, 2003 y 2008). Su origen es a partir de estudios sociales y se utiliza para la organización de indicadores en el contexto del desarrollo sustentable y el medio ambiente.

Se trata de un modelo sencillo que explica las relaciones del hombre y su entorno, basado en las relaciones causa-efecto entre los componentes que interaccionan en los sistemas sociales, económicos y ambientales, los cuales están interrelacionados entre sí por naturaleza.

Así lo refieren Aguirre (2002) y Quintana (2011), quienes detallan que el modelo se fundamenta en una lógica donde según el desarrollo social y económico (actividades humanas) puede tener influencias positivas o negativas originando

presiones sobre el medio ambiente, las que pueden dan lugar a una serie de cambios en su estado, resultado de estos cambios es la aparición de impactos, los cuales pueden ser sobre la salud o los recursos naturales, haciendo que la sociedad actúe (movimientos sociales o institucionalmente) proponiendo programas y políticas ambientales que mitiguen o reduzcan las presiones humanas sobre el medio ambiente (Ibáñez, 2014), esta relación se puede apreciar en la Figura 2:

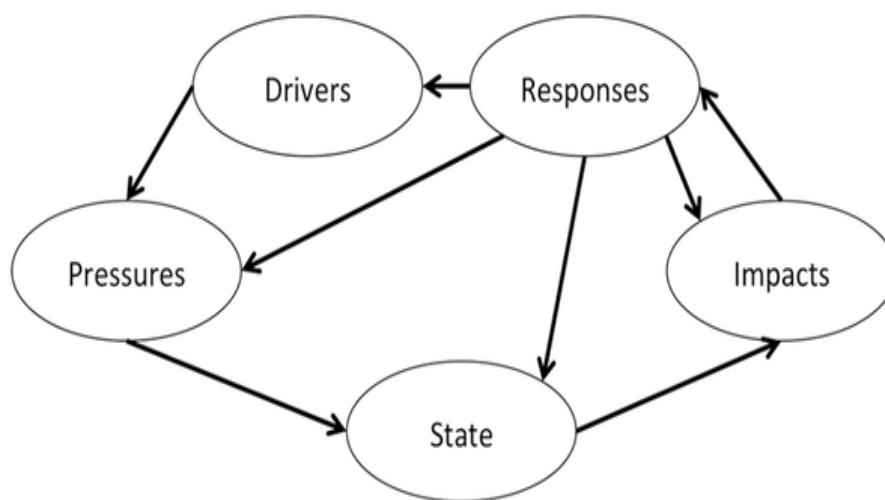


Figura 2: Modelo Conceptual DPSIR

Fuente: Ness et al, 2010

En términos generales, el marco DPSIR comprende un enfoque sistemático de la gestión ambiental mediante la exploración de los vínculos interdisciplinarios entre los impulsores socioeconómicos, las presiones relacionadas con el medio ambiente, el estado del medio ambiente, los impactos de los cambios ambientales y, finalmente, las respuestas sociales.

Es por ello, que en varios países utilizan este modelo para la planificación de cuencas hidrográficas y para diferentes enfoques como se puede observar en la Tabla 2. Asimismo, la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000) establece bases y

principios para la protección de sus aguas, aplicándolo ampliamente en el marco de gestión integrada de los recursos hídricos.

Tabla 2: Publicaciones científicas utilizando la metodología DPSIR.

Enfoque	Autor
Planificación de Cuencas Hidrográficas	De Kok Et al 2009
Enfoque ecosistémico	Atkins et al., 2011
Gestión de la agricultura y la pesquería	Mangi et al., 2007
Evaluación de la cuenca del río Lemone al norte de Italia	Benini et al 2010
Manejo de cuencas	Wei et al (2007)
Manejo integrado de áreas protegidas costeras y/o Marinas	<ul style="list-style-type: none"> • Cassazza et al 2002 • Elliot (2002) • Beliaeff y Pelletier (2011)
Valoraciones de servicios ecosistémicos	Keible et al 2013

Incluso, el uso del análisis DPSIR en el País Vasco, junto con las metodologías en la identificación de presiones e impactos relevantes, se ha demostrado como un enfoque útil para evaluar el riesgo de incumplimiento de los objetivos de la DMA.

Es por lo anterior, que se propone el modelo DPSIR, como una herramienta necesaria para identificar problemas en torno al recurso, ya que fomenta una mayor participación de todos los actores involucrados, además de permitir una gestión sustentable del recurso hídrico existente.

1.4 Cuenca Río Valdivia

A lo largo del territorio nacional se han identificado un total de 368 lagos, de los cuales el 97% se encuentran en la zona sur y austral (Dirección General de Aguas, 2016). Una de las cuencas que se encuentra en estas zonas, específicamente en la zona sur, es la cuenca del río Valdivia, la que destaca por contener 7 grandes cuerpos de agua dentro de ella y, así mismo forma parte de una red de lagos llamados Nor-patagónicos o Araucanos.

Se entiende por lago Nor-patagónico a los cuerpos de agua que se ubican entre los paralelos S 39°00' y S 41°30'. Estos lagos son importantes reservorios de agua dulce que se ubican en zonas geográficas de alta biodiversidad, mantienen una buena condición trófica, altas transparencias y aportan diversos servicios ecosistémicos de gran valor tanto para los habitantes del territorio como para sus visitantes. (EULA, 2020). Sin embargo, el proceso de eutrofización natural pudo haberse acelerado en estos cuerpos debido a las actividades productivas, ya que los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Estos sistemas son en su mayoría de origen glacial, con bajas concentraciones de clorofila a, y baja productividad, caracterizándolos como cuerpos de agua de tipo oligotróficos.

La presión sobre estos recursos hídricos ha ido en aumento, dentro de las que destacan en la zona sur: el vertimiento accidental de contaminantes, uso en riberas de lagos, usos en acuicultura, descargas de aguas servidas domiciliarias, además de los efectos del cambio climático se encuentran mayores épocas de sequía y eventos de precipitación de alta intensidad. Así mismo, el evento ocurrido en la cuenca, particularmente en el río Cruces en el año 2004 ha significado un profundo cambio en la institucionalidad y gestión debido al impacto

socioambiental que causó. Además, respecto al caudal otorgado mediante derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, las cuencas donde existen mayores caudales a enero de 2020 son los ríos Biobío, Valdivia y Bueno con 288 mil, 95 mil y 50 mil litros por segundo de agua, respectivamente. Estos valores consideran la suma de los caudales inscritos por titulares autorizados por la DGA. (SINIA, 2020), siendo el derecho de aprovechamiento de agua, una fuerte presión en la cuenca.

En consecuencia, en el año 2017 tuvieron lugar los Acuerdos Voluntarios para la Gestión de Cuencas, proyecto CORFO liderado por la Agencia de Sostenibilidad y Cambio Climático. Estos acuerdos involucran a algunos lagos que se encuentran dentro de la cuenca del río Valdivia, formando el “Acuerdo Voluntario para la gestión de la cuenca de los lagos Riñihue, Panguipulli, Calafquén y sus afluentes”, con vigencia de 5 años desde enero-2018. La finalidad de este acuerdo es contribuir de manera colectiva a la recuperación y conservación ambiental, validando los instrumentos territoriales, dar seguridad a la población de vivir en un ambiente libre de contaminación, gestionar de manera integrada los recursos hídricos con avances en monitoreo y entregar conocimiento de las condiciones oligotróficas de los cuerpos de agua. (AVGC, 2018).

A pesar de este acuerdo voluntario, no se cuenta con una correcta gestión ni protección de la cuenca que pueda controlar la sobreexplotación de sus aguas, debido a que entrega medidas a cuerpos de agua de formas puntuales, por lo que se necesita desarrollar medidas de enfoque preventivas y descentralizadas, que abarquen a las cuencas de forma completa.

2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Existen presiones en los sistemas lacustres de la cuenca del río Valdivia que se relacionan a amenazas naturales y antrópicas, sin embargo, no se conocen acciones para lograr la sustentabilidad. Por lo tanto ¿Cuáles son las posibles medidas de gestión, mitigación o compensación, que se pueden tomar para corregir los impactos negativos?

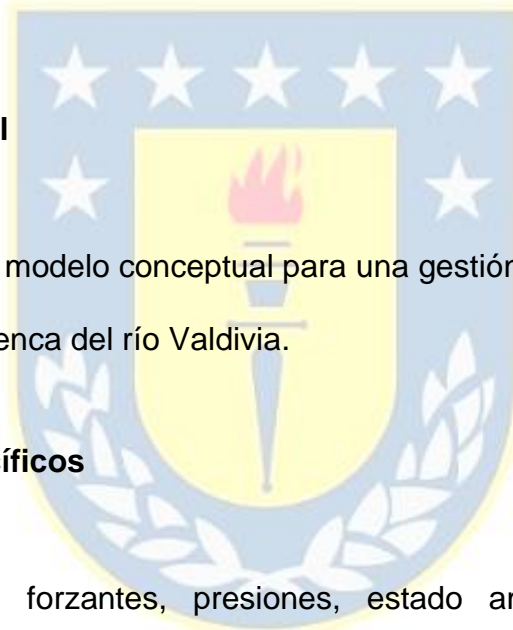
3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Desarrollar un modelo conceptual para una gestión ambiental en los lagos de la cuenca del río Valdivia.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las forzantes, presiones, estado ambiental, impactos y respuestas en lagos de la cuenca del río Valdivia.
- Establecer relaciones forzantes-presiones-estado-impactos y respuestas en un modelo conceptual DPSIR para los lagos de la cuenca.
- Generar un listado de medidas de gestión para los impactos identificados.



4 METODOLOGÍA

4.1 Área de Estudio

La cuenca del río Valdivia forma parte de dos regiones; la región de la Araucanía y la de los Ríos en la zona sur de Chile, siendo la primera cuenca que se genera más allá de la línea de frontera con Argentina, lo que la constituye como trasandina. Tiene una extensión total de 10.275 km² y una de sus características fundamentales es la cadena de grandes lagos dispuestos en serie que contiene en su parte alta (Woelfl et al., 2003), los que se pueden apreciar en la Figura 3.

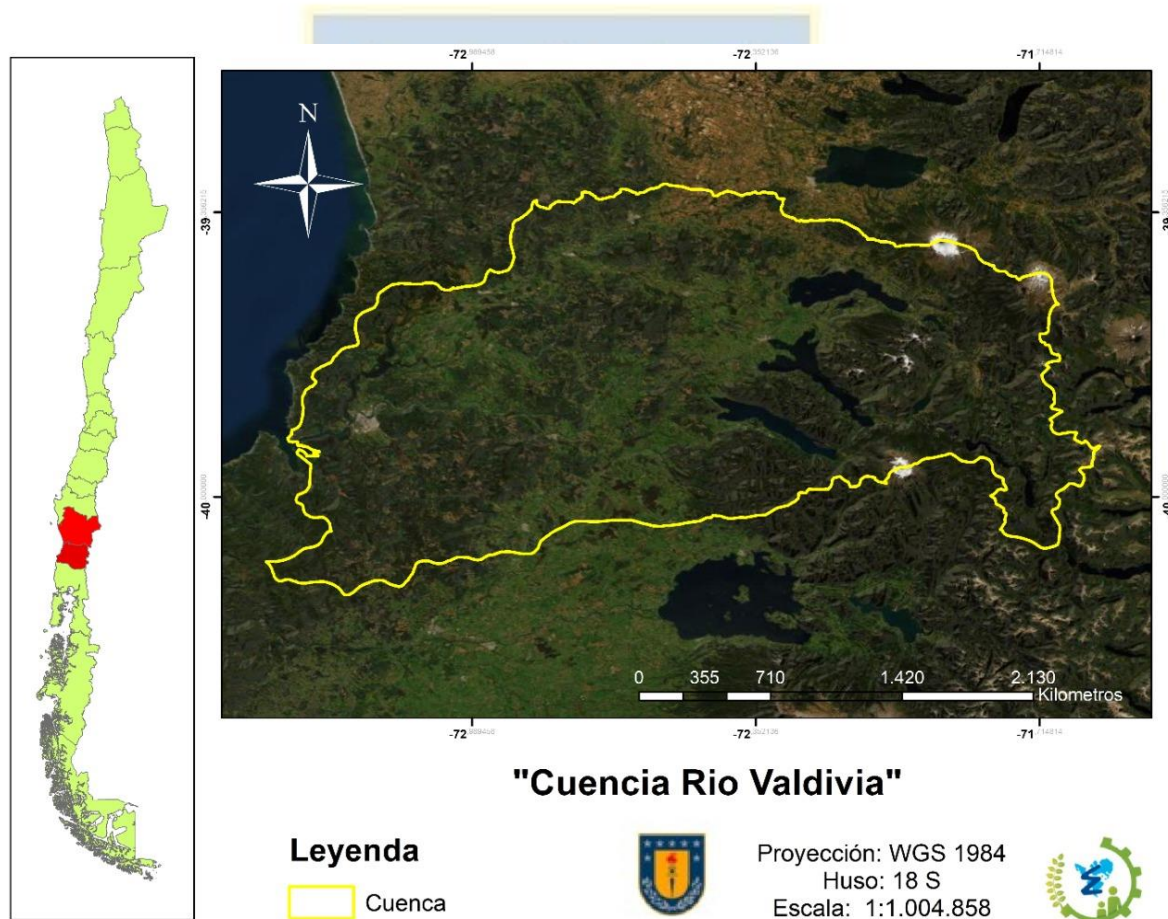


Figura 3: Delimitación Cuenca río Valdivia.

Fuente: Elaboración Propia.

Los lagos que forman parte de este sistema son los cuerpos de agua Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque y Riñihue, siendo este último el que se origina en el extremo poniente del lago Lacar con el nombre de río Huahum, el cual cruza la frontera para luego desembocar en el extremo suroriental del lago Pirihueico. (Correa, 1999).

Esta cuenca presenta dos tipos de clima: Clima templado cálido lluvioso con influencia mediterránea (en el sector centro y bajo de la cuenca) y Clima templado frío lluvioso con influencia mediterránea. (sector precordillerano). La zona de estudio pasa constantemente por periodos en que se presenta un superávit o, por el contrario, un déficit en las precipitaciones. (Dirección General de Aguas, 2004).

La cuenca presenta un régimen pluvial, es decir, las crecidas ocurren principalmente en los meses de invierno. Sin embargo, es posible advertir una leve influencia nival en la parte alta de la cuenca, específicamente en los afluentes del Lago Neltume. (Dirección General de Aguas, 2004). En ella destacan los Volcanes Quetrupillan y Choshuenco como importantes formadores del relieve de esta cuenca, así como las glaciaciones acontecidas durante el periodo cuaternario. (Dirección General de Aguas, 2004).

Además, según la información que entrega la página de Hidroelectricidad Sustentable a cargo del Ministerio de Energía, la población total de la cuenca es de 304.202 habitantes.

4.2 Identificar forzantes, presiones, estado ambiental e impactos en lagos de la cuenca del río Valdivia

Esta metodología se basa en el uso del enfoque del modelo Fuerza-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), que permite organizar un conjunto de factores relevantes a considerar en el sistema de gestión y aclara las relaciones de causa-efecto hacia una gestión más eficaz y eficiente en el recurso hídrico. Su utilización es tan extendida que se encuentra en la mayoría de los anuarios de medio ambiente de los países desarrollados y en muchos de los elaborados por los organismos internacionales como Naciones Unidas, la OCDE y la Agencia Europea de Medio Ambiente.

A continuación, se analizan en orden los elementos dentro de este modelo, de acuerdo con lo que describe la Directiva Marco del Agua. (DMA, 2000):

- Fuerzas Impulsoras (Drivers): También llamado fuerzas motrices describe las condiciones ambientales, sociales, demográficas y económicas que influyen significativamente sobre las presiones.
- Presiones (Pressure): Son las actividades humanas que causan o pueden causar problemas en el medio ambiente. Los indicadores de presión describen la emisión de sustancias contaminantes, y el uso de los recursos naturales.
- Estado (State): El estado puede describirse como las condiciones del sistema en un momento específico y están representados por un conjunto de atributos que son afectados por las presiones. El estado depende además de las condiciones naturales, de las presiones sobre el medio y

de las medidas de protección del medio ambiente que se hayan implantado.

- Impacto (Impact): Los impactos muestran las consecuencias de los cambios en el estado del medio ambiente o en la población, una vez identificadas las presiones que actúan sobre los cuerpos de agua.
- Respuesta (Response): Se refiere a las acciones que realizan tanto las autoridades, como la sociedad en general, ya sea en orden a disminuir los impactos ambientales o también para adaptarse a éstos. Estas acciones afectarán el estado de los componentes del medio ambiente, así como las presiones y las fuerzas motrices.

La identificación de este modelo se basa en un levantamiento de información y el análisis de bases de datos secundarios existentes y disponibles de portales de Internet, artículos y datos oficiales publicados.

A continuación, se exponen las líneas generales seguidas para el análisis de Fuerzas Impulsoras, Presión, Estado, Impactos y Respuestas, para llevar a cabo su identificación en los lagos de la cuenca del río Valdivia:

Fuerzas Impulsoras: Como se menciona anteriormente, las fuerzas impulsoras o motrices se refieren a cualquier “factor” que produzca un efecto ambiental, o induzca un cambio ambiental, estos pueden ser de forma natural o inducidos por el hombre.

Para la selección de las forzantes se seguirá el enfoque utilizado en otros países como *Bowen y Riley (2003)*, *Borja et al., (2006)*. En donde en función de un conjunto de factores basados en datos bibliográficos, se seleccionan los que reflejarían una adecuada interacción.

Ejemplos de impulsores:

- Demográficos (Población, número de hogares, etc.)
- Económicos
- Culturales
- Sociopolíticos

Para identificar las forzantes capaces de provocar impactos en la calidad del agua, se analizará la información disponible en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y datos de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), que guarda relación con el desarrollo de actividades, además del catastro de unidades fiscalizables. Hay que tener en consideración que las forzantes no son específicas, debido a que una misma variable puede tener un impacto económico-social positivo; pero uno negativo en la dimensión ambiental en cada uno de los lagos en el área de estudio. Rara vez son observados de manera directa por lo que deben ser caracterizados entendiendo sus efectos. (MEA 2003).

Presiones: Son producidas por las actividades humanas de forma directa. Para la identificación de estas se realizará en base a lo que indica la Directiva Marco del Agua (DMA) en donde se recopilara información bibliográfica sobre el tipo y la magnitud de las presiones antropogénicas significativas a las que pueden estar sometidos las aguas superficiales, en particular, a modo de ejemplo esta estimación se basa en factores como:

- Contaminación de fuente puntual.
- Contaminación por fuente difusa.
- Extracción de agua.
- Alteraciones hidro-morfológicas.
- Cambios uso de suelo.

La identificación de las presiones es de acuerdo con las forzantes identificadas anteriormente, se seleccionan las presiones que pueden producir impactos en la calidad de las aguas, tanto a nivel general como particular.

Estado: Un buen estado en los sistemas acuáticos se da cuando las concentraciones de contaminantes no exceden los estados de calidad ambiental, de acuerdo con la normativa vigente.

Para conocer el estado actual en el que se encuentran los lagos, se analizarán bases de datos fisicoquímicos y estudios y publicaciones científicas que detallen el estado actual de los lagos.

Esta información será descargada desde la Dirección General de Aguas (DGA), Universidades u otras instituciones público-privadas, redes de monitoreo de universidades e información recabada de la revisión y sistematización de estudios y publicaciones científicas

Impactos: Para la identificación de este punto, se debe comprender que un impacto se define en el modelo, como el efecto ambiental que produce una determinada presión. (DMA, 2006).

Por ello, se realizará una tabla de impactos con cada uno de los componentes. En esta se debe indicar el componente afectado y se señalará cual proceso es el que se ve afectado, de tipo matriz causa-efecto.

Respuestas: Para la identificación de este punto, se realizará un levantamiento de información dando énfasis en las respuestas que a nivel local, comunal o nacional se están o se han ido implementando a lo largo del tiempo, específicamente en materia institucional revisando las páginas de las municipalidades correspondientes y la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (BCN).

4.3 Establecer relaciones forzantes-presiones-estado-impactos y respuestas en un modelo conceptual DPSIR para los lagos de la cuenca

Para establecer las relaciones del modelo, se debe comprender que todos los elementos que lo componen están relacionados entre sí, como si de una cadena de conexiones se tratase, además se debe considerar al área de estudio descrita como un sistema socio ecológico y parte de un ciclo hidro social.

La metodología del modelo es de tipo causa-efecto la cual plantea el reto que la valoración de los ecosistemas tiene con el bienestar humano, traducido finalmente en las respuestas que las forzantes y presiones puedan tener, dejando en claro que tanto las forzantes como las presiones actúan de manera conjunta para identificar los impactos.

Estas relaciones se pueden apreciar en la Figura 4, donde se muestra de manera conceptual la interrelación entre los componentes.

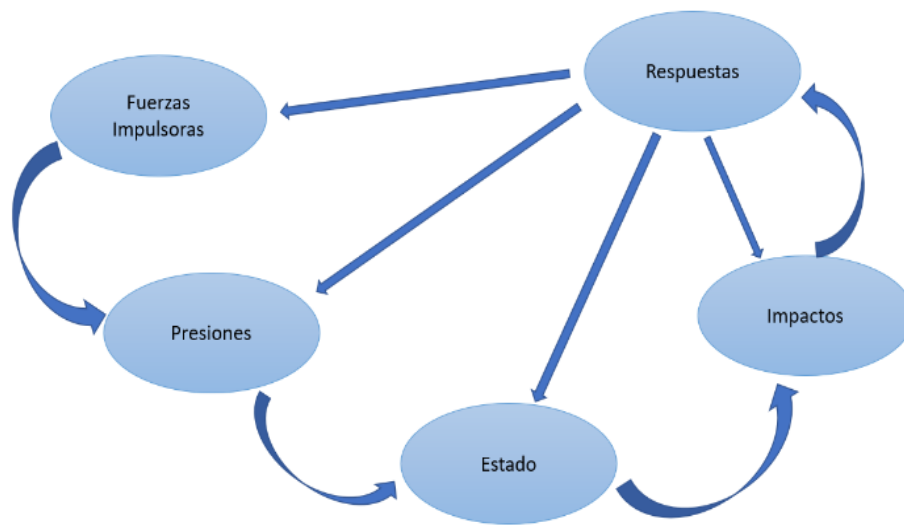


Figura 4: Interacción Modelo Conceptual DPSIR.

Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera, se establecerán las principales relaciones Forzantes- Presiones-Estado-Impacto-Respuestas en un modelo conceptual genérico a nivel de cuenca y, además se confeccionará un modelo conceptual para cada lago en base a la información que se identifique en el objetivo específico anterior.

4.4 Generar un listado de medidas de gestión para los impactos identificados

Se elaborará un listado de medidas de gestión para los impactos que se identifiquen en el objetivo específico 1, entregando la actividad que produce este impacto y la medida correspondiente que se propone para reestablecerlos o mitigarlos.

Además, es importante resaltar que, si se reducen las presiones, se reducen los impactos. Es decir, una estrategia puede ser generar propuestas de medidas de gestión PREVENTIVAS, más que curativas.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados para el objetivo N°1: Identificar forzantes, presiones, estado ambiental impactos y respuestas en lagos de la cuenca del río Valdivia

5.1.1 Fuerzas Impulsoras

Las fuerzas motrices o impulsoras identificadas para el área de estudio de acuerdo con la información disponible en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y datos de la Superintendencia de Medio Ambiente del Ministerio de Medio Ambiente (SMA-MMA) están asociadas a procesos o conjunto de procesos que actúan de manera difusa, lo que altera la función de los ecosistemas generando una o más presiones.

Esta información fue sistematizada en cartografías para cada lago correspondiente a la cuenca, detallando las unidades fiscalizables a las que corresponde cada proyecto para lograr una mayor comprensión. Esta clasificación de proyectos se puede apreciar en detalles en el Anexo correspondiente a “Unidades Fiscalizables”. Estas forzantes corresponden a componentes demográficos, económicos, sociopolíticos, culturales y tecnológicos; donde

muchas veces la interacción de varios de estos forzantes aumenta la demanda y el consumo de los recursos. De manera excepcional y de acuerdo con el contexto natural de nuestro país, se consideran forzantes de tipo natural que ejercen una presión indirecta en los ecosistemas naturales.

En consecuencia, las forzantes identificadas se presentan en la Tabla 5 de manera general y a continuación, se detalla cada una de estas en base a la recopilación y análisis de datos a nivel nacional, así como en el área de estudio:

5.1.1.1 Demográficas

Entre las fuerzas impulsoras correspondientes a actividades demográficas, según el levantamiento de información estas corresponden a:

5.1.1.1.1 Desarrollo Demográfico rural

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2019), la población total estimada de Chile para el año 2019 asciende a 19.107.216 habitantes. La población rural, por su parte, alcanza a 2.223.520 habitantes, con una alta variabilidad en su distribución regional. Así, en las regiones Metropolitana y de Antofagasta, no supera el 4%, mientras en varias regiones de la zona centro-sur del país -como Maule, Ñuble, Araucanía y Los Ríos- representa al menos 25% del total regional.

Desde el punto de vista del desarrollo demográfico en la cuenca del río Valdivia y la información disponible en la página de Hidroelectricidad Sustentable a cargo

del Ministerio de Energía, la población total de la cuenca es de 304.202 habitantes.

No obstante, de acuerdo con la base de datos recopilados a través del censo del año 2002, la población total de la cuenca, de acuerdo con sus comunas se muestra a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Población Total Cuenca Río Valdivia.

Nombre Asentamiento	Población Total 2002	Población Total Urbana 2002
Valdivia	140.559	129.952
Panguipulli	33.273	15.888
Loncoche	23.037	15.223
Los Lagos	20.168	9.479
Paillaco	19.237	9.973
Lanco	15.107	10.383
Mafil	7.213	3.796

Al interior de la cuenca, en la zona precordillerana y llano central, se encuentran asentamientos humanos que, comparados con el censo del año 2017, poseen un importante porcentaje de población urbana, teniendo una leve expansión, esto corresponde principalmente a la localidad de Panguipulli, que se encuentra en la vertiente occidental del lago Panguipulli y que en el año 2002 era la segunda comuna con más habitantes después de Valdivia.

Hacia el Norte de la cuenca, se incluye una parte de la región de la Araucanía, correspondiente al lago Calafquén, el cual incluye el balneario conocido como Licanray, a 30 km de Villarrica, además del balneario Coñaripe. A pesar de que esta localidad tuvo una baja considerable de habitantes después del terremoto de Valdivia de 1960, en la actualidad es una de las zonas que se encuentra en crecimiento de desarrollo demográfico rural debido al aumento de la actividad

turística. Su población actual, según lo detalla la Municipalidad de Villarrica es de 6.700 habitantes aproximadamente.

Toda esta información se complementa con el levantamiento de información del área de estudio, donde en las cartografías de uso de suelo con las respectivas unidades fiscalizables, se puede observar la construcción de viviendas en el borde lago de todos los lagos de la cuenca, siendo el lago Neltume, el Lago Panguipulli y el lago Calafquén, los que cuenta con esta mayor forzante.

5.1.1.2 Económicas

Entre las fuerzas impulsoras correspondientes a actividades económica, según el levantamiento de información estas corresponden a:

5.1.1.2.1 Producción Acuícola

La acuicultura es la actividad productora de alimento para el ser humano que más rápido crecimiento tiene en la actualidad (Henriksson et al., 2018).

Esta producción en Chile se basa en diferentes tipos de especies, dentro de las cuales destaca la trucha y el salmón, esto según la investigación realizada por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), además se produce un pequeño volumen de turbot y moluscos.

El área de salones y el sector de pescas, son causantes de una serie de conflictos. De hecho, Doren et al. (2001) afirma que la salmonicultura se desarrolla sin internalizar los costos socioambientales, por no presentar

procedimientos razonables de sustentabilidad, lo que genera una fuerte presión por recursos naturales.

Hoy la salmonicultura, es catalogada como el cuarto sector exportador del país, generando alrededor de 50.000 empleos directos e indirectos, e involucra a unas 500 empresas, situando a Chile como la segunda industria productora de salmón del mundo. (CONYCIT, 2006). Desde el ámbito sectorial, la Ley 18.892 General de Pesca y Acuicultura, establece en su artículo 74° que: “La mantención de la limpieza y del equilibrio ecológico de la zona concedida, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten.

En la zona sur destacan fuertemente los cultivos de salmón del Atlántico, con un volumen de 385.799 toneladas aproximadamente según los datos del 2005 de SERNAPESCA, la trucha arcoíris con 122.962 toneladas y el salmón plateado con 102.494 toneladas de producción. Inclusive la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONYCIT) detalla que las especies de salmón y trucha representan el 84% de la producción acuícola del país (y prácticamente el 100% de la producción de peces originados en la acuicultura).

Asimismo, específicamente en la zona sur en la región de la Araucanía existen un total de 36 pisciculturas activas, en la región de los Ríos 21, y en la región de los Lagos 60, siendo un total de 117 pisciculturas operativas al año 2017 (INGELAND, 2017), además de 142 que no se encuentran operativas, y 4 sin información espacial.

En la cuenca del río Valdivia, los resultados para la forzante sobre producción acuícola, se hizo presente en 3 de los 7 lagos dentro del área de estudio, siendo

el lago Panguipulli el que se encuentra con más proyectos de pisciculturas según la base de datos que se generó en el levantamiento de información, siendo un total de 6 pisciculturas, seguido por el lago Neltume con 4 Pisciculturas y finalmente el lago Pullinque con 1, detallar que esta información es solo en base a los proyectos que entrega la Superintendencia de Medio Ambiente y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de las cuales no se sabe si están todas operativas

5.1.1.2.2 Actividad inmobiliaria

La actividad inmobiliaria, en estos últimos años ha tomado fuerzas en casi todo el país, aumentando la cantidad de edificios y casas en zonas urbanas; pero también lo ha hecho alrededor de los lagos, mostrando una expansión de la infraestructura urbana. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas, solo en el 2018, hubo un aumento de un 14% en suelos autorizados para la construcción de viviendas. Es evidente que la construcción es una actividad en constante desarrollo, que, a su vez, busca darle solución a las necesidades y demandas de una sociedad siempre creciente.

De los lagos en la cuenca del río Valdivia, solo los Lagos Calafquén, Panguipulli y Riñihue, tienen presencia de actividad inmobiliaria según el levantamiento de información correspondientes a Loteos y proyectos inmobiliario.

5.1.1.2.3 Infraestructura y transporte

Un informe de la OECD, indica que el concepto de accesibilidad está directamente relacionado con aumentar la posibilidad de viajar, optando por las vías de la reducción de tiempo, el costo del viaje u otras barreras, lo que finalmente aumenta la facilidad con la que una actividad social o económica puede ser alcanzada utilizando el sistema de transporte. (OECD, 2002).

En nuestro país las mejoras para infraestructura y transporte, depende principalmente del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (MTT). La primera es la encargada de todas las etapas necesarias para la materialización y explotación de los caminos públicos, aeropuertos, puertos y muelles, entre otros. Mientras que el MTT es el organismo encargado de proponer las políticas en materia de tránsito por calles, caminos y demás vías públicas. Es decir, el Ministerio de Obras Públicas es quien provee la infraestructura necesaria para el transporte y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones es quien se encarga de la integración de las diferentes clases y servicios de transporte.

Con respecto a los lagos de la cuenca, la forzante de tipo infraestructura y transporte corresponde a proyectos de tipo estación de servicio, establecimientos educacionales y reposición en la ruta de torres de comunicación, los cuales están presentes solo en el lago Panguipulli.

Asimismo, el lago Pirihueico es el único lago con presencia de forzantes de tipo infraestructura, pero de tipo portuaria, debido a la construcción de rampas.

5.1.1.2.4 Actividad Minera

La minería, junto con las faenas industriales y las prácticas agrícolas, se encuentra entre las actividades productivas que tiene más impacto en los suelos en Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Se trata de uno de los principales sectores económicos del país, concentrado especialmente en la zona norte del territorio, aunque muestra un desarrollo importante hacia otras zonas de más al sur.

En las últimas dos décadas, esta actividad ha tenido un marcado desarrollo en nuestro país, que va de la mano junto al crecimiento en el sector de la construcción, ejerciendo una fuerte presión sobre el recurso suelo. Si bien los áridos son sustancias del reino mineral («minas», en sentido geológico), por decisión normativa, están excluidos jurídicamente del concepto constitucional y legal de «minas» y no son consideradas por la normativa como «sustancias minerales» susceptibles de ser aprovechadas a través de una concesión minera (Vergara, 2011).

Ugarte (2014), detalla que en la extracción industrial de áridos existen diversas fuentes de obtención del recurso. Desde lechos de río, en que las faenas se desarrollan dentro del cauce extrayendo el material excedente generado por el arrastre de aguas desde pozos secos, cuya faena se desarrolla a tajo abierto y su fuente de recursos no está ligada a cursos de agua, sino que se extrae directamente de la excavación de un predio (Casanova, 2006) y desde canteras donde la extracción se realiza desde cerros por medio de tronaduras. (MOP, MINVU y CChC, 2001).

Esta actividad está presente en los lagos Calafquén y Panguipulli.

5.1.1.2.5 Actividad Turística

El turismo, en particular el internacional, es una actividad económica que cobra cada vez más relevancia en Chile. Las estadísticas oficiales del Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) evidencian un sostenido incremento de los turistas extranjeros a partir de 2008, alcanzando su máximo en 2017, con 6.449.883 visitantes, para luego bajar hasta los 4.517.962 turistas en 2019.

La actividad turística es una importante fuente de desarrollo para la región de los Ríos, tanto para Valdivia su capital, como para sus demás zonas interiores. Para las zonas de tipo lacustre, destaca la gran cantidad de balnearios como el sector Coñaripe y Licanray en el Lago Calafquén y Panguipulli en el Lago de su mismo nombre. Debido a esta gran cantidad de balnearios en sus lagos, nace la denominación de Siete Lagos, denominación que parte en el año 2000.

Igualmente, esta región destaca en la zona cordillerana debido a que los principales atractivos son los centros termales junto a las reservas y parques naturales existentes.

Los resultados de acuerdo con la presencia de actividad turística en la cuenca se asocian a la creación o construcción de restobar, pubs, restaurantes, camping, termas y a la mejora de construcciones dentro de los reservas o parques nacionales de la zona, para potenciar el turismo; específicamente esta forzante se aprecia en los lagos Calafquén, Panguipulli y Riñihue.

5.1.1.2.6 Incendio Forestal

En los últimos años los incendios forestales se han incrementado, en cuanto al número y la superficie de éstos. Es importante destacar que en los últimos años las temporadas de incendios han incrementado su duración de cinco meses a aproximadamente siete meses y medio. (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Los incendios forestales en Chile se presentan con mayor frecuencia entre las regiones de Valparaíso y la Araucanía. Además, dentro de la temporada 2016-2017 se encuentra el megaincendio más extenso de la historia de Chile. De acuerdo con esta temporada se quemaron 90.301 hectáreas de bosque nativo, mientras que en las dos temporadas siguientes esta cifra desciende a 3.004 ha y 14.294 ha respectivamente.

En el Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente 2020, se detalla la última temporada de incendios forestales registrados entre 2018-2019, registrando un total de 7.129 incendios a nivel nacional, lo cuales afectaron unas 80.064 hectáreas, además en base a esta información, la región de la Araucanía fue la más afectada, siendo un 35% de la superficie total del país. (Corporación Nacional Forestal, 2020). Por ende, alrededor de toda el área de estudio, se han presentado incendios, siendo una forzante presente en todos los lagos.

5.1.1.2.7 Generación hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se basa en el principio de conservación de la energía, aprovechando la energía potencial del agua cuando se encuentra a una altura superior respecto a un punto de descarga. (The Institution of Engineering and Technology, Hydroelectric Power, 2016).

Comúnmente, la producción de energía eléctrica mediante hidroeléctricas se ha denominado energía limpia y renovable. No obstante, los impactos sociales y ambientales de la construcción de presas, así como los efectos en la salud de la población han sido reconocidos desde hace mucho tiempo (Oviedo, 2018)

De acuerdo con el estudio de cuencas del Ministerio de Energía del año 2016, en Chile existe un potencial hidroeléctrico de 15.938 MW, concentrando el mayor potencial en la cuenca del Biobío con un 18%, Baker con un 12% y Palena con un 11%. Mientras que la cuenca del río Valdivia con un 6%. Por lo que, en nuestro país operan más de 100 centrales hidroeléctricas de diferentes características que abastecen al Sistema Interconectado Central SIC. Existen desde minicentrales con una producción menor a 0.5 MW, a grandes represas que generan hasta 690 MW

Según la información recopilada, los resultados en base a la generación energética corresponden a centrales hidroeléctricas en los lagos Panguipulli, Neltume y Pullinque. Esta información se complementa con la información que entrega el Ministerio de Medio Ambiente en el 2004 respecto a la cuenca, en donde informa la presencia de 3 centrales hidroeléctricas. Las cuales detalla como: Central Pullinque, Central Remeco y Central Liquiñe.

5.1.1.3 Culturales

Las fuerzas impulsoras correspondientes a actividades culturales, según el levantamiento de información estas corresponden a:

5.1.1.3.1 Regulación Territorio

La planificación territorial y la regulación del uso del territorio a nivel nacional se encuentra normada principalmente en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (Decreto N°47/1992 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo) donde menciona en su artículo 2.1.24 que, "corresponde a los instrumentos de planificación territorial a nivel comunal o intercomunal definir y reglamentar los usos de uso de suelo para compatibilizar los efectos que generan entre ellos, dentro de los cuales se encuentran las áreas verdes, las zonas residenciales, de equipamiento, infraestructura, espacio público y para actividades productivas". (Decreto N°47 Artículo 2.1.24)

El ordenamiento territorial es fundamental para el sector del área de estudio, es así como la condición ZOIT la ostenta desde el año 2006 siendo el único destino en Chile en terminar su Plan de Ordenamiento Territorial.

La comuna de Panguipulli cuenta con un Plan Regulador Comunal (PRC), que se encuentra vigente desde 1990. La actualización del nuevo Plan Regulador incluye las localidades de Choshuenco, Neltume y Puerto Fuy, el que actualmente se encuentra ingresado al sistema de evaluación de impacto ambiental.

5.1.1.4 Tecnológicas

Las fuerzas impulsoras correspondientes a actividades tecnológicas, según el levantamiento de información estas corresponden a:

5.1.1.4.1 Saneamiento Ambiental

Cuando se habla de Saneamiento Ambiental, se refiere a proyectos de alcantarillado y agua potable. En Chile, los servicios sanitarios para zonas urbanas son prestados por empresas concesionarias. Según información entregada en el informe “Mesa Nacional del Agua” actualmente operan 54 empresas de servicios sanitarios en 397 territorios operacionales, abasteciendo alrededor de 14,3 millones de personas (SISS., 2019). La cobertura de servicios sanitarios en estas localidades ha alcanzado niveles comparables a la de los países OECD, alcanzando un 99,93% en agua potable, 97,17% en recolección de aguas servidas y 99,98% en tratamiento de las aguas residuales con cobertura de alcantarillado. (SI.SS., 2019).

Una realidad muy distinta es la situación de los servicios sanitarios en localidades rurales. La forma principal de abastecimiento es mediante sistemas de APR cuya mantención y operación es responsabilidad del Estado.

En la región de los Ríos, la población urbana que cuenta con acceso a servicio de alcantarillado se estimó en 218.231 personas, es decir, el 94,6% de la población urbana en base a datos del SISS, además en base a los resultados de la base de datos, en los últimos años han ingresado proyectos de este tipo de forzante alrededor de los lagos: Neltume, Calafquén, Panguipulli y Riñihue.

5.1.1.5 Naturales

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) de Naciones Unidas define las amenazas naturales como “procesos o fenómenos naturales que tienen lugar en la biosfera y pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Fenómenos amenazantes pueden variar en magnitud o intensidad, frecuencia, duración, extensión, velocidad de impacto, dispersión espacial y espaciamiento temporal” (EIRD 2004).

Estos desastres naturales, corresponden a forzantes de tipo natural, donde se pueden encontrar:

5.1.1.5.1 Erupciones Volcánicas

Nuestro país cuenta con una gran cantidad de volcanes, con un total de 2 mil aproximadamente, de los cuales 92 son geológicamente activos. Según SERNAGEOMIN, aproximadamente el 5% del territorio nacional está en áreas de influencia directa de los volcanes, por lo que un 35% es susceptible de recibir caída de ceniza volcánica.

Desde el siglo XVI, se han documentado más de 400 eventos relacionados a volcanes y alrededor de 500 víctimas fatales en los últimos 200 años. De modo que en Chile ocurre una erupción significativa cada 8-10 años” (Ramírez, 2018).

Asimismo, el Sernageomin en el año 2019, elaboró un ranking de los volcanes más peligrosos de Chile, enumerando un total de 14. Desde mayor a menor describen los siguientes: Villarrica, Llaima, Calbuco, Nevados de Chillán,

Puyehue-Cordón Caulle, Osorno, Mocho-Choshuenco, Antuco, Carrán-Los Venados, Cerro Azul-Quizapu, Chaitén, Lonquimay, Hudson y Láscar.

De este listado de volcanes, dos de ellos, tienen influencia indirecta en la cuenca y, por lo tanto, en los lagos de esta, por lo que se pudo apreciar en las cartografías de peligrosidad que entrega Sernageomin. Estos se detallan a continuación. (Tabla 4).

Tabla 4: Volcanes con influencia en la cuenca.

Evento Natural	Lagos
Volcán Villarrica	Calafquén, Pellaifa
Volcán Mocho-Choshuenco	Neltume, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue

De igual modo, esta influencia indirecta en la cuenca se puede complementar en base a la información de vulnerabilidad ante erupciones volcánicas que entrega el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin,2020), donde hasta el año 2019, existen 58 comunas (17% del total de comunas del país) en zonas de riesgo por procesos eruptivos, las que se concentran principalmente en la zona sur. (Ministerio del Medio Ambiente, 2020)

5.1.1.5.2 Cambio Climático

La causa del cambio climático se atribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases se encuentran presentes en forma natural en el planeta y permiten que la temperatura sea lo suficientemente cálida para el desarrollo de la vida. No obstante, la actividad humana los ha intensificado, en especial mediante la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques, razón por la cual se ha producido un proceso de calentamiento. (MMA, 2020).

La evidencia científica, como un sólido sustento para las políticas y la acción climática, indica que la influencia humana en el sistema del clima es inequívoca y va en aumento, con impactos que se advierten en todos los continentes y los océanos. El reporte especial Calentamiento Global de 1,5°C (Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC], 2018) afirma que el calentamiento ya alcanza 1 °C y que, con la tasa actual de emisiones globales de gases de efecto invernadero, los 1,5°C se alcanzarían entre los años 2030 y 2052. (Santibáñez, 2016).

5.1.2 Usos de Suelo

En Chile, la información base para conocer el uso de los suelos es el “Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile”, preparado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Su construcción y actualización, sin embargo, es regional, por lo que contiene información de distintos años.

A continuación (Figuras 5 a 11), se pueden apreciar las cartografías sobre la cobertura de uso de suelo actual en los lagos de la cuenca del río Valdivia, junto a las unidades Fiscalizables descritas anteriormente, las cuales fueron clasificadas como fuerzas impulsoras, por lo tanto, tienen influencia en cada uno de los cuerpos de agua:

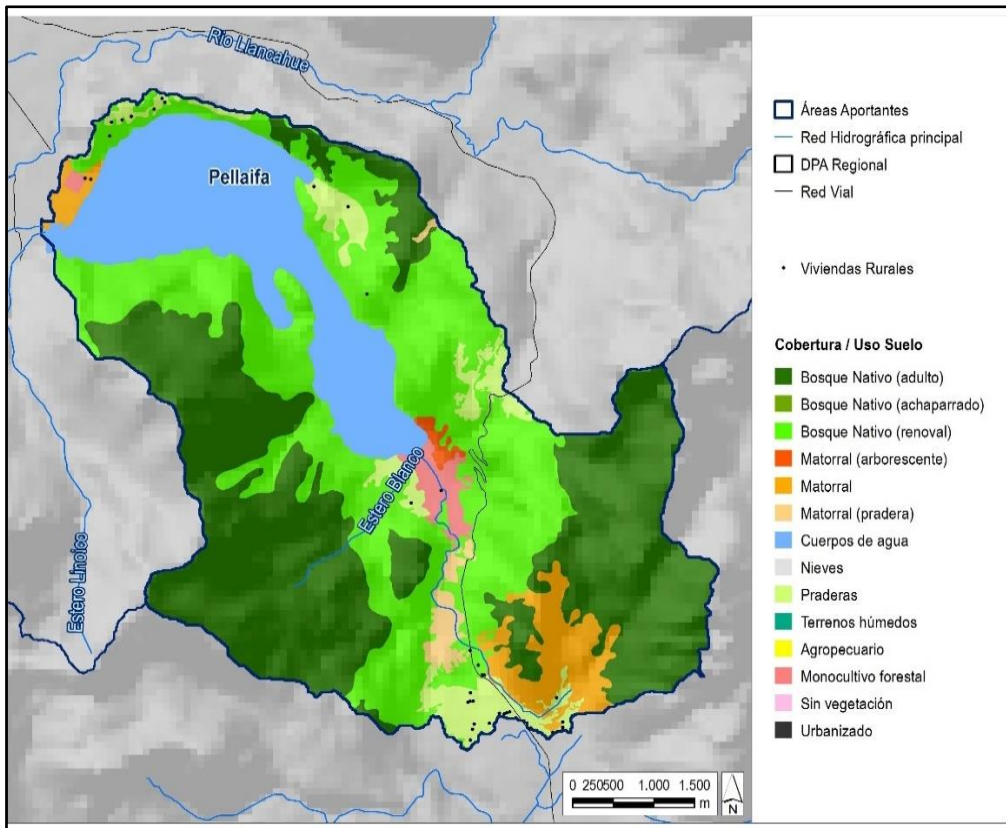


Figura 5: “Lago Pellaifa”

Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

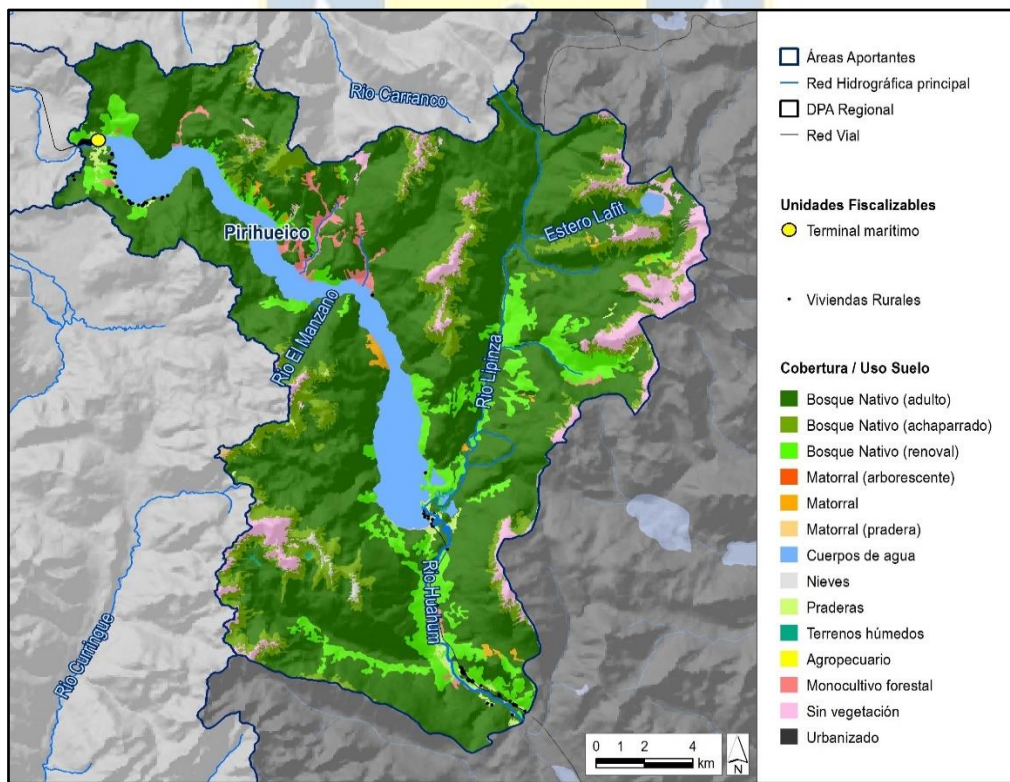


Figura 6: “Lago Pirihueico”

Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE.

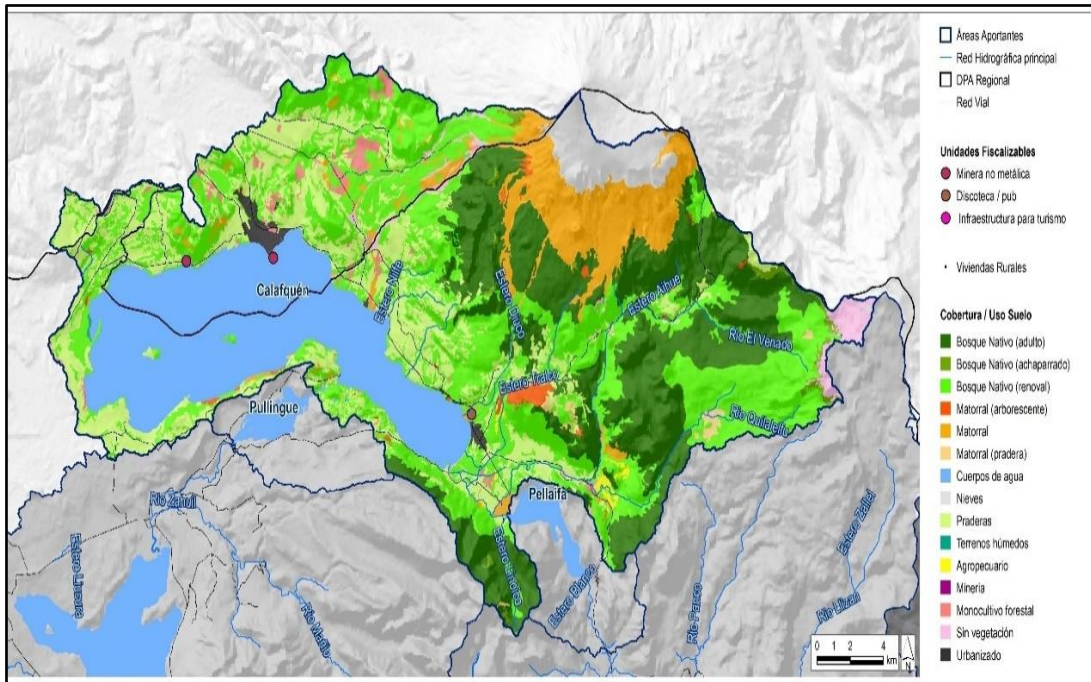


Figura 7: “Lago Calafquén”

Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

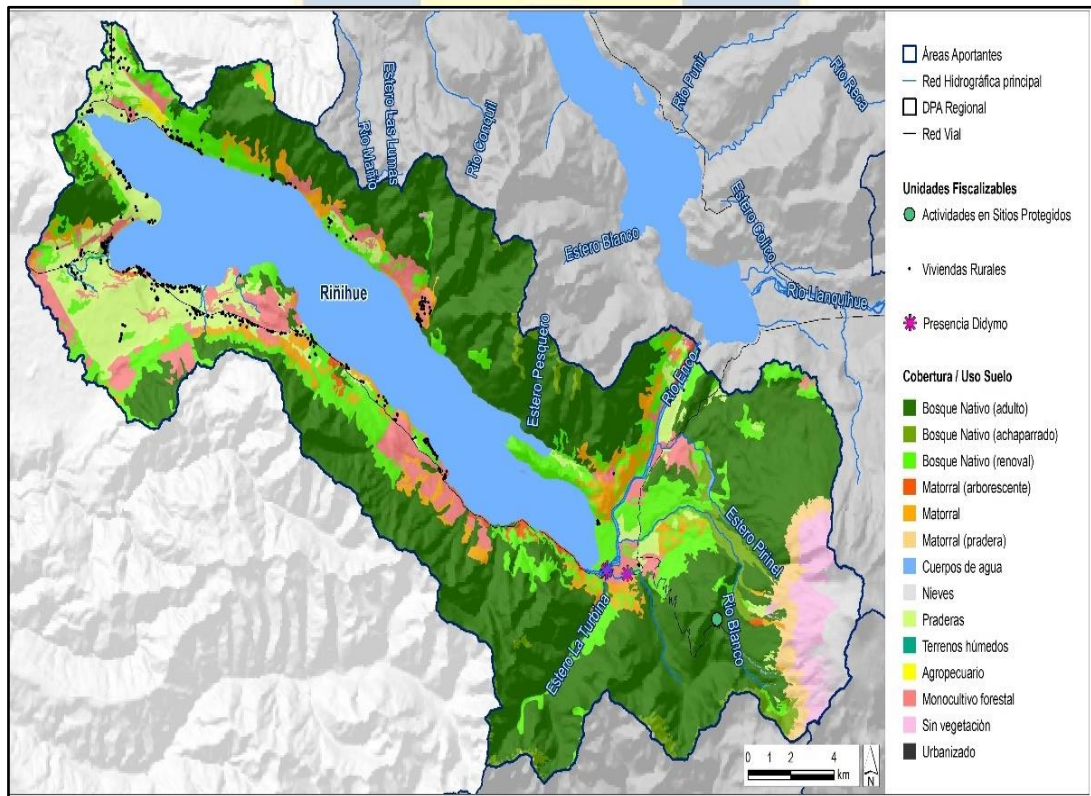


Figura 8: “Lago Riñihue”

Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

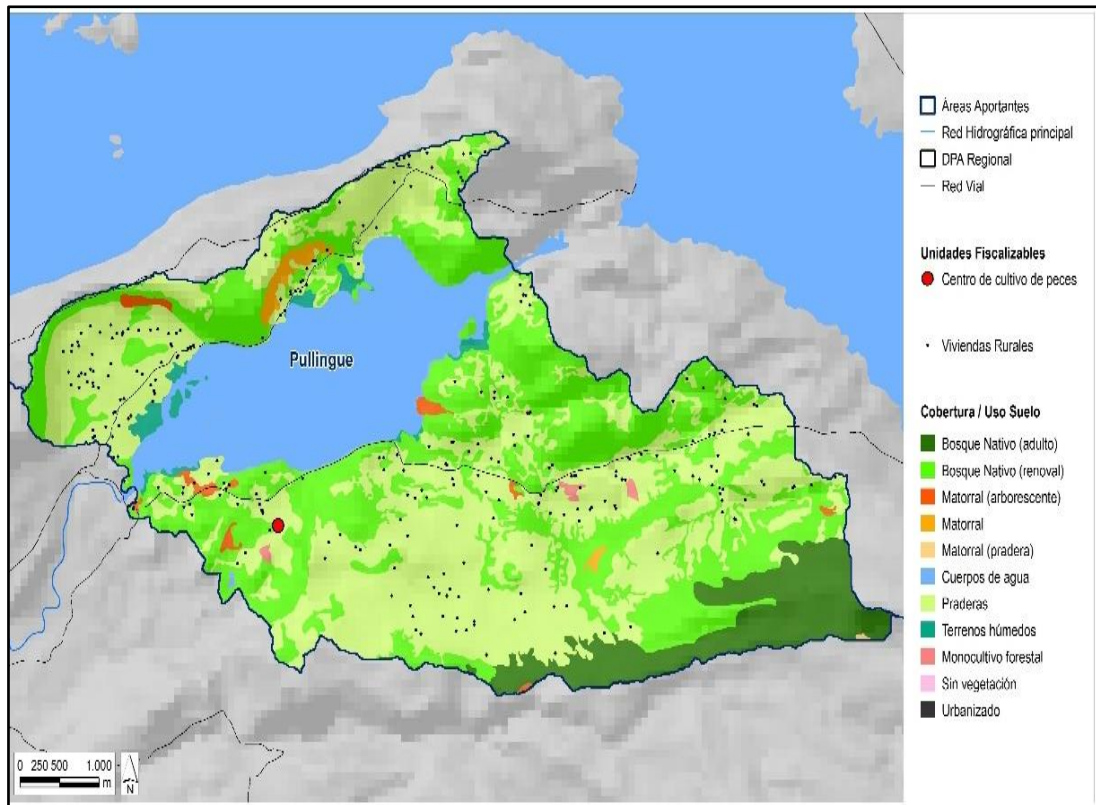


Figura 9: "Lago Pullingue"
 Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

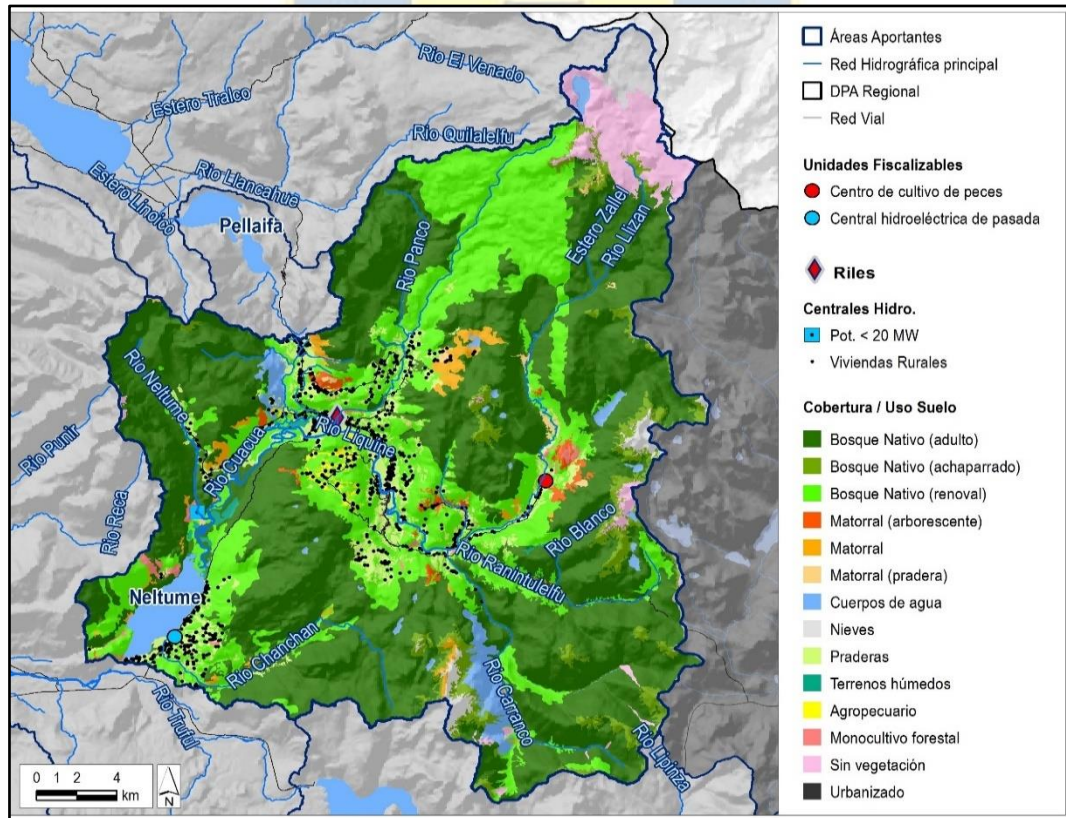


Figura 10: "Lago Neltume"
 Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

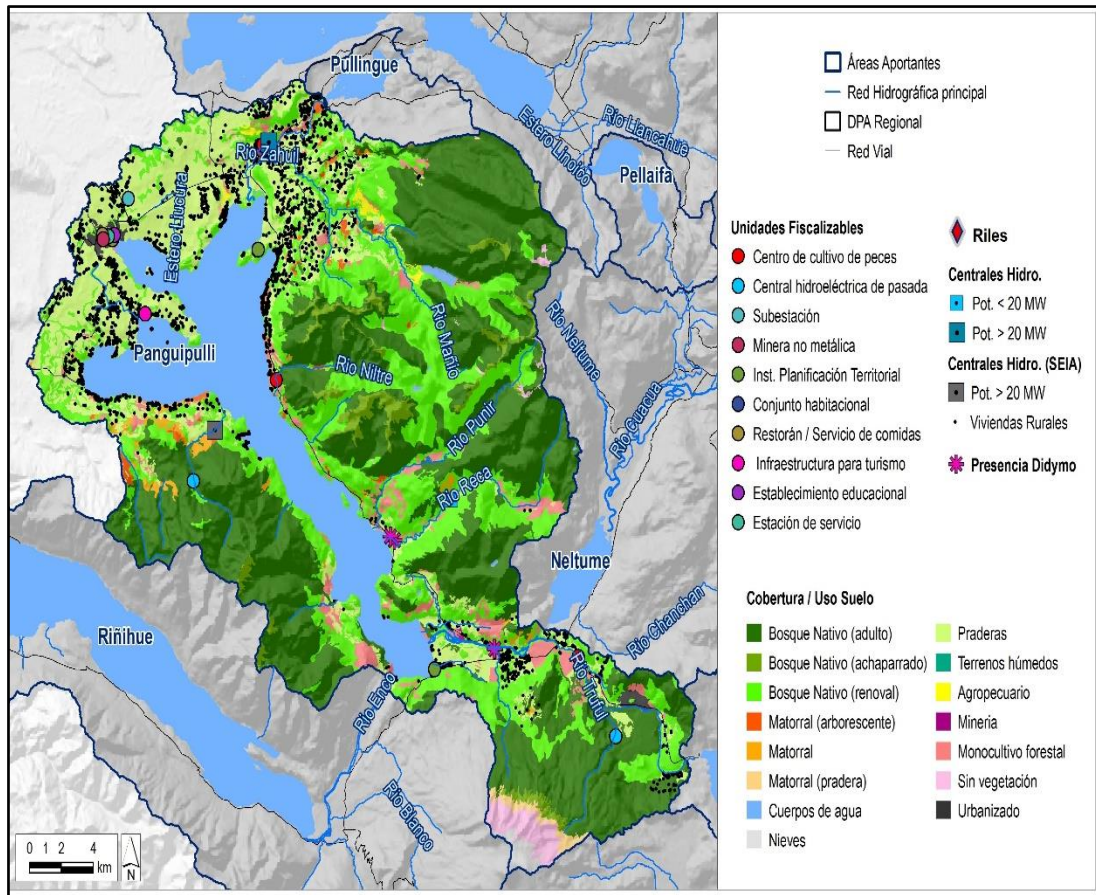


Figura 11: "Lago Panguipulli"

Fuente: Elaboración Propia en base a catastro publico de CONAF (2015) y Unidades Fiscalizables, obtenido de IDE-CHILE

A partir de estas figuras se puede resumir la información para cada cuerpo de agua, con su respectiva actividad presente, el componente al que esta asociado y la forzante a la cual corresponde (Tabla 5).

Tabla 5: Fuerzas Impulsoras presente en cada Lago por Actividad.

Forzante	Componente	Actividad	Lagos
Demográfico	Desarrollo demográfico	Construcción de viviendas rurales borde lago	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
	Producción acuícola	Proyectos de Acuicultura	Neltume, Panguipulli, Pullinque
Económicos	Actividad Inmobiliaria	Cabañas, proyectos inmobiliarios, loteos, hotel, restaurante, centros de comida	Calafquén, Panguipulli, Riñihue
	Actividad Minera	Extracción de áridos	Calafquén, Panguipulli
	Actividad Turística	Sendero y equipamiento en parques	Calafquén, Riñihue
	Infraestructura y Transporte	Estación de servicio, Construcción Puertos	Panguipulli, Pirihueico
	Generación hidroeléctrica	Construcción y/o aplicación de centrales	Neltume, Panguipulli, Pullinque
	Actividad Forestal	Monocultivo forestal	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
	Incendio Forestal	Explotación forestal y turismo	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
Culturales	Regulación uso territorio	Modificación plan regulador	Panguipulli, Calafquén
Tecnológicos	Saneamiento Ambiental	Alcantarillado y plantas de tratamiento	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Riñihue
Natural	Vulcanismo	Erupción Volcánica	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Riñihue
	Cambio Climático		Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue

5.1.3 Presiones

Presión, se define como el efecto directo y cuantificable de una fuerza impulsora en el sistema, pueden ser factores naturales o inducidos por el ser humano. Hay varias clases de presiones, entre ellas: la contaminación por fuente puntual y difusa, extracción de agua, alteraciones hidro morfológicas, etc. Debe quedar claro que tanto los forzantes como las presiones actúan de manera conjunta.

Las presiones identificadas en base a las fuerzas impulsoras que pueden producir impactos en la calidad de las aguas de los lagos de la cuenca del Río Valdivia se resumen en la Tabla 7 y se definen a continuación:

5.1.3.1 Alteración del régimen hídrico

El aumento en las demandas de energía acompañado con el crecimiento demográfico ha conducido a expandir la producción de energía eléctrica, correspondiente a la construcción de centrales para la generación hidroeléctrica, ocasionando una presión directa sobre los cuerpos de agua, como la alteración del régimen hídrico.

La modificación actual del ciclo hidrológico a través de la construcción y operación de represas o centrales; desviando el agua, ha alterado los procesos fluviales, conduciendo a un debilitamiento de estos ecosistemas y a un sinnúmero de impactos ambientales. Además, rara vez las alteraciones hidrológicas causadas por humanos en los ríos, específicamente a los que se encuentran en la salida de los lagos, se tuvieron en cuenta para descubrir las consecuencias que podían causar; pero la rápida expansión, hizo más visible y evidente los impactos negativos que podían acarrear, siendo hoy en día una presión directa sobre ellos.

5.1.3.2 Cambio geomorfológico del cauce

La Generación hidroeléctrica y la actividad minera, son dos fuerzas impulsoras que generan presión sobre los recursos hídricos, causando cambio geomorfológico del cauce.

Oviedo (2018) detalla que la retención de agua en los reservorios a causa de las hidroeléctricas modifica el régimen hidrológico e hidráulico de las corrientes de agua, de lotico (aguas fluviales) a lentic (aguas superficiales de muy bajo flujo como los lagos), afectando los procesos de escorrentía, de transporte de sedimentos y cambiando la geomorfología de los ríos antes y después de las estructuras.

La descomposición de la materia orgánica en los embalses puede promover la generación de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (se estima que las represas son las responsables de 1.3% de las emisiones globales de GEI). Así mismo, la concentración de macronutrientes en aguas lentas podría incrementar la producción de fitoplancton el cual reduce la concentración de oxígeno disuelto y la calidad del agua e incrementa la biomasa. (fenómeno conocido como eutrofización). Adicionalmente, la presión del agua sobre el suelo podría alterar su estabilidad, generando deslizamientos o sismicidad inducida.

5.1.3.3 Aporte de coliformes fecales (presencia de pozos negros).

Una fuente de contaminación preocupante es el aporte de coliformes fecales a los cuerpos de agua. Esta descarga hacia los cuerpos de agua, como ríos, lagos y zonas costeras, es directamente proporcional al desarrollo demográfico, debido

a que el aumento de la densidad poblacional aumenta la cantidad de pozos negros en el borde u orillas de estos, debido muchas veces a tomas ilegales de terreno.

5.1.3.4 Intensificación uso urbano y rural

La expansión urbana, relacionada con la intensificación del uso urbano y rural por parte de una creciente población, provoca un aumento de la demanda de tierras para la localización de proyectos inmobiliarios, industriales y de servicio, ampliando las zonas urbanas en todo el país. En 2017 la superficie de los asentamientos humanos en Chile sumaba 289.781 hectáreas, equivalentes a 0,4% del territorio nacional. (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

Este crecimiento urbano presenta una relación con los ecosistemas naturales que nos brindan los servicios ecosistémicos. Por un lado, el proceso de urbanización los transforma a ecosistemas seminaturales y semi-artificiales, lo que presenta una amenaza a su función y estructura, mientras que, por otro lado, el aumento de la vida urbana demanda mayores beneficios de los ecosistemas naturales.

5.1.3.5 Cambio uso de suelo

En Chile, el cambio de uso de suelo es uno de los principales factores antrópico que ha generado cambios en los ecosistemas y sus especies. (MMA, 2020). Estos cambios de uso de suelo corresponden a las actividades productivas como la agricultura, ganadería y forestal; pero también aborda la ocupación de los

asentamientos humanos, rurales o urbanos, además de la expansión urbana y creación de caminos que esto conlleva.

En base a la información que entrega la Corporación Nacional Forestal (2014) se puede comparar los cambios de uso de suelo que ha tenido la región de los ríos entre los años 2006-2013 (Tabla 6).

Tabla N°6: Cambios uso de suelo 2006-2013, Región de los Ríos.

Uso Actual	2006		2013		Cambio	
	ha	%	ha	%	ha	%
Áreas Urbanas-Industriales						
Ciudades-Pueblos- Zonas Industriales	6.047,43	0,3	6.687,92	0,4	640,49	10,6
Minería Industrial	63,11	0	211,01	0	147,90	234,4
Total Uso	6.110,54	0,3	6.898,93	0,4	788,39	12,9
Terrenos Agrícolas						
Uso Agrícola	6.464,69	0,35	14.496,05	0,8	8.031,36	124,2
Rotación Cultivo-Pradera	7.365,55	0,40	8.306,09	0,5	940,54	12,8
Total Uso	13.830,24	0,8	22.802	1,2	8.971,90	64,9
Praderas y Matorrales						
Praderas	439.408,76	23,9	421.217,7	23,0	-18.191,05	-4,1
Matorral - Pradera	16.031,26	0,9	14.109,4	0,8	-1.921,90	-12,0
Matorral	31.317,39	1,7	26.589,04	1,4	-4.728,35	-15,1
Matorral Arborescente	34.578,31	1,9	31.543,12	1,7	-3.035,19	-8,8
Total Uso	521.335,72	28,4	493.459,23	26,9	-27.876,49	-5,3
Bosques						
Plantaciones	192.000,18	10,5	208.775,2	11,4	16.774,99	8,7
Nativo	909.087,57	49,5	908.530,7	49,5	-556,84	-0,1
Mixto	17.321,94	0,9	17.866,0	1,0	544,07	3,1
Total uso	1.118.409,69	61,0	1.135.171,9	61,9	16.762,22	1,5
Otros usos						
	175.278,37	9,5	176.632,5	9,6	1.353,98	3,1
Total General	1.834.964,56	100	1.834.964,56	100	0	0

A nivel de uso del suelo, los mayores cambios se observan en los usos correspondientes a plantaciones y terrenos de uso agrícola, con porcentajes de

cambio de 8,7% y 124,2%. La superficie clasificada en el subuso, bosque nativo, disminuyó en 556,84 ha, lo que corresponde a 0,06% del total de la superficie del uso Bosques, respecto del año 2006. (CONAF, 2014)

Los usos del suelo de mayor extensión hacia los cuales se ha convertido el bosque nativo por acción antrópica corresponden a praderas y matorrales, plantaciones forestales y a terrenos de uso agrícola. (Marquet et al., 2019).

Además, se puede ver que hubo un incremento de superficie en el uso correspondiente a ciudades-pueblos-zonas industriales de 640,5 ha y de 147,9 ha para minería industrial. Así, la expansión urbana, relacionada con las necesidades de equipamiento e infraestructura por parte de una creciente población, provoca un aumento de la demanda de tierras para la localización de proyectos habitacionales, industriales, comerciales y de servicios, ampliando las zonas urbanas del país. (MMA,2020).

5.1.3.6 Aporte de sólidos y nutrientes al sistema acuático

La zona sur del país se destaca por las actividades productivas ligadas a la acuicultura y la salmonicultura, la que impacta el medio ambiente con el uso de antibióticos y la eutroficación de las aguas. Esta última se debe a la excesiva contribución de nutrientes provenientes de las heces de los peces y al alimento que no es consumido.

La producción acuícola presenta aspectos negativos como el aporte de sólidos y nutrientes al sistema acuático debido a la descarga de residuos en las aguas.. Entre los desechos más recurrentes se puede mencionar: plásticos, estructuras metálicas, alimento no ingerido, excreciones, materia fecal, productos químicos,

microorganismos y parásitos. En el caso de la industria del salmón, el total del alimento suministrado a las especies, sólo el 25% es digerido por estas, mientras que entre el 75% y 80% queda en el ecosistema depositándose en el fondo. (Paredes, 2019).

No obstante, es necesario enfatizar que los efectos de la acuicultura sobre el medio ambiente son menores, en comparación con aquellos provocados por la salmonicultura. (Paredes, 2019).

5.1.3.7 Invasión de especies exóticas

La introducción de peces en aguas continentales es de larga data y se ha realizado principalmente con fines de acuicultura, acuariofilia y pesca recreativa (Welcomme, 1988).

Cuando se menciona sobre especies exóticas, se hace referencia a especies que no son nativas de un lugar, es decir, son foráneas o no nativas. Estas pueden ser especies, o un taxón inferior, que son introducidas fuera de su área de distribución natural (en el pasado o presente) o potencial de distribución (fuera del área que ocupa naturalmente o presente en el área que no pudiera ocupar sin la acción directa del hombre).

Una de las preocupaciones de esta invasión, es que puede transformarse en Especies Exóticas Invasoras (EEI), dañando a la fauna autóctona, debido a que la ictiofauna de Chile es única y altamente sensible (Vila & Habit, 2015). Los sectores productivos como la silvicultura, agricultura y la acuicultura han promovido la importación de diversas especies exóticas que hoy son

consideradas invasoras (Baeriswyl,2017). Incluso los ríos y lagos no han sido la excepción, ya que la mayoría se encuentra invadido por una o mas especies no nativas. De hecho, la zona centro-sur, es la zona de Chile con mayor cambio en su ictiofauna debido a la introducción de peces. (Marr, 2010).

Asimismo, muchas de las especies introducidas se deben a los escapes masivos que se dan desde las piscifactorías. Estos escapes en masa correspondientes a salmónidos se han convertido en la principal presión, debido al alto número de individuos que se escapan por año. Igualmente, los escapes se han dado para la especie Trucha arcoíris, las cuales, a través de hibridación con truchas asilvestradas, aumentan su diversidad genética y, por ende, su capacidad de adaptación. (Consuegra et al., 2011).

5.1.3.8 Uso intensivo turístico y recreativo

El turismo, en particular el internacional, es una actividad económica que cobra cada vez más relevancia en Chile. Las estadísticas oficiales del Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) evidencian un sostenido incremento de los turistas extranjeros a partir de 2008. Este aumento de turismo, no tan solo internacional, ha generado que en los últimos años la ocupación intensiva de los espacios donde se concentran condiciones favorables para la inversión turística diera paso a un mayor flujo de turistas.

Este flujo masivo dinamiza la economía, sobre todo en zonas rurales; pero además afecta la vida de los residentes, causando presión en el entorno y sus servicios, como, por ejemplo: la gestión de saneamiento e infraestructura; debido

a que muchas veces llega una enorme cantidad de gente a localidades rurales pequeñas, quienes no dan abasto en su capacidad de carga.

5.1.3.9 Extracción de recursos no metálicos

La extracción de recursos no metálicos es categorizada como una actividad industrial más que minera, la que es realizada sobre suelos, los cuales muchas veces son destinados a uso de tipo agrícola. Por lo que, esta evidente contradicción, tiene su explicación en la estructura legal chilena.

La Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras (LOCCM), ley Nº18.097 y el Código Minero, son leyes de carácter constitucional y, por lo tanto, en el ámbito de la aplicación, son prioritarias respecto de la legislación ambiental en Chile.

La normativa vigente establece que quienes deben autorizar la extracción de áridos son los municipios, que deben primero, solicitar una visación técnica desde el Ministerio de Obras Públicas.

Una vez otorgada la concesión, el concesionario puede gestionar libremente el yacimiento. Por lo tanto, esta ley no se hace cargo respecto del tipo de uso que pudiese tener el suelo al momento de la solicitud y ni de los impactos ambientales y económicos que la concesión pudiese generar. En consecuencia, la actividad agrícola se encuentra absolutamente desprotegida respecto de la solicitud y posterior explotación de la concesión minera, a menos que el propietario del predio hubiese hecho la solicitud de la pertenencia. (Ugarte, 2014).

Es así como la actividad minera extractiva de áridos deteriora el ecosistema original, transformando notablemente la topografía, las relaciones ecológicas se ven irremediablemente interrumpidas y la biodiversidad es reducida en gran medida. (Milgrom, 2008).

5.1.3.10 Descarga de aguas residuales al sistema acuático

Las emisiones hacia cuerpos de agua son reguladas a través de distintos decretos que rigen según la naturaleza del cuerpo de agua receptor. Las emisiones a cuerpos de agua superficiales y marinas son reglamentadas por el decreto supremo N°90/2000, mientras que las descargas a aguas subterráneas están normadas por el decreto supremo 46/2002.

La descarga de aguas servidas domésticas y las aguas residuales constituyen una fuente de contaminación de las aguas debido a su potencialmente elevado contenido de sólidos en suspensión, materia orgánica, microorganismos patógenos (virus y bacterias) y nutrientes. (compuestos ricos en nitrógeno y fósforo).

Esta gran cantidad o aumento de las aguas servidas tiene una directa influencia con el desarrollo demográfico y el aumento de población. En el país la población se concentra en forma mayoritaria en algunas cuencas, lo que implica un aumento en la forzante de Saneamiento Ambiental, es decir, un aumento en la cobertura urbana tanto para agua potable como para alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

El Informe del Estado del Medio Ambiente 2020, se detalla que la actividad económica con mayores emisiones a los cuerpos de agua es la de suministro y tratamiento de aguas, explicadas fundamentalmente por las emisiones de plantas de tratamiento de aguas servidas.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 90% posee servicios de alcantarillado. Esto refleja que un grupo importante de población urbana es atendida con este servicio por la empresa sanitaria ESSAL S.A. y AGUAS DÉCIMA S.A.

5.1.3.11 Aporte de material y sedimentos volcánicos al sistema acuático

Los fenómenos naturales como las erupciones volcánicas muchas veces presentan una serie de presiones o riesgos inminentes para el entorno, debido a que eso afecta a los seres humanos, bienes y al ecosistema. Así mismo, Chile debido a su localización, contribuye a que estos fenómenos sean bastante recurrentes.

Uno de los grandes problemas derivados de las erupciones, es el aporte de material y sedimentos volcánicos a los cuerpos de agua, muchas veces debido a los lahares que se producen.

Un lahar se define como: “Flujo de detritos formado por una gran descarga de fragmentos volcánicos frescos, cuyo agente de transporte es el agua. Se puede formar por fusión repentina de hielo y/o nieve durante una erupción o por el arrastre de material no consolidado en las laderas de un volcán durante lluvias

torrenciales (en este último caso se denomina lahar secundario). Estos flujos se desplazan principalmente por los cauces que descienden de un edificio volcánico, a velocidades que pueden superar los 100 km/h y son altamente destructivos”. (SERNAGEOMIN, 2017).

También, las erupciones volcánicas provocan acumulación de sedimentos, debido a los flujos piroclásticos y la caída de ceniza, los cuales se van depositando en los lechos de los ríos, lo que puede provocar aumento de caudal y volumen, detonando en un arrastre de todos los sedimentos emitidos por el volcán.

5.1.3.12 Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo

Los incendios forestales son un gran factor cuando se menciona la degradación y la pérdida de bosque nativo, junto a su biodiversidad. Esto se debe a que el fuego produce cambios en la vegetación, el suelo y la fauna en los ecosistemas, causando una fuerte presión, de tipo natural, como es la destrucción de la cubierta vegetal y la erosión.

El Informe del Estado del Medio Ambiente (2020), en su capítulo 7 sobre Biodiversidad, menciona que: Aunque los incendios forestales forman parte de la dinámica natural de los ecosistemas, si estos se presentan en una escala mayor pueden impactar la funcionalidad de estos, como ocurre con el ciclo geoquímico, el ciclo hidrológico y los procesos geomorfológicos. (CONAF, 2020). Estos cambios funcionales influyen en la calidad de los hábitats de las especies.

Además, los bosques nativos al ser impactados por los incendios forestales presentan baja capacidad de regeneración post-fuego, ya que a lo largo de su evolución la flora que los compone no ha desarrollado estrategias de regeneración. Esta condición facilita el establecimiento de especies colonizadoras que no son propias a los ecosistemas originales. (Ávila et al., 1981).

Por otro lado, no solo los incendios forestales son causantes de esta presión, sino que también lo son las erupciones volcánicas, a diferencia de que estas últimas no son producidas por el ser humano, si no de manera natural, por lo que esta presión es causada de forma indirecta. La caída de cenizas afecta al suelo y su vegetación, especialmente a los bosques, donde muchas veces se puede apreciar el quiebre de ramas, mientras que cuando se produce la erupción causando ríos de lavas, los bosques son arrasados causando una destrucción de la vegetación de manera completa.

5.1.3.13 Aporte de sedimentos y material vegetal por escorrentía superficial

Como se menciona en el punto anterior, los incendios forestales son causantes de la destrucción de la cubierta vegetal, debido a que los daños producidos por estos son muchos, por lo que el ecosistema se ve completamente alterado.

Cuando se destruye la cubierta vegetal, no se cuenta con esta capa de tipo protectora, lo que aumenta el riesgo de erosión en el suelo debido a que este se hace más impermeable y de inundaciones, ya que no se cuenta con un filtro

(vegetación), haciendo que toda el agua cuando haya precipitaciones escurra por los valles y laderas, arrastrando todo el material hacia los cuerpos de agua, que es lo que se conoce como escorrentía superficial. Todos estos arrastres los cuales llevan lodo, cenizas y vegetación, son causantes de una fuerte presión, debido a este aporte de sedimentos y materia en las aguas, que pueden terminar en un impacto ambiental, como es la contaminación de estas.

5.1.3.14 Intensificación Eventos Extremos

El cambio climático ha afectado severamente la disponibilidad de recursos hídricos en el país. Los resultados del Balance Hídrico Nacional para las macrozonas norte y centro (Dirección General de Aguas, 2018) muestran una clara tendencia a la baja en las precipitaciones y una disminución progresiva de los caudales en los ríos.

Asimismo, Sanz et al (2012), detalla que, en la región de Los Lagos entre 1961 y 2000, todas las estaciones meteorológicas mostraron una tendencia a la disminución de las precipitaciones.

Esto se debe a que en los últimos años se ha observado en Chile una alteración en las precipitaciones, atribuida a una mega-sequía que data del año 2008 (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015), lo que tendría un efecto negativo en los cuerpos de agua de la cuenca.

Además, los aumentos observados en las temperaturas y elevación de la isoterma cero están produciendo deshielos prematuros y precipitaciones líquidas sobre la reserva nival, que generan mayores escorrentías y disminuyen las

reservas de agua en cordillera, principalmente de glaciares, los que han sufrido una baja del 8% en la última década. (Dirección General de Aguas, 2018).

Tabla 7: Forzantes y Presiones presentes en cada Lago.

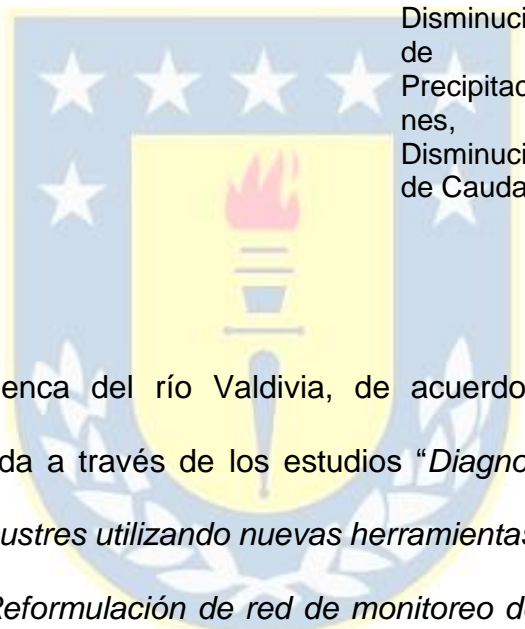
Forzante	Componente	Actividad	Presiones	Lagos
Demográfico	Desarrollo demográfico	Construcción de viviendas rurales borde lago	- Cambios de uso de suelo - Aporte de coliformes fecales (presencia de pozos negro)	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
		Producción acuícola	Proyectos de Acuicultura	- Aporte de sólidos y nutrientes al sistema acuático. - Invasión de especies exóticas. - Aporte de antibióticos, y otros contaminantes emergentes
Económicos	Actividad Inmobiliaria	Cabañas, proyectos inmobiliarios, loteos, hotel, restaurante, centros de comida	- Cambio de uso de suelo - Aporte de coliformes fecales.	Calafquén, Panguipulli, Riñihue
	Actividad Minera	Extracción de áridos	-Cambio en la hidro geomorfología del cauce. - Cambios de uso de suelo - Extracción de recursos no metálicos.	Calafquén, Panguipulli

	Actividad Turística	Sendero y equipamiento en parques	- Intensificación uso turístico y recreativo	Calafquén, Riñihue
	Infraestructura y Transporte	Estación de servicio, Construcción Puertos	- Cambio uso de suelo - Intensificación uso turístico y recreativo.	Panguipulli, Pirihueico
	Actividad Forestal	Monocultivo forestal	- Cambio uso de suelo. - Erosión de suelo	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
	Generación hidroeléctrica	Construcción y/o aplicación de centrales	- Alteración del régimen hídrico.	Neltume, Panguipulli, Pullinque
	Incendio Forestal	Explotación forestal y turismo	- Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo. -Aporte de sedimentos y materia vegetal por escorrentía superficial - Cambio uso de suelo	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
Culturales	Regulación uso territorio	Modificación plan regulador	- Cambio uso de suelo.	Panguipulli, Calafquén
Tecnológicos	Saneamiento Ambiental	Alcantarillado y plantas de tratamiento	- Descarga de aguas residuales al sistema acuático.	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Riñihue
Natural	Vulcanismo	Erupción Volcánica	- Destrucción	

cubierta vegetal y erosión de suelo.
- Aporte de material y sedimentos volcánicos al sistema acuático

Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Riñihue

Cambio Climático	- Intensificación de Eventos Extremos. (Aumento de T°, Disminución de Precipitaciones, Disminución de Caudal)	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
------------------	---	---



5.1.4 Estado

Los lagos de la cuenca del río Valdivia, de acuerdo con la información fisicoquímica levantada a través de los estudios “*Diagnostico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas*” (DGA, 2014) y “*Análisis y Reformulación de red de monitoreo de lagos región de los ríos*” (DGA 2017), se encuentran en un estado oligotrófico.

Este tipo de estado trófico se relaciona con la poca presión antrópica ejercida aún sobre estos y por la condición climática presente en la zona sur, la que se caracteriza por la gran cantidad de precipitaciones y bajas temperatura que se dan durante las diferentes estaciones del año.

Asimismo, desde el año 1996 al 2017, existen diferentes estudios técnicos y publicaciones que detallan el estado trófico de los lagos de la zona sur de Chile,

midiendo diferentes nutrientes tales como fosforo, nitrógeno y clorofila, los cuales se detallan en la Tabla 8 a continuación:

Tabla N°8: Estado ambiental de los Lagos de la cuenca.

Lagos	Estado	Fuente	
Calafquén	Oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-EULA 2017
		Estudio Técnico	DGA-POCH 2009
Neltume	Oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-EULA 2017
	Ultra oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-DCPRH
		Estudio Técnico	2014
		Estudio Técnico	U. Austral de Chile 2012
			U. Austral de Chile 1999
Panguipulli	Oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-EULA 2017
		Estudio Técnico	DGA-POCH 2009
Pellaifa	S.I		
Pirihueico	Oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-EULA 2017
		Estudio Técnico	U. Austral de Chile 2012
		Estudio Técnico	U. Austral de Chile 1999
Pullinque	S.I		
Riñihue	Oligotrófico	Estudio Técnico	DGA-EULA 2017
		Estudio Técnico	DGA-POCH 2009
		Estudio Técnico	Campos 1997
		Publicación Científica	Woelfl 1996

S.I: Sin Información

En base a esta tabla se logra evidenciar que todos los lagos en el área de estudio son de tipo oligotrófico, los cuales se han mantenido a lo largo del tiempo.

En consecuencia, varios de los documentos señalados en la Tabla 8, muestran mediciones de algunos parámetros fisicoquímicos, señalando que en la mayoría de los lagos el fósforo y nitrógeno presenta fluctuaciones temporales las cuales tienden a aumentar. Este aumento puede relacionarse con las presiones identificadas anteriormente, debido a la descarga de aguas servidas

provenientes de sectores que no cuenten con sistemas de tratamiento (Ej: Lago Calafquén y Lago Panguipulli).

Para el caso de los Lagos Pellaifa y Pullinque, no hay estudios que determinen su estado, pero debido a que el primero drena por el río Llancahue, conectándolo con el Lago Calafquén, se infiere que contara con el mismo estado de oligotrofia, mientras que el Lago Pullinque también conecta a través de ríos con el Lago Calafquén y el Lago Panguipulli. Asimismo, estos dos cuerpos de agua hasta la actualidad son dos de los lagos menos intervenidos en la cuenca del río Valdivia, y según los estudios mencionados anteriormente, todos los lagos de esta zona siguen una cadena de lagos de tipo oligotróficos.

5.1.5 Impactos

Respecto a los impactos en la zona de estudio, esta zona destaca por sus aguas de buena calidad lo que permite la creación y desarrollo de todo tipo de actividades (Buschmann et al., 2002); pero de las cuales la actividad pecuaria se ha visto en aumento, desarrollándose en diferentes lagos de la zona sur de Chile.

A continuación, se detallan los posibles impactos que podrían darse en el área de estudio, en base a la revisión de las guías de evaluación de impacto ambiental que se entregan por actividad o tipo de proyecto. (Tabla 9).

Tabla 9: Posibles impactos identificados para cada componente y proceso de impactos potenciales.

Componente	Impactos Ambientales	Actividades			
		Acuícola	Minera	Inmobiliaria	Forestal
Suelo	Disminución del valor estético del paisaje		x	x	x
	Pérdida de áreas turísticas o recreativas.	x	x	x	
Agua	Cambio en las propiedades físico, químico y microbiológicas de la columna de agua	x			x
	Contaminación y disminución de la calidad del agua.	x			x
Grupos Humanos	Conflicto con comunidades indígenas	x	x	x	x
Fauna	Transmisión de enfermedades de fauna silvestre.	x			
Flora	Perdida de bosque nativo				x

Los impactos identificados se agruparon por componente, siendo estos: Suelo, Agua, Grupos Humanos, Fauna y Flora.

Para el componente suelo, como parte del desarrollo económico y crecimiento poblacional, algunas de las actividades antropogénicas como la minería, acuicultura, inmobiliaria y forestal, pueden tener un efecto ambiental, afectando la calidad y salud humana.

Para el caso de la actividad minera, los posibles impactos ambientales son más fáciles de observar para el componente suelo, ya que uno de los cambios

notorios que produce, es el cambio en la capacidad del uso, alterando algunas propiedades fisicoquímicas. Estos cambios son detallados en las actividades de la zona norte; pero para el caso de la extracción de áridos, la cual esta descrita como una actividad minera de tipo no metálica, los proyectos aprobados por el SEA son de tipo Declaración de Impacto Ambiental, por lo que detallan que no hay impactos en los componentes suelo, aire, agua y demás, por lo que la identificación no es cuantificada.

Para el caso del componente agua, la disminución de la calidad del agua podría verse afectada por eventos de eutrofización (Aparicio, 2012), estos eventos se ven alterados por los proyectos correspondientes a las actividades acuícola y minera, produciendo cambio en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de la columna de agua. Mientras que, para el caso de la acuicultura, la mayoría de los desechos del alimento de los peces, se disuelven directamente en el agua, desapareciendo rápidamente y haciendo el monitoreo y la cuantificación muy difícil; pero causando posibles impactos potenciales.

Para el caso de los grupos Humanos, en la literatura no existe un criterio único y definitivo para la caracterización de zonas con conflicto socioambiental; pero debido a la gran cantidad de conflictos que se han dado en el último tiempo en la zona de estudio como alrededor de ella y también que muchos lagos se encuentran dentro de Territorios Indígenas como lo describe el “Mapa de Territorios Indígenas” del Ministerio de Obras Públicas, se identificó como un posible impacto potencial.

Además, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectar directamente a los pueblos indígenas debe operar el mecanismo de consulta a estos, derivado del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, el que, desde 2009, forma parte de la legislación chilena, por lo que este tipo de conflictos es un impacto directo sobre el componente Grupos Humanos.

Para el componente fauna, este se ve fuertemente afectado por la actividad acuícola, debido a la transmisión de enfermedades a fauna silvestre, teniendo un importante efecto sobre la fauna local, especialmente por la competencia que se genera por el alimento común y por el espacio geográfico y porque se perturba la solidez genética presente en los lagos, lo que conlleva a que también ocurra un desplazamiento y depredación de especies ícticas nativas. (Claude et al., 2000).

Además, se considera como un impacto ecológico directo cuando las especies invasoras (caso para piscicultura) interactúan con el ecosistema de la misma forma que lo hace una especie nativa; pero las especies invasoras muestran una mayor capacidad de competencia, por lo que la reemplaza. Casos como estos pueden llevar a problemas sociales y con ello económicos. Por ejemplo, pueden afectar al turismo, el interés y posibilidad de observar el paisaje y a las especies autóctonas. Se pueden afectar también otras actividades recreativas, como deportes o meditación al aire libre. De esta forma se podría alterar la identidad de las culturas, entre otros.

Todo esto, puede llevar a la pérdida de biodiversidad, según información que entrega el Ministerio de Medio Ambiente (2020), donde se puede tener consecuencias sobre el bienestar de las personas, ya que se pierden servicios ecosistémicos, como la provisión de diversidad de alimentos, además existen pérdidas en la producción de cultivos (madera, plagas) y también se pierden espacios de recreación.

Además, en base a los resultados de presiones descritas anteriormente junto a información bibliográfica, los incendios forestales tienen un impacto directo, específicamente en la muerte de los individuos que conforman los ecosistemas y con ello la pérdida de los hábitats que proveen para otras especies. Los árboles que sobreviven a los incendios se vuelven muy vulnerables a enfermedades y a ataques de incendios y hongos. Por otra parte, los incendios forestales también dañan los procesos fisiológicos de las plantas, como la fotosíntesis (Donoso, 1997; Maldonado, 2005). Los impactos que han provocado los incendios forestales al bosque nativo son especialmente críticos en los ecosistemas de climas mediterráneos. Muchos de estos ecosistemas se encuentran actualmente amenazados debido a la pérdida de cobertura original.

Di Marzio (2005), menciona que la información de diferentes estudios como resultado de los impactos ambientales observados en la cuenca del río Valdivia, se debe a causas antropogénicas, específicamente a descargas puntuales y difusas, además detalla que dentro de las posibles causas estarían: Plantas de

Tratamiento de Aguas, descarga de efluentes de la planta CELCO, descarga de efluentes y sedimentos de sitios de extracción de grava, uso de pesticidas.

Todo esto, junto a lo mencionado anteriormente, se puede apreciar en la Tabla 10, donde se aprecia cada impacto identificado presente en los lagos de la cuenca, además de la actividad y presión que los genera.

Tabla 10: Forzantes, Presiones e Impactos presentes en cada lago.

Forzante	Componente	Actividad	Presiones	Impactos	Lagos
Demográfico	Desarrollo demográfico	Construcción de viviendas rurales borde lago	- Cambios de uso de suelo - Aporte de coliformes fecales (presencia de pozos negro)	- Pérdida de áreas turísticas o recreativas - Conflicto con comunidades indígenas	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
		Producción acuícola	Proyectos de Acuicultura	- Aporte de sólidos y nutrientes al sistema acuático. - Invasión de especies exóticas. - Aporte de antibióticos, y otros contaminantes emergentes.	-Contaminación y disminución de la calidad del agua. - Cambio en las propiedades físico, químico y microbiológicas de la columna de agua. -Transmisión de enfermedades a fauna silvestre. -Disminución del valor estético del paisaje. -Pérdida de áreas turísticas o recreativas. - Conflicto con comunidades indígenas.
Económicos	Actividad Inmobiliaria	Cabañas, proyectos inmobiliarios, loteos, hotel, restaurante, centros de comida	- Cambio de uso de suelo - Aporte de coliformes fecales.	- Pérdida de áreas turísticas o recreativas. -Disminución del valor estético del paisaje. - Conflicto con comunidades indígenas.	Panguipulli
	Actividad Minera	Extracción de áridos	-Cambio en la hidro	-Disminución del valor estético del paisaje.	

		geomorfología del cauce. - Cambios de uso de suelo - Extracción de recursos no metálicos.	-Pérdida de áreas turísticas o recreativas. -Contaminación y disminución de la calidad del agua. - Conflicto con comunidades Indígenas.	Calafquén, Panguipulli, Riñihue
Actividad Turística	Sendero y equipamiento o en parques	- Intensificación uso turístico y recreativo	- Disminución del valor estético del paisaje. -Conflicto comunidades Indígenas	Calafquén, Panguipulli
Infraestructura y Transporte	Estación de servicio, Construcción Puertos	- Cambio uso de suelo - Intensificación uso turístico y recreativo.	-Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. - Disminución del valor estético del paisaje.	Panguipulli, Pirihueico
Actividad Forestal	Monocultivo forestal	- Cambio uso de suelo. - Erosión de suelo	- Disminución del valor estético del paisaje. - Pérdida de áreas turísticas o recreativas. -Contaminación y disminución de la calidad del agua. - Conflicto con comunidades Indígenas. - Pérdida de bosque nativo.	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue
Generación hidroeléctrica	Construcción y/o aplicación de centrales	- Alteración del régimen hídrico.	- Contaminación y disminución de la calidad de agua. - Pérdida de áreas turísticas o recreativas. - Conflicto con comunidades Indígenas.	Neltume, Panguipulli, Pullinque
Incendio Forestal	Explotación forestal y turismo	- Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo. -Aporte de sedimentos y materia vegetal por escorrentía superficial - Cambio uso de suelo	-Contaminación y disminución de la calidad del agua. -Conflicto con comunidades indígenas. -Pérdida de áreas turísticas o recreativas. -Disminución del valor estético del paisaje.	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue

Culturales	Regulación uso territorio	Modificación plan regulador	- Cambio uso de suelo.	- Conflicto con comunidades indígenas. -Pérdida de áreas turísticas o recreativas.	Panguipulli, Calafquén
Tecnológicos	Saneamiento Ambiental	Alcantarillado y plantas de tratamiento	- Descarga de aguas residuales al sistema acuático.	-Contaminación y disminución de la calidad del agua. -Conflicto con comunidades indígenas.	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Riñihue
Natural	Vulcanismo	Erupción Volcánica	- Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo. - Aporte de material y sedimentos volcánicos al sistema acuático	- Disminución del valor estético del paisaje. -Pérdida de áreas turísticas o recreativas. -Contaminación y disminución de la calidad del agua	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Riñihue
	Cambio Climático		-Intensificación de Eventos Extremos. (Aumento de T°, Disminución de Precipitaciones, Disminución de Caudal)	-Contaminación y disminución de la calidad del agua. - Cambio en las propiedades físico, químico y microbiológicas de la columna de agua.	Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pellaifa, Pirihueico, Pullinque, Riñihue

5.1.6 Respuestas

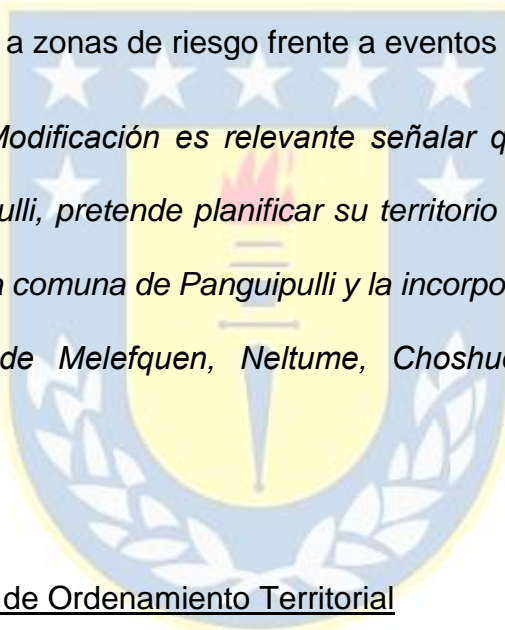
De acuerdo con la información disponible en línea, de diferentes instituciones, fue posible identificar respuestas que a nivel nacional, local y comunal están o se han ido implementando a lo largo del tiempo.

En este sentido, es posible encontrar documentación que da cuenta de pequeñas menciones en la gestión del área de estudio, como las que se presentan a continuación:

➤ Modificación Plan Regulador Comunal Panguipulli

La comuna de Panguipulli cuenta con un plan Regulador Comunal, que no se encuentra actualizado, por lo que nace la necesidad de modificar el plan debido a que el instrumento de planificación actual corresponde al año 1990 y pues dada la nueva dinámica urbana y el creciente interés turístico de la zona, se han emplazado asentamientos ubicados fuera del límite urbano, muchos de los cuales, corresponden a zonas de riesgo frente a eventos naturales.

“El propósito de la Modificación es relevante señalar que el Plan Regulador Comunal de Panguipulli, pretende planificar su territorio mediante la extensión del límite urbano de la comuna de Panguipulli y la incorporación en la regulación de las localidades de Melefquen, Neltume, Choshuenco y Puerto Fuy”. (PLADECO, 2015).



➤ Plan Regional de Ordenamiento Territorial

El ordenamiento territorial es fundamental para el sector en el destino, es así como la condición ZOIT la ostenta desde el año 2006 siendo el único destino en Chile en terminar su Plan de Ordenamiento.

“La necesidad de contar con un marco de referencia regulatorio para la actividad turística, obliga a la elaboración de instrumentos que organicen el desarrollo del turismo, con el objetivo final de transformar el territorio para la creación de productos turísticos.” (PROT, 2006).

➤ Formulación Norma Secundaria de Calidad de Aguas

La cuenca del río Valdivia, tuvo por un breve tiempo una norma secundaria de calidad de aguas, para la protección de la cuenca del río Cruces, correspondiente al:

Decreto 1: Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia.

Pero esta norma fue derogada el 09-AGO-2017, lo que significa que dejó de estar en vigencia, dejando a la cuenca sin un sistema de protección.

➤ Acuerdo Voluntario para la gestión de la cuenca de los lagos Riñihue, Panguipulli, Calafquén y sus afluentes

Data del 22 de enero de 2018 con vigencia de 5 años, con la finalidad de contribuir de manera colectiva a la recuperación y conservación ambiental, validando los instrumentos territoriales y dando seguridad a la población de vivir en un ambiente libre de contaminación, gestionar de manera integrada los recursos hídricos con avances en monitoreo y conocimiento de condiciones oligotróficas, contar con información disponible para asegurar el cumplimiento de los objetivos con sus respectivas metas y acuerdos voluntarios.

➤ Red mínima de Lagos

A partir de la década de los 80, la Dirección General de Aguas (DGA), a través del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos ha llevado a cabo el programa de monitoreo de lagos denominado Red Mínima de Lagos (RML). Actualmente esta red incluye el monitoreo estacional en 16 cuerpos lénticos a lo largo de Chile, los que se distribuyen entre la Región de Coquimbo y la Región de Los Lagos.

Es necesario destacar que todas las respuestas mencionadas, son respuestas institucionales que no responden hacia los impactos identificados y no responden directamente hacia la aplicación en lagos. Es decir, estas respuestas ni siquiera dan medidas que protejan a los cuerpos de agua, solo los menciona abarcando las playas de los lagos y la gestión en su basura, o maneras de fomentar el turismo en ellos.

Solo la red mínima de control de lagos cumple con la supervisión en los cuerpos de agua; pero esta sigue siendo ineficiente, debido a las grandes ventanas sin información que presentan.

5.2 Resultado para el objetivo N°2: Establecer relaciones forzantes-presiones-estado-impactos y respuestas en modelos conceptuales DPSIR para los lagos de la cuenca

Con la identificación e información detallada en el objetivo anterior, se pudo establecer la relación de cada una de las variables del modelo en base a su metodología, permitiendo crear el modelo conceptual DPSIR para cada lago y para la cuenca en forma general. (Figuras 12 a 18):

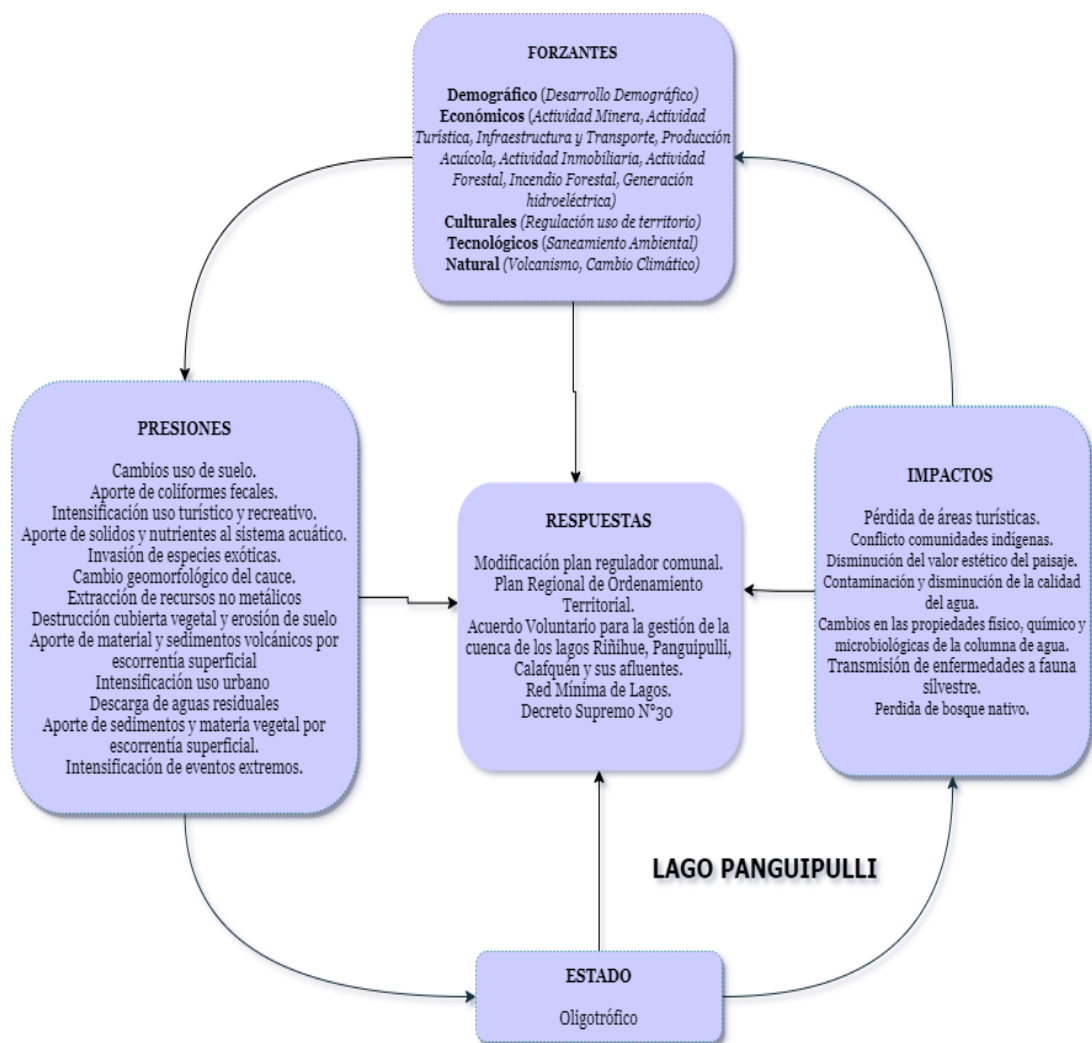


Figura 12: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Panguipulli”.
Fuente: Elaboración Propia.

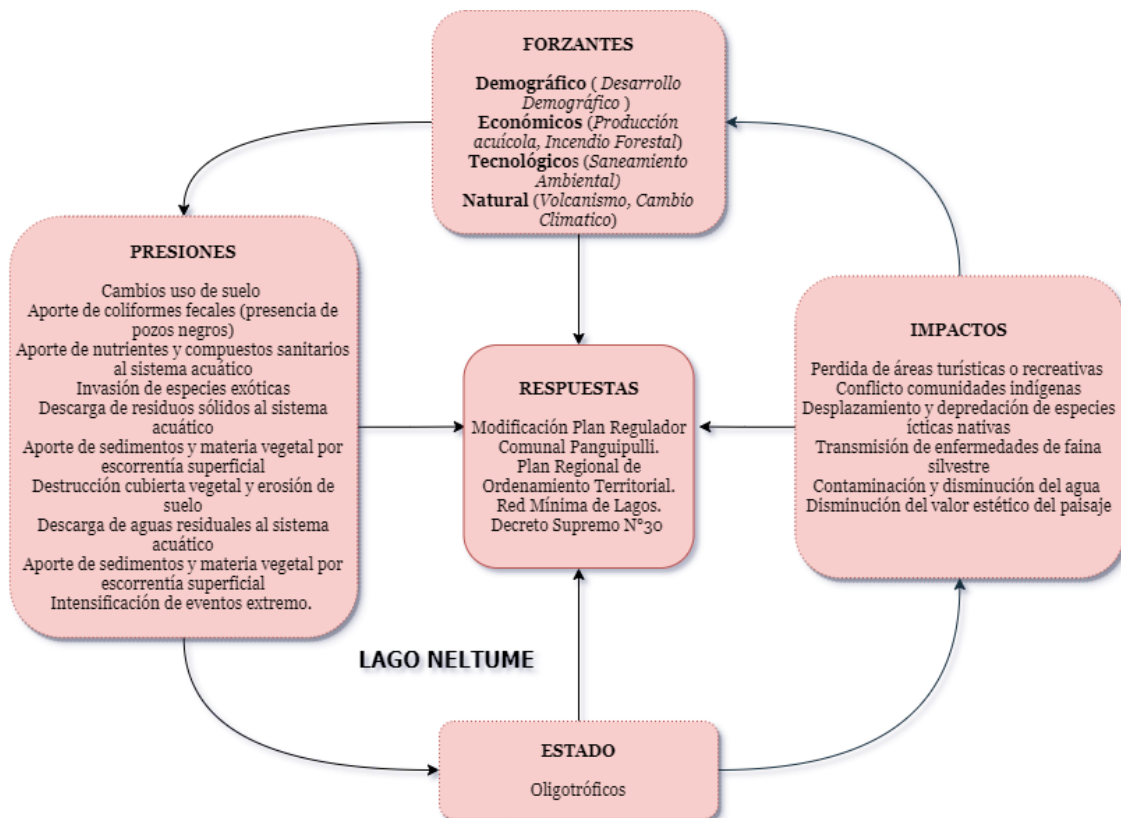


Figura 13: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Neltume”.
 Fuente: Elaboración Propia.

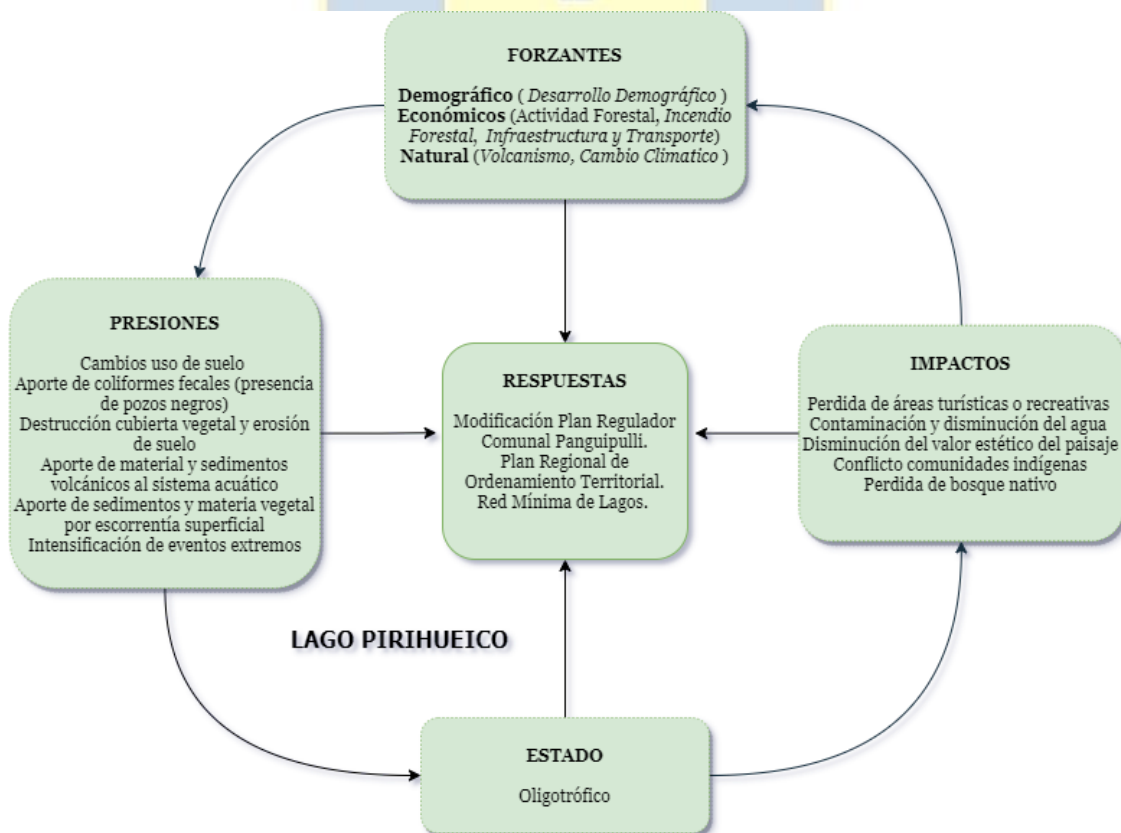


Figura 14: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Pirihueico”.
 Fuente: Elaboración Propia.

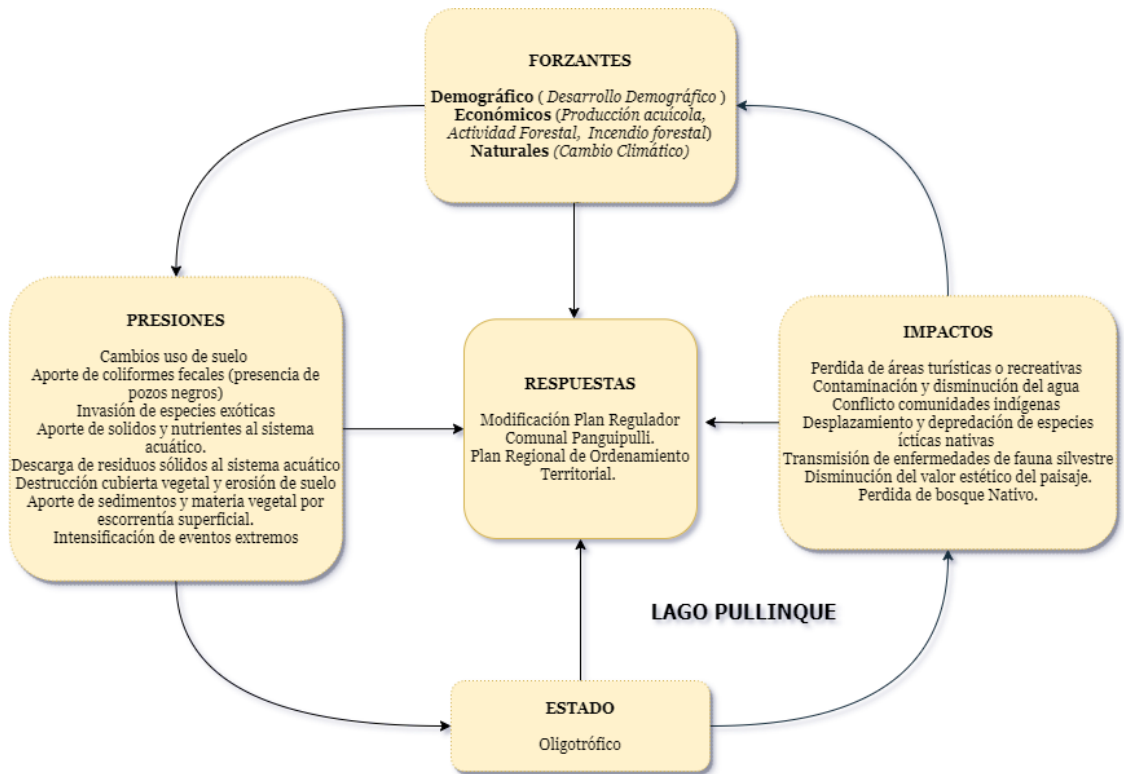


Figura 15: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Pullinque”
 Fuente: Elaboración Propia.

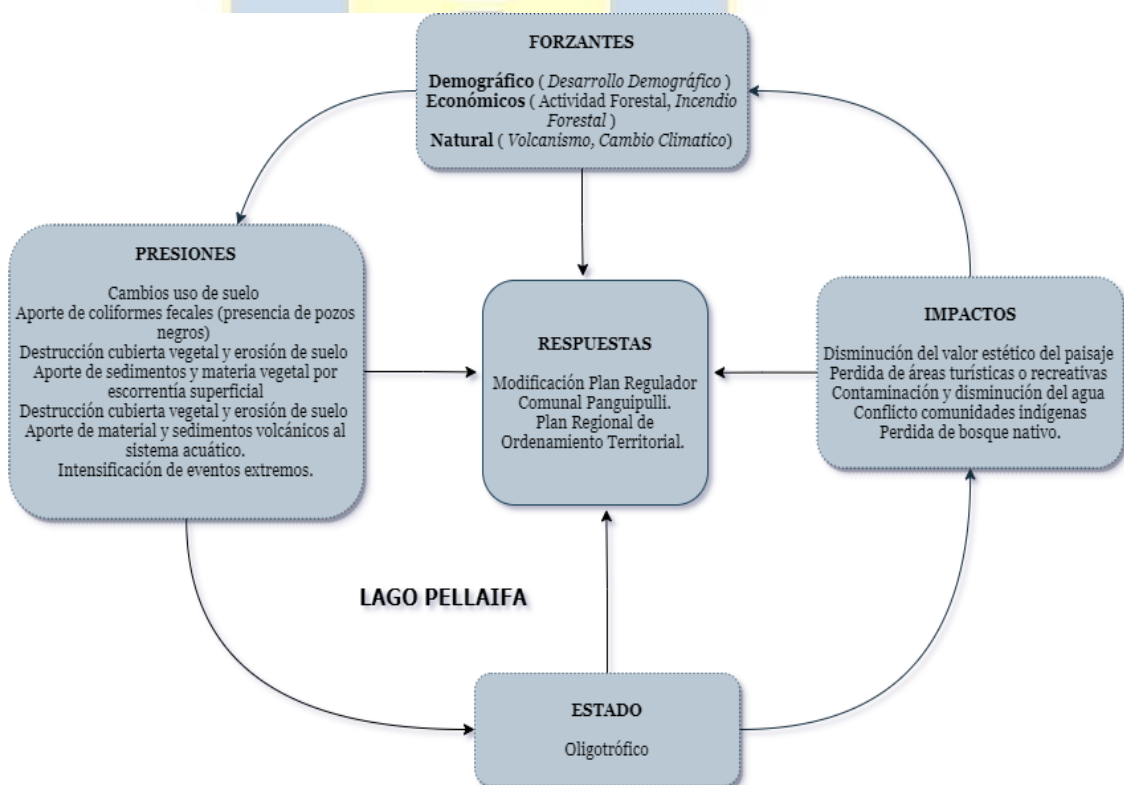


Figura 16: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Pellaifa”.
 Fuente: Elaboración Propia.

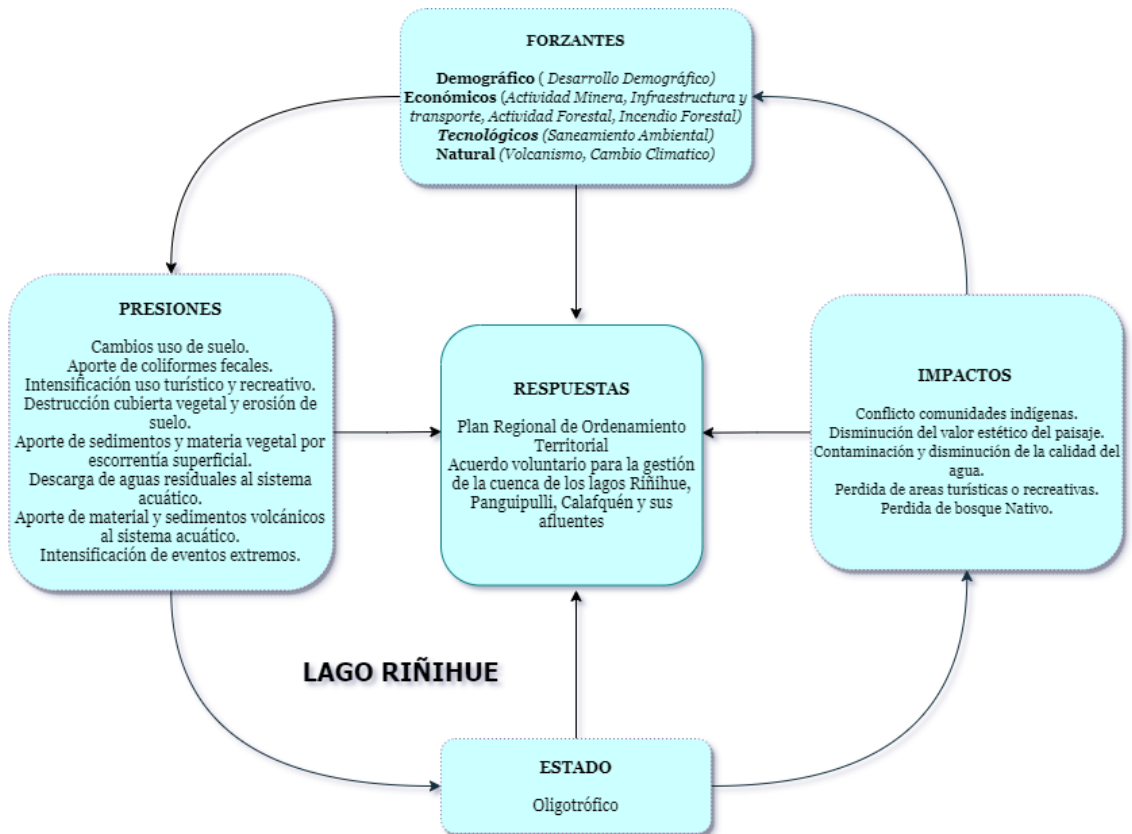


Figura 17: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Riñihue”.
 Fuente: Elaboración Propia.

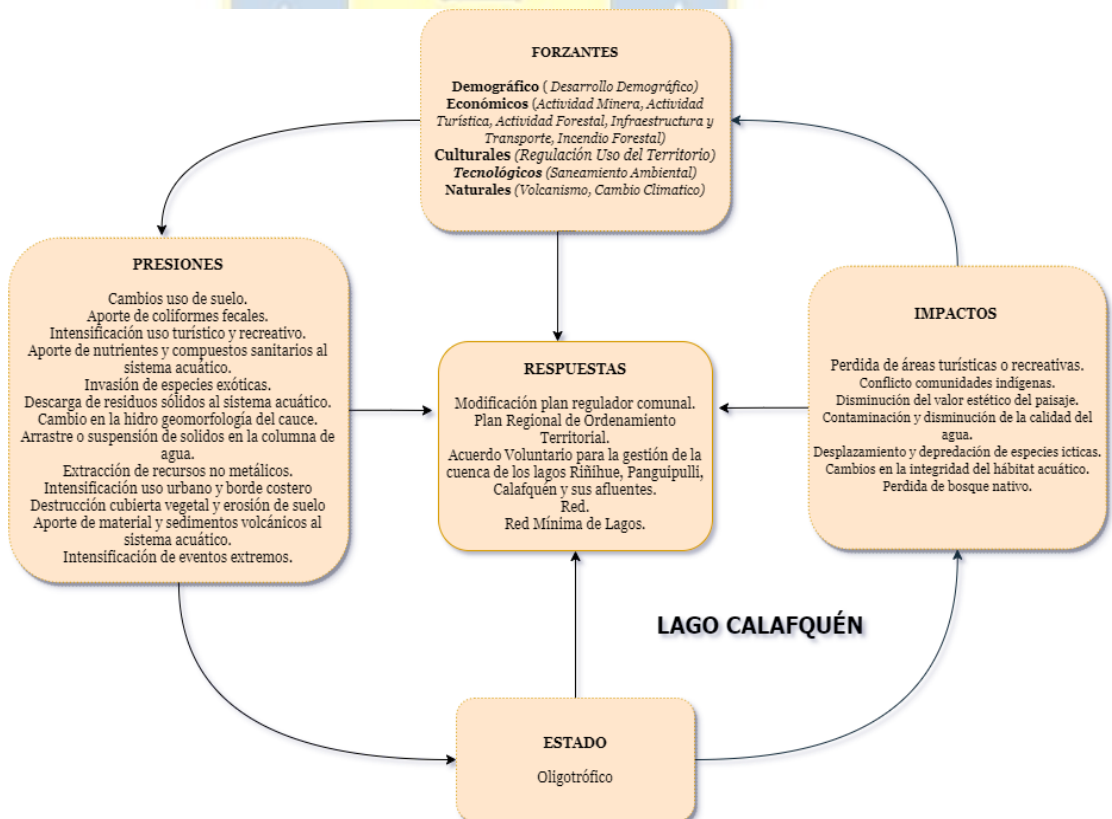


Figura 18: “Mapa Conceptual DPSIR del Lago Calafquén”.
 Fuente: Elaboración Propia.

Según lo que detalla Caprioni G. (2019): La perspectiva socio-ecológica busca cambiar la mirada tradicional de pensamiento al integrar los sistemas sociales y ecológicos que, históricamente, se han considerado como sistemas separados. Proviene del entendimiento que gran parte de los problemas ligados a los recursos naturales y el medioambiente involucran complejas interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos.

Por ello, los sistemas socio-ecológicos se definen como sistemas complejos adaptativos, que involucran múltiples componentes, que se auto-organizan en el tiempo y en el espacio (Berkes et al., 2003; Ostrom, 2007).

Esta organización y clasificación de cada uno de los componentes se puede apreciar en la Figura 19, correspondiente al modelo DPSIR general para el área de estudio.

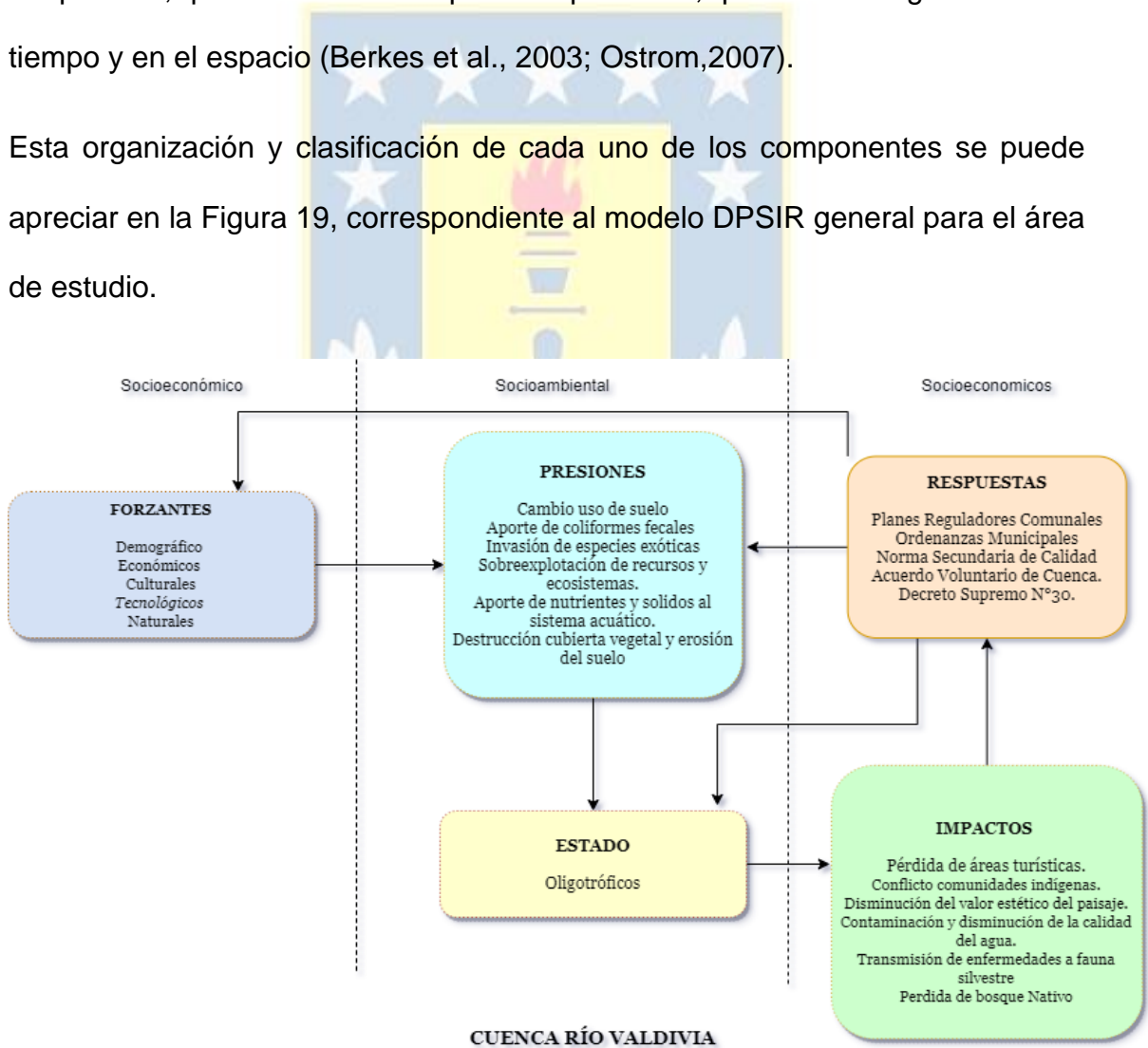


Figura N°19: “Mapa Conceptual DPSIR para la cuenca del río Valdivia”.
Fuente: Elaboración Propia.

Todas las forzantes en el área de estudio tienen una influencia directa sobre los cuerpos de agua, las cuales se deben en su totalidad a procesos socioeconómicos, debido a que son consecuencia de dinámicas entre componentes sociales, económicos, políticos y ambientales, por lo que para el modelo general se aceptaron todas como componentes que dan inicio al modelo, para causar presiones.

Además, el desarrollo del modelo conceptual general permite poder entender que cada uno de los componentes mencionados, se repiten en cada uno de los cuerpos de agua de la cuenca, contribuyendo a comprender los sistemas socio-ecológicos. Igualmente entrega una visión diferente, permitiendo ir más allá en el análisis, facilitando la identificación de las interacciones complejas que existen entre la sociedad y la naturaleza, y que generan cambios en los cuerpos de agua.

Por ello, un modelo DPSIR general en una cuenca es una herramienta útil para la gestión ya que permite identificar de forma causal los elementos que inciden en el ecosistema y que impactos se ven asociados a ello. Como resultado de lo anterior, posibilita a los tomadores de decisiones observar la problemática en forma amplia y sencilla y de esta manera tomar medidas de gestión informadamente y acorde a las necesidades reales del área en estudio.

5.3 Resultado para el objetivo N°3: Generar un listado de medidas de gestión para los impactos identificados.

Impactos Ambientales	Medidas de Gestión	Justificación
Disminución del valor estético del paisaje	Infraestructura Verde Urbana.	Mantener el valor del capital natural, ofreciendo soluciones naturales ante los problemas ambientales.
Pérdida de áreas turísticas o recreativas.	Plan de Manejo Ambiental	Conservar el equilibrio entre la conservación y preservación de los recursos naturales con las actividades de producción, entre ellas el turismo, además de la extracción de los bienes y servicios que es capaz de producir la cuenca.
Cambio en las propiedades físico, químico y microbiológicas de la columna de agua	Normas Secundarias de Calidad de Agua.	Mantener el estado trófico de los lagos en la zona de estudio, con áreas de vigilancia para el cumplimiento y fiscalización de estos.
Contaminación y disminución de la calidad del agua.	Norma Secundaria de Calidad de Agua.	Mantener el estado trófico de los lagos en la zona de estudio, con áreas de vigilancia para el cumplimiento y fiscalización de estos .
Conflicto con comunidades indígenas	Mesa de trabajo con la participación de las comunidades indígenas.	Prevenir el conflicto con las comunidades y mantener la información de cuidado para las zonas que ellas consideran de valor espiritual para su cultura.
Desplazamiento y depredación de	Programa de Control de especies invasoras.	Prevenir la colonización de especies que

especies nativas	ícticas		constituyen una plaga, y que provocan un perjuicio en la biodiversidad autóctono
Transmisión enfermedades fauna silvestre.	de de	Programa de Control de especies invasoras.	Controlar las poblaciones de especies acuáticas invasoras presentes, que provocan un perjuicio en la biodiversidad autóctono de los lagos.
Perdida de bosque nativo		Programa de restauración ecológica y post fuego.	Devolver los ecosistemas a su condición original, o darles una perspectiva de futuro, basado en la dinámica de cambio.

5 CONCLUSIÓN

Los lagos de la cuenca del río Valdivia prestan un sinfín de servicios que se han visto deteriorados por actividades antrópicas, por lo que existe la necesidad de recuperarlos y prevenirlos.

El diagnóstico del modelo permite verificar que los principales problemas se asocian a actividades antrópicas que se repiten en todos los cuerpos de agua de la cuenca. En este sentido, se requiere que los organismos responsables de la gestión del recurso hídrico cuenten con un mecanismo de coordinación para lograr un manejo integral, además de personal capacitado para abordar las diferentes problemáticas ambientales.

Con el objetivo de integrar los impactos obtenidos, se propusieron posibles soluciones basadas en el marco DPSIR, el cual demostró ser una herramienta

eficaz para comunicar las complejas interrelaciones que ocurren en el sistema. De estas medidas de gestión sugeridas para cada impacto identificado, se sugiere que se opten por otras medidas para abarcar la protección del área de estudio de forma más completa y global, generando medidas preventivas más que curativas, es decir, enfocándose en las presiones que se estén generando.

Para ello es indispensable contar previamente con una evaluación detallada de la calidad de los lagos. En este sentido existe un desafío importante, ya que sólo algunos cursos naturales se encuentran caracterizados o monitoreados, e igualmente se encuentran con periodos de años sin información.

La implementación de las medidas sugeridas, pueden restablecer o mitigar varios de los impactos identificados, es decir, una medida de gestión puede solucionar más de una problemática en los cuerpos de agua.

Para el caso de los impactos enfocado en flora y fauna, requieren de una gestión efectiva que permitan la conservación de la biodiversidad. Por lo tanto, es necesario establecer medidas para la conservación de la biodiversidad acordes a cada área mediante planes de manejo. La creación de planes de manejo implica la utilización de recursos y esfuerzos importantes tanto para crearlos como para implementarlos, por lo que debe existir un compromiso a largo plazo de las autoridades.

Por otro lado, llevar a cabo de forma total esta metodología del modelo, implicaría no solo identificar los proyectos y actividades, si no que requiere realizar análisis económicos, sociales y culturales, incluyendo tanto al sector público como privado. Es un trabajo extenso; pero que permite con el tiempo, entregar resultados para un desarrollo sostenible.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, R. M. 2002. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la formación e integración del medio ambiente. Madrid – España.

Banco Mundial. 2011. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento de Medio Ambiente y desarrollo Sostenible.

Bowen RE, Riley C. 2003. Socio-economic indicators and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 46: 299–312 .

Borja, A., O.Solaun,I. Galparsoro, E.M. Tello, I. Muxika, V. Valencia, J. Bald, J. Franco Y A. Manzanos. 2004. Caracterización de las presiones e impactos en los estuarios y costa del País Vasco. Informe de la Fundación AZTI para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, 322 pp.

Borja A, Galparosa I, Solaun O, Muxikca I, Tello E-M, Uriarte A, Valencia V. 2006. The European Water Directive and the DPSIR: a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological states. *Estuar Coast Shelf Sci* 66:84–96.

Bradley, P. & Yee, S. 2015. Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Atlantic Ecology Division, Narragansett, RI. EPA/600/R-15/154.

Buschmann, A.H. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Terram Publicaciones, Santiago, 67 pp.

Castro, M. 2002. Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una aplicación para Andalucía. [En línea]. Doctorado en Economía, Departamento de Economía Aplicada, Estadística y Econometría, Universidad de Málaga, Málaga, enero 30 2017.

Corporación Nacional Forestal. 2014. Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región de los Ríos.

Corporación Nacional Forestal. 2017. Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile.

CONAMA. 2005. Guía CONAMA para el establecimiento de Normas Secundarias de calidad ambiental para agua continentales superficiales y marinas. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

De Kok J-L, Kofalk S, Berlekamp J, Hatin B, Wind H. 2009. From design to application of a decision-support system for integrated river basin management. *Water Resour Manag* 23:1781–1811.

Delgado LE, Marín VH, Bachmann PL, Torres-gomez M. 2009. Conceptual Models for Ecosystem Management through the Participation of Local Social Actors: the Río Cruces Wetland Conflict. *Ecology And Society* 14:50.

Díaz, M. 2017. Evaluación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico: Cuenca del río Biobío como caso de estudio. Tesis de doctorado presentada a la Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción.

Dirección General de Aguas. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Valdivia.

Dirección General de Aguas. 2014. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas. Centro De Ecología Aplicada Ltda. Ministerio de Obras Públicas.

Dirección General de Aguas. 2016. Atlas del Agua. Ministerio de Obras Públicas. Chile.

Dirección General de Aguas. 2017. Análisis y reformulación red de monitoreo de lagos región de Los Ríos. S.I.T N° 395. Ministerio de Obras Públicas. 441 pp.

Dirección General de Aguas. 2018. Gestión del agua. Balance Hídrico Nacional.

Directiva Marco del Agua. 2000. Informe relativo a los artículos 5 y 6 – 223. Demarcación de las Cuencas Internas del País Vasco.

Di Marzio, W. y Mc Innes, R. 2005. Misión Consultiva Ramsar: Santuario Carlos Anwandter (Río Cruces). Valdivia, Chile. 57 p.

Habit, E., González, J., Ortiz-Sandoval, J., Elgueta, A., Sobenes, C. 2015. Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. *Revista Ecosistemas*.

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, Ó. 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». En P. A. Marquet et al. (editores), *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones*. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Gentile JH, Harwell MA, Cropper W, Harwell CC, DeAngelis D, et al. 2001. Ecological conceptual models: a framework and case study on ecosystem management for South Florida sustainability. *Science of the Total Environment* 274: 231–253.

Gobierno de Chile. 2013. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 -2025.

Ibañez C. 2014. Aplicación del modelo DPSIR para analizar el estado medioambiental del ecosistema del Humedal del Río Cruces. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo con mención en Medio Ambiente. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Kagalou, I., Leonardos, I., Anastasiadou, C. et al. 2012. The DPSIR Approach for an Integrated River Management Framework. A Preliminary Application on a Mediterranean Site (Kalamas River -NW Greece). *Water Resour Manage* 26, 1677–1692.

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) *Journal of Environmental Management* 128, 283-291.

Marr, S.M., Marchetti, M.P., Olden, J.D., Morgan, D.L., García-Berthou, E., Arismendi, I., Day, J.A., Griffiths, C.L., Skelton, P.H. 2010. Freshwater fish introductions in mediterranean-climate regions: are there commonalities in the conservation problem?. *Diversity and Distributions* 16: 606-619.

Meets E, Weterings R. 1999. *Environmental Indicators: Typology and Overview*. 19 p.

Mangi SC, Roberts CM, Rodwell LD. 2007. Reef fisheries management in Kenya: Preliminary approach using the driver-pressure-state-impacts-response (DPSIR) scheme of indicators. *Ocean & Coastal Management* 50: 463–480.

Marquet P. A., A. Altamirano, M. T. K. Arroyo, M. Fernández, S. Gelcich, K. Górski, E. Habit, A. Lara, A. Maass, A. Pauchard, P. Plischoff, H. Samaniego y C. Smith-Ramírez (editores). 2019. *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad*. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Ministerio de Obras Públicas. 2013. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025.

Ministerio de Medio Ambiente. 2017a. Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en aguas continentales y marinas. División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos.

Ministerio de Medio Ambiente. 2018. Educación Ambiental: Una mirada desde la institucionalidad ambiental chilena. Ministerio del Medio Ambiente, División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana.

Ministerio del Medio Ambiente. 2020. Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente.

Moser G. 2014. Psicología ambiental: aspectos de las relaciones individuo-medioambiente, primera edición. Ecoe-Ediciones, Bogotá, 298 pp.

Naciones Unidas. 2018. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.

Ness B, Anderberg S, Olsson L. 2010. Structuring problems in sustainability science: the multi-level DPSIR framework. *Geoforum*, 41. pp. 479-488

Orrego J. 2002. El estado de las aguas terrestres en Chile: Cursos y aguas subterráneas. Terram.

Oviedo-Ocaña E. 2018. Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 50(3): 191-192.

Paredes L. 2019. Desarrollo de un modelo conceptual para el manejo de servicios ecosistémicos costeros: Isla Grande de Chiloé. Proyecto de grado presentado para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Parra, O. 1989. La eutroficación de la laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Ambiente y desarrollo*.

Parra, O, Valdovinos, C., Urrutia, R., Cisternas, M., Habit, E., & Mardones, M. 2003. Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile central.

Parra O, Acuna A. & s. Basualto. 2009. La cuenca hidrográfica como unidad de y gestión del territorio. Editorial Universidad de Concepción.

Pérez, M. 2003. Marco conceptual y metodológico para la construcción de indicadores ambientales. Nicaragua: Sistema Nacional de Información Ambiental, SINIA, 14p.

Pizarro, J., Vergara, P.M., Cerda, S., Briones, D., 2016. Cooling and eutrophication of southern Chilean lakes. *Sci. Tot. Environ*. 541, 683-691. [dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.105](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.105).

Salazar, C. 2003. Situación de los recursos hídricos en Chile. Con el apoyo de la Fundación Nippon. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A. C., México.

Santibáñez F. 2016. El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. Informe Técnico elaborado para el Ministerio de Agricultura.

Sträter, E., A. Westbeld y O. Klemm. 2010. «Pollution in coastal fog at Alto Patache, Northern Chile». doi: 10.1007/s11356-010-0343-x.

Tscherning K, Helming K, Krippner B, Sieber S, Paloma SGy 2012. Does research applying the DPSIR framework support decision making? 29: 102–11.

Torres R., Azócar, G., Carrasco, N., Zambranol, M., Costa, T., & Bolin, B. 2016. Desarrollo forestal, escasez hídrica, y la protesta social mapuche por la Justicia Ambiental en Chile.

Ugarte K. 2014. Impacto de la minería de áridos sobre el paisaje cultural agrícola, estudio de caso: Estación experimental German Greve Silva, rinconada de Maipú. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2000. Visión del Agua y la Naturaleza. Estrategia Mundial para la Conservación y Manejo Sostenible de Recursos Hídricos en el Siglo XXI"

Valdés-Pineda, R., Pizarro, R., García-Chevesich, P., Valdés, J. B., Olivares, C., Vera, M., Helwig, B, 2014. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology*.

Vila, I., Habit, 2015. Current situation of the fish fauna in the Mediterranean región of Andean river systems in Chile. FISHMED Fishes in Mediterranean Environments 002.



ANEXOS

Unidades Fiscalizables

UNIDAD	Comuna	Fuente	CategoríaE	Nombre	SubCategor	Forzante
Calafquén	Panguipulli	MMA	Equipamiento	BOSTON	Discoteca / pub	Actividad turística
Calafquén	Panguipulli	MMA	Equipamiento	TERMAS VERGARA	Establecimiento / Infraestructura para turismo	Actividad turística
Calafquén	Villarrica	MMA	Minería	EXTRACCIÓN DE ARENA EN PLAYA GRANDE LICAN RAY	Minera no metálica	Actividad minera
Calafquén	Villarrica	MMA	Minería	EXTRACCIÓN DE TURRIDOS CHIGUAICO	Minera no metálica	Actividad minera
Neltume	Panguipulli	MMA	Energía	GALERIA NELTUME	Central hidroeléctrica de pasada	Generación energética
Neltume	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICULTURA LIQUIE	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Neltume	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICULTURA PAIMUN	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Energía	CH HUILO HUILO	Central hidroeléctrica de pasada	Generación energética
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Energía	CENTRAL HIDROELÉCTRICA TRANGUIL	Central hidroeléctrica de pasada	Generación energética
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Energía	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MAÍO	Central hidroeléctrica de pasada	Generación energética
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	CENTRO PULLINQUE	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICOLA LLALLALCA	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICULTURA NILTRE	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICULTURA PULLINQUE	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola

Panguipulli	Panguipulli	MMA	Vivienda e Inmobiliarios	PROYECTO INMOBILIARIO BAHÍA PANGUIPULLI	Conjunto habitacional	Actividad inmobiliaria
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Equipamiento	CAMPING CHAUQUEN	Establecimiento / Infraestructura para turismo	Actividad turística
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Equipamiento	LICEO SANTIBAN	Establecimiento educacional	Infraestructura
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Equipamiento	PETROLEUM	Estación de servicio	Infraestructura
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Otras categorías	ACTUALIZACION PRC PANGUIPULLI	Instrumentos de Planificación Territorial	Regulación uso del territorio
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Otras categorías	SECCIONAL CHOSHUENCO	Instrumentos de Planificación Territorial	Regulación uso del territorio
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Otras categorías	SECCIONAL PUYUMEN	Instrumentos de Planificación Territorial	Regulación uso del territorio
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Minería	EXTRACCIÓN DE ARIDOS FUNDO LA RIVERA	Minera no metálica	Actividad minera
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Equipamiento	RESTOBAR ENCO	Restorán / Servicio de comidas	Actividad turística
Panguipulli	Panguipulli	MMA	Energía	S/E PANGUIPULLI	Subestación	Generación energética
Pirehueico	Panguipulli	MMA	Infraestructura Portuaria	RAMPAS PTO. FUY	Terminal marítimo	Infraestructura portuaria
Pullingue	Panguipulli	MMA	Pesca y Acuicultura	PISCICULTURA TRAIGUEN	Centro de cultivo de peces	Producción acuícola
Riñihue	Los Lagos	MMA	Otras categorías	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA RESERVA NACIONAL MOCHO - CHOSHUENCO	Actividades y/o proyectos en sitios protegidos	Actividad turística

UNIDAD	Comuna	Fuente	Titular	Nombre	Sector_PRO	Forzante
Calafquén	Villarrica	SEIA	Raul José San Martin, San Martin	Modificación Proyecto Restaurant a Discoteca	Equipamiento	Actividad turística
Calafquén	Panguipulli	SEIA	Juan I. Barría Urrutia	Boston Discoteque	Equipamiento	Actividad turística
Calafquén	Panguipulli	SEIA	Cipriano Pascual Vergara Reydet	Construcción Cabañas "Termas Vergara" (e-seia)	Inmobiliarios	Actividad inmobiliaria / Expansión urbana
Calafquén	Villarrica	SEIA	Comité de Vivienda Melilahuén de Licán Ray	Solicitud de cambio de uso de suelos para construcción viviendas progresivas loteo Melilahuen de Lican Ray	Inmobiliarios	Actividad inmobiliaria
Calafquén	Villarrica	SEIA	Comité Habitacional Calafquén de Lican Ray	Loteo y Urbanización Vivienda Progresiva Calafquén	Inmobiliarios	Actividad inmobiliaria
Calafquén	Villarrica	SEIA	Comité de Vivienda Melilahuen de Lican Ray	Loteo y Urbanización Vivienda Progresiva Melilahuen	Inmobiliarios	Actividad inmobiliaria
Calafquén	Villarrica	SEIA	I. Municipalidad de Villarrica	Modificación Plan Regulador de la Localidad de Licán Ray Zona Z-5 y Z-3E	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	Regulación uso del territorio
Calafquén	Villarrica	SEIA	AGUAS ARAUCANIA S.A..	Sistema de Recolección y Tratamiento de Aguas Servidas de la Localidad de Lican Ray	Saneamiento Ambiental	Saneamiento ambiental
Calafquén	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Instalación del Servicio de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas Localidad de Coñaripe Comuna de Panguipulli (Segunda Presentación)	Saneamiento Ambiental	Saneamiento ambiental
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Adecuación y Construcción Liceo Fernando Santivan	Equipamiento	Infraestructura
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Petroleum S.A.	Construcción de Estación de Servicios de Venta de Combustibles en la comuna de Panguipulli	Equipamiento	Infraestructura
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S:A:	Regularización Canal Aducción Rio Zahuil	Infraestructura Hidráulica	Generación energética

Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Eva del Rosario Seguel Cifuentes	Camping Playa Chauquén	Inmobiliarios	Actividad turística
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Forestal Neltume Carranco S.A.	Central de Pasada Truful	Otros	Generación energética
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Sistema de Transmisión del Sur S.A.	Construcción y Operación S/E Panguipulli 0 (e-seia)	Otros	Generación energética
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	COMPAÑIA SALMONIFERA DALCAHUE LIMITADA	Modificación y Aumento de Producción de Piscicultura Pullinque	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S:A:	AUMENTO DE PRODUCCION DEL CENTRO DE CULTIVO DE TRUCHAS LLALLALCA	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	COMPAÑIA SALMONIFERA DALCAHUE LIMITADA	Piscicultura Rio Niltre	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S:A:	Aumento de Producción del Centro de Cultivo de Truchas Llallalca (e-seia)	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Compañía Salmonifera Dalcahue Ltda.	Reestructuración y Operación del Centro de Alevinaje Pullinque Panguipulli X Región (Sol N _T 200102016)	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S.A.	Ampliación Centro Piscicola Llallalca	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S.A.	Piscicola Entre Rios S.A.	Pesca y Acuicultura	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	MUNICIPALIDAD DE PANGUIPULLI	ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE PANGUIPULLI (e-seia)	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	Regulación uso del territorio
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Plan Seccional Puyumen	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	Regulación uso del territorio
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Plan Seccional Choshuenco	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	Regulación uso del territorio

Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Ilustre Municipalidad de Panguipulli	Estudio de Saneamiento Sanitario de la Localidad de Neltume	Saneamiento Ambiental	Saneamiento Ambiental
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	COMPAÑIA SALMONIFERA DALCAHUE LIMITADA	Modificación del Manejo de la Mortalidad Mediante Sistema de Ensilaje en Piscicultura Pullinque	Saneamiento Ambiental	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S:A:	MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE MORTALIDAD MEDIANTE SISTEMA DE ENSILAJE - Centro Llallalca	Saneamiento Ambiental	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Piscicola Entre Ríos S:A:	MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE MORTALIDAD MEDIANTE SISTEMA DE ENSILAJE - Centro Pullinque	Saneamiento Ambiental	Producción acuícola
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Construcción de Alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Neltume Comuna de Panguipulli (Segunda Presentación)	Saneamiento Ambiental	Saneamiento Ambiental
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	I. Municipalidad de Panguipulli	Instalación Red de Alcantarillado Público Localidad de Choshuenco (Segunda Presentación)	Saneamiento Ambiental	Saneamiento Ambiental
Panguipulli	Panguipulli	SEIA	Empresa de Servicios Sanitarios de los Lagos ESSAL	Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Tratamiento y Disposición final de Aguas Servidas de Panguipulli	Saneamiento Ambiental	Saneamiento Ambiental
Pirihueico	Panguipulli	SEIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	Reposición Rampas Puerto Fuy y Puerto Pirehueico, Panguipulli	Infraestructura Portuaria	Infraestructura portuaria
Pullingue	Panguipulli	SEIA	Pedro Ovalle Flores	Centro de Cultivo de Salmónidos Traiguén	Saneamiento Ambiental	Producción acuícola

