



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DPTO. DE CONSERVACION

*ANTECEDENTES PARA EL ANÁLISIS GENERAL
DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA
NORMA SECUNDARIA DEL LAGO VILLARRICA*

REALIZADO POR:

**(Norcontrol Chile S.A.). División Medio Ambiente y Prevención de Riesgos
Laborales**

S.I.T. N° 166

SANTIAGO, NOVIEMBRE, 2009



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	6
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPACTO DEL AGIES.....	7
3.1 Componente Físico.....	8
3.2 Componente Ecológico.....	14
3.3 Componente Socio-Económico.....	19
3.3.1 Sector Primario: Ganadería, Agricultura y Forestal.....	23
3.3.2 Sector Secundario: Industria y Construcción.....	25
4. MÉTODOS DE VALORACIÓN AMBIENTAL APLICADOS EN EL AGIES DE LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA.....	39
4.1 Identificación de Actores Sociales.....	39
4.2 Modelo Aplicado de Evaluación-AGIES (MAE-AGIES).....	40
4.2.1 Impacto sobre Calidad de las Aguas (ICA).....	41
4.2.2 Índice de Vulnerabilidad Ambiental (IVA).....	41
4.2.3 Índice de Aporte Económico (AE).....	42
4.2.4 Espacialización de Resultados.....	48
5. RESULTADOS.....	50
5.1 Identificación de Actores.....	50
5.1.1 Actores Claves.....	50
5.1.2 Actores Primarios.....	50
5.1.3 Actores Secundarios.....	51
5.2 Modelo Aplicado de Evaluación-AGIES (MAE-AGIES).....	52



5.2.1	Impacto sobre Calidad de las Aguas (ICA)	52
5.2.2	Índice de Vulnerabilidad Ambiental (VA)	56
5.2.3	Índice de Aporte Económico (IAE)	63
5.2.4	Índice de Impacto Socio-Económico de la Norma (ISE)	65
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	66
7.	RECOMENDACIONES	70
7.1	Las Comunidades Locales y los Usos del Agua	71
7.2	Planes de Descontaminación	71
7.3	Información Necesaria	74
8.	BIBLIOGRAFÍA	75
9.	ANEXOS	76
9.1	Anexo 1. Definición de la cuenca del Lago Villarrica	76
9.2	Anexo 2. Funciones y Servicios ambientales de las Cuencas Hidrográficas	80
9.3	Anexo 3. Proyectos Ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Modelo Conceptual de FES-Sistema	8
Figura 2.	Cuenca del Lago Villarrica	9
Figura 3.	Límites de las sub-cuencas que conforman la Cuenca del Lago Villarrica	10
Figura 4.	Unidades Geológicas de la Cuenca del Lago Villarrica	11
Figura 5.	Usos de Suelo en la Cuenca del Lago Villarrica	12
Figura 6.	Servicios Ecosistémicos y Bienestar Humano	17
Figura 7.	Proyectos presentados en SEIA	21



Figura 8. Ruta Interlagos	31
Figura 9. Captación de agua de Curarrehue	37
Figura 10. Localización de los Sectores Económicos afectados por la NSCA.	38
Figura 11. Participación de cada sector económico en el PIB de la cuenca del Lago Villarrica	46
Figura 12. Participación de cada sector Económico en el PIB Regional	46
Figura 13. Exportaciones de la cuenca del Lago Villarrica en 2006.....	48
Figura 14. Carga de Nutrientes (ton/año) por Subcuencas según actividades Agropecuarias	53
Figura 15. Impacto sobre la Calidad de Las Aguas (ICA)	55
Figura 16. Modelo Digital de Elevaciones	57
Figura 17. Erosividad de la Cuenca del Lago Villarrica (Factor R)	57
Figura 18. Erodabilidad de la Cuenca del Lago Villarrica (Factor K).....	58
Figura 19. Usos de Suelo Cuenca del Lago Villarrica (Factor C).....	58
Figura 20. Erosión Potencial	59
Figura 21. Permeabilidad de los Suelo Cuenca del Lago Villarrica	60
Figura 22. Zona Buffers del Lago Villarrica	61
Figura 23. Isoyetas de la Cuenca del Lago Villarrica	62
Figura 24. Índice de Vulnerabilidad Ambiental	63
Figura 25. Índice de Contribución Económica.....	64



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe de Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social (en adelante, AGIES) de la aplicación de la Norma Secundaria de Calidad de Ambiental (NSCA, en lo que sigue) para la Cuenca del Lago Villarrica.

Actualmente la Comisión Nacional del Medio Ambiente, ha comenzado el proceso de elaboración de la (NSCA) para la protección de las aguas del Lago Villarrica, encontrándose en desarrollo la etapa de elaboración del anteproyecto de norma, para ello se ha conformado un equipo interinstitucional de profesionales de los distintos servicios públicos con competencia en la materia (Comité Operativo), instancia que deberá elaborar dicho anteproyecto.

Un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la aplicación de una norma secundaria de calidad de aguas debería incorporar aspectos ecológicos que permitan tener una idea de los beneficios o servicios que nos otorga un medio ambiente saludable, así como también, los impactos económicos y sociales que este tipo de regulaciones provoca, de manera de no alejarnos demasiado del delicado equilibrio entre la protección del medio ambiente, el desarrollo local económico-social y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, combinación relacionada con el desarrollo sustentable.

Bajo esta óptica, el AGIES debe necesariamente abordarse desde una perspectiva sistémica que dé cuenta de las diversas variables involucradas en la aplicación de una norma. De este modo si consideramos a las subcuencas como un sistema físico, ecológico y social las consecuencias de la aplicación de la norma se pueden visualizar con mayor claridad, lo cual no ocurriría si sólo nos enfocáramos en el componente hídrico. Dado que los impactos socioeconómicos de una norma de calidad ambiental dependen de las características ecológicas y físicas de la cuenca, se considera un marco teórico apropiado para la descripción y análisis del impacto que puede tener una norma de calidad ambiental.

Uno de los mayores problemas de realizar un AGIES es determinar el impacto económico de la aplicación de la norma, ya que los actores del desarrollo productivo de la cuenca donde se pretende implementar la norma, necesitan conocer cómo es que ésta impactará sobre el desarrollo futuro de sus actividades. Este problema está dado por la dificultad de dar un valor a ciertos servicios que nos entrega la naturaleza y que no tienen un mercado formal.

Estos bienes y servicios que la naturaleza entrega a la sociedad son los denominados “servicios ambientales”. La producción de estos servicios ecosistémicos dependerá de la estructura y de los procesos que componen un ecosistema en particular. Es decir, un servicio ambiental está relacionado con los componentes vivos y no vivos que interactúan a través de flujos, como energía y nutrientes, y la mantención de estos servicios dependerá directamente de la salud de los ecosistemas que los sustentan (Facultad de Ciencias – Universidad de Chile, et al, 2008).



De esta manera, en la discusión sobre la aplicación de una norma secundaria de calidad de aguas, el enfoque tradicional consiste en calcular los costos que provocará la aplicación de la norma en los distintos sectores productivos de la cuenca, para luego contrastarlos con los beneficios que se obtendrían de la protección de determinados servicios ecosistémicos, estimando un beneficio neto de la aplicación de la norma a partir de la resta de beneficios menos costos.

El presente estudio pretende ser un apoyo integral que exige el proceso de tramitación de la norma, en relación con los impactos de la misma, identificando los impactos económicos y sociales del anteproyecto de norma secundaria de calidad de aguas en la cuenca del Lago Villarrica, con una aproximación de los índices finales a aplicar, presentando los antecedentes sociales y económicos para evaluación, proponiendo metodologías de evaluación y recomendaciones que contribuyan a la realización de los futuros AGIES, de modo de priorizar la generación de información respecto de las consecuencias socio-económicas de la protección de la calidad de aguas.

En lo específico, este realiza una caracterización general de la problemática de calidad de aguas en la cuenca y se identifican las principales actividades económicas que contribuyen a la contaminación del lago Villarrica. Luego, se realiza el análisis general del impacto económico de la norma a través del *Modelo Aplicado de Evaluación-AGIES (MAE-AGIES)*, para finalmente, presentar las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo general

Levantar antecedentes para el análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de norma secundaria de calidad de aguas en la cuenca del Lago Villarrica.

Objetivos específicos

- Aplicar el método MAE-AGIES para evaluar de manera integrada los efectos de la aplicación de la norma secundaria en la cuenca del Lago Villarrica.
- Identificar el aporte económico de los sectores productivos de la cuenca.
- Identificar las zonas vulnerables respecto de la aplicación de la norma.



3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPACTO DEL AGIES

La exigencia normativa de realizar un análisis general del impacto económico y social, previo al establecimiento de una NSCA tiene por objeto establecer y evaluar claramente los efectos o impactos derivados de la implementación de dicha norma, poniendo énfasis expreso en los costos y beneficios tanto para la población y ecosistemas¹ afectados por ésta, como para los agentes emisores y aquellos que deberán asumir las distintas agencias estatales involucradas en el monitoreo y fiscalización de su cumplimiento².

De esta manera, el legislador extiende ya en la redacción misma de la norma, el alcance de esta evaluación técnica a un objeto mayor que aquel sobre el cual la NSCA se aplica, entendiéndose que existe una relación sistémica entre la acción del hombre y el ecosistema.

Dado lo anterior, el área de influencia para este AGIES debe compartir esta perspectiva sistémica, dando cuenta en sentido amplio de las variables que serían involucradas y se verían afectadas con la implementación de la NSCA, más allá que centrar su atención sólo en el componente hídrico.

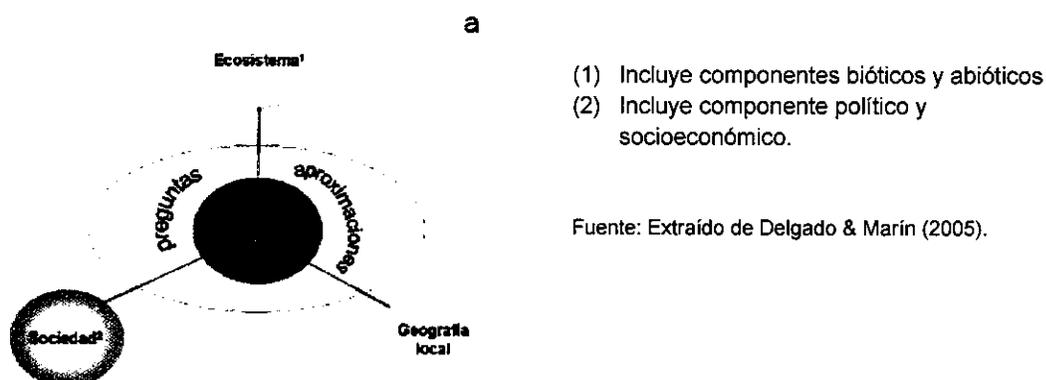
Siguiendo a Delgado & Marín (2005) y Yarrow *et al* (2008), el marco teórico apropiado para realizar un análisis de impacto integral para una NSCA es el denominado FES – Sistema, toda vez que éste se hace cargo de las dimensiones y variables físicas (F), ecológicas (E) y sociales (S), incluyendo en el análisis la interacción sociedad-naturaleza, al incorporar explícitamente al hombre como un componente más del sistema a analizar y sus efectos sobre un área espacial definida (Fig.1).

¹ Es un sistema complejo en el que en un territorio dado, interactúan los componentes bióticos (seres vivos) entre sí y los componentes abióticos (o el conjunto de factores no vivos que forman el ambiente, tales como la temperatura, sustancias químicas presentes, clima, características geológicas, entre otras).

² Tanto la Ley 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, como el Reglamento para la dictación de normas de calidad y emisión (D.S. N°93/95 MINSEGPRES) establecen el requisito de evaluación económica y social de los anteproyectos de planes y normas ambientales. La Ley, de manera general, establece que dentro de las etapas de la dictación de normas se debe realizar un “análisis técnico y económico”. A mayor abundamiento, el reglamento especifica que dicho análisis debe poner énfasis en “... evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas; los costos y beneficios a el o los emisores que deberán cumplir la norma; y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma”.



Figura 1. Modelo Conceptual de FES-Sistema



A continuación se describen los tres componentes del FES-Sistema cuenca del Lago Villarrica.

3.1 Componente Físico

El Lago Villarrica corresponde a un cuerpo de agua de origen glacial ubicado en el sur de Chile, en la zona precordillerana de la región de la Araucanía, próximo a cordones montañosos de la Cordillera de los Andes. Tiene un volumen de 21 kilómetros cúbicos, cubriendo una superficie aproximada de 176 Km² de extensión, con una profundidad promedio de 120 metros. Este cuerpo de agua posee una forma elíptica, con un eje mayor E-W de 22 Km. y uno menor de 11 Km. y su espejo de agua se encuentra a 230 m sobre el nivel del mar (DGA – Universidad Austral de Chile, 1994).

A esta zona lacustre se accede principalmente mediante la ruta internacional CH-199 que conecta las ciudades argentinas de San Martín y Junín de los Andes, con las ciudades de Pucón y Villarrica a través del paso Mamuil Malal, ubicado a unos 1210 m.s.n.m. Los principales centros poblados circunscritos a la zona del proyecto son las ciudades de Villarrica, Pucón y Curarrehue, localizadas a unos 84, 109 y 142 km. hacia el oriente de la capital regional Temuco respectivamente

Según la división político-administrativa actual del país, el área definida por la cuenca del Lago Villarrica comprende los territorios comunales de Villarrica, Pucón, Curarrehue, y una pequeña superficie de las comunas de Cunco, Pitrufquén y Freire. Para los efectos de los análisis socioeconómicos que se realizan en los puntos sucesivos, se ha considerado

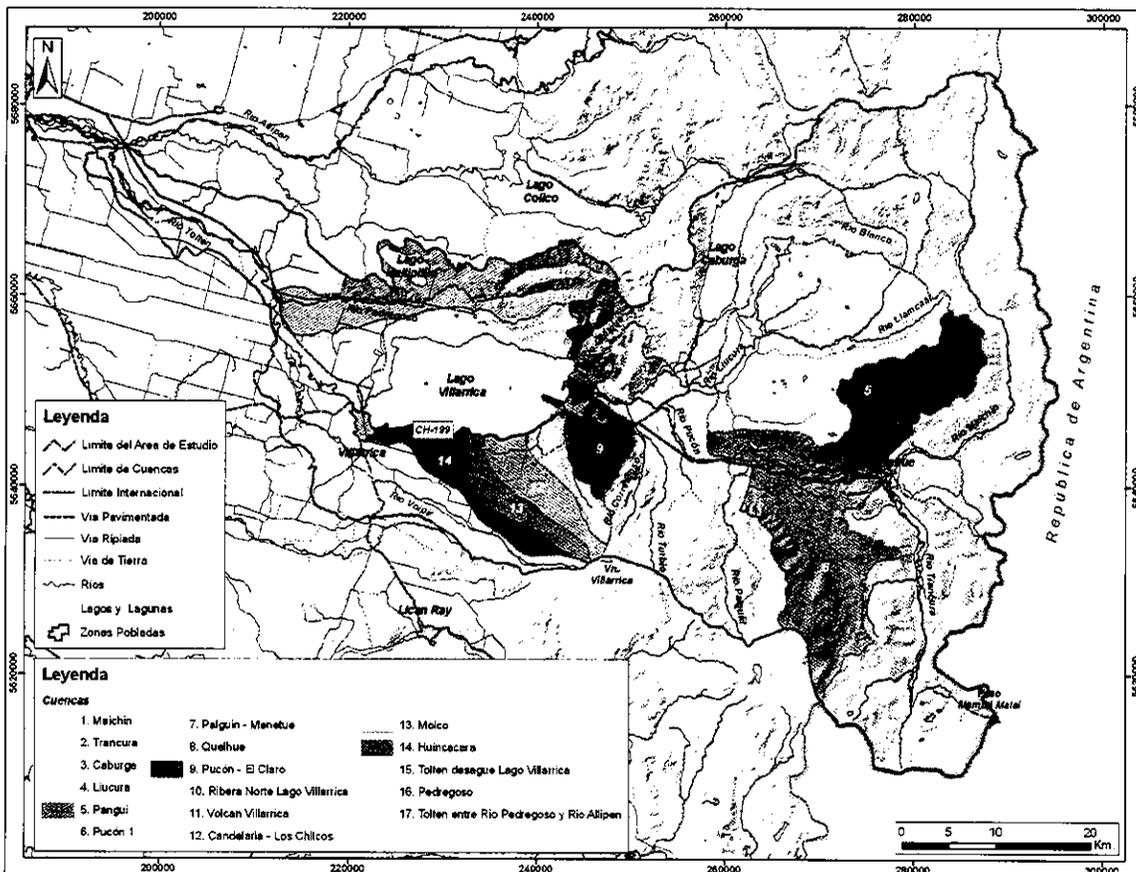


estudio que se observa en la figura 3. (En el Anexo 1 se presentan en detalle los antecedentes empleados en la definición del área de la cuenca y se entrega un plano en tamaño A3 del área de estudio)

En virtud a lo anterior, el área de influencia del proyecto normativo abarca una superficie aproximada de 351.686 há, de las cuales aproximadamente un 12% corresponden a zonas de valle, un 80% a territorio de montaña, y un 8% al área ocupada por los Lagos Villarrica y Caburga, más los lechos de los ríos principales.

Geográficamente, el área definida para la evaluación del Lago Villarrica se extiende por toda la zona alta de la cuenca del Río Toltén que comprende todos aquellos cuerpos de aguas y corrientes fluviales que descargan sus aguas en el Lago Villarrica. Se ha incluido también parte del curso superior del río Toltén (emisario del lago Villarrica), hasta su confluencia con el Río Allipén. En el Anexo 4 se presenta una cartografía con mayor detalle.

Figura 3. Límites de las sub-cuencas que conforman la Cuenca del Lago Villarrica



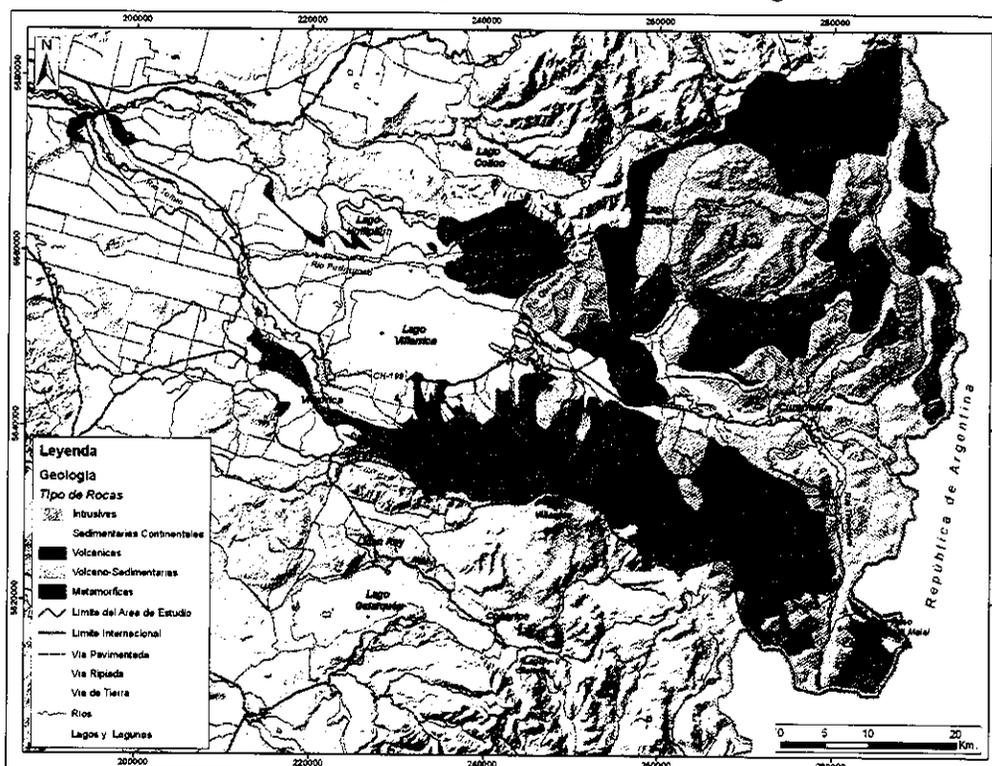
Fuente: DGA/APPLUS/U. Austral



Desde un punto de vista geomorfológico, la cuenca del Lago Villarrica se inserta al interior de dos dominios morfoestructurales, los que en sentido E-W, corresponden a la Cordillera Principal y Precordillera Andina. El primero de ellos comprende los relieves más erguidos y con presencia de volcanismo activo. Los segundos, se manifiestan más conspicuamente al poniente de Curarrehue, disponiéndose en forma de cordones transversales entre los cuales se han originado una serie de cuencas lacustres, adquiriendo el relieve formas irregulares, con valles profundos y cumbres que en general no superan los 1500 m.s.n.m., salvo algunos estrato volcanes como el Villarrica que supera los 2800 m.s.n.m.

Los depósitos geológicos más representativos se relacionan con la actividad volcánica de tipo central que construyó múltiples relieves y generó diversos depósitos piroclásticos y lávicos. Junto a lo anterior, se ha formado un relleno fluvio-glacio-volcánico que cubre los valles. En la figura 4, la unidad definida como rocas sedimentarias continentales incluye depósitos de origen aluvial, coluvial, de remoción en masa, morrénicos, fluvio-glaciales y glaciofluviales. Así también, las unidades volcánicas agrupan estructuras como secuencias lávicas, calderas y depósitos piroclásticos, entre otros.

Figura 4. Unidades Geológicas de la Cuenca del Lago Villarrica



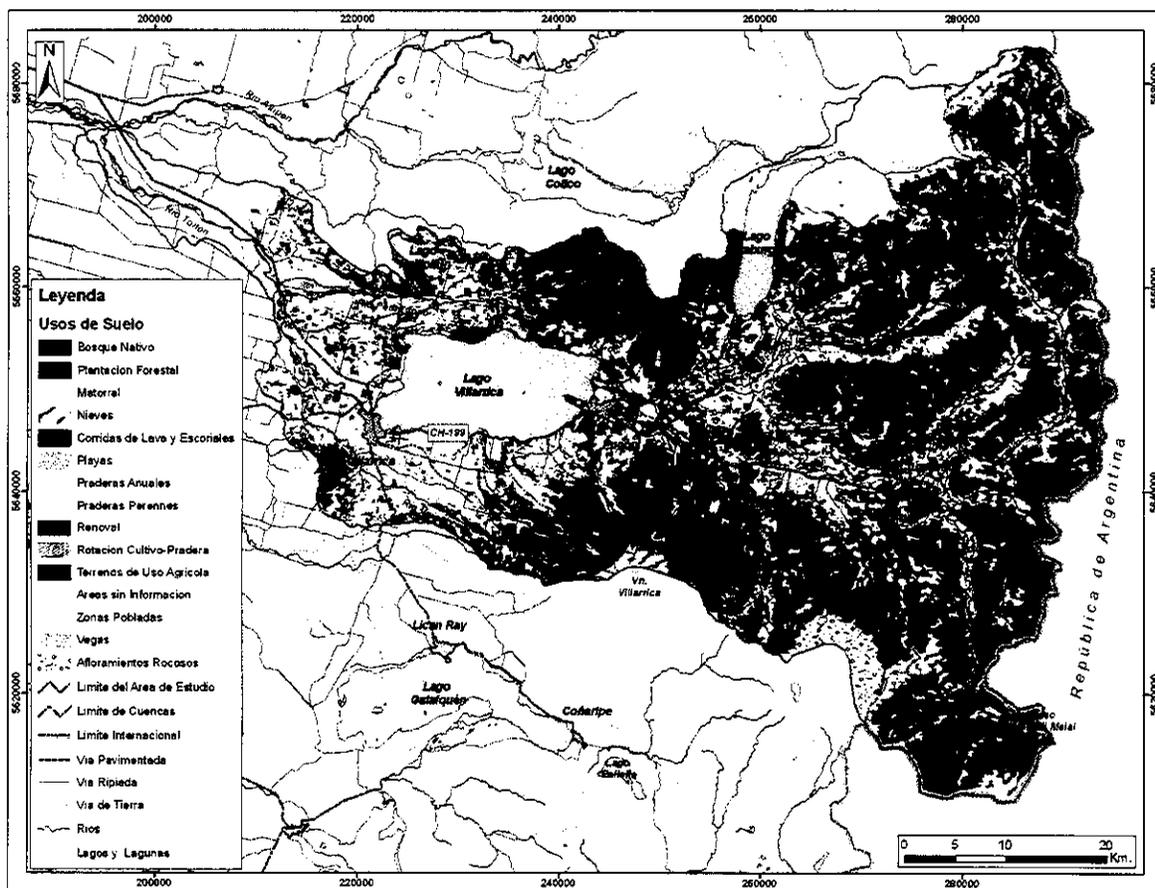
Fuente: Applus 2009. En base al cartografía escala 1:1000000 elaborada por SERNAGEMIN.



En el área de influencia del proyecto de acuerdo al catastro de bosque nativo (CONAF), los usos de suelos principales están representados por las siguientes coberturas: En la zona de montaña, por sobre los 1250 m.s.n.m. aproximadamente, se localizan todas aquellas áreas desprovistas de vegetación tales como afloramientos rocosos, nieves y productos volcánicos recientes. Montaña abajo (cota de 1400 m.s.n.m aprox.), comienza a desarrollarse la vegetación nativa, que en este caso corresponde a Selva valdiviana andina producto de la abundante precipitación que afecta la zona en gran parte del año.

En general, la vegetación nativa se desarrolla hasta los 700 m.s.n.m., siendo desde dicha cota reemplazada por vegetación renoval y matorral hasta la zona ocupada por los valles principales, donde predominan praderas, tanto anuales (151,4 há) como perennes (31961 há). Otros usos de suelo a destacar por su extensión son las plantaciones forestales que se localizan en las faldas de la montaña y en el valle principal (655,2há) y las zonas urbanas que, en conjunto, alcanzan unas 1170 há. (Ver figura 5).

Figura 5. Usos de Suelo en la Cuenca del Lago Villarrica



Fuente: Applus 2009. En base a catastro de bosque nativo realizado por CONAF.



Respecto del Clima, en esta cuenca es posible encontrar un clima templado con influencia mediterránea (templado húmedo intermedio) según la clasificación de Köppen,⁴ o siguiendo el índice de Emberger,⁵ un clima mediterráneo perhúmedo, caracterizado por la presencia de veranos templados, cortos y frescos e inviernos fríos y húmedos.

Por otra parte, siguiendo la clasificación agroclimática de Papadakis⁶ -utilizada por el SAG y el SNIT Araucanía, los tipos de clima del área de la cuenca hidrográfica del lago Villarrica son mediterráneo marino fresco, marino húmedo patagónico y polar andino tundra (Tabla 1). Las características climáticas en estas comunas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Características de los climas para el área

Clima	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Meses secos
	Mínima	Máxima		
Mediterráneo marino fresco	6 - 7	21 - 25	1100 - 1400	4 - 5
Marino húmedo patagónico	2 - 3	21 - 25	2000 - 2600	0 - 1
Polar alpino de tundra	< 0	> - 20	> 1000	4 - 5

* Con datos levantados entre 1992 y 1995.

** Temperaturas mínimas del mes más frío (julio) y máximas del mes más cálido (enero).

Tabla 2. Características climáticas de las comunas involucradas en el área de estudio

Comuna	Régimen térmico	Régimen hídrico	Meses secos	Fuente
Villarrica	Régimen término varía, en promedio, entre una máxima de 23,2°C en enero y una mínima de 4,9°C en julio	Precipitación media anual de 2.140 mm	Período seco de 2 meses	Santibáñez & Uribe (1993)
Pucón	Valores medios anuales de 12°C y extremas promedio entre 6,1°C y 16,4°C.	De tipo frontal, alcanzan promedios anuales de 2.500 mm	2 meses, aunque las mayores lluvias se concentran entre abril y agosto.	Proyectos y Estudios 2050 Ltda. (2007)
Curarrehue	Régimen térmico caracterizado por extremas promedio de 21,4°C como máxima, y una mínima de 2,1°C en julio. El régimen térmico invernal es muy frío, con heladas durante todo el año debido a la altitud	Precipitación media anual de 3.644 mm, un déficit hídrico de 15 mm	Sin período seco	Informe agronómico "Piscicultura Curarrehue", en www.e-seia.cl , sobre la base de Santibáñez & Uribe (1993)

⁴ Esta clasificación climática (original de 1900, pero que ha tenido varias adecuaciones posteriores), se basa en dos elementos climáticos, la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible, en relación con las características fitogeográficas.

⁵ El índice de Emberger, o cociente pluviotérmico, se obtiene considerando la precipitación media anual, la temperatura media de las máximas del mes más cálido y la temperatura media de las mínimas del mes más frío.

⁶ La clasificación desarrollada por Papadakis (1966) se basa en el establecimiento de un régimen térmico y un régimen hídrico que permite determinar distintas unidades climáticas, incluyendo factores de relevancia para cultivos, tales como la severidad estival e invernal. A su vez, el régimen térmico está definido por el tipo de verano y de invierno (incluye temperaturas extremas), y el régimen hídrico, está compuesto del régimen de precipitación y de las necesidades hídricas de los suelos.



En relación con las características que presentan los suelos, la clasificación de capacidad de uso de los suelos⁷ de las comunas comprendidas en esta zona se describe en la Tabla 3. En general los suelos presentan altas restricciones para un uso intensivo en agricultura, siendo mayormente aptas para uso ganadero, forestal o de vida silvestre. Cabe destacar que cerca del 50% de la cuenca presenta zonas que se encuentran sin información (la totalidad de la comuna de Curarrehue y parte importante de Pucón).

Tabla 3. Capacidad de uso de suelo del área de la cuenca del Lago Villarrica

Comuna	Capacidad de uso de suelo ⁸	Fuente
Villarrica	IV-VI, VI, VII, VII-III, VIII	Carta Capacidad de uso de suelo, SNIT Gobierno Regional Araucanía
Pucón	III (IIIe), IV (IV, IVs, IVe), VI (VI, VIe), VII (VIIs, VIIw, VIIe), VIII y sin información	Actualización Plan Regulador Comunal de Pucón ⁹ , Expediente Comunal, elaborado por Proyectos y Estudios 2050 Ltda., para la I. Municipalidad de Pucón (2007)
Curarrehue	Sector Catripulli: VI-1 Resto de la comuna: Sin información	DIA Proyecto Modificación Piscicultura Curarrehue, presentado por Pesquera Los Fiordos y elaborado por POCH Ambiental (2006)

3.2 Componente Ecológico

Para los efectos del AGIES del anteproyecto de NSCA para la cuenca del lago Villarrica, la descripción del componente ecológico se centrará en el rol que tiene la norma en relación con los servicios ecosistémicos⁹ que son utilizados por los actores sociales de la cuenca, sin entrar a detallar aspectos ecológicos clásicos -como la diversidad de especies-, ya que éstos no forman parte de los objetivos de este estudio.

Los **servicios ecosistémicos** representan los beneficios que trae para el hombre el funcionamiento de los sistemas naturales, esto es, beneficios derivados de las funciones

⁷ La clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola, está basado en el sistema de clasificación de las Normas y Principios del Servicio de Conservación de Suelos en los Estados Unidos de América, pero adecuado a los patrones edáficos, climáticos y topofisiográficos existentes en el área, y de uso estándar.

⁸ La letra minúscula que acompaña la clasificación por capacidad de uso de suelo se refiere a restricciones climáticas que limitan dicha capacidad, siendo también una clasificación estándar. Así w: agua, e: erosión, s: suelo, etc.

⁹ Se entiende por servicio ecosistémico a todo aquel proceso a través del cual la naturaleza produce resultados que son beneficiosos para el hombre.



ecológicas que los elementos de un ecosistema desarrollan (Costanza et al, 1997; WRI, 2008).

A modo de ejemplo, los ecosistemas boscosos que se encuentran en la ecorregión del Bosque Lluvioso Valdiviano, soportan funciones ecológicas (o relaciones o flujos energéticos entre los distintos elementos que componen dicho ecosistema) fundamentales a nivel local y global, tales como el reciclaje de nutrientes, la protección de la erosión de los suelos, la conservación de la biodiversidad (dispersión de semillas), la regulación climática y el control hidrológico, entre otros. Dichas funciones sustentan importantes servicios ecosistémicos que son la base para diversas actividades económicas, tales como producción de agua para las ciudades (agua limpia), acuicultura, pesca deportiva y ecoturismo (paisaje). Y finalmente, también proveen de productos forestales madereros (madera) y no-madereros (Daily 1997, Bishop 1999 y Pearce 2001).

Así, la producción de un servicio ecosistémico dependerá de la estructura y de los procesos existentes en un ecosistema en particular, por lo que cualquier factor que impacte y/o modifique este ecosistema, ya sea alterando sus elementos bióticos o abióticos, sus estructuras, o afectando las interacciones de éstos –modificando sus flujos, como energía y nutrientes (De Groot et al, 2002)-, también alterará el flujo de beneficios que estos ecosistemas generan para la sociedad (Daily, 1997).

Por su parte, en un ecosistema, la capacidad que tienen la estructura y los procesos que lo conforman de generar servicios ecosistémicos que satisfagan las necesidades humanas, es denominada **función ecosistémica**. Siguiendo a De Groot (2002), Smith, de Groot & Bergkamp (2007) y Gómez-Baggethun & De Groot (2007), las funciones ecosistémicas se pueden clasificar en cuatro tipos:

(1) funciones de regulación (por ejemplo, producción y conservación de suelo, retención de agua, ciclado de nutrientes, etc.); (2) funciones de hábitat y sustrato, o aquellas que proveen refugio y hábitat para que los organismos pueden reproducirse; (3) funciones de producción, como es la madera de los bosques, combustibles fósiles, recursos pesqueros, agricultura, etc.; y (4) funciones de información cultural o entretenimiento. La Tabla 4 presenta un ejemplo de funciones y servicios ecosistémicos para una cuenca hidrográfica y lacustre. (En el Anexo 2 se presenta mas antecedentes del tema).



Tabla 4. Ejemplos de funciones y servicios ecosistémicos para una cuenca lacustre e hidrográfica.

Función de Regulación	Función de Hábitat y Sustratos
Servicios referidos a la regulación de flujos o reducción de riesgos relacionados con los cursos de agua <ul style="list-style-type: none">• Regulación climática: Mantenimiento de los flujos de aire locales• Regulación de flujos hidrológicos (infiltración de agua en el suelo –permeabilidad/drenaje-, aguas subterráneas, mantenimiento de caudales, etc.)• Mitigación de riesgos naturales (por ejemplo, control de inundaciones)• Protección del suelo: control de erosión y sedimentación• Control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas	Servicios provistos para apoyar el funcionamiento de los ecosistemas y hábitats <ul style="list-style-type: none">• hábitat de vida silvestre• régimen de flujos necesario para mantener los hábitat y usos• Hábitat adecuados para la reproducción
Función de Producción	Función de información cultural o entretenimiento
Todos aquellos servicios enfocados directamente en la oferta de productos alimentarios y no alimentarios provenientes de cursos de agua: <ul style="list-style-type: none">• agua fresca• pesca• Almacenamiento de Agua• producción pecuaria (ganado)• maderas y oferta de materiales de construcción• generación de energía hidroeléctrica• medicinas	Servicios relacionados con la recreación e inspiración humana <ul style="list-style-type: none">• Deportes acuáticos• Estética del paisaje• Herencia cultural e identidad• Inspiración artística y espiritual• Actividades de recreación asociadas al recurso hídrico• Pesca deportiva

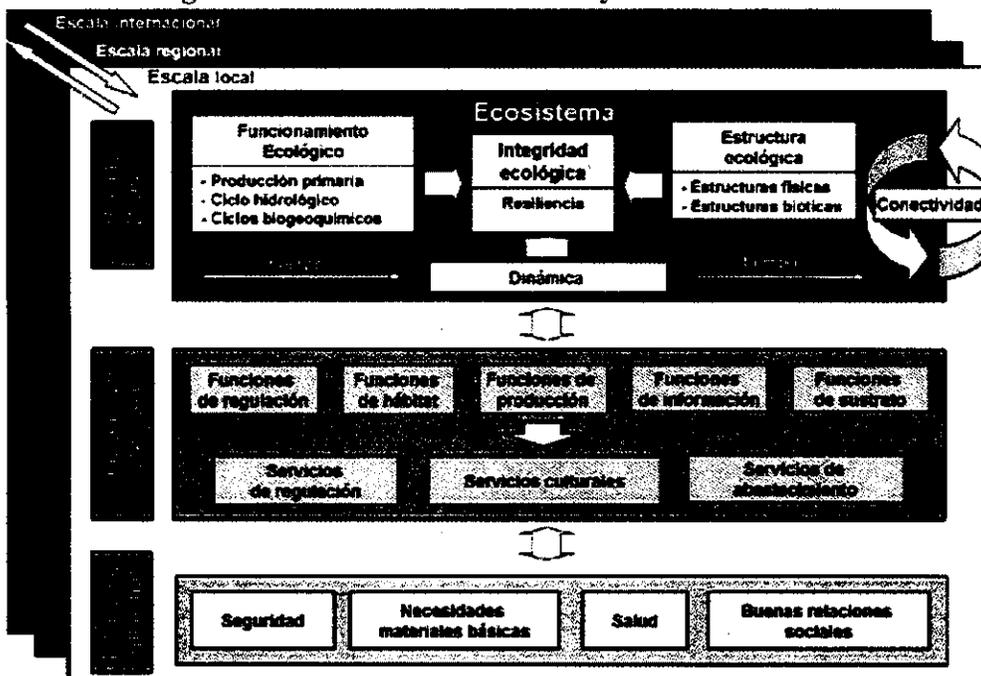
Fuente: Smith, M., De Groot, D., Perrot-Maitre, D. & Bergkamp, G. (2006).

Naturalmente, a lo menos existirá una valoración subjetiva para cada función ecosistémica, según sean los usuarios de dichas funciones, su participación como actor del ecosistema, su posición en la estructura de éste, y los intereses y beneficios que reciban por estos servicios. Así, actividades que estos actores del ecosistema lleven a cabo en función de aprovechar los diversos servicios ecosistémicos, afectarán al ecosistema, generándose así una relación de flujo circular.

Las funciones ecosistémicas permiten generar todo un flujo de servicios de los ecosistemas con incidencia en todas las componentes básicas del bienestar humano, tal como se aprecia en el esquema de la figura 6.



Figura 6. Servicios Ecosistémicos y Bienestar Humano



Fuente: E. Gómez-Baggethun y R. de Groot (2007).

En la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica, el hombre como actor social –así como cualquier otra especie que forme parte de un ecosistema y que, de esta forma, sea un actor de éste- se relaciona con la calidad del agua (función regulatoria) a través una serie de actividades productivas y recreativas (ver Tabla 5).

En el caso de las actividades productivas, la calidad del agua ha permitido un desarrollo de la economía agrícola de subsistencia, una explotación intensiva de los servicios de turismo y el funcionamiento de una serie de pisciculturas como actividades económicas de mayor escala, las que aportan aproximadamente el 8,7% del empleo a nivel regional (INE, 2002).

Ahora bien, la aplicación de la norma secundaria está relacionada de manera indirecta con la mantención de dichas actividades, ya que la definición de estándares de calidad contribuye a la conservación de los servicios ecosistémicos generados desde los cuerpos de agua superficiales. Por lo tanto, el deterioro de la calidad de las aguas afectará inmediatamente el desarrollo de las actividades productivas.



Tabla 5. Servicios ecosistémicos de componente hídrico relacionados a los sectores de actividad económica que están presentes en la componente hidrográfica del Lago Villarrica.

Sector de la actividad económica	Función Ecosistémica	Servicios Ecosistémicos
Turismo	regulación	Recreación,
	información	Pesca deportiva, deportes náuticos
	sustrato	recepción de desechos
Construcción	regulación	Dilución de desechos
	sustrato	proceso productivo
Agropecuaria silvícola	regulación	Riego, liberación de desechos.
Industria	regulación	Dilución de desechos, utilización para el proceso productivo

Fuente: Elaboración propia en base a Gómez-Baghetunn y Groot (2007).

Las actividades productivas identificadas en la cuenca del lago Villarrica son:

- Actividades Industriales (plantas de tratamiento, piscicultura),
- Turísticas
- Agrícolas
- Ganaderas y Forestales

Estas se benefician de los diversos servicios ecosistémicos, resulta claro que la mantención de esta calidad representa un beneficio para todos los usuarios de la cuenca; de ahí la importancia que tiene la aplicación de una norma ambiental que permita garantizar que dicho estándar de calidad del agua se mantendrá o recuperará (en caso que por efectos de la interdependencia de los procesos y actores en el sistema, se hubiera visto afectada negativamente). En el siguiente punto, referido a la componente socioeconómica, se analiza con mayor profundidad la relación Hombre-Medio que se desarrollan en la Cuenca del Lago Villarrica.

Ignorar estos servicios ecosistémicos en la toma de decisiones –públicas o privadas- es, entonces, un error toda vez que no considerar todos los efectos económicos y sociales, puede llevar a afectar negativamente el bienestar de la población, al generar una alteración, reducción o desaparición de los servicios ecosistémicos (WRI, 2008). Así, las normativas ambientales, y en este caso específico la NSCA, surge como un instrumento legal adecuado para mantener los servicios ecosistémicos y, de esta manera, las actividades económicas y sociales que se benefician de éstos.



3.3 Componente Socio-Económico

En relación con la población del área de la cuenca hidrográfica del lago Villarrica, ésta tiene una participación de 8,4% respecto del total regional. La densidad poblacional para el área de estudio -19,8 hab/km²- es menor que el nivel regional (27,3 hab/km²). Cuando se analiza respecto de cada una de las comunas que forman parte de la cuenca bajo estudio, sólo Villarrica supera el valor regional.

Tabla 6. Población cuenca hidrográfica Lago Villarrica

Comuna	Hombres	Mujeres	Población total	% Regional	Densidad (hab/km ²)	% Pob. Rural
Villarrica	22.694	22.837	45.531	5,2%	35,3	32,2
Pucón	10.705	10.402	21.107	2,4%	16,9	34,4
Curarrehue	3.586	3.198	6.784	0,8%	5,8	72,6
Total	36.985	36.437	73.422	8,4%	19,8	63,4

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2002 disponible en INE

En términos de distribución de la población según zona urbano/rural, las comunas de Villarrica y Pucón son marcadamente urbanas, ocurriendo exactamente lo contrario en el caso de Curarrehue. Los centros poblados principales de Villarrica y Pucón coinciden con sus respectivas capitales comunales, y concentran igualmente actividades económicas relacionadas con comercio (pequeña y mediana escala) y servicios –especialmente servicios turísticos-, localizándose en los extremos oeste y este de la forma elíptica del lago Villarrica.

Por su parte Curarrehue, ciudad capital de la comuna homónima, se sitúa en el borde del río Trancura, principal afluente del Lago Villarrica. Esta ciudad exhibe un menor nivel de desarrollo que las capitales comunales antes señaladas, presentando una oferta más restringida de comercio de menor escala y servicios comunales.

En cuanto a la inversión en la zona de acuerdo a los proyectos sometidos al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), se tiene un total 76 proyectos (Tabla 7), destacando la inversión privada que se encuentra asociada al sector de la construcción (inmobiliario) e infraestructura turística, además de las actividades productivas vinculadas a la piscicultura. Por otro lado destacan proyectos de obras civiles desarrollados por el Estado (camino por ejemplo) y obras de infraestructura sanitaria (plantas de tratamiento de aguas servidas). Los proyectos asociados a la ejecución de instrumentos de planificación territorial también poseen una participación destacable, pero no involucran inversiones al momento de su operación (aprobación).



Tabla 7. Proyectos aprobados en el SEIA según tipo y comuna

Tipo de Proyecto	Número de proyectos	Villarrica	Pucón	Curarrehue
Subestaciones de líneas de transmisión eléctrica	2			2
Terminales de buses	1	1		
Terminales de camiones	1	1		
Conjuntos habitacionales con una cantidad igual o superior a ochenta (80) viviendas o, tratándose de vivienda social, vivienda progresiva o infraestructura sanitaria, a ciento sesenta (160) viviendas	9	2	4	
Proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, transporte, comercio o servicios,	4	2	2	
Proyecto de desarrollo turístico (destinados en forma permanente al uso habitacional y/o de equipamiento para fines turísticos)	5	5	3	
Plan intercomunal	3	2	1	
Planes reguladores comunales	7	5	1	1
Instalaciones fabriles sobre 1000 KVA	1	1		
Producción anual de engorda de peces 8 ton o cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual	22	8	8	6
Plantas Procesadoras de recursos hidrobiológicos				
Sistemas de alcantarillado de aguas servidas, que atiendan a una población igual o mayor a 2500 habitantes	1		1	
Plantas de tratamiento de aguas de origen domiciliario que atiendan a una población igual o mayor a 2.500 habitantes	5	3	2	
Plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios y estaciones de transferencia que atiendan a una población igual o mayor a 5000 habitantes	3	3		
Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otra área colocada bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita	9	3	4	2
Estaciones de Servicio	2	1	1	
TOTAL	76	38	29	9

Fuente: www.e-seia.cl

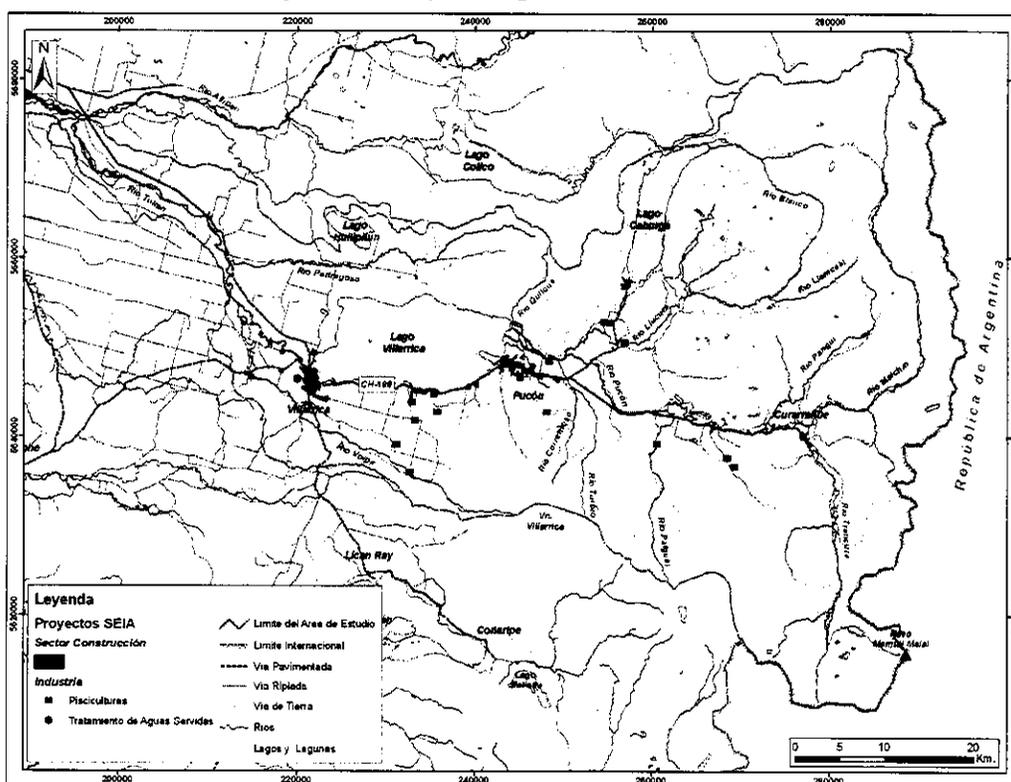


Según la Tabla 7, los proyectos asociados al sector construcción son los que en términos relativos poseen la mayor importancia, reportándose 27 iniciativas entre las tres comunas¹⁰, seguidos por el sector el sector industrial (piscicultura), con 22 casos.

Respecto a la ubicación de estos proyectos, el grupo asociado al sector de la construcción tiene una localización preferente en las zonas urbanas de Pucón y Villarrica, y en menor medida, sobre el borde del lago. Los proyectos vinculados a la piscicultura en cambio, se localizan en zonas rurales, próximas a cursos de agua.

En la figura 7 se puede apreciar la localización de los proyectos presentados al SEIA,¹¹ siendo posible observar que los emprendimientos asociados a la piscicultura se distribuyen en distintos puntos de la cuenca, a diferencia de los del sector de construcción, emplazados preferentemente en las zonas urbanas y el borde del lago

Figura 7. Proyectos presentados en SEIA



Fuente: Elaboración Propia en base al SEIA

¹⁰ Este sector comprende la categoría de conjuntos habitacionales, proyectos de equipamientos, proyectos de desarrollo turístico y la ejecución de obras, programas o actividades en zonas del SNASPE.

¹¹ De todos los proyectos presentados al SEIA sólo cuentan con los expedientes que contienen la localización exacta los más recientes, motivo por el cual no fue posible determinar la ubicación de todos los proyectos presentados.



En lo que se refiere a los montos de inversión de los principales sectores económicos registrados por el SEIA, la Tabla 8 muestra lo que sucede a nivel comunal. Cabe destacar que los valores presentados en el sector construcción contempla la realización de obras civiles y proyectos residenciales y turísticos.

Tabla 8. Inversión por sector económico según SEIA (MMUS)

Sector	Villarrica	Pucón	Curarrehue	Total
Piscicultura	5.542	25.22	10.8	41.562
Plantas de Tratamiento	6,92	7,97	0	14,89
Construcción	27,2	168,7	46,2	242,1

Fuente: Elaboración Propia en base al SEIA

Se ha incluido en el anexo 3 de este informe un listado con todos los proyectos ingresados al SEIA para las comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue, identificándose el nombre del proyecto, tipo, titular, monto involucrado y fecha en que se presentaron.

Una selección respecto de los proyectos ingresados al SEIA y que por su naturaleza estarían potencialmente más relacionados con el proceso de eutrofización del Lago Villarrica y con los efectos e impactos que se esperarían del anteproyecto de NSCA son los que muestra la Tabla 9. Complementariamente a estos antecedentes, se emplean en forma integral los antecedentes proporcionados por la Universidad Austral, que estimó las cargas de contaminantes vertidas al lago desde por las coberturas de suelo, la actividad turística, la planta pucón y las pisciculturas,

Tabla 9. Proyectos que generan mayores impactos sobre la cuenca por Comunas

Comuna	Fuente
Villarrica	Pisciculturas
	Plantas de tratamiento de agua
	Parque Urbano en la Ribera del Lago Villarrica
	Construcción condominios y proyectos turísticos
Pucón	Pisciculturas
	Construcción condominios y proyectos turísticos
	Plantas de tratamiento de agua
Curarrehue	Pisciculturas

Fuente: Elaboración Propia en base al SEIA

Luego de la identificación de los proyectos, se procedió a agrupar las fuentes emisoras, las actividades productivas tradicionales y las proyectadas para la cuenca, según los sectores económicos que se describen a continuación:



3.3.1 Sector Primario: Ganadería, Agricultura y Forestal¹²

Las diferencias en los patrones de utilización de la tierra y del uso de fertilizantes de una cuenca de drenaje pueden ocasionar diferencias importantes en la composición química de las aguas de la escorrentía de cada área.

En la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica existen diversas comunidades agrícolas que potencialmente estarían aportando contaminantes al lago, por la vía del uso de fertilizantes minerales. El uso de estos fertilizantes se justifica debido a que las características del suelo no son las más aptas para el desarrollo de actividades agrícolas intensivas en arado, siendo mejoradas las deficiencias por dichos fertilizantes minerales.¹³

Según los Resultados del Censo Agropecuario 2007, en las comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue se desarrolla un total de 4146 explotaciones silvoagropecuarias, las cuales abarcan unas 197.445 há. De esta superficie, un 87% corresponde a explotaciones agropecuarias, lo que equivale a unas 172.873 há. Por comunas, Villarrica es la entidad que posee el mayor número de estas explotación, lo cual puede estar relacionado con condiciones topográficas más favorables para el desarrollo de la actividad (pendientes más suaves en comparación a las comunas de Pucón y Curarrehue que se sitúan más al interior de la montaña). La Tabla 10 expone el número de explotaciones silvoagropecuarias y la superficie que abarcan por comunas, diferenciando en el caso de las explotaciones agropecuarias si cuentan con tierra y actividad de las sin tierra.

Tabla 10. Explotaciones Agropecuarias y Forestales

Comuna	Explotaciones agropecuarias			Explotaciones forestales		Total Explotaciones Censadas	
	Con tierra y actividad		Sin tierra	Número	Superficie (ha)	Número	Superficie (ha)
	Número	Superficie (ha)	Número				
Curarrehue	915	41410.2	1	45	9312.9	961	50723.1
Pucón	899	46768.6	0	76	11940.8	975	58709.4
Villarrica	2,149	84695	1	60	3318.3	2210	88013.3

Fuente: Censo Agropecuario 2007

¹² Esto considera las actividades económicas pertenecientes a la clasificación industrial chilena A1 "Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos", según la CHU.cl de 2007, del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). En división se incluyen las actividades agropecuarias en general, inclusive procesos manufactureros primarios que se encuentran intrínsecamente ligados.

¹³ Lo anterior, fue referido expresamente por el encargado del Programa de Desarrollo Rural (PRODER) de la comuna de Villarrica, en entrevista sostenida en marzo de 2009. Adicionalmente, y según consta en registros de prensa local, esta unidad municipal, se encuentra llevando a cabo acciones de capacitación a pequeños agricultores y ganaderos ovinos y bovinos, sobre el manejo de empastadas y praderas suplementarias -cultivo de nabo forrajero- a fin de mejorar la productividad. (



Respecto de la localización espacial de las actividades primarias señaladas, la única fuente disponible que permitió obtener una aproximación ha sido el catastro de bosque nativo realizado por CONAF, cobertura en la cual se señalan las áreas que cuentan con plantaciones forestales, terrenos agrícolas y praderas.¹⁴

Ahora bien, la literatura señala que la agricultura, la ganadería y las plantaciones forestales se constituyen en importantes fuentes de contaminación difusa. Según la Universidad Austral (2009) las mayores cargas de N-total fueron aportadas por las praderas con 303,54 ton/año (Tabla 11).

Esto se puede explicar por los índices de concentración de NO₃-N relativamente altos para este tipo de uso del suelo (Oyarzún et al. 1997). En el caso del P-total, las mayores cargas provinieron de las superficies de bosques nativos con 100,82 ton/año y bosques renovales con 94,74 ton/año, que representan el 31,8 y 25,4% de la superficie total de la cuenca. Según la literatura, estas coberturas tienen índices de exportación relativamente pequeños, por lo que estas cargas se pueden explicar por la gran superficie de suelo que cubren en la cuenca. Se resume el aporte de nutrientes por los suelos:

Tabla 11. Aporte de Nitrógeno y Fósforo por uso de suelo

Usos del suelo	NH ₄ -N (ton/año)	NO ₃ -N (ton/año)	N-total (ton/año)	P-total (ton/año)
Agrícola	0,01	0,15	0,18	0,02
Agua	17,48	10,28	48,17	19,50
Bosque nativo	48,25	70,36	181,42	100,82
Matorral	11,50	97,18	141,76	11,89
Nieve	1,10	1,14	11,86	11,78
Plantaciones	2,26	4,28	9,04	2,87
Pradera	28,97	206,12	303,54	53,82
Bosques renovales	45,22	82,47	157,83	94,74
Suelo desnudo	2,26	2,33	24,28	24,10

Fuente: Informe de Diagnóstico de la Calidad de las Aguas, Universidad Austral (2009)

El aporte total de nutrientes por suelo es en el caso del fósforo de 320,88 ton P/año y de 900,74 ton N/año en el caso del nitrógeno.

¹⁴ Esta cobertura da una idea de donde se puedan llevar a cabo actividades ganaderas, lo que no significa que en toda el área comprendida ocurra tal situación.



3.3.2 Sector Secundario: Industria y Construcción¹⁵

a) Industria

Para las comunas comprendidas dentro de la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica, no se registran muchas inversiones relativas a las actividades económicas propias del sector industrial manufacturero.

La principal actividad industrial viene dada por la piscicultura, por lo que aquí se abordarán los proyectos presentados al SEIA al sector productivo n5, definido como “proyectos de producción anual de engorda de peces 8 ton o cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidro-biológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual”.

La revisión de estos proyectos en el sistema, permite señalar que corresponden mayoritariamente a la producción de ovas y alevines de especies salmonídeas (principalmente, salmón del Atlántico), que consideran la instalación y equipamiento de salas de incubación y estanques para el cultivo y engorda.

El ciclo industrial comienza con el ingreso a la piscicultura de las ovas. Posteriormente las ovas ingresan a la sala de incubación, luego a la de alevinaje y más tarde a la de smoltificación, todo esto en un lapso aproximado de 12 meses. Finalmente los smolts ingresan a los estanques de engorda, donde permanecen otra cantidad (mayor) de tiempo.

En general, la localización de estos proyectos se determina en función de los cursos de aguas (esteros, vertientes, etc.), contemplando captaciones de éstas bajo la modalidad que sea técnicamente más eficiente en función de la localización específica del terreno, distancia al cuerpo de agua y desniveles por diferencias de alturas de cotas entre éstos –a modo de ejemplo, se considera la opción de captación gravitacional (como el proyecto Palguín, en Pucón).

En la Tabla 12 se presenta un listado con las 15 pisciculturas que fue posible localizar desde los registros del SEIA, y se identifica la subcuenca en la cual se emplaza.

¹⁵ Referido a la actividad industrial Código CIU.cl B051010, esto es “Explotación de criaderos de peces y productos del mar en general (acuicultura); y servicios relacionados - Cultivo de especies acuáticas en cuerpo de agua dulce”.



Tabla 12. Localización de las Pisciculturas en la Zona de Estudio

Comuna	Nombre del Proyecto	Este (X)	Norte (Y)	Subcuenca
Curarrehue	Piscicultura Catripulli	269366	5636651	Pucón
	Piscicultura Curarrehue	268555	5637680	
Pucón	Piscicultura Carileufu	255363	5652673	Caburga
	Ampliación Piscicultura Quimeyco Pucón	254649	5652753	
	Piscicultura Huililco	257017	5656741	
	Piscicultura Palguín	260618	5639225	Palguín - Menetue
	Piscicultura Víctor Hugo	248410	5648421	
	Piscicultura Aquachile	256969	5650445	Pucón - El Claro
	Piscicultura Víctor Hugo Arcaya	248208	5642768	
	Ampliación Piscicultura Los Chilcos	235817	5642732	
	Piscicultura Loncotraro	235453	5644771	
Villarrica	Piscicultura Molco	233347	5641810	Molco
	Piscicultura La Cascada	232938	5643844	
	Regularización Piscicultura Huincacara	232687	5636063	Toltén desagüe Lago Villarrica
	Piscicultura Quilentue	231226	5639060	

Fuente: www.SEIA.cl, 2009

En cuanto a sus fuentes contaminantes, se reconocen a lo menos dos: En la fase previa a la operación, durante la construcción, la contaminación ambiental derivada de un proyecto de esta naturaleza es del tipo emisiones atmosféricas y ruido; en tanto que, durante la fase de operación se generarían residuos líquidos y sólidos.

Al respecto, distintos proyectos ofrecen distintos tratamientos para los residuos líquidos de la piscicultura previa su descarga final. Así, consideran descarga tratada hacia los diferentes cuerpos receptores que, en general, consideran al menos un 85% de retención de sedimentos.¹⁶

El sistema de tratamiento puede contemplar filtros rotatorios, con mallas reticuladas filtrantes, más –en algunos casos– un segundo proceso de filtrado a través de piscinas de decantación, o sólo este último. El proceso de descarga es continuo (24hrs x 7). De acuerdo a las declaraciones presentadas al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), estas

¹⁶ Dando cumplimiento normativo, toda vez que el D.S. 427/1989, sobre Reglamento Actividad de Acuicultura (SERNAPESCA) define que las unidades de sedimentación instaladas en centros hidrobiológicos de agua dulce deben presentar una eficiencia igual o mayor al 85% en separación de sólidos sedimentables.



acciones garantizarían la recuperación de la oxigenación de las aguas que se devuelven a los cuerpos receptores.

Adicionalmente, muchas veces se consideran desniveles, resaltos y efecto cascada en los sistemas de circulación de entrada y desagüe dentro de la piscicultura para mantener un adecuado flujo y movimiento del agua, que si bien generan un poco de turbulencia en el agua, contribuye a recuperar niveles de oxígeno originales –por ejemplo, acelerando la volatilización del amonio vía mayor oxigenación. El mantenimiento y limpieza de las piscinas y estanques es un elemento clave para evitar las pérdidas de residuos (alimento no consumido, fecas y restos de insumos farmacológicos).

Los residuos derivados a la unidad de sedimentación están constituidos principalmente de alimento no consumido, fecas, orina, amonio, fósforo. El alimento presente en el efluente es aquel que no es consumido por los peces y corresponde aproximadamente al 10% del alimento total suministrado.

Este alimento es de tipo pelletizado extruído, con bajo contenido de fósforo y alta digestibilidad. Para el manejo de los lodos húmedos extraídos de las unidades de sedimentación, es usual la consideración de canchas de secado. Por su parte, con respecto a los residuos sólidos, la solución de disposición puede ir desde el almacenaje y almacenamiento en contenedores herméticos por parte de la empresa para ser retirados o cualquier otro mecanismo que permita su correcta disposición en lugares autorizados.

A diferencia de en otras localización en las regiones sur y sur extremo del país, la actividad de esta industria se ha concentrado en ríos tributarios y afluentes del Lago Villarrica, pero no en el lago en sí mismo, como sí ocurre en otros lugares (p.e., Lago Ranco).

Por su parte, el informe “Salmonicultura en Lagos del Sur de Chile – Ecoregión Valdiviana: Historia, tendencias e Impactos Medioambientales”, publicado el año 2007 por la WWF, vendría a establecer que en la medida que los proyectos de piscicultura empleen técnicas de cultivo de mínimo impacto, como los cultivos en ambientes controlados con sistemas de recirculación –p.e., mediante la implementación de centros cerrados y el uso de tanques circulares u octogonales, con sistema de filtración y unidades de sedimentación, que pueden alcanzar niveles de recuperación del agua superiores al 97%- en lugar de técnicas más antiguas, como las jaulas en esteros o lagos, o piscicultura a flujo abierto, no sólo se reduce el impacto ambiental negativo asociado a las primeras etapas de cultivo (aportes de nutrientes como P y N por el alimento no consumido o defecado, escapes, enfermedades, aunque el primero de éstos es el más relevante para efectos del impacto sobre el aceleramiento del proceso de eutrofización aquí analizado), sino que también tiene un impacto positivo medido en términos de mayor eficiencia técnica (productividad).



Señala este estudio que el crecimiento de la actividad de salmonicultura en Chile tuvo un impacto negativo sobre la calidad de los cuerpos de agua dulce considerados, no obstante, también reconoce expresamente que esto vendría cambiando desde el año 2003, en que progresivamente inicia la migración entre técnicas de cultivo más contaminantes a otras que, como se señaló, son menos contaminantes y más eficientes.

Finalmente, y en este mismo sentido, la FAO está formulando pautas para un “enfoque ecosistémico de la acuicultura”, cuya aplicación por parte de la industria de la salmonicultura podría redundar en impactos positivos en términos económicos, sociales y ambientales.

En la actualidad, la industria del salmón se enfrenta a un escenario económico complicado, enfrentando alzas en los costos de los insumos, fluctuaciones en el precio del dólar y desafíos en el plano sanitario que incidirán fuertemente en cualquier estimación o proyecciones para el sector. Así, desde el 2007, esta industria ha sido severamente golpeada por la aparición del virus ISA.

La tasa de crecimiento de la especie cayó y aumentó la mortalidad, a lo que se sumaron complicaciones derivadas con el uso intensivo de insumos farmacológicos (antibióticos) para el control de la enfermedad, que generó una respuesta negativa por parte de la demanda internacional (el cultivo de salmónes está orientado a la exportación y no a abastecer el mercado interno). Lo anterior, más el impacto de la crisis financiera internacional, ha llevado al cierre de una serie de pisciculturas en la zona sur del país.

De este modo, considerando que la piscicultura en la región de la Araucanía está focalizada en la producción de ovas y alevines que posterior a la fase de engorda, para traslado (como insumo intermedio) hacia la zona sur del país, es esperable que la demanda regional se vea impactada en forma negativa por esta reducción de la demanda final de salmónes. De esto, se espera una caída significativa en el ritmo de crecimiento de la actividad en la zona de estudio.



b) Construcción¹⁷

El crecimiento de los centros urbanos y de la masa de población asociada, es una de las causas de origen antrópico más relevantes para la eutrofización de las aguas del lago Villarrica¹⁸. Esto, dado el aumento en la producción de residuos sólidos y líquidos asociados a este crecimiento de población (Dolbeth et al.,(2003); Western (2001)), los cuales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en cuerpos de agua lénticos (aguas en reposo), ocasionando una degradación del ambiente que, muchas veces, es irreversible (Carpenter & Cottingham, 1997; Myrbo & Ito, (2003)).

Entonces, el crecimiento poblacional y su mayor densidad no tiene un impacto sobre la eutrofización *per se*, sino sólo en la medida que este crecimiento poblacional genere mayores cargas de residuos sobre el cuerpo lacustre o sus afluentes, y que éstos no sean debidamente tratados o tratados en su totalidad, de manera que el efecto neto sea un incremento en la carga de N y P que determine una mayor trofia del lago.

En el caso del lago Villarrica, la mayor densificación y crecimiento poblacional se puede apreciar directamente, sólo observando por inspección directa el crecimiento en las construcciones especialmente en el sector ribereño sur- y el aumento de la masa de población flotante a causa del turismo en la zona (que también se concentra en este sector en período estival). Naturalmente, esto afectaría significativamente la cantidad de residuos sólidos que se descargan y/o infiltran a las aguas del cuerpo de agua, dado que el sector ribereño no está totalmente cubierto por los sistemas de tratamiento de aguas servidas.¹⁹

Esto también quedó de manifiesto en el tercer informe del estudio de la Universidad Austral, que señala “... *El lago Villarrica es un cuerpo de agua que constituye uno de los mayores atractivos turísticos de la IX Región, de manera que en las riberas de este cuerpo de agua se han construido un sinnúmero de habitaciones dedicadas a la explotación turística, tanto comercial (Hoteles, restaurantes, Cabañas, campings), como de uso particular (casas habitaciones, edificios, condominios). En este contexto la mayor cantidad de habitaciones se han construido en la ribera sur (camino entre Villarrica y Pucón), este sector constituye uno de los puntos relevantes en relación a los aportes de cargas difusas, provenientes de*

¹⁷ Referido a las actividades industriales de la sección F, Construcción, según la CIU.cl de INE (2007), específicamente aquellas pertenecientes a las secciones 4520, 4530 y 4540. Éstas contemplan actividades propias de la construcción inmobiliaria (obra nueva, ampliaciones y reformas, sin consideraciones respecto de los materiales de construcción empleados. Contempla la construcción de viviendas, edificios de oficinas, locales de almacenes y otros edificios públicos y de servicios, locales agropecuarios, etc., y en la construcción de obras de ingeniería civil, como carreteras, calles, puentes, túneles, etc.

¹⁸ Modelación de calidad de aguas del lago Villarrica y aproximación al problema hidrodinámico. Documento elaborado por José Vargas Baecheler y Carlos Pérez Varas del Departamento de ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad de Concepción.

¹⁹ En particular, considérese el sector ribereño sur del lago, en la faja que corre paralela a la conexión vial Villarrica – Pucón –según fuera informado por profesionales de la Secretaría de Planificación de la Municipalidad de Pucón, en la visita realizada el 30 de marzo pasado-, y en las zonas de crecimiento urbano, hacia el sur, en la comuna de Pucón.



*edificaciones que no disponen de sistema de alcantarillado, para la eliminación de las aguas servidas...*²⁰

Habría resultado de sumo interesante hacer proyecciones sobre la evolución del ritmo de la actividad inmobiliaria en la zona y sobre la incidencia de los distintos tipos de edificación que se ha ido construyendo, a partir de estadísticas de los permisos de edificación por tipo de construcción, que son solicitados y entregados por las Direcciones de Obras Municipales. No obstante, pese a haberse requerido esta información a las comunas de Pucón y Villarrica, a la fecha no se ha obtenido respuestas.²¹

- **Construcción de Obras Civiles: La Ruta Interlagos**

La Red o Ruta Interlagos es un proyecto vial de carácter turístico, que se emplaza dentro de las regiones IX, XIV y X permitiendo el acceso a áreas protegidas y zonas lacustre de gran belleza escénica. Su objetivo es generar un incremento en la actividad turística, mejorando la calidad de vida de la población y contribuir al desarrollo socioeconómico de la región.

La Ruta Interlagos está conformada por un eje longitudinal, 10 ejes transversales y caminos complementarios. El Eje Longitudinal se denomina: Ruta Interlagos, se inicia en Victoria y termina en Puerto Varas, conectando las provincias de Malleco, Cautín, Osorno, Valdivia y Llanquihue con una longitud de 707,5 km. (Ver Tabla 13 y Figura 8).

Tabla 13; Ruta Interlagos en la zona de estudio.

Tramo San Pedro - Reigolli – Curarrehue – Pucón – Villarrica	
Kilómetros	Descripción
168.390	San Pedro
236.400	Reigolli
277.700	Curarrehue
312.000	Inicio Pucón
315.000	Fin zona urbana Pucón
340.000	Villarrica (empalme con ruta Troncal)

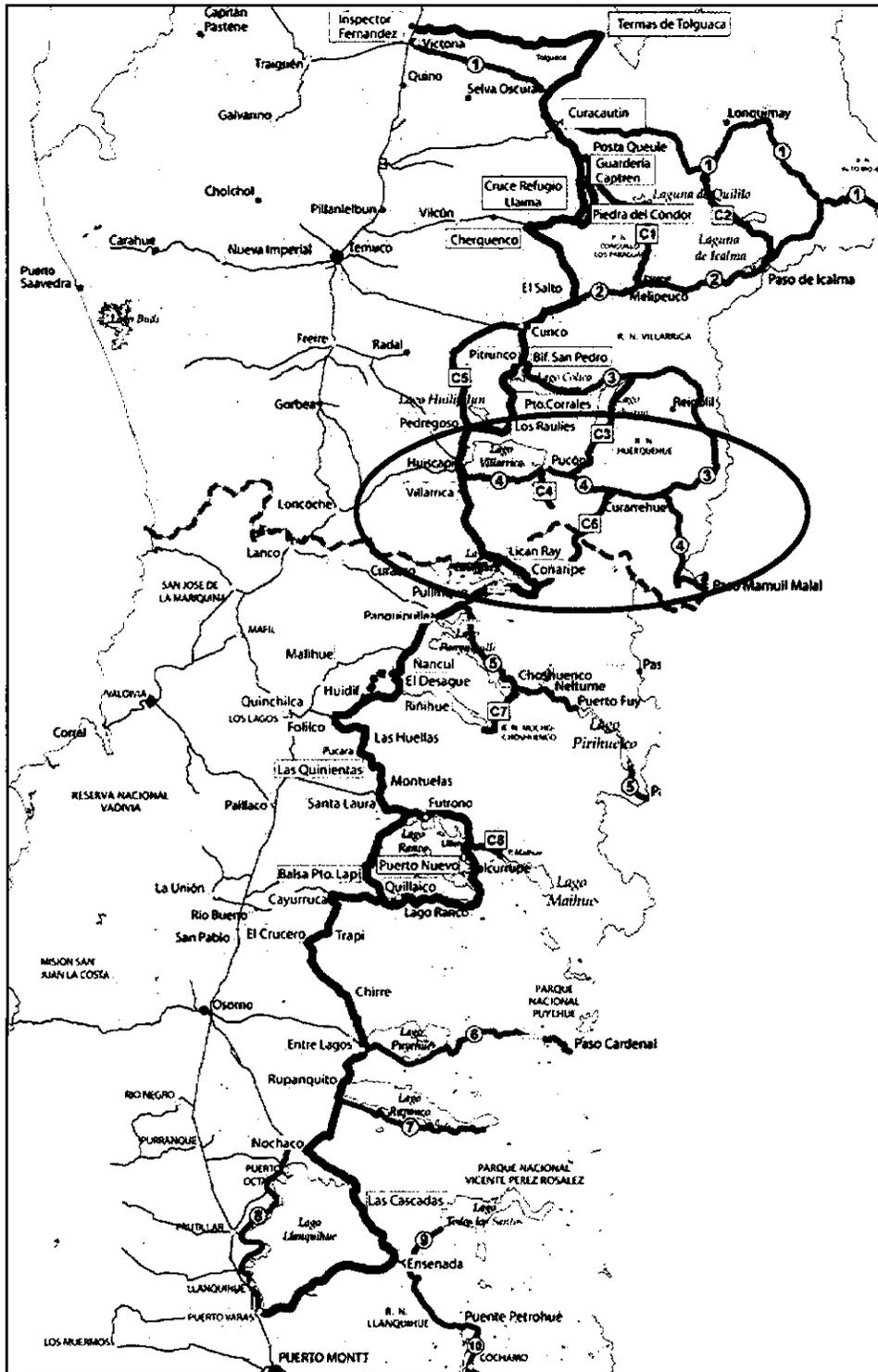
Fuente: Dirección de Planificación del MOP.

²⁰ *Op. Cit.*, página 16.

²¹ También se intentó levantar esta información en el Instituto Nacional de Estadísticas y en la Cámara Chilena de la Construcción; pero en ambas instituciones se nos señaló que sólo presentaban la información a nivel de región y no comuna, por lo que pierde relevancia para este estudio. Esta información tampoco estuvo disponible para la Univ. Austral, según lo declara en el informe antes citado, en diversos pasajes.



Figura 8. Ruta Interlagos



Fuente: Dirección de Planificación del MOP



Así, del mismo modo que la construcción de viviendas *per se* no tiene un impacto directo sobre la carga de nutrientes de los cuerpos lacustres (salvo, claro está, que se genera una descarga directa al cuerpo de agua de los desechos y residuos que se generen en el proceso de construcción, en términos de materiales o residuos sólidos y líquidos de quienes trabajan en éste), la construcción de obras civiles mayores, como la Ruta Interlagos no se constituye en una actividad que en sí misma contribuya a la eutrofización del Lago Villarrica, sino que lo hará indirectamente, a través de su rol de facilitador del acceso y conectividad, que se traduce en un el mayor flujo de transeúntes y turistas en el sector, en la medida que la actividad antrópica y sus efectos sobre la eutrofización no se manejen adecuadamente.

La Ruta Interlagos se ha considerado como uno de los proyectos de inversión público emblemáticos en la planificación territorial de la región, entendido como soporte del cluster turístico al que pertenecerían Villarrica, Pucón y Curarrehue. Así, el mejoramiento del estándar vial en esta ruta, que permite una expedita conexión con el paso fronterizo Mamal Mahuil, tendría un impacto positivo en el ingreso de turistas internacionales provenientes de Argentina y Brasil.(al respecto, información primaria levantada en la Oficina de Turismo de Curarrehue, da cuenta de esta situación y cómo gradualmente ha incrementado el ingreso de turistas de estos países.

Cabe mencionar que esta oficina no cuenta con la información sistematizada. Por tanto cualitativamente esta comuna serviría de destino de paso, y los turistas no pernoctarían allí, por lo que este mayor flujo de turistas no habría llevado a un significativo incremento de la oferta de camas en la comuna).



c) **c) Servicios Sanitarios²²**

• **Tratamiento de aguas servidas**

Las zonas urbanas de Pucón y Villarrica poseen sistema público de alcantarillado y sistema de tratamiento de aguas servidas en ambos casos administrados por la empresa sanitaria Aguas Araucanía S.A.

La Universidad Austral el año 2009, determinó la carga de nutrientes en relación a los autocontroles para la Planta de Tratamiento de aguas servidas de Pucón para los años 2006 y 2007. A continuación se presentan un resumen de las concentraciones de nutrientes (P y N).

Tabla 14. Carga de Nutrientes Planta Pucón.

Establecimiento	Período	P Total (mg/L)	N Total (mg/L)	Cuerpo receptor
PTAS Pucón	06/09/06 - 26/09/07	0,2 - 1,99	0,7 - 18,3	Río Claro
Promedio		1,33	5,7	
Mediana		1,48	4,8	

Fuente Universidad Austral 2009

De acuerdo a las concentraciones informadas y considerando un caudal medio diario de 9000 m³, la Universidad Austral pudo estimar que con la mediana de concentraciones de Fósforo y nitrógeno, se obtienen las siguientes cargas anuales:

- Carga PPlanta: 4,9 ton P/año
- Carga NPlanta: 80,8 ton N/año

²² La provisión de servicios sanitarios es una actividad industrial. Se encuentra codificada en la CIU.cl (2007) bajo las Secciones E y O. La primera, sobre Suministro de electricidad, gas y agua, considera específicamente el rubro "Captación, depuración y distribución de agua" bajo la cual se comprende la captación, depuración y distribución de agua a usuarios residenciales, industriales, comerciales y de otro tipo- y "Eliminación de desperdicios y de aguas residuales, saneamiento y actividades similares" (código 9000), que considera el tratamiento de aguas residuales para prevenir la contaminación. En la sección O, "Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales", en el rubro "Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares". En esta clase se incluyen además de la recolección de basura y desperdicios, y la evacuación, por cloacas, alcantarillas y otros medios, de excrementos humanos, incluso su tratamiento y eliminación.



En el caso de Villarrica, el área operacional de la empresa sanitaria cubre casi la totalidad del casco urbano de la comuna, no obstante el área de expansión de infraestructura de servicios turísticos (hotelería) y de desarrollo inmobiliario localizado en la faja del borde de lago que une Villarrica con Pucón no descarga a este sistema de alcantarillado, por lo que sus aguas servidas al utilizar una solución particular de eliminación de excretas- no son tratadas.

Naturalmente, los riesgos asociados en términos de la contribución de estas soluciones particulares de eliminación de excretas a la eutrofización del lago Villarrica, dependerá del tipo de solución empleada.

En cuanto al sistema de tratamiento de aguas, en Villarrica la unidad principal del sistema se ubica en el sector Putúe Bajo, vertiendo las aguas tratadas en el Río Toltén, efluente del lago Villarrica, por lo que no podría ser ésta una fuente de contaminación ni eutrofización para el Lago.

En el caso de Pucón, si bien el sistema de tratamiento de aguas cuenta con los permisos ambientales (vertiendo las aguas tratadas sobre el río Claro), éste no ha estado exento de polémicas en cuanto a fallas o problemas en su operación que, habrían llevado a episodios en los que se habrían realizado descargas directas en el Lago Villarrica. La Tabla 15 muestra las fiscalizaciones realizadas a la PTAS:

Tabla 15. Fiscalizaciones realizadas a la PTAS

23/7/2001	Visitas Inspectivas	Asistieron los siguientes servicios con competencia ambiental: SERNAPESCA, SAG, DGA, CONAMA.
19/10/1999	Visitas Inspectivas	
25/5/2004	Visitas Inspectivas	Asistieron Servicio Salud Araucanía Sur, SERNATUR; SAG y Dirección Regional CONAMA
31/5/2005	Visitas Inspectivas	Asistieron SEREMI de Salud y CONAMA
28/8/2006	Visitas Inspectivas	Asistieron SEREMI de Salud y CONAMA. Este informe se complementa con inspección realizada por el SAG.
1/2/2008	Denuncia	Se realizó visita a la cual no concurrió el Municipio de Pucón, donde no se constataron incumplimientos.
5/12/2008	Visitas Inspectivas	Asistieron SISS y CONAMA. No se detectaron incumplimientos.
12/3/2009	Visitas Inspectivas	Asistieron SISS y CONAMA. No se detectaron incumplimientos.

Fuente: www.e-seia.cl



A modo de ejemplo:* 22 de Abril de 2008: “Un enorme derrame de aguas servidas ... a unos 50 metros de la Poza, residuos contaminantes, que fueron a parar de forma directa a las aguas de ... Lago Villarrica. De acuerdo a las explicaciones dadas por el capitán de puerto del lago Villarrica...este problema se originó luego de que la repartición naval solicitara a Aguas Araucanía la instalación de un grifo para enfrentar una posible emergencia incendiaria en la unidad. Agregó que fue en esta faena en la que trabajadores rompieron una matriz de aguas servidas originándose esta emergencia que llevó a trabajar intensamente a personal de la empresa para dar una solución. La Empresa Aguas Araucanía, manifestó que el problema se originó debido a que la maquinaria pesada que solicitó la Capitanía de Puerto a la Municipalidad de Pucón para la instalación del grifo rompió el ducto clave y esto produjo el derrame.”²³

Asimismo, debe considerarse que el estudio de Buktus y Villalobos (2001), ya señalarían que uno de los principales aportes de fósforo hacia el lago Villarrica sería la descarga de aguas servidas domésticas.

En este estudio, se señalaba que si el sistema de tratamiento de Pucón consideraba un tratamiento secundario y terciario destinado a disminuir la concentración total de fósforo, ésta lograría reducirse en 4%, sin embargo, el sólo aumento en la población implicaría un aumento en la concentración de fósforo total en el lago de un 7%. Cabe señalar que el crecimiento urbano de Pucón ha sobrepasado el área de operación de la empresa sanitaria, existiendo sendos sectores poblaciones que estarían operando con soluciones particulares de alcantarillado²⁴

En la misma Comuna de Pucón, otro sector que no cuenta con sistema de alcantarillado es Caburga²⁵, siendo la solución sanitaria más común la fosa séptica, aunque se desconoce o no existe información catastral acerca del estado de pozos negros y la distancia a que se encuentran a la napa freática y del cuerpo de agua más próximo. Sin embargo y de acuerdo al estudio de Actualización del Plan Regulador Comunal de Pucón, se encuentra en estudio la construcción de un sistema de alcantarillado.

En el caso de Curarrehue, en tanto –y a diferencia de lo que ocurre en las otras comunas-, el sistema público de alcantarillado no dispone de tratamiento de aguas, las que son descargadas directamente en siete puntos sobre el río Trancura, según se pudo constatar personalmente, en el visita de marzo de 2009.²⁶

²³ <http://www.puelchefm.cl/noticias/Puc%C3%B3n/52>.

²⁴ cómo ejemplo, considérese en esta situación al sector denominado Villa Trancura

²⁵ De acuerdo a los resultados del Censo del año 2002, la población de Caburgua alcanza a 1.731 habitantes

²⁶ La información de los siete puntos de descarga fue proporcionada por el presidente del Comité de Agua Potable de Curarrehue y se corroboró por la Superintendencia de Servicios Sanitarios vía Andrés León. Tres de estos puntos fueron inspeccionados *in situ* en la visita a la comuna que se realizó el 31 de marzo, de donde provienen las fotografías de la figura 9. En la entrevista el presidente del Comité de Agua, no sólo informó respecto de estas descargas directas, sino que además señaló que el proyecto de sistema de alcantarillado para



La población que origina esta descarga es la residente en la ciudad de Curarrehue, aunque no toda, porque también existen soluciones particulares de alcantarillado en viviendas en esta ciudad, pero sí para todas aquellas viviendas y servicios que se emplazan a lo largo de la calle principal, la que corre paralela al curso del río en cuestión.

Las descargas de aguas servidas domésticas sin tratar generan múltiples efectos negativos en los cuerpos de aguas receptores. El impacto primario es el deterioro de la calidad del agua debido al aporte de materia orgánica, nutrientes (fósforo, nitrógeno), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), sólidos y bacterias coliformes, lo que puede conducir a la eutrofización del sistema acuático (Vollenweider 1968). A su vez los cambios en el hábitat acuático por incremento de la turbidez, tasas de sedimentación y biomasa algal (Scrimgeour & Chambers 2000), provocan alteraciones en las cadenas tróficas del sistema receptor (Dyer et al. 2003) y, potencialmente, de otros cuerpos de agua para el que este receptor es un afluente directo. Entonces, las descargas domiciliarias directas a lo largo del curso del río Trancura tiene implicancias sobre el cuerpo lacustre, en la medida que el cuerpo fluvial es su alimentador principal o afluente directo, situación que ocurre en el Lago Villarrica.

Eventualmente, pueden haber descargas directas sobre el Lago Villarrica, y los efectos serían similares, sólo que actuarían más rápido que sobre ríos, por el menor movimiento que tiene el agua en un cuerpo lacustre. Por otro lado, si existen o no descargas domiciliarias directas sobre el Lago Villarrica no pudo ser corroborado –situación que ya se comentó, y en lo que se coincide con el estudio de la Fac. de Ciencias de la Universidad Austral-, ya que estas potenciales descargas se realizarían en propiedad privada (aunque se recibió información en este sentido en la oficina de Secplan, en Villarrica); no obstante, tampoco se pudo corroborar lo contrario, ya que no se recibió información de parte de la Dirección de Obras Municipales (DOM).

Finalmente, dado que no existe información primaria sobre las descargas directas en el Lago, la información teórica permite enfatizar el hecho que las descargas desde los afluentes directos, que sí han sido consideradas en estudios previos, son también relevantes y tienen impacto negativo en la cadena trófica del sistema.

Curarrehue estaba en fase de evaluación de factibilidad. También se visitó el terreno en la que se evalúa instalar la solución para el tratamiento de aguas, que es un plano en terreno municipal, localizado atrás del municipio y al que se accede por el camino contiguo al Museo Centro Cultural Mapuche Trawu Peyun. Según se señaló, esta planicie es usada como cancha municipal, y presenta el problema de inundaciones con las crecidas del río, respecto del cual esta contiguo.



Figura 9. Descargas de aguas en Curarrehue



Panel Superior Izquierdo: Fotografía de descarga directa sobre el río Trancura a la altura del Puente Trancura. Panel Superior Derecho: Descarga directa del alcantarillado sobre el curso del río, en Curarrehue urbano. Panel Inferior Izquierdo: Imagen de la localización de los siete puntos de descarga (el punto rojo indica que existe una descarga directa). Panel Inferior Derecho: Caseta proyecto de agua potable, Curarrehue – sector Estadio (a 200 mt. de allí existe otra descarga directa sobre el río).

Nota: Fotografías tomadas en marzo de 2009.

Adicionalmente debe considerarse que, en la actualidad, el centro urbano de Curarrehue se abastece de agua potable a partir de un sistema de agua rural administrado a estos efectos por un Comité ad hoc. A la fecha, los sistemas de captación para el agua son tres, siendo el más importante el que se emplaza en el mismo sector urbano, y que realiza su toma abasteciéndose -vía puntera- de las napas subterráneas (30 metros de profundidad), en el sector Estadio, junto al río Trancura, justo al lado donde está emplazada una de las descargas del sistema de alcantarillado. Cualquier efecto contaminante sobre las aguas del río Trancura

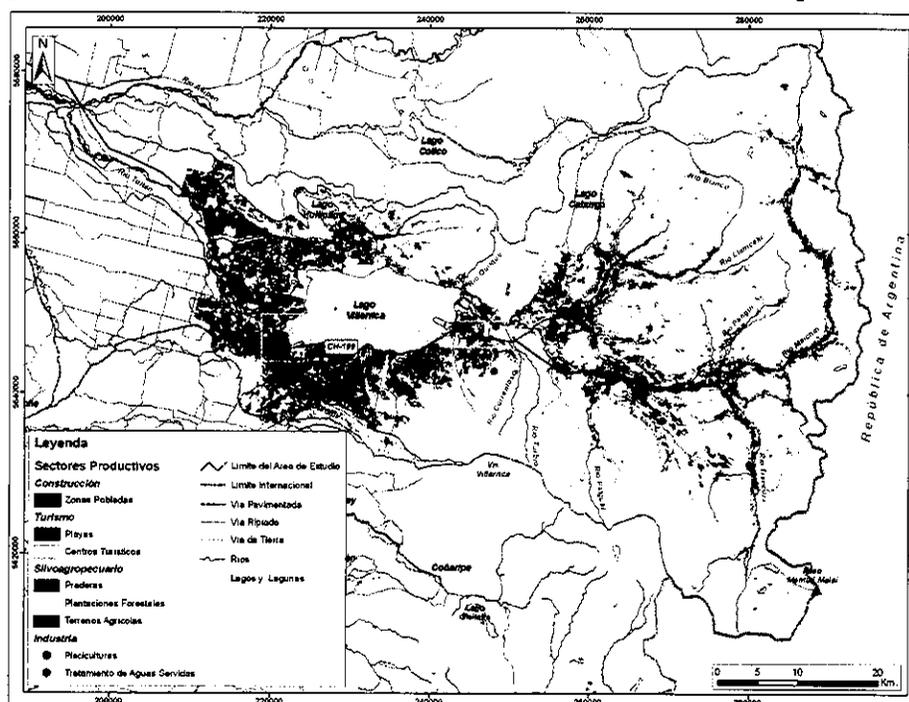


no sólo impacta la calidad de las aguas del lago Villarrica, sino que también puede llegar a afectar la calidad del agua de uso consuntivo para la comunidad.

El tratamiento de las aguas servidas domésticas implica la reducción de la carga orgánica y, principalmente, de la carga microbiológica que es vertida directamente a los cuerpos de agua. Por esto, es esperable que el río Trancura, como cuerpo receptor, pueda mejorar la calidad de sus aguas una vez que la comuna cuente con un sistema de alcantarillado que considere planta de tratamiento para aguas servidas (como se señaló, a marzo de 2009 esto sólo se encontraba en etapa de pre-factibilidad). Esto afectaría positivamente al lago Villarrica, toda vez que su principal afluente es el río Trancura, el cual –según DGA-UACH, 1994- aportaría casi el 90% del caudal entrante de los afluentes.

La figura 10 muestra los sectores productivos que afectan directamente la cuenca, por lo que la aplicación de la NSCA afectará directamente su actividad. Se puede apreciar que las praderas estas asociados a los fondos de valle donde se emplazan los sectores de Villarrica, Pucón y Curarrehue. Según las memorias explicativas de los instrumentos de planificación territorial de Villarrica, Pucón y Curarrehue (PRC), los tres centros poblados principales experimentan un crecimiento poblacional, al igual que emprendimientos turísticos situado en la ribera sur del lago Villarrica, lo que se traduce en un sostenido incremento del área de la construcción

Figura 10. Localización de los Sectores Económicos afectados por la NSCA.



Fuente: Elaboración Propia en base al SEIA y el catastro de bosque nativo de Conaf.



4. MÉTODOS DE VALORACIÓN AMBIENTAL APLICADOS EN EL AGIES DE LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA

El método utilizado para realizar el análisis de impacto socioeconómico de la implementación de la norma secundaria en la cuenca Villarrica corresponde al MAE-FES²⁷ cuya aplicación permitió incorporar dentro de un indicador distintas variables económicas y ecológicas que dan una visión integral del impacto de la norma, derivándose de los resultados algunas pautas de los posibles efectos que la norma tendría en caso de su aplicación y en caso de que no se aplique. Complementariamente, se realizó la identificación de actores sociales relacionados con la aplicación de la norma con el propósito de llevar a cabo el plan de difusión de manera apropiada.

4.1 Identificación de Actores Sociales

Los actores sociales relevantes son una parte importante en la realización de cualquiera evaluación económica social, puesto que entregan información que complementa la información de estudios o de la literatura disponible. Según el informe final realizado en la cuenca del Baker por la Universidad de Chile (2008), existen diversas técnicas para la identificación de los actores, las que pueden ir desde talleres masivos y reuniones de grupos, hasta entrevistas individuales (DFID, 2002; Bryson, 2004), obteniendo de este modo información que permite identificarlos y describirlos sobre la base de sus atributos, interrelaciones e intereses en relación con un objetivo definido (Ramírez, 2001).

Considerando lo anterior, en el desarrollo de la consultoría se realizaron varios intentos infructuosos por aplicar alguna de las técnicas (reuniones presenciales) para la identificación de los actores que permitiera conocer la visión de los afectados por la aplicación de la norma, situación que propició que la identificación de los actores se ejecutara a partir de revisión bibliográfica, lo cual resulta igualmente válido según el informe realizado en la cuenca del Baker por la Universidad de Chile (2008)

La realización del ejercicio teórico para identificar los actores se basó en la metodología propuesta por el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID, 2002), más la revisión bibliográfica, todo lo cual posibilitó clasificar los actores claves en primarios y secundarios, a fin de identificar a los afectados con la entrada en vigencia de la norma secundaria de calidad ambiental para la cuenca del Lago Villarrica. En lo específico, los actores claves corresponden a aquellos participantes que puede influenciar significativamente o que son importantes para el éxito de un proyecto.

²⁷ La realización de un análisis costo beneficio no fue posible de ejecutar debido a las conclusiones del Informe de la Universidad Austral en relación con las fuentes de contaminación del lago. Estas fuentes no corresponden a sectores productivos sobre los cuales pueda hacer un análisis del costo que implicaría la aplicación de la norma, entendiendo este costo por ejemplo como una mayor inversión producto de una mejora tecnológica para no contaminar, el costo de descontaminar, o la desvalorización del atractivo turístico cuando existe contaminación.



Por actor primario se entiende a todos aquellos grupos o individuos que son afectados por el desarrollo del proyecto, ya sea como beneficiarios o como desfavorecidos. Finalmente, como actor secundario se identificó, a todos los otros individuos o grupos con un interés o rol intermedio en el proyecto definido previamente, que en este caso es la norma secundaria y su aplicación.

4.2 Modelo Aplicado de Evaluación-AGIES (MAE-AGIES)

El modelo MAE-AGIES, reconoce tres componentes para determinar los impactos o consecuencias de aplicar una nueva regulación ambiental, las cuales son:

- Contribución económica de las actividades productivas de la zona
- Impacto ecológico tanto de los componentes bióticos como abióticos
- Vulnerabilidad Ambiental, es decir, las características físico-ecológicas del sistema, o la caracterización de la dimensión física sobre la cual se desarrolla la dimensión socio-económica

El método permite inicialmente identificar todos los sectores productivos relevantes en la cuenca de acuerdo a dos índices de importancia que se calculan en base a su aporte a ciertos indicadores económicos de la zona. Estos índices son el aporte económico (AE) y el índice de calidad de las aguas (ICA) el cual permite identificar el aporte de cada sector productivo en términos de desechos que son descargados en las aguas de la cuenca.

Con estos índices es posible obtener un ranking de los sectores económicos que tienen un mayor impacto en la cuenca y los que aportan mayor parte de la actividad económica. En la medida que el sector sea más importante para la cuenca y a su vez sea un sector que afecta la calidad de las aguas, se verá de alguna forma mayormente impactada por la aplicación de la norma.

Por otra parte, la calidad de las aguas dependerá también de las características geográficas, edáficas y ecológicas de la cuenca, motivo por el cual el modelo incorpora un índice de vulnerabilidad ambiental (VA) para cada subcuenca.

Considerando los tres aspectos anteriores se obtiene un índice del impacto socioeconómico (ISE) de la aplicación de la NSCA, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$\text{ISE} = \text{ICA} * \text{VA} + \text{AE}$$

En los siguientes párrafos se detallan los factores considerados para la generación del índice de impacto socioeconómico (ISE) para la cuenca del Lago Villarrica:



4.2.1 Impacto sobre Calidad de las Aguas (ICA)

La elaboración de la norma secundaria implica que se limite el aporte de ciertos parámetros físico-químicos establecidos por CONAMA sobre las aguas de la cuenca del lago Villarrica.

Inicialmente, esta fase del método contemplaba la generación de una matriz de impacto (positivo, negativo o neutro) que sería completada en base al conocimiento de los expertos de los servicios de la región (CONAMA, DGA, SAG, entre otros), la cual indicaría el aporte (parámetros a normar) que realizan los sectores económicos más relevantes circunscritos a la cuenca del Lago Villarrica. Sin embargo, esta parte del análisis no se pudo realizar de la forma indicada puesto que no fue posible coordinar tal instancia de trabajo.

Conforme a lo anterior, el ICA fue calculado en base a revisión bibliográfica, la que en este caso resultó ser el estudio de Diagnóstico de la Calidad de las Aguas del Lago Villarrica elaborado por la Universidad Austral donde se estimó el aporte de nutrientes totales (Fósforo Total y Nitrógeno Total) que producen los sectores productivos contemplados por dicho estudio.

Una vez obtenidas las cargas de nutrientes totales producidas por las actividades económicas, se determinó la distribución de estas cargas a nivel de subcuencas, con lo cual se pudo obtener una valorización cualitativa del impacto sobre la calidad de las aguas. Lo anterior, bajo el supuesto de que mientras más negativo sea el efecto de una actividad sobre un parámetro y mayor sea su aporte económico a la cuenca, más impactará la calidad de las aguas.

4.2.2 Índice de Vulnerabilidad Ambiental (IVA)

En base a las características edáficas, geográficas y ecológicas de la cuenca que determinan en gran medida la cantidad de nutrientes y/o contaminantes que pueden llegar a la cuenca a través de sus afluentes y efluentes, se calculó el índice de vulnerabilidad ambiental. Esto significa que a medida que los valores del índice VA sean más altos, hay una mayor probabilidad que los parámetros de la norma puedan ser excedidos.

El índice de vulnerabilidad se compone de los siguientes factores: erosión potencial (EP), flujo sub-superficial (FS), zona ripariana (ZR) y factor de dilución (FD).

Con el fin de medir la facilidad con que cualquier compuesto o sustancia es transportado hacia el lago se calcula el índice de Erosión Potencial (EP) y flujo sub-superficial (FS). Este trayecto es a su vez filtrado por la vegetación ripariana cercana al lago, lo que se calcula con el índice de zona ripariana (ZP). Finalmente, el factor de dilución (FD) se basa en que mientras más alto sea el caudal de río o lago, menor será la probabilidad que los parámetros normados sobrepasen los márgenes establecidos. El índice se calcula como:

$$VA=EP*ZR+FS+FD$$



4.2.3 Índice de Aporte Económico (AE)

Considerando los aspectos económicos de la cuenca fue calculado el índice de aporte económico (AE). Para comenzar los sectores económicos fueron categorizados acorde con las actividades más importantes en la zona, basados en la información oficial existente (INE, Banco Central, ProChile, MIDEPLAN, etc.) y el recorrido por la cuenca realizado por el equipo consultor. Los sectores identificados corresponden a: Turismo, construcción, Agricultura y silvícola, e industria. Considerados estos sectores se procedió a caracterizarlos acorde con la siguiente información:

- La estructura de la economía de la cuenca, representada en el aporte al Producto Interno Bruto Regional (PIBR) de cada sector.
- El comportamiento a través del tiempo de esta estructura, representada en la variación porcentual anual del aporte de cada uno de los sectores a la economía regional en los últimos 4 años.
- Las salidas del sistema económico regional, constituidas por las exportaciones regionales, por sector económico para los últimos 3 años.

Cabe mencionar que no existe información económica disponible sólo para la cuenca, por lo que en se tuvo que reconstruir cada uno de estos indicadores acorde con información sobre empleo (población ocupada), para la cual existe información con el mismo nivel de desagregación (Comunal) que el censo de población del INE.

El detalle de esta información se muestra en la Tabla 16, donde se aprecia que las actividades económicas llevadas a cabo en la cuenca absorben al 8,7% de los ocupados a nivel regional, lo que puede suponer un buen proxy del aporte de cada grupo de ocupación a la economía regional, bajo el supuesto que el empleo y el nivel de actividad económica están directamente correlacionados. Basados en esto –y ante la ausencia de estadísticas de actividad económica presentadas con una desagregación mayor a la regional-, se utilizará el empleo por categoría o grupo de ocupación (medido como población ocupada, información que sí está disponible con los mismos niveles de desagregación que el censo, siendo la última onda disponible la de 2002) para ‘escalar la información hacia abajo’.



Tabla 16. Proporción del empleo regional presente en la cuenca hidrográfica del lago Villarrica, a partir de información de población ocupada

Categorías de Ocupación	Población ocupada					Participación regional de la población ocupada de la cuenca
	Curarrehue	Pucón	Villarrica	TOTAL CUENCA	La Araucanía	
1. Fuerzas armadas, carabineros e investigaciones	38	31	71	140	2.371	5,9%
2. Miembros de los poderes ejecutivo y legislativo personal directivo de la administración pública	2	1	6	9	131	6,9%
3. Directores de empresa (tienen 3 o más directores)	3	38	43	84	871	9,6%
4. Gerentes de pequeñas empresas (tienen 1 o 2 directores)	55	335	607	997	11.592	8,6%
5. Profesionales de las ciencias físicas, químicas y matemáticas de la ingeniería		72	92	164	2.308	7,1%
6. Profesionales de las ciencias biológicas, medicina y salud	10	65	129	204	3.301	6,2%
7. Profesionales de la enseñanza	98	206	722	1.026	12.077	8,5%
8. Otros profesionales científicos e intelectuales	10	101	209	320	4.427	7,2%
9. Técnicos y profesionales de nivel medio de las ciencias físicas y químicas, la ingeniería y afines	9	130	275	414	4.127	10,0%
10. Técnicos y profesionales de nivel medio de las ciencias biológicas, la medicina y salud	20	61	134	215	3.257	6,6%
11. Maestros e instructores técnicos	18	54	135	207	3.010	6,9%
12. Otros técnicos	58	451	825	1.334	16.331	8,2%
13. Oficinistas	42	234	587	863	11.279	7,7%
14. Empleados en trato directo con el público	14	216	275	505	4.599	11,0%
15. Trabajadores de los servicios personales y de protección y seguridad	71	813	893	1.777	13.758	12,9%
16. Modelos, vendedores y demostradores	40	346	888	1.274	16.442	7,7%
17. Agricultores y trabajadores calificados de explotaciones agropecuarias, forestales y pesqueras con destino al mercado	293	425	1.129	1.847	29.294	6,3%
18. Trabajadores agropecuarios y pesqueros de subsistencia	1	5	31	37	521	7,1%



Categorías de Ocupación	Población ocupada					TOTAL CUENCA	La Araucanía	Participación regional de la población ocupada de la cuenca
	Curarrehue	Pucón	Villarrica	2.038	13.635			
19. Oficiales y operarios de la industrias extractivas y de la Construcción	115	679	1.244	2.038	13.635	14,9%		
20. Oficiales y operarios de la metalurgia, la construcción Mecánica y afines	14	166	439	619	7.145	8,7%		
21. Mecánicos de precisión, artesanos, operarios de las artes gráficas y afines	13	145	418	576	1.912	30,1%		
22. Otros oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	32	155	606	793	6.345	12,5%		
23. Operadores de instalaciones fijas y afines	9	20	48	77	971	7,9%		
24. Operadores de máquinas y montadores	12	23	118	153	2.630	5,8%		
25. Conductores de vehículo y operadores de equipos pesados y Móviles	52	291	699	1.042	13.941	7,5%		
26. Trabajadores no calificados de ventas y servicios	129	814	1.533	2.476	25.280	9,8%		
27. Peones agropecuarios, forestales, pesqueros y afines	132	245	674	1.051	18.671	5,6%		
28. Peones de la minería, la construcción, la industria manufacturera y el transporte	168	484	1.044	1.696	18.321	9,3%		

Fuente: INE. Censo Población y Vivienda, 2002.



Tabla 17. Grupos de ocupación asignados manualmente a sectores de la actividad económica

Homologación		Factor de ajuste
Sector económico	Grupo de Ocupación	
Agropecuario-silvícola	8 17 18 19 27 9 12	0,0849
Pesca	8 17 18 19 27 9 12	0,0849
Minería	12 19 28	0,1079
Industria Manufacturera	12 13 28 25 24 23 20	0,0785
Electricidad, Gas y Agua	12 13	0,0791
Construcción	12 19 20 28 25 23 24	0,0889
Comercio, Restaurantes y Hoteles	13 14 16 26	0,0904
Transporte y Comunicaciones	12 13 28 25	0,0814
Servicios Financieros y Empresariales (1)	3 4 14 26	0,0975
Propiedad de vivienda	26	0,0979
Servicios Personales (2)	5 6 7 8 10 11 15 21 22	0,1089
Administración Pública	1 2 7 17	0,0855
TOTAL		1,08590

Fuente: INE. Censo Población y Vivienda, 2002.

No obstante, hacer este escalamiento requiere que se realice un paso previo: un pareo o *matching* entre los grupos o categorías de ocupación (INE) y la clasificación de sectores de actividad económica (dada por la medición del PIB por sectores, que realiza el Banco Central de Chile). Para esto, fue necesario homologar estas categorizaciones, para lo que se asociaron los grupos de ocupación a cada sector económico, según muestran las dos primeras columnas de la Tabla 17 (los códigos de los grupos de ocupación corresponden a los números de la primera columna de la Tabla 16).

Luego, se calculó el promedio de empleo para cada sector económico del PIB Regional, acorde con los datos censales²⁸ y la homologación anterior, según los grupos de ocupación definidos y se utilizó esta proporción (o factor de ajuste, en la última columna de la Tabla 16) para escalar a nivel de cuenca la información económica disponible, entendiéndose que este factor representa a la proporción de la población de la cuenca sobre la población regional que trabaja en cada sector.

Con esta información fue posible obtener la distribución del PIB de la cuenca sobre la base del PIB regional para 2006 (la elección de este año no es arbitraria: corresponde a la información disponible más actualizada para esta variable).

Las siguientes figuras muestran tanto las participaciones de cada sector económico en el PIB de la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica, como la participación de cada sector en el PIB regional.

²⁸ No hay información más actualizada sobre empleo para cada una de las comunas involucradas.



Figura 11. Participación de cada sector económico en el PIB de la cuenca del Lago Villarrica

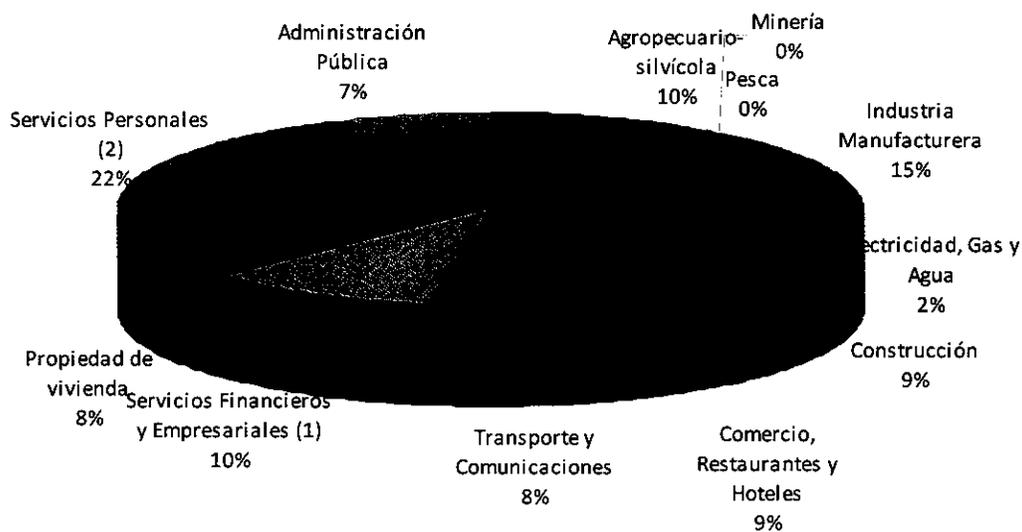
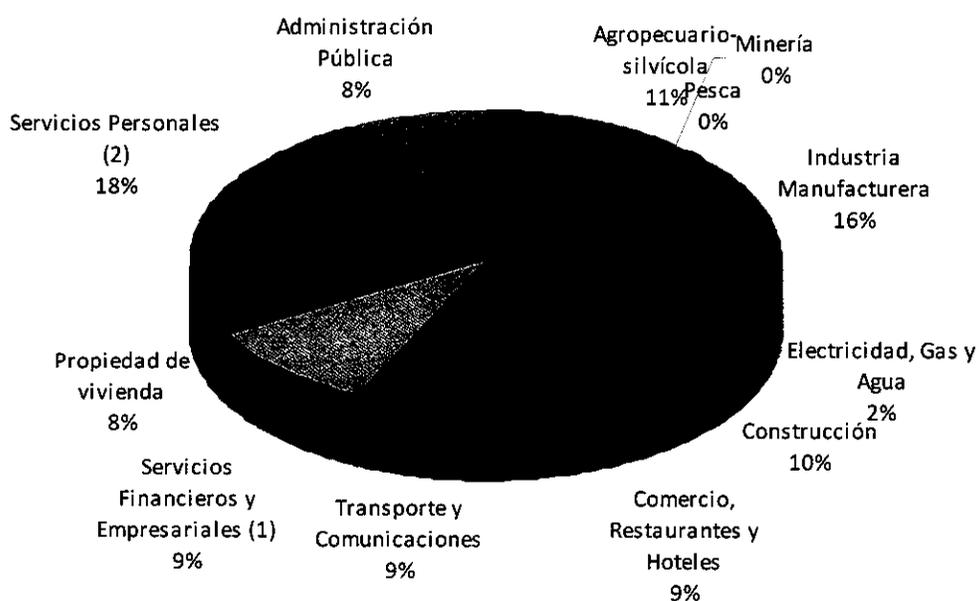


Figura 12. Participación de cada sector Económico en el PIB Regional



Fuente: Elaboración propia en base a información oficial

(1) Incluye servicios financieros, seguros, arriendo de inmuebles y servicios prestados a empresas.

(2) Incluye educación y salud, pública y privada y otros servicios



En las figuras anteriores se aprecia que una importante parte del PIB regional proviene de servicios personales e industria manufacturera seguidos, por el sector agropecuario, silvícola y construcción. Por parte de la cuenca, es posible ver un comportamiento similar en cuando a la distribución del PIB por los sectores económicos. Es importante recalcar que esto es una estimación que debe ser analizada con cuidado, puesto que la información disponible es de 2002 por lo que pueden existir sectores que sean sub o sobre estimados en relación con su participación en el PIB de la cuenca.

Al observar la tasa de crecimiento del PIB de la cuenca del lago Villarrica para el período 2004-2006 (Tabla 18), como una forma de aproximarnos a su evolución y ver alguna tendencia subyacente, es posible notar que lo corto de la serie impide sacar conclusiones robustas, apreciándose algunas inestabilidad (como es el caso de pesca y minería, sectores que además tienen muy baja participación a nivel regional). En general, también es fácil señalar que varios sectores registraron caídas entre el año 2005 y 2006 (lo que, dadas las condiciones globales de la economía doméstica e internacional, nos permite anticipar que se registrarán nuevas caídas cuando las estadísticas oficiales del PIB regional salgan a la luz). Esto ocurre para los sectores de construcción, agropecuario silvícola y comercio, restaurantes y hoteles.²⁹

Tabla 18. Tasa de variación anual del PIB de la cuenca.

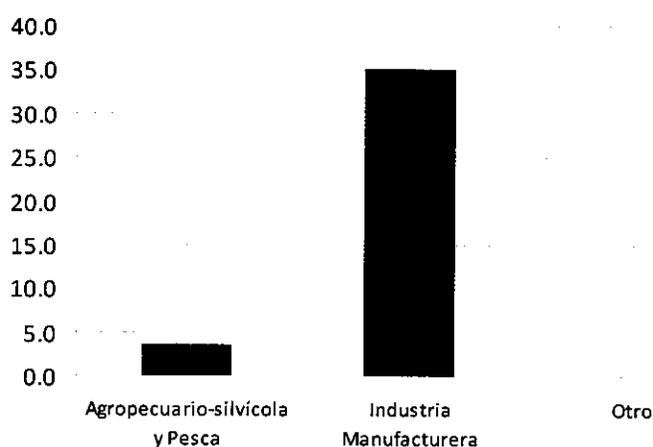
Actividad	2004	2005	2006
Agropecuario-silvícola	7.0%	13.7%	5.3%
Pesca	-80.2%	-8.7%	187.8%
Minería	-4.7%	23.8%	-6.1%
Industria Manufacturera	15.6%	10.6%	12.2%
Electricidad, Gas y Agua	3.0%	7.4%	6.2%
Construcción	1.3%	9.9%	1.3%
Comercio, Restaurantes y Hoteles	11.9%	6.2%	3.9%
Transporte y Comunicaciones	4.2%	3.1%	3.1%
Servicios Financieros y Empresariales	6.3%	8.7%	8.3%
Propiedad de vivienda	2.4%	3.1%	3.1%
Servicios Personales	1.5%	3.2%	0.5%
Administración Pública	2.0%	4.4%	1.4%

Fuente: Elaboración propia en base a información oficial

²⁹ La categoría de comercio, hoteles y restaurantes fue considerada como turismo para la elaboración de los índices.



Figura 13. Exportaciones de la cuenca del Lago Villarrica en 2006
(En millones de dólares corrientes)



Las principales exportaciones de la cuenca corresponden a la Industria manufacturera que concentra el 90% de las exportaciones de la cuenca. El nivel de exportaciones de la cuenca corresponde al 7,9% de la región, donde se repite que la industria manufacturera concentra el mayor porcentaje de exportaciones. Dada la disponibilidad de información se consideró este sector como “industria” acorde con la información de Banco Central para el PIB regional.

Cabe señalar que en informes AGIES anteriores (como el de la región de Aysén) se trabajó este índice también con estadísticas de Inversión extranjera directa (IED), la que no existe en la región de la Araucanía desde el año 2005. Por esta razón sólo se tomaron estas tres variables como medidas del aporte económico de cada sector productivo de la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica.

4.2.4 Espacialización de Resultados

La especialización de los índices se fundamentó en el uso de sistemas de información geográfica (SIG), en este caso ARCGIS 9.3 e Idrisi 15.0, Andes Edition, tecnologías que permitieron observar y tratar una gran cantidad de información a diferentes escalas, además de extrapolar distintos tipos de datos.

En el caso de la especialización de los índices ICA y del IAE, esta tarea se hizo de manera diferente para los sectores económicos cuyas actividades productivas estuviesen relacionadas con fuentes difusas de contaminación (Agricultura, Ganadería), de aquellas cuyos desechos fueran descargados de manera puntual (Industria). Para cuantificar el impacto de las fuentes puntuales de descarga se utilizó la siguiente fórmula que sirvió de guía:



(Número de usos i por tramo / Longitud del tramo)* Índice i

Para fuentes difusas se consideró el área que ocupa el desarrollo de cada actividad y el impacto, se calculó con la siguiente fórmula:

(Índice i * área del uso i por tramo) / Área Cuenca por tramo

Donde “usos i” se refiere a cualquiera de los sectores productivos previamente identificados, y el “índice i” se refiere a los índices ICA o AE.

Para el caso de la espacialización del índice de vulnerabilidad ambiental, el método empleado consistió en la superposición cartográfica de las coberturas que componen el índice, las cuales fueron integradas mediante la herramienta de Combinación Lineal Ponderada (CLP) presente en el software Idrisi 15.0, Andes Edition.



5. RESULTADOS

5.1 Identificación de Actores

5.1.1 Actores Claves

Comité Norma Ambiental Lago Villarrica: Este comité conformado por 16 servicios públicos con competencia ambiental, representa el componente de primer orden en la generación y aplicación de la norma, de ahí su categorización como actor clave.

Los servicios públicos participantes son:

- SEREMI Economía
- SEREMI Bienes Nacionales
- SEREMI Obras Públicas
- SEREMI Salud
- SEREMI Planificación
- Gobernación Marítima de Valdivia
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante
- Dirección Regional de SERNATUR
- Dirección Regional de SERNAPESCA
- Dirección Regional SAG
- Dirección Regional Obras Hidráulicas
- Corporación Nacional de Desarrollo Indígena
- Comisión Nacional de Riego
- Capitanía de Puerto de Villarrica
- Consejo de Monumentos Nacionales
- Superintendencia de Servicios Sanitarios

5.1.2 Actores Primarios

Actividades con presencia de fuentes puntuales de contaminación:

- Aguas Araucanía S.A. (empresa de servicios sanitarios)
- Empresas de piscicultura (comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue)
- Municipalidad de Curarrehue
- Comité de Agua Potable de Curarrehue y otros comités de agua potable rural que pertenecen a los territorios de las comunas consideradas.
- Comunidades campesinas agrícolas (considerar la participación de los encargados de PRODER o PRODESAL)
- Empresas inmobiliarias operando en las comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue



5.1.3 Actores Secundarios

Servicios públicos: se considerarán a los demás servicios públicos con competencia ambiental que no sean parte del comité de la norma y a los que puedan tener algún interés o relación con la calidad de las aguas en la cuenca del lago.

Municipios: si bien estas instituciones no tienen injerencia directa sobre la norma, son de suma importancia como canal de comunicación entre los afectados y los servicios públicos a cargo de la ejecución de la norma.

ONG's del área ambiental: representan a un grupo de personas asociadas, con intereses de forma indirecta sobre la calidad de los cuerpos de agua; y como actores sociales cumplen un rol en cuanto a la generación y divulgación de información ecológica-ambiental.

Centros de investigación y Universidades regionales: aquí se consideran a los grupos científicos que realizan actividades de investigación dentro de la cuenca, y que son afectados indirectamente por la calidad de los cuerpos de agua.

Asociaciones gremiales de productores: corresponde a grupos económicos que su actividad implique fuentes difusas de contaminación.



5.2 Modelo Aplicado de Evaluación-AGIES (MAE-AGIES)

5.2.1 Impacto sobre Calidad de las Aguas (ICA)

Dado que los datos de información de parámetros de calidad del agua se obtuvieron a mediados del 2009, no fue posible coordinar la realización de encuestas y ronda de consultas con los organismos y actores principales, lo que habría permitido estimar el impacto que la norma tendría sobre las actividades económicas que se desarrollan en el área de estudio.

Por tal razón, en este punto se ha optado por presentar los resultados del estudio de Diagnóstico de la Calidad de Las Aguas del Lago Villarrica realizado por la Universidad Austral que contempla la Carga de nutrientes (P y N) por Usos de suelo, Fuentes difusas, Piscicultura y la Planta Pucón.

En forma desagregada, el Informe estimó que la Carga de Nutrientes por subcuencas según usos del suelo son los que se aprecian en la Tabla 19. Para efectos de este análisis, la carga por usos de suelo estimada se entiende equivalente a las actividades silvoagropecuarias, ya que los usos de suelo considerados en el análisis contemplan este tipo de coberturas.

Tabla 19. Cargas de nutrientes según subcuencas y usos del suelo

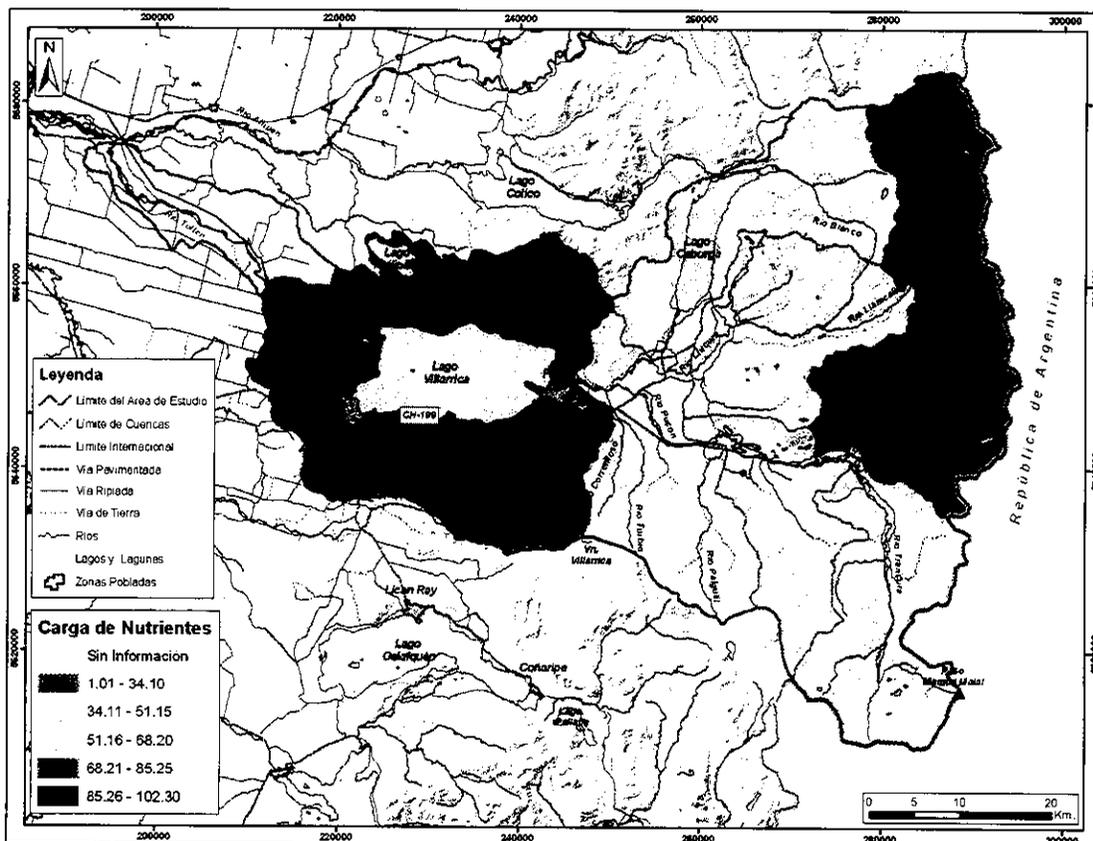
Subcuencas	N-total (ton/año)	P-total (ton/año)	Total Nutrientes por Subcuencas
Maichin	168,53	54,27	222.8
Trancura	101,84	40,60	142.44
Caburga	104,32	39,77	144.09
Liucura	103,86	35,65	139.51
Pangui	37,77	13,14	50.91
Pucón	83,70	32,94	116.64
Palguín	108,94	44,25	153.19
Quelhue	12,89	5,22	18.11
Pucón-El claro	25,13	6,74	31.87
Ribera norte	29,97	7,69	37.66
Volcán Villarrica	15,03	4,76	19.79
Candelaria	20,56	6,46	20.4
Molco	15,44	4,96	31.60
Huincacara	26,49	5,69	32.18
Lago Villarrica	35,78	14,49	20.63
Lago Caburga	104,9	4,25	6.05
TOTAL	900,74	320,88	1156.27

Fuente: Informe de Diagnóstico de la Calidad de las Aguas, Universidad Austral (2009)



En base a la sumatoria de los nutrientes presentados en la tabla anterior, se puede observar que las mayores entradas de nutrientes provinieron de la subcuenca Maichin (N-total = 168,53 ton/año, P-total = 54,27 ton/año) situada en la parte alta de la cuenca del lago Villarrica. Esta situación se puede explicar por la gran superficie de bosques nativos, lo que significa una carga de Ntotal = 40,77 ton/año y P-total = 22,66 ton/año, bosques renovales con N-total = 25,87 ton/año y P-total = 15,53 ton/año y una menor superficie de praderas (N-total = 43,05 ton/año, P-total = 7,63 ton/año). En la figura 14 se observa la carga de contaminantes producidos por los suelos.

Figura 14. Carga de Nutrientes (ton/año) por Subcuencas según actividades agropecuarias (Usos de Suelo)



Fuente: Estudio de Diagnóstico de la Calidad de Las Aguas del Lago Villarrica, desarrollado por la Universidad Austral para CONAMA Araucanía



El Informe desarrollado por la Universidad Austral además estimó un aporte importante de nutrientes por cargas difusas en relación con las edificaciones habitacionales que se encuentran en la franja costera del lago Villarrica, en especial las construcciones de su rivera sur (las descargas del pueblo Curarrehue se consideró ya en las mediciones en el río Trancura).

El total de habitaciones en la franja costera sur del Lago Villarrica se estimó en 620. La permanencia de 3720 personas por un periodo de 60 días en la franja costera genera un aporte estimado de **0,732 Ton de P al año**. A esta cantidad se suman los aportes de 372 personas (10%), cuya permanencia en el lugar es permanente y cuyo aporte alcanza las 0,445 Ton de P. El aporte total de P que llega al lago Villarrica en forma difusa desde la franja costera considerada alcanza un total de **1,177 Ton /año**. (U. Austral 2009)

El N total que generan las personas residentes temporales y permanentes se estima en 20grs día. La permanencia de 3.720 personas por 60 días al año genera un total de 3,571 Ton. El aporte de los residentes permanentes alcanza un total de 2,172 Ton. El aporte total de N que llega al lago Villarrica en forma difusa desde la franja costera considerada alcanza las **6,105 Ton/año**. (U. Austral 2009)

Finalmente, la actividad asociada a la piscicultura y la Planta de Tratamiento de aguas Servidas de la ciudad de Pucón fueron las otras dos fuentes de contaminación consideradas por el estudio. En el primer caso el estudio contempla la existencia de un total de 17 pisciculturas (año 2008), cuya principal producción está dirigida en su mayoría a la obtención de ovas, alevines y smolts de salmónidos. Por su parte las cargas asociadas a la Planta de Tratamientos, contempla el periodo 2006-2007. En la Tabla 20 se puede observar un resumen de las cargas por actividad económica estimadas por la Universidad Austral.

Tabla 20. Estimación de la carga de fósforo total (PT) y nitrógeno total (NT) al Lago Villarrica durante 2008

Actividad	PT (ton/año)	NT (ton/año)
Piscicultura	3,4	115,5
Planta Pucón	4,9	80,8
Suelos	320,9	900,7
Fuentes difusas (Casa de verano)	1,2	6,1
Total	330,4	1103,1

Fuente: Diagnostico de la calidad del las aguas del Lago Villarrica (Universidad Austral 2009)

De la sumatoria de las cargas de nutrientes originadas por las actividades contempladas en el informe de la Universidad Austral, se puede establecer que los mayores aportes de Fósforo Total y Nitrógeno Total a nivel de subcuenca provienen de aquellos territorios (cuencas) de mayor extensión que se ubican en la sección alta de la hoya hidrográfica, donde los uso de suelo corresponde a bosques nativos y bosques renovales. Esta última situación explica que, comparativamente, en las cuencas donde se desarrollan praderas y matorral su aporte no sea tan significativo (cuencas más pequeñas), siendo que estas coberturas son grandes productoras de Nitrógeno y Fósforo.

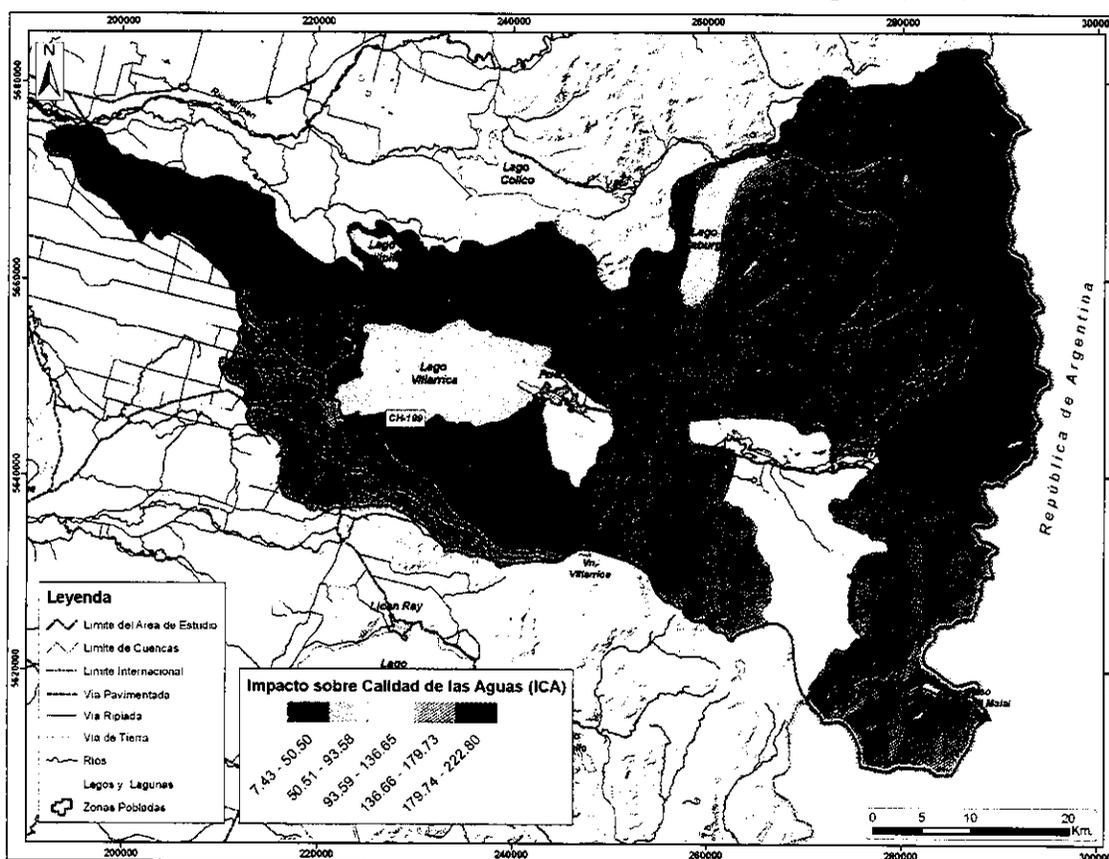


En la figura 15 se puede apreciar que en la subcuenca del Río Maichín es donde se produce el mayor aporte de nutrientes a la cuenca, seguido de una serie de cuencas ubicadas en la zona interior, donde se presenta una alta presencia de bosques.

Por su parte, las subcuencas donde se producen las cargas artificiales difusas que llegan al lago Villarrica de las Casas de verano (rivera sur del Lago), al compararlas en el conjunto de actividades evaluadas, representan aportes menores de nutrientes al lago, situación que se ve reforzada por la ostensible disminución de bosques en tales cuencas producto de las corridas de lava del volcán Villarrica y la mayor acción antrópica en la zona de valle.

En último término cabe hacer notar que las cuencas que encierran la ciudad de Pucón y la localidad de Currarrehue se sitúan en una posición intermedia (color amarillo) debido a la presencia de una planta de tratamiento y las pisciculturas respectivamente.

Figura 15. Impacto sobre la Calidad de Las Aguas (ICA)



Fuente: Applus, 2009



5.2.2 Índice de Vulnerabilidad Ambiental (VA)

El cálculo de este índice supone la identificación de los 4 factores que representan las características edáficas, geográficas y ecológicas de la cuenca, expresados como los factores de erosión, dilución, permeabilidad (suelos) y zonas riparianas. Posteriormente estos cuatro factores se integran en la siguiente fórmula para calcular la vulnerabilidad ambiental:

$$VA = EP \times ZR + FS + FD$$

A continuación se presenta los resultados de los 4 factores que considera la construcción del Índice de vulnerabilidad ambiental:

i) Erosión potencial: Con este factor se estima el transporte superficial de nutrientes que ocurre desde las zonas de montaña hacia los cuerpos de agua. Para evaluarlo, se utiliza la ecuación universal de pérdida de suelo (RUSLE) que permite predecir pérdidas de suelo a largo plazo, estimándose los sectores críticos que pueden ser afectados por este fenómeno de forma espacialmente explícita utilizando datos de relieve, tipo y uso de suelo (Oñate-Valdivieso 2004, Clérici & García Préchech 2001, Raghunath 2002). Los factores erosivos que considera esta ecuación son los siguientes:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \times R$$

A: es la pérdida de suelo promedio anual [t/ha/año].

R: es el factor erosividad por lluvias [MJ/ha*mm/hr]. Se refiere a un factor pluviosidad-escorrentía, que se mide en base a la intensidad de las precipitaciones en la zona de estudio.

K: es el Factor erodabilidad o susceptibilidad del suelo a la pérdida de suelo [t/ha.MJ*ha/mm*hr]. Su valor depende de la textura superficial, la estructura, la permeabilidad y del contenido de materia orgánica del suelo.

LS: es el factor topográfico, representa el flujo acumulado de agua en base a la pendiente y la distancia entre el punto donde inicia el escurrimiento de agua cuando llueve hasta donde se encuentra con un curso definido.

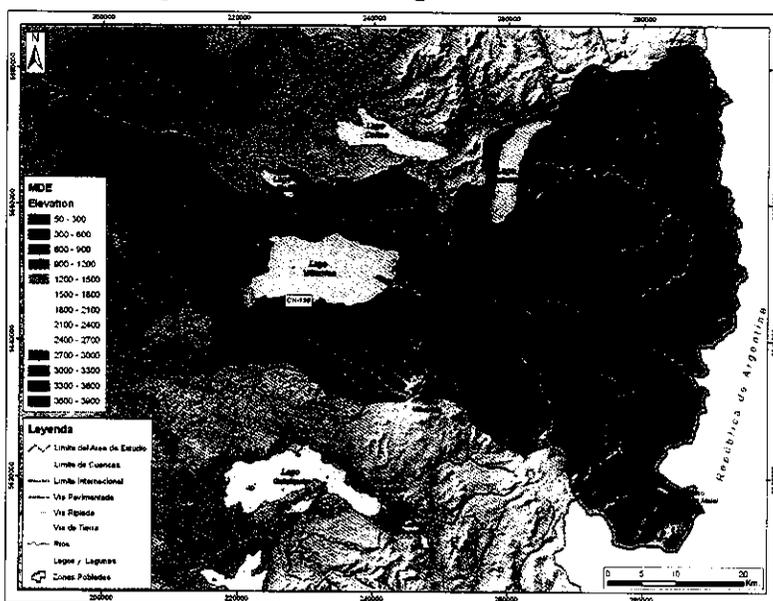
C: es el factor que representa el tipo de uso o cobertura del suelo.

P: es el factor de prácticas de conservación tendientes a disminuir la pérdida de suelo.

Para calcular el **factor LS**, se construyó un modelo digital de elevaciones (DEM, figura 16) a partir de curvas de nivel cada 25 metros, desde el cual se derivó un mapa de pendientes (figura 13).



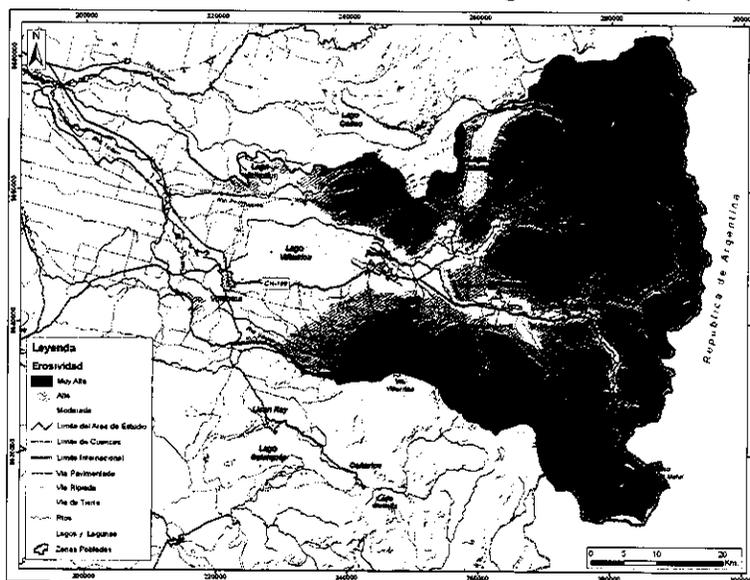
Figura 16. Modelo Digital de Elevaciones



Fuente: Applus, 2009, a partir de cartografía digital DGA, escala 1:50.000

En orden a los requerimientos de la RUSLE, posteriormente se analizan las coberturas de erosividad (figura 17) que permite obtener el factor R y la erodabilidad (figura 18) que posibilita conseguir el factor K, además de la cobertura de suelo para construir el factor C.

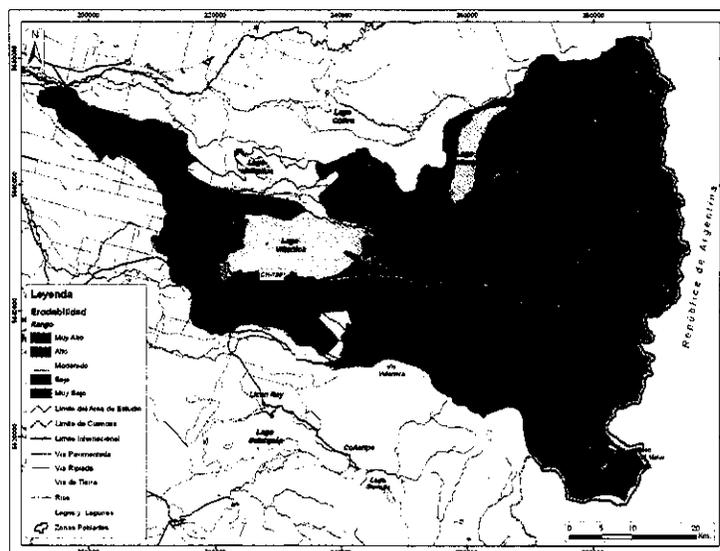
Figura 17 Erosividad de la Cuenca del Lago Villarica (Factor R)



Fuente: Applus, 2009, en base a cobertura del sitio www.sinia.cl



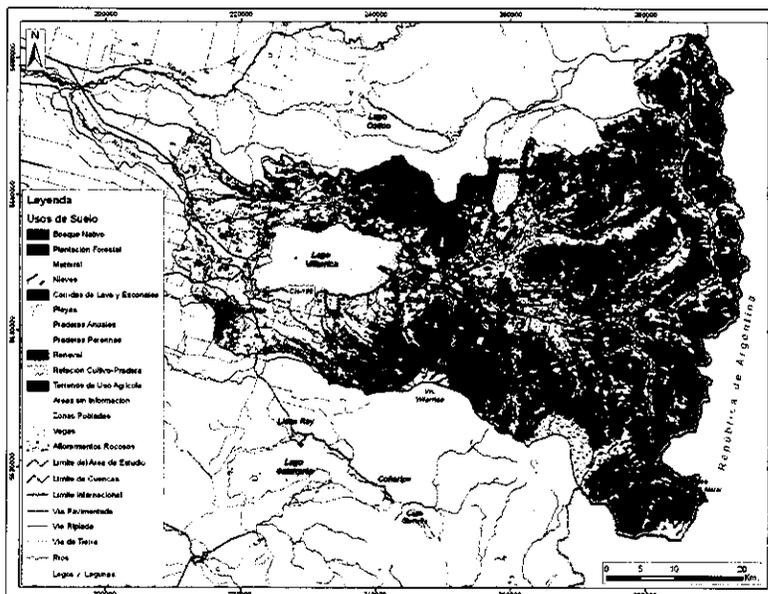
Figura 18. Erodabilidad de la Cuenca del Lago Villarrica (Factor K)



Fuente: Applus, 2009, en base a cobertura del sitio www.sinia.cl

El factor P se asume con valor 1 ya que no se encontró información espacial de zonas con algún tipo de manejo para evitar de erosión. El último factor que corresponde calcular es C, el cual representa el tipo de uso o cobertura del suelo.

Figura 19. Usos de Suelo Cuenca del Lago Villarrica (Factor C)

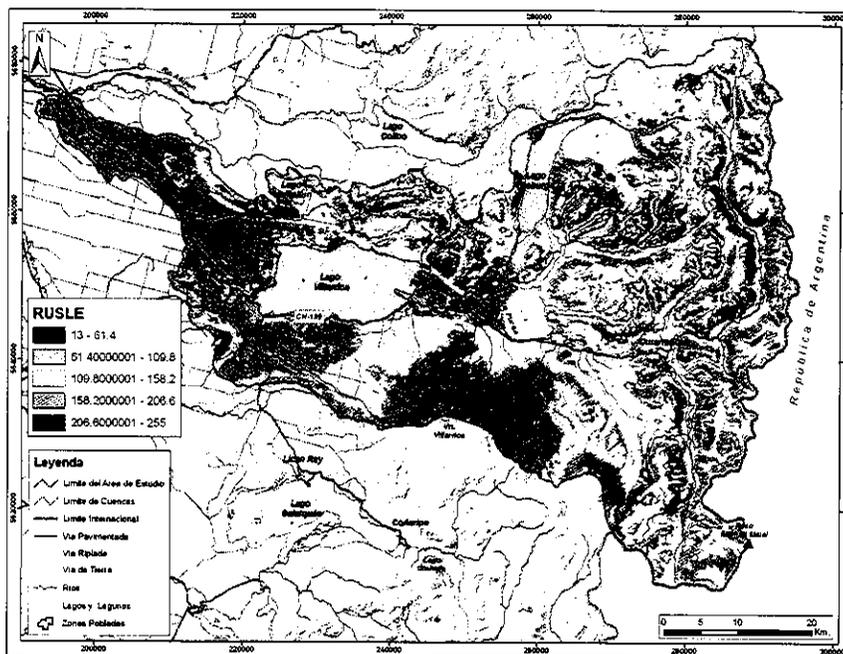


Fuente: Applus, 2009, en base a Catastro de Bosque Nativo CONAF.



Para completar esta fase del índice, se estimó la erosión potencial que presenta la cuenca (Ver Figura 20), presentándose las mayores tasas de erosión en aquellas zonas donde se conjugan elevadas pendientes, una alta erodabilidad y erosividad, y donde existen terrenos que no cuentan con protección frente a la acción de agentes erosivos (zonas sin vegetación por ejemplo).

Figura 20. Erosión Potencial



Fuente: Applus, 2009.

ii) Flujo Subsuperficial: Este factor se relaciona a que muchas de las descargas industriales y desechos de actividades productivas llegan a las aguas de los ríos por percolación de las agua lluvias, las cuales arrastran partículas a las capas sub-superficiales del suelo, escurriendo hasta los ríos.

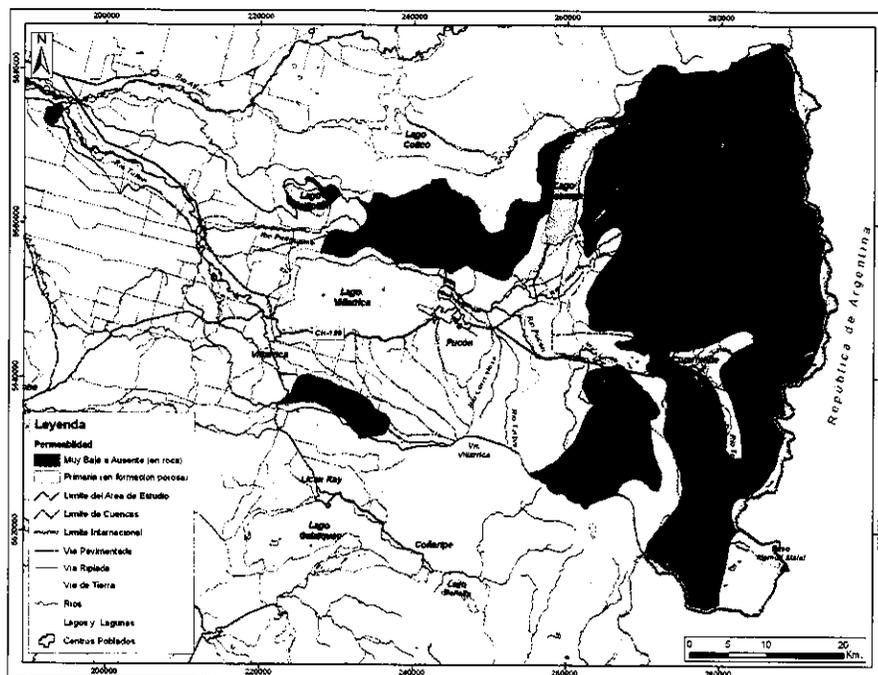
Por tal razón, este factor depende de la permeabilidad del sustrato, lo que se relaciona con las características hidrogeológicas de los suelos que soportan las actividades económicas (Yarrow et al 2008). Según estudios hidrogeológicos de la DGA³⁰, la permeabilidad de los suelos para el área de estudio comprende la categoría muy baja a ausente en roca, y primaria en formación rocosa (Figura 21). Esta cobertura diferencia de forma muy gruesa las

³⁰ Cobertura Ocurrencia de Aguas Subterráneas. Mapoteca DGA WGS84\02_DGA\05_Estudios\Hidrogeologico



características hidrogeológicas de los suelos, pero constituye la única representación del riesgo por contaminación difusa por flujos subsuperficiales disponible.

Figura 21. Permeabilidad de los Suelo Cuenca del Lago Villarica



Fuente: Applus, 2009, en base a cobertura de estudio hidrogeológico, DGA.

iii) Zona Ripariana: Este factor se ha incorporado al modelo debido a que se consideran las zonas riparianas como filtros de la carga de sedimentos que escurren por la cuenca (Yarrow et al 2005). De acuerdo a Naiman (2005), las zonas riparianas tienen la capacidad de inmovilizar los sedimentos arrastrados por la escorrentía superficial, reteniendo una parte importante de los nutrientes y metales que pueden escurrir desde las laderas de la cuenca.

Se ha establecido como zona ripariana una zona buffer de 200m alrededor del Lago (figura 22), área sobre la cual se superpondrán los usos del suelo para estimar diferentes filtros de la carga de sedimentos que escurren por la cuenca de acuerdo a la clasificación de Yarrow (2005) que se aprecia en la Tabla 21

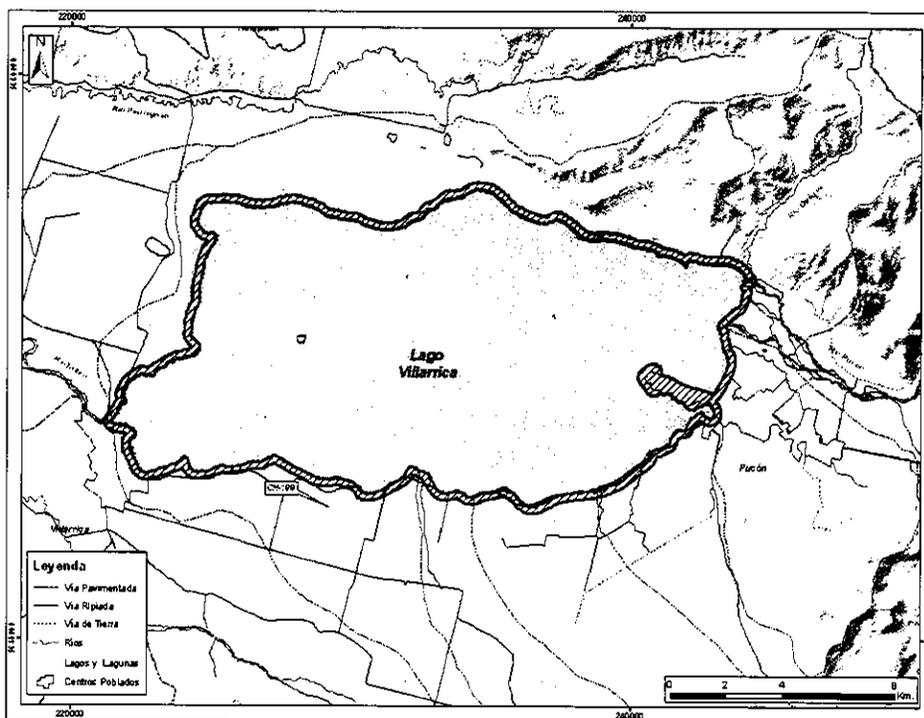


Tabla 21. Coeficiente de Buffer para diferentes coberturas de suelo.

Usos de suelo en la zona ripariana	Coeficiente de Buffer de la zona ripariana
Bosque de protección	0,8
Bosque de producción	0,6
Pradera	0,1
Suelo agrícola	0
Pantano	0,6
Sin vegetación	0

Fuente: (Nalman 2005; Wetzel 2001; Sharpley 2005)

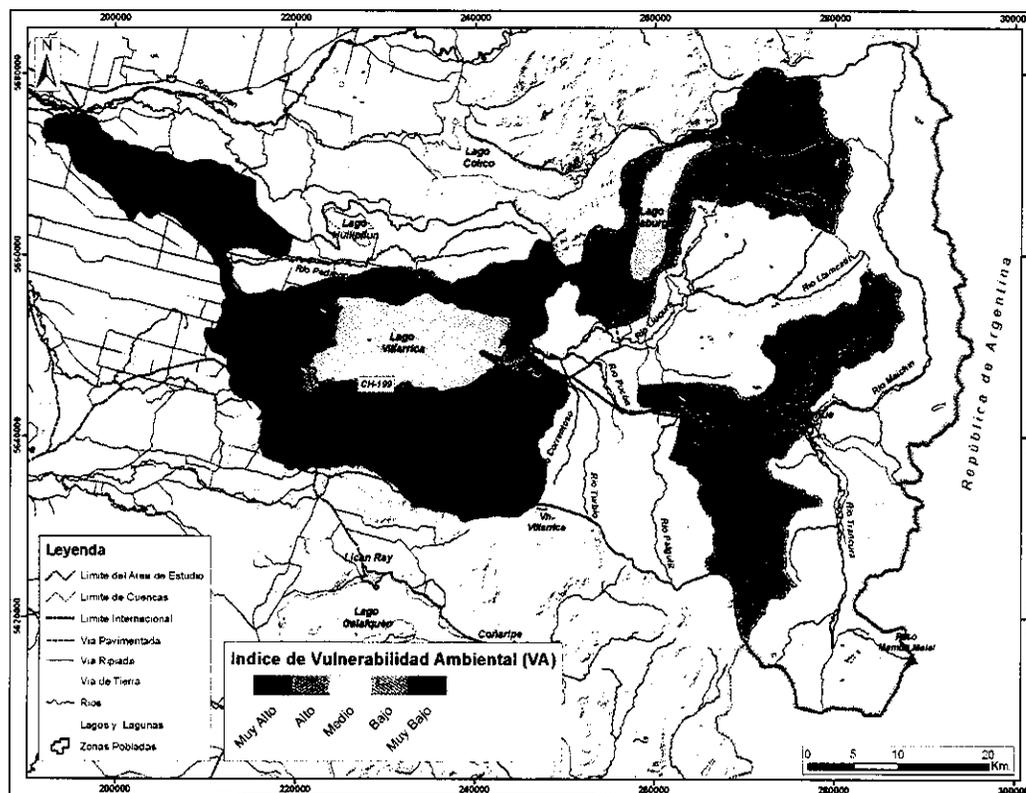
Figura 22. Zona Buffers del Lago Villarrica



Fuente: Applus, 2009, Buffer de 200 metros.



Figura 24. Índice de Vulnerabilidad Ambiental



Fuente: Applus, 2009

5.2.3 Índice de Aporte Económico (IAE)

En esta sección se muestra el aporte económico por tramo, incluyendo todos los sectores económicos analizados. Los resultados para el índice de aporte económico se muestran en la Tabla 22.

La Figura 25 muestra la densidad de uso de cada sector económico, lo cual fue calculado sobre la base de la fórmula para los sectores con fuentes puntuales (usos/km de río) y sobre la base de los usos asociados a fuentes difusas (Ganadería, Turismo, Silvicultura y Agricultura), donde se calculó en [área uso/área subcuenca]. Una vez obtenidas las densidades por sector, estas se multiplicaron por el aporte económico de cada sector (Tabla 22).



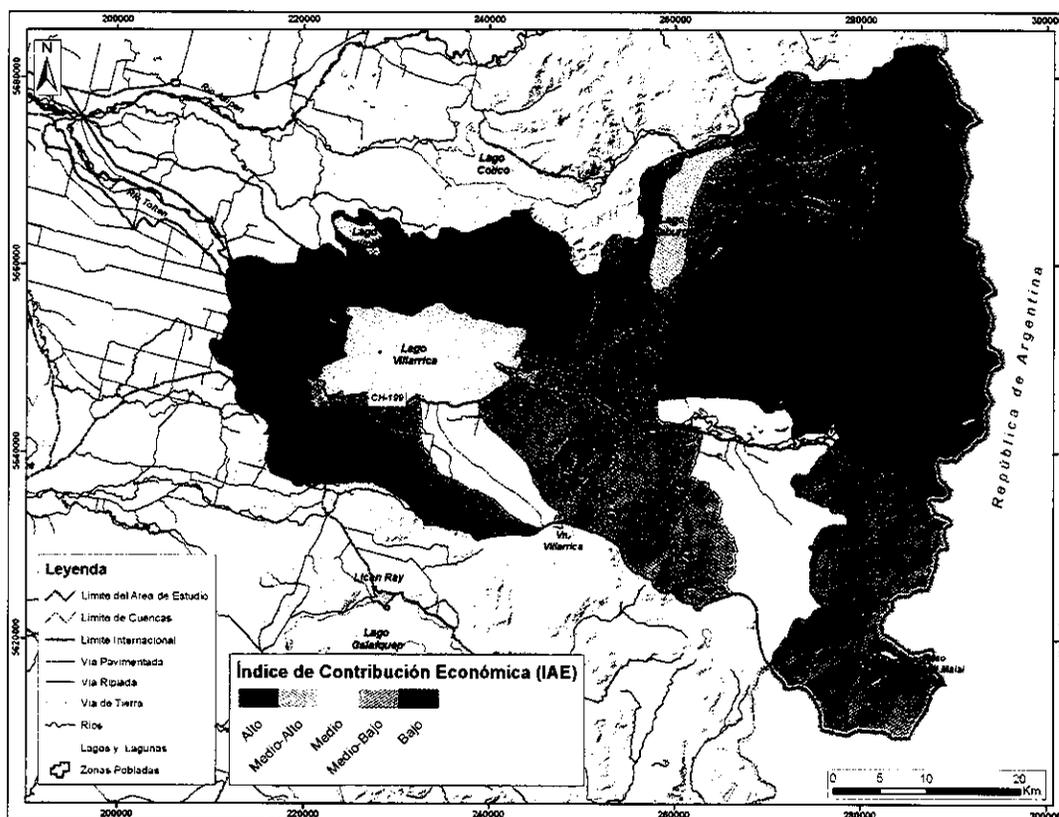
Tabla 22. Índice de contribución económica en la cuenca a nivel regional

Sector Productivo	PIB	Crecimiento PIB	Exportaciones	IAE	Estandarizado
Turismo (1)	0,09	0,07	-	0,16	1,4
Construcción	0,10	0,04	-	0,14	1,1
Agropecuario y silvícola	0,11	0,09	0,09	0,29	2,4
Industria	0,16	0,13	0,91	1,20	10

Fuente: Elaboración propia en base a información de Banco Central e INE Araucanía

(1) Se considera turismo como restaurante, comercio y hoteles que es la clasificación en el PIB

Figura 25. Índice de Contribución Económica



Fuente: Applus, 2009



5.2.4 Índice de Impacto Socio-Económico de la Norma (ISE)

El índice de impacto socio-económico (ISE) se elabora sobre la base de los 3 índices presentados y se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{ISE} = \text{ICA} * \text{VA} + \text{AE}$$

Según los resultados obtenidos, la actividad industrial representada por la piscicultura es el rubro que más aporta a la economía de la cuenca. Le siguen en orden decreciente el sector silvoagropecuario, la actividad turística y el sector construcción.

Teniendo como base las estimaciones realizadas por la Universidad Austral sobre la carga de nutrientes, se tiene que las actividades que llevan aparejadas un mayor impacto ambiental corresponden a los usos de suelo, en particular las praderas, bosques nativos y bosques renovales, todas las cuales aportan altas cantidades de nutrientes a la cuenca. En segundo lugar se sitúa la actividad industrial relacionada con la piscicultura, seguida por la planta de tratamiento de aguas servidas de Pucón. En último término aparece la actividad turística que se desarrolla en la ribera del Lago Villarrica.

En virtud de lo anterior, se estima que para toda la cuenca el impacto de la aplicación de la norma será positivo en mayor o menor grado. La norma brindará enormes beneficios en cuanto a la calidad del agua para actividades como el turismo y la ganadería. Sin embargo, su aplicación puede tener efectos negativos (costo) sobre la actividad industrial asociada a la piscicultura.



6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En función a los resultados obtenidos mediante el método MAE-AGIES es posible afirmar que el desarrollo de este indicador para la norma secundaria de la cuenca del Villarrica identifica que existen poca información disponible para completar el índice. Para hacer un análisis socioeconómico es necesario en primer lugar contar con información actualizada de la situación económica de la zona involucrada.

En el desarrollo del estudio se hace una aproximación a la variable económica a partir de la información disponible de empleo en las comunas asociadas a la cuenca, que es la mejor proxy disponible de los sectores económicos y actividades productivas de la cuenca. Sin embargo el método de escalamiento hacia abajo puede generar una subestimación de la participación de cada sector productivo, teniendo en cuenta además, que la información disponible es del censo 2002 y el crecimiento del sector turístico, por ejemplo, se produjo más adelante.

En base a la información indicador estimado, se puede afirmar que un sector afectado por la norma será el sector industrial. El sector construcción y turismo son los otros sectores con mayor impacto a la aplicación de la norma, no obstante que el sector turismo ha reducido su crecimiento en la cuenca en los últimos años según información oficial disponible.

La tasa de crecimiento del PIB de la cuenca del lago Villarrica para el período 2004-2006, muestra que varios sectores registraron caídas entre el año 2005 y 2006. Esto ocurre para los sectores de construcción, agropecuario silvícola y comercio, restaurantes y hoteles (estos tres últimos corresponden al turismo)

Tabla 23. Tasa de variación anual del PIB de la cuenca.

Actividad	2004	2005	2006
Agropecuario-silvícola	7.0%	13.7%	5.3%
Pesca	-80.2%	-8.7%	187.8%
Minería	-4.7%	23.8%	-6.1%
Industria Manufacturera	15.6%	10.6%	12.2%
Electricidad, Gas y Agua	3.0%	7.4%	6.2%
Construcción	1.3%	9.9%	1.3%
Comercio, Restaurantes y Hoteles	11.9%	6.2%	3.9%
Transporte y Comunicaciones	4.2%	3.1%	3.1%
Servicios Financieros y Empresariales	6.3%	8.7%	8.3%
Propiedad de vivienda	2.4%	3.1%	3.1%
Servicios Personales	1.5%	3.2%	0.5%
Administración Pública	2.0%	4.4%	1.4%



Considerando la información disponible en el informe de la Universidad Austral se destaca que el mayor aporte de nutrientes proviene de la sub cuenca 1 y 2 que corresponden a los sectores de la comuna de Curarrehue y Pucón.

Tabla 24. Aporte de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) al lago Villarrica

Subcuenca mayor	Subcuenca menor	NH4	NO3	N total	P total
		N	N		
1	Maichin	17%	21%	19%	17%
	Trancura	11%	11%	11%	13%
2	Liucura	11%	12%	12%	11%
	Pangui	4%	4%	4%	4%
	Pucón	9%	9%	9%	10%
	Caburga	12%	12%	12%	12%
3	Palguín	12%	12%	12%	14%
	Quelhue	2%	1%	1%	2%
4	ribera norta	3%	4%	3%	2%
	Pucón el claro	2%	3%	3%	2%
5	Volcan villarrica	1%	2%	2%	1%
	Candelaria	2%	2%	2%	2%
	Molco	1%	2%	2%	2%
	Huncara	2%	3%	3%	2%
	Lago Villarrica	8%	2%	4%	5%
	Lago Caburga	2%	0%	1%	1%
	TOTAL		100%	100%	100%
TOTAL		157,98	495,95	900,74	320,88

En relación al uso de suelo asociado, el informe mencionado confirma que las principales fuentes de nitrógeno y fósforo son: praderas, bosques renovables y bosque nativo.

Tabla 25. Sector productivo y aporte de nutrientes

Sector productivo	NH4 N	NO3 N	N total	P total
Agrícola	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Agua	11,1%	2,2%	5,5%	6,1%
Bosque nativo	30,7%	14,8%	20,7%	31,6%
Matorral	7,3%	20,5%	16,1%	3,7%
Nieve	0,7%	0,2%	1,4%	3,7%
Plantaciones	1,4%	0,9%	1,0%	0,9%
Pradera	18,4%	43,5%	34,6%	16,8%
bosques renovables	28,8%	17,4%	18,0%	29,6%
Suelo desnudo	1,4%	0,5%	2,8%	7,5%



En base a esta información, la evaluación de impacto socioeconómico por medio de una metodología de costo beneficio ACB requiere contar con la información necesaria para calcular el costo y beneficio asociado a este uso de suelo en la zonas. Acorde con información obtenida en terreno la zona norte del lago corresponde a parcela y fundos privados los que tienen praderas. Los bosques renovables, ubicados en la zona de Pucón hacia el norte y en Curarrehue.

Se ha distinguido en la literatura que hay una estrecha relación con el aumento de la eutrofización con el aumento de la población humana. Esto explicaría el incremento de la proporción de nutrientes en el lago proveniente de sus afluentes considerando el aumento en la población en la zona en particular durante la temporada estival.

Dentro de las fuentes difusas, cabe destacar las descargas de aguas servidas que son vertidas en forma directa a las aguas del lago o a sus afluentes. En este sentido, se hace indispensable la creación de un sistema de alcantarillado público que considere una planta de tratamiento para las aguas servidas en la subcuenca que encierra localidad de Curarrehue, las que hoy son descargadas directamente, en al menos 6 puntos del río Trancura, principal alimentador del Lago Villarrica. Cabe señalar también, que en la medida que la comuna de Curarrehue sea incorporada a la ruta turística de la zona, se podría agravar esta situación, producto del mayor número de personas que visiten la zona.

Según el censo 2002, la comuna de Curarrehue cuenta con 6784 habitantes, estimándose una proyección en el crecimiento de población que alcanzaría a 10.165 al año 2032, según un escenario tendencial previsto por el estudio del Plan Regulador Comunal de la Comuna (2007). Teniendo en cuenta estos antecedentes demográficos y considerando proyectos de sistemas de tratamiento de aguas servidas (SEIA) en contextos geográfico-ambiental parecido a Curarrehue, se puede establecer, a priori, el costo y el tipo de planta de tratamiento de agua que habitualmente construyen las empresas sanitarias que operan en la zona. (En estricto rigor, esto requeriría de estudios específicos de factibilidad sanitaria, de tramitación de concesiones, entre otras instancias)

Así por ejemplo, para la planta de aguas servidas de la localidad de Carahue ingresada al SEIA, se ha considerando un período de previsión de 10 años, estimándose una población saneada total al año 2015 de 11320 habitantes. Se estableció una alternativa de tratamiento para las descargas de aguas servidas correspondiente a un Tratamiento Primario con Desinfección, el que contempla el tratamiento la estabilización de lodos mediante cal. (Este mismo tipo de tratamiento cuentan las localidades de Curacautín y Collipulli) En cuanto al costo de la planta, Aguas Araucanía S.A. tiene presupuestado un monto de inversión de 1,4277 Millones de Dólares.

En este mismo sentido, cabe destacar la posibilidad de implementar un Tratamiento Secundario para el tratamiento de aguas servidas mediante sistemas biológicos, los cuales ofrecen una serie de ventaja respecto de las plantas químicas. En términos generales, estos procesos consisten en inducir el desarrollo de un cultivo bacteriano aerobio (cultivo en



suspensión), en un depósito aireado y agitado, alimentando por el residuo a purificar. En la localidad de Lonquimay, donde se ha proyectado un período de previsión de 10 años, estimándose una población saneada total al año 2015 de 4.007 habitantes, la implementación de este sistema tiene un coste de 1,2540 Millones de Dólares (Aguas Araucanía S.A.)

Otro sistema alternativo del tipo biológico ha sido impulsado por la Fundación para la Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile. Según esta fundación, el proceso logra reducir los siguientes parámetros: 95% de la DBO, 93% de los Sólidos Suspendidos Volátiles; 96% de los Sólidos Volátiles; 70% del Nitrógeno; 70% del Fósforo; 99,9% de Coliformes fecales. Las principales ventajas de este tipo de Plantas Biológicas son: No genera Lodos, estos son transformados en humus; No utiliza reactivos químicos que dañen el medio ambiente (cloro, ozono); Posee bajos costos de operación e inversión en obras civiles; Produce biomasa y fertilizantes naturales útiles para la agricultura; Permite la reutilización del agua tratada para procesos industriales y/o riego, ya que cumple holgadamente las normas ambientales vigentes para agua de riego.

Por otra parte, se hace necesario evaluar ampliar el área operacional de la empresa sanitaria de la región, a fin que logren dar cobertura total a las zonas de expansión urbana en las ciudades de Pucón y Villarrica. (El costo asociado a esta situación requiere de la elaboración de estudios de factibilidad sanitaria, por lo que resulta muy difícil estimar su costo) Hechos públicos y notorios son: (1) que en la faja que una ambas ciudades, en el borde sur del lago, se ha generado un aumento considerable de la construcción de infraestructura turística y residencial (primera y segunda vivienda), las que mayormente estarían descargando sus aguas servidas en sistemas de alcantarillado particular, que –en la medida que exista una mayor saturación por el aumento de población- afecta, infiltrando las aguas del lago; situación que podría revertirse a partir de un ampliación de esta área y de la infraestructura sanitaria. Lo mismo para dar cobertura a sectores de expansión urbana en la ciudad de Pucón (la planta elevadora que atendería a unas villas poblacionales nuevas no sería suficiente); y (2) Han existido episodios en el período estival de 2008, en que desperfectos en el sistema de alcantarillado que Aguas Araucanía ofrece a la ciudad de Villarrica, afectaron al lago al descargar directamente las aguas servidas en éste.³¹

En última instancia, cabe mencionar los efectos que el cambio climático podría llegar a generar en la zona. Acorde con información obtenida en terreno, el nivel de los afluentes es el más bajo alcanzado a la fecha, lo que indicaría que no ha habido precipitaciones en el nivel y frecuencia que había antes. Para la parte sur de Chile se estima un aumento de la temperatura con la consiguiente caída en el nivel de precipitaciones, lo que implicará en un futuro que disminuya la cantidad de agua que cae en el lago y que por tanto baje su caudal y se concentre mayor nivel de químicos y sedimentación en las aguas del lago, acelerando el proceso de eutrofización de este importante cuerpo de agua.

³¹ <http://grossman077.spaces.live.com/blog/cns!6B0E01EA54CB0A98!684.entry>



7.1 Las Comunidades Locales y los Usos del Agua

Tal como se ha señalado previamente, en el presente documento se ha optado por adoptar un enfoque realista y recomendar el uso de las instancias institucionales vigentes, tales como las normas, los planes de descontaminación y el SEIA, más que optar por recomendar la generación de un comité de gestión de la cuenca basado en la colaboración de sus principales usuarios, puesto que la experiencia práctica muestra que eso es poco realista.

Si bien, puede que la calidad de aguas puede que esté algo rezagada respecto a otros temas debido a la importancia estratégica del agua y a lo complejas que son las relaciones causa - efecto, es importante visualizar una línea de trabajo basada en la cooperación como una importante fuente de soluciones para los problemas prácticos de los habitantes de la cuenca.

Al respecto quizás una estrategia válida sea la de reconocer que existe un problema en torno a la calidad, que es insoluble y que independiente de cuales sean las causas de los problemas particulares, los actores de la cuenca deben unirse para ir generando soluciones prácticas para permitir que los comunidades locales puedan seguir habitando el territorio de la cuenca. Esto es especialmente relevante desde el momento en que se ha llegado a la conclusión que los instrumentos de gestión de la calidad del agua no podrán por si solos lograr una solución práctica a los problemas de todos los habitantes en los plazos que se requiere.

7.2 Planes de Descontaminación

Durante las entrevistas realizadas durante el estudio y producto de la revisión bibliográfica se ha detectado que el caso del río Loa reviste un importante desafío, por cuanto, se trata de un caso de aportes difusos, donde no será fácil modelar el comportamiento de la cuenca de manera de establecer relaciones causa - efecto.

En otras palabras, se trata de una cuenca en la que hay un importante grado de incertidumbre al nivel que podría denominarse como una incertidumbre estructural.

Si a futuro se produce la superación de los parámetros establecidos en la Norma secundaria, se enfrentará un contexto particularmente difícil para diseñar un plan de descontaminación por ésta incertidumbre estructural.

Hay dos momentos en los que es preciso dar cuenta de una incertidumbre estructural en la formulación de un plan de descontaminación que tenga por objeto el control de una contaminación de origen difuso. El primero de ellos es la decisión sobre cual es el valor de



representación de la realidad que se supone a la información disponible sobre el objeto sustantivo del plan, que es la contaminación difusa de aguas superficiales de origen antrópico. En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico de cuan importante es el nivel de incertidumbre sobre las relaciones causa efecto.

La pregunta que hay que responder, y que tiene varias respuestas alternativas, es cuán concluyente puede ser el diagnóstico que se realice sobre el problema de la contaminación de aguas con los datos disponibles. Esto es muy importante, porque de un diagnóstico que concluya por ejemplo, que es muy difícil determinar relaciones causa efecto se derivará una respuesta distinta de la que derivará de otro que concluya que es factible determinarlas.

Es decir, hay que tomar una decisión, sobre el nivel de profundidad y prioridad que se considera se puede dar al plan, dado que los datos y el diagnóstico probablemente no se podrán considerar “estrictamente concluyentes”.

Asimismo, las conclusiones posibles son suposiciones débiles y de carácter esencialmente tentativo. La información de este tipo puede ser útil a menudo como un sistema de vigilancia que permita detectar indicios cuando estos se manifiestan de manera más fuerte y adoptar, en ese momento, medidas destinadas a un reconocimiento más profundo y preciso, que permitan avanzar hacia un diagnóstico más concluyente.

En definitiva, la incertidumbre no debe constituir un impedimento para la acción pública, sino que debe asumirse como parte del problema a gestionar.

La adopción de un modelo cualitativos puede utilizarse como base de conocimiento para la formulación de políticas, lo cual puede permitir gestionar de forma proactiva la incertidumbre inherente al problema y que de otra manera tiende a paralizar el proceso de gestión ambiental cuando se trata hacer basado en una perspectiva analítica determinista.

En las condiciones de incertidumbre en que deberá desarrollarse la política de control de la contaminación de la cuenca del Villarrica, su perfil estará determinado, en definitiva, por la capacidad o voluntad de asumir riesgos, puesto que habrá que asumir costos de medidas de eficacia no exactamente conocida.

Si se considera que con el nivel actual de conocimiento del tema, que el problema de la contaminación del Villarrica es grave y que el riesgo de no adoptar medidas es mayor que el derivado de su adopción, se asumirá un plan de alto perfil, pudiéndose llegar a considerar ésta como de carácter prioritario. Sin embargo, otra estrategia posible, más conservadora,



podría ser la de definir una programa marco que se limitase a dar la cobertura inicial necesaria para el desarrollo de acciones posteriores, las cuales se adoptarían a medida que los escenarios que justifiquen su aplicación se fueran volviendo más ciertos. El riesgo de ésta opción es el de que la certeza sobre la existencia de un problema llegue cuando el daño ya sea difícil, imposible o costoso de revertir.

Los distintos perfiles posibles de las vías de acción pueden ir desde lo más proactivo o lo reactivo, esto es, según prevalezca el criterio de minimizar el riesgo de contaminación hídrica o el de no asumir costos innecesarios o desproporcionados en la aplicación de medidas o estrategias específicas.

Es posible caracterizar los riesgos asociados a la elección de un perfil de política, en particular en la matriz que se presenta a continuación:

Tabla 26. Matriz de riesgos asociados a las alternativas de perfil de actuación

	Problemas Ambientales Graves	Problemas Ambientales Medianamente Graves	Problemas Ambientales Insignificantes
Actuación de alto perfil	Actuación óptima	uso ineficiente recursos	uso altamente ineficiente de recursos
Actuación de perfil intermedio	Perdidas ambientales	Actuación óptima	uso ineficiente recursos
Actuación de bajo perfil	Pérdidas ambientales	Graves pérdidas	Actuación óptima

Fuente: ECONART Consultores

La matriz hace evidentes los riesgos que implica optar por una u otra opción de perfil en el contexto de incertidumbre en que se enmarca la decisión. Tal riesgo oscila entre el riesgo de un alto costo de recursos económicos públicos y privados y el riesgo de pérdidas ambientales.



7.3 Información Necesaria

En el desarrollo de este informe se pudo constatar, al igual que AGIES del Baker realizado por la Universidad de Chile, que la existencia y disponibilidad de información a un nivel apropiado es un componente clave para el desarrollo de cualquier AGIES.

En tal sentido, una evaluación óptima de la norma, independiente del método que se utilice, requiere que la información base (económica, ambiental, física, etc.), se encuentre a escalas que puedan ser homologadas entre las diferentes componentes, lo cual permita realizar análisis a nivel de cuencas hidrográficas.

Sin embargo, durante la recopilación de información de algunas variables, en especial la económica, la ausencia de información a este nivel es evidente, encontrándose normalmente información levantada según las divisiones político-administrativa y en base a las ciudades más pobladas, lo cual va en desmedro de las cuencas conformadas por comunas como las que conforman el área de Influencia del Lago Villarrica.

De acuerdo a lo anterior, y al igual que la Universidad de Chile, se recomienda que el levantamiento de nueva información se realice a nivel de cuenca, o el desarrollo de metodologías de escalamiento o transformación de datos desde las escalas tradicionales de levantamiento de información (región, provincia, comuna) a la escala de cuenca hidrográfica.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Baecheler J. y Perez C. Modelación de calida de aguas del lago Villarica y aproximación al problema hidrodinámico. (<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIIJornadas/A8.pdf>)
- Banco Central. Estadísticas de PIB regional, varios años
- Butkus, S y Villalobos, S. (2004), “Modelación de la respuesta del lago Villarrica ante aportes de fósforo” (<http://www.lagovillarrica.com/dv/Papers/Butkus%20&%20Villalobos%202004.pdf>)
- David W. Litke (1999), Review of Phosphorus Control Measures in the United States and Their Effects on Water Quality.
- De Groot, R.S., V. Tassone (2006), « Valuing and managing watershed services». Chapter 2 In: Smith, M., de Groot, D., and Bergkamp, G.. PAY - Establishing payments for watershed services. IUCN, Gland, Switzerland (available at www.iucn.org)
- Delgado LE y Marín VH (2005). FES-sistemas: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile. Ambiente y Desarrollo de CIPMA (Chile) 21: 18-22.
- Gómez-Baggethen, E. & R. de Groot (2007), “Capital natural y funciones de los ecosistemas: Explorando las bases ecológicas de la economía”, En Ecosistemas 16(3):4-14, septiembre (www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=496)
- INE Araucanía. Estadísticas sobre exportaciones y empleo, varios años
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN (2006). Smith, M., de Groot, D., Perrot-Maitre, D and Bergkamp Ed. (<http://www.iucn.org/themes/wani/documents/pay.pdf>)
- Oyarzún, Carlos, Laura Nahuelhual y Daisy Núñez. “Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: Producción de agua y su valorización económica”. En REVISTA AMBIENTE Y DESARROLLO de CIPMA. Revista Ambiente y Desarrollo 20(3) - 21(1) : 88-95, Santiago de Chile, 2004-2005.
- Santibáñez, F. y Uribe, J. M. (1993), Atlas Agroclimático de Chile: Regiones sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. MinisteRío de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago. Chile. pp. 99.
- Salas H, y Martino P. (1996) Marco conceptual de eutrofización presentado en Curso de Eutrofización en lagos cálidos tropicales.
- SERNATUR. Estadísticas de alojamiento turístico según comuna, varios años.
- Yarrow, M, A. Tironi, A. Ramírez and Victor H. Marín (2008), “An Applied Assessment Model to Evaluate the Socioeconomic Impact of Water Quality Regulations in Chile”. Water Resources Management, Volume 22, Number 11 / noviembre de 2008. Springer Netherlands. 1531-1543.



ANEXOS



ANEXO 1

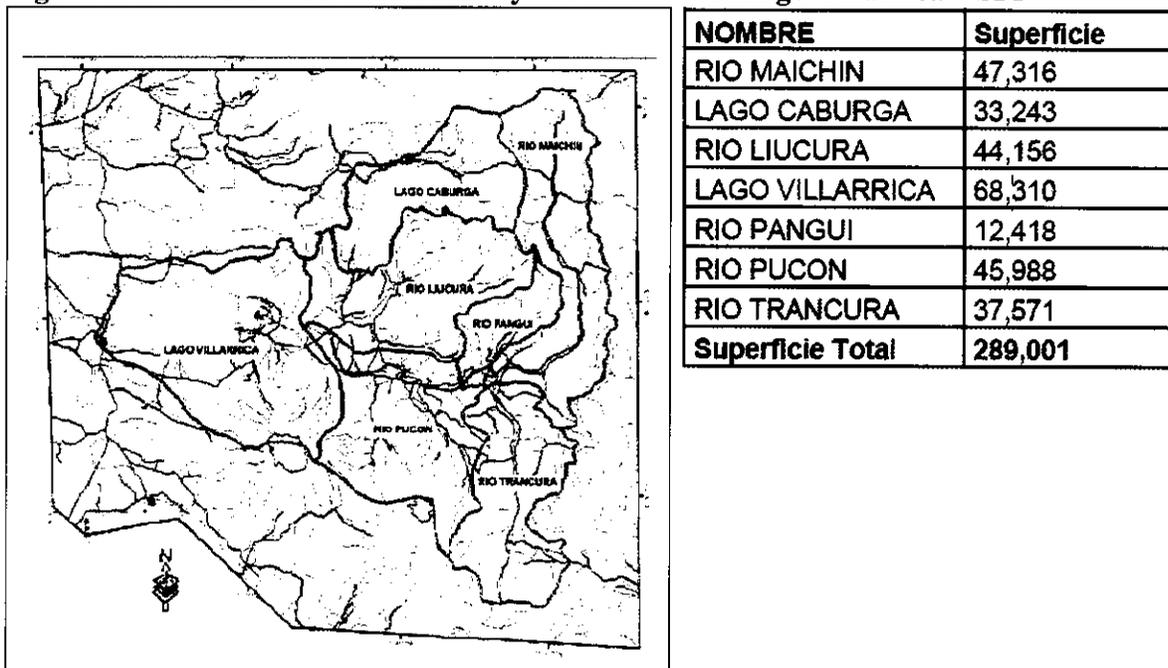


9. ANEXOS

9.1 Anexo 1. Definición de la cuenca del Lago Villarrica

Una primera aproximación para definir la cuenca del Lago Villarrica se basó en el trabajo realizado por la Secretaría de Planificación de la Región de la Araucanía (SERPLAC IX Región), en el marco de la construcción de su sistema de información geográfico SIG. En esta instancia, la cuenca del lago Villarrica la conformaban siete subcuencas que abarcaban una superficie total de más de 289 km², según se aprecia en la figura 1.

Figura 1. Determinación de la cuenca y subcuencas del Lago Villarrica – SIG



Fuente: SERPLAC IX Región.

No obstante esta definición preliminar de la cuenca del Lago, en un reciente estudio de la Universidad Austral de Chile³² se rediseñó su extensión a partir de un modelo de elevación digital (DEM) producido mediante curvas de nivel y cotas de altitud.

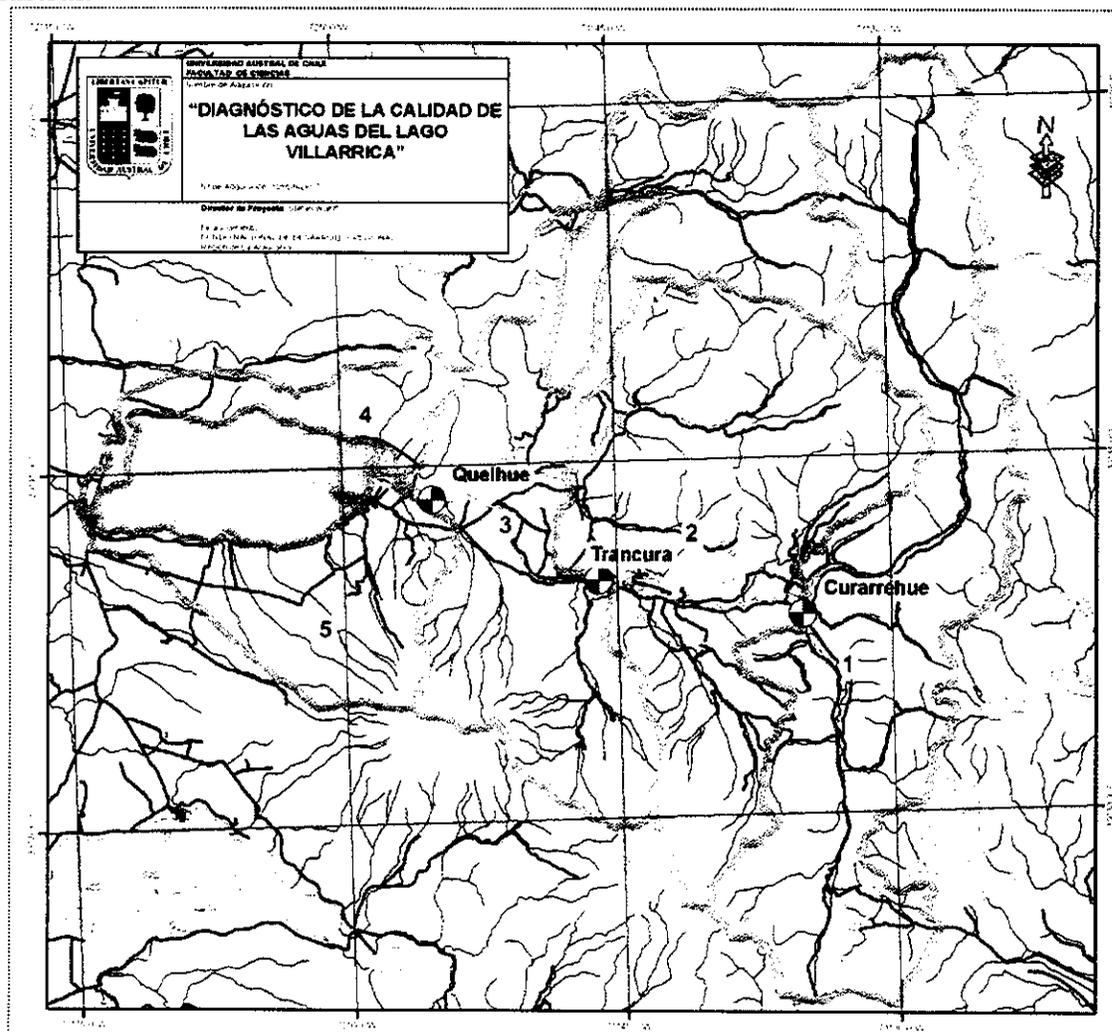
De este proceso se obtuvo que la cuenca hidrográfica del Lago Villarrica posee una superficie total de 293.138,4 ha, con un total de 16 zonas que se han organizado en 5 subcuencas mayores, 14 subcuencas menores y dos lagos: el Villarrica y el Caburga. Esta situación se

³² Universidad Austral de Chile (2008), "Diagnóstico de las Calidad de Las Aguas del Lago Villarrica: Tercer Informe Parcial".



encuentra representada en la figura 2 y en la tabla 1, donde se exponen los detalles de las superficies para cada subcuencas mayores y menores.

Figura 2. Determinación de cuencas y subcuencas del Lago Villarrica – Universidad Austral.



Fuente: Universidad Austral de Chile (2009).



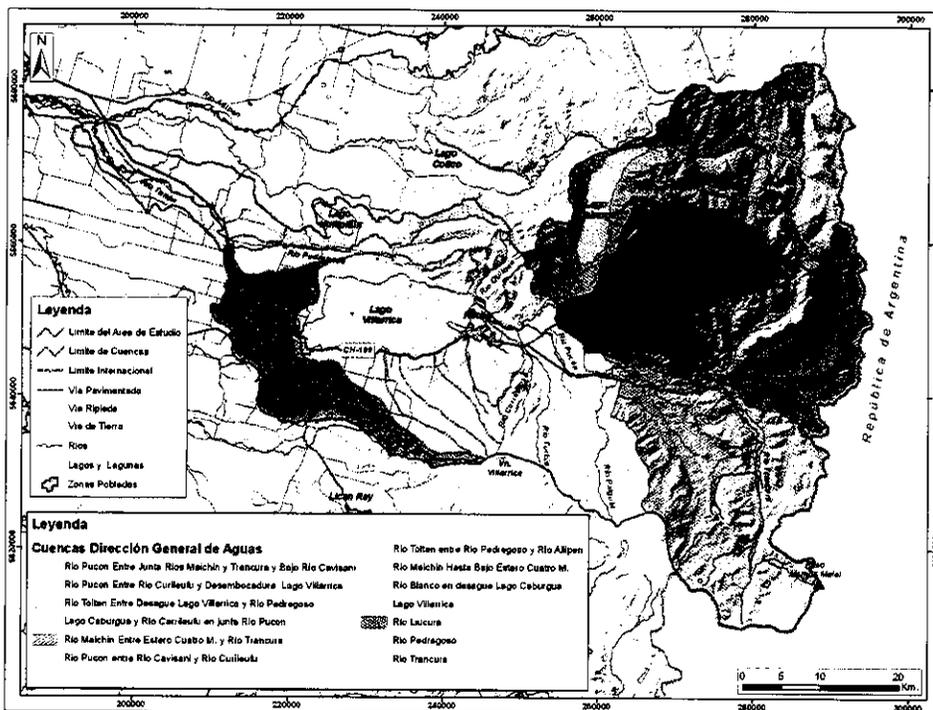
Tabla 1. Cuenca hidrográfica del Lago Villarrica, según superficie de subcuencas mayores y menores, Universidad Austral de Chile.

Subcuenca Mayor	Subcuenca Menor	Nombre	Superficie (ha)
1	2	Trancura	85.119,39
	1	Maichin	
2	6	Pucón 1	73.568,4
	5	Panguin	
	4	Liucura	
3	3	Caburga	73.564,96
	7	Palguin - Menetue	
4	8	Quelhue	12.493,28
	10	Ribera norte Lago Villarrica	
5	14	Huincacara	25.830,68
	9	Pucón – El Claro	
	11	Volcán Villarrica	
	12	Candelaria – Los Chilcos	
	13	Molco	

Fuente: Universidad Austral de Chile (2009).

Otra referencia empleada en la definición de las cuencas hidrográficas del Lago Villarrica ha sido la proveniente de la Dirección General de Aguas, fuente en la cual se diferenciaron las cuencas que muestra la figura 3 y la Tabla 2.

Figura 3. Cuencas según la Dirección General de Aguas.



Fuente: Dirección General de Aguas



Tabla 2. Cuenca hidrográfica del Lago Villarrica, según superficie. Dirección General de Aguas

Cuenca	Sub-Cuenca	Sub-subcuencas	Código DGA	Área (Km ²)
Toltén (Código DGA: 094)	Lago Pucón (Código DGA: 0941)	Río Maichin Hasta Bajo Estero Cuatro M.	09410	251,92
		Río Blanco en desague Lago Caburgua	09415	183,41
		Lago Caburgua y Río Carrileufu en junta Río Pucon	09417	194,85
		Río Liucura	09416	363,83
		Río Maichin Entre Estero Cuatro M. y Río Trancura	09411	237,44
		Río Pucon Entre Junta Ríos Maichin y Trancura y Bajo Río Cavisani	09413	374,05
		Río Pucón Entre Río Curileufu y Desembocadura Lago Villarrica	09418	174,93
		Río Pucon entre Río Cavisani y Río Curileufu	09414	240,87
		Río Trancura	09412	360,79
	Lago Villarrica y Toltén Alto (Código DGA: 0942)	Río Toltén entre Río Pedregoso y Río Allipen	09423	176,91
		Río Pedregoso	09422	191,17
		Río Toltén Entre Desagüe Lago Villarrica y Río Pedregoso	09421	269,62
		Lago Villarrica	09420	497,33
	Superficie Total 3517,12			

Sobre la base de antecedentes expuestos (SERPLAC IX Región, Universidad Austral de Chile y DGA) y la consideración realizada por la contraparte técnica (DGA) relativa a incorporar parte de tramo superior del río Toltén hasta la confluencia con el río Allipén, en el entendido que la aplicación de la norma afectaría positivamente las actividades dentro de esta subcuenca, fue posible definir la cuenca del Lago Villarrica presentada en el informe en la figura 3. En este proceso también se acordó incluir el Lago Caburga cuya cuenca es un subsistema del Lago Villarrica, influyendo por ende en la implementación de la NSCA



ANEXO 2



9.2 Anexo 2. Funciones y Servicios ambientales de las Cuencas Hidrográficas

A. FUNCIONES, BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Funciones	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplos de bienes y servicios ecosistémicos
Funciones de Regulación		
1. Regulación atmosférica	Mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (equilibrio CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc.)	Protección del ozono frente a los rayos UVA y prevención de enfermedades Mantenimiento de la calidad del aire Influencia en el clima
2. Regulación climática	Influencia sobre el clima ejercida por cobertura de suelo y procesos biológicos (ej.: producción de dimetilsulfato)	Mantenimiento de un clima adecuado (temperatura, precipitaciones) para la salud, agricultura, etc.
3. Amortiguación de perturbaciones	Influencias de las estructuras ecológicas en la amortiguación de perturbaciones naturales	Protección frente a tormentas (Ej. arrecifes de coral) o inundaciones (Ej. bosques y marismas)
4. Regulación hídrica	Papel de la cobertura del suelo en la regulación de la escorrentía mediante las cuencas de drenaje	Drenaje e irrigación natural
5. Disponibilidad hídrica	Percolación, filtrado y retención de agua dulce (Ej. acuíferos)	Disponibilidad de agua para usos consuntivos (bebida, riesgo, industria)
6. Sujeción del suelo	Papel de las raíces de la vegetación y fauna edáfica en la retención del suelo	Mantenimiento de zonas roturadas Prevención de la erosión Control de balance sedimentario
7. Formación del suelo	Meteorización de la roca madre y acumulación de materia orgánica	Mantenimiento de la productividad de los cultivos



		Mantenimiento de la productividad natural de los suelos
8. Regulación de nutrientes	Papel de la biodiversidad en el almacenamiento y reciclado de nutrientes (Ej. N, P y S)	Mantenimiento de la salud del suelo y de los ecosistemas productivo

Funciones	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplos de bienes y servicios ecosistémicos
9. Procesado de residuos	Papel de la vegetación y la fauna en la eliminación y procesado de nutrientes y contaminantes orgánicos	Detoxificación y control de contaminación Filtrado de aerosoles (calidad del aire) Atenuación contaminación acústica
10. Polinización	Papel de la fauna en la dispersión de los gametos florales	Polinización de especies silvestres Polinización de cultivos y plantaciones
11. Control biológico	Control de poblaciones mediante relaciones tróficas dinámicas	Control de plagas, plagas y enfermedades Reducción de la herbivoría (control de daños a cultivos)
12. Función de refugio	Provisión de espacios habitables a la fauna y flora silvestre	Mantenimiento de la biodiversidad (y por tanto de la base de la mayor parte de las funciones restantes) Mantenimiento de especies de explotación comercial
13. Criadero	Hábitats adecuados para la reproducción	
14. Comida	Conversión de energía solar en animales y plantas comestibles	Caza, recolección, pesca Acuicultura y agricultura de subsistencia y pequeña escala



15. Materias primas	Conversión de energía solar en biomasa para construcción y otros usos	Material para construcción y manufactura Combustible y energía Fertilizantes naturales
16. Recursos genéticos	Material genético y evolución en animales y plantas silvestres	Mejora de los cultivos frente a pestes y agentes patógenos Otras aplicaciones (Ej. salud)
17. Recursos medicinales	Sustancias biogeoquímicas	Medicinas y otras drogas Modelo y herramientas químicas
18. Elementos decorativos	Especies y ecosistemas con usos decorativos potenciales	Materias para artesanía, joyería, adoración, decoración, pieles, etc.
19. Información estética	Oportunidades para el desarrollo cognitivo, características estéticas e los paisajes	Disfrute paisajístico
20. Función recreativa	Variedad de paisajes con uso recreativo potencial	Ecoturismo

Funciones	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplos de bienes y servicios ecosistémicos
21. Procesado de residuos	Variedad de característica naturales con valor artístico	Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros, folclore, arquitectura
22. Polinización	Variedad de característica naturales con valor espiritual e histórico	Uso de la naturaleza con fines históricos o culturales (herencia cultural y memoria acumulada en los ecosistemas)
23. Control biológico	Variedad de característica naturales con valor científico y educativo	Naturaleza como lugar para la educación ambiental



		Usos con otros fines educativos
Funciones de Sustrato		
24. Vivienda	Provisión de sustrato adecuado para el desarrollo de actividades e infraestructura humana Dependiendo del uso específico del suelo, se requerirán distintas cualidades ambientales (por ejemplo, estabilidad del suelo, fertilidad, clima, etc.)	Espacio para vivir, ya sea en pequeños asentamientos o en ciudades
25. Agricultura		Comida y materias primas provenientes de cultivos agrícolas y acuícolas
26. Conversión energética		Energías renovables como la eólica, solar o hidráulica
27. Minería		Minerales, petróleo, metales preciosos
28. Vertedero		Vertedero de residuos sólidos
29. Transporte		Transporte por agua y tierra
30. Facilidades turísticas		Actividades turísticas (turismos de playa, deporte al aire libre, etc.)

Fuente: E. Gómez-Baggethun, R. de Groot (2007).



**B. FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRINCIPALES
RELACIONADOS
CON UNA CUENCA HIDROGRÁFICA TÍPICA**



Fuente: Mark Smith *et al* (2006)

Donde:

1. Bosque, control de sedimentación para irrigación
2. Servicios de recreación y prácticas deportivas: nadar, pescar, acampar. Almacenamiento de agua
3. Estación hidroeléctrica

11. Regulación de la cuenca
12. Refugio de vida silvestre
13. Canal a bajo nivel para irrigación



-
- | | |
|--|--|
| 4. Abastecimiento municipal de agua | 14. Irrigación por gravedad |
| 5. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad e industriales | 15. Surcos de contorno |
| 6. Bomba para uniformar el embalse para irrigación | 16. Irrigación por aspersión |
| 7. Presa y lago de desviación | 17. Planta de tratamiento de agua para la comunidad |
| 8. Canal a alto nivel para irrigación | 18. Navegación: serie de barcazas, esclusas |
| 9. Diques de control de inundaciones | 19. Embalse para regular esclusas |
| 10. Control de erosión: presas para corrientes, terrazas y restauración de humedales | 20. Estanque para cultivo con piscicultura de contorno |

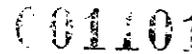


ANEXO 3



9.3 Anexo 3. Proyectos Ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Nombre	Tipo	Titular	Inversión (mmu\$)	Fecha presentación	Estado
COMUNA DE CURARREHUE					
Declaración de Impacto Ambiental Plan regulador de Curarrehue PRC Curarrehue (e-seia)	DIA	Ilustre Municipalidad de Curarrehue	0.0000	7-Dic-2007	Aprobado
Piscicultura Reproductores Curarrehue, IX Región (e-seia)	DIA	Pesquera Los Fiordos Limitada.	4.6000	31-Jul-2006	Aprobado
Modificación Piscicultura Curarrehue, IX Región Piscicultura Curarrehue (e-seia)	DIA	Pesquera Los Fiordos Limitada.	3.0000	1-Feb-2006	Aprobado
Piscicultura Curarrehue (e-seia)	DIA	Jorge Camilo Quezada Hormann	1.5000	21-Ene-2005	Aprobado
investigación, desarrollo e innovación, para el cultivo industrial del arctic charr (salvelinus alpinus), en piscicultura catripulli, proyecto fondof d06 i 1028 investigación, desarrollo e innovación, para el cultivo	DIA	QUETRO S.A.	1.3000	29-Oct-2008	Aprobado
Piscicultura Catripulli (e-seia)	DIA	Thomas Michael Poulos Ganly	0.4723	15-Feb-2006	Aprobado
Proyecto Piscicultura Carén	DIA	River Salmon S.A.	0.0000	6-Nov-2001	Aprobado
Complejo Fronterizo Puesco	EIA	Gobierno Regional IX Región de la Araucanía	1,460	27-06-2000	Aprobado
Conservación Ruta 199-CH, Sector Puesco - Paso Mamuil-Malal, KM 144.800 al KM 153.800. Región de la Araucanía	DIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	44,831	16-12-2008	Aprobado
COMUNA DE PUCON					
Proyecto Turístico "Health Farm Pucón" (e-seia)	DIA	BELCOUTE S.A.	20.0000	3-Jun-2009	En Calificación
Construcción Camino Variante Internacional, Ruta 199CH, Comuna de Pucón, IX Región de la Araucanía (e-seia)	DIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	1.7394	28-Jul-2008	Aprobado
Edificio Costa Pucón (e-seia)	DIA	Inmobiliaria Costa Pucón Ltda.	1.5300	7-Dic-2005	Aprobado
Subestación de Poder 66/23 KV Pucón (Modificación Línea de Transmisión 66 K/V, Tramo Volcán) (e-seia)	DIA	CGE Transmisión S.A.	0.9750	3-May-2005	Aprobado





Nombre	Tipo	Titular	Inversión (mmu\$)	Fecha presentación	Estado
Parque Cementerio Pucón (e-seia)	DIA	Alexandra Marie Boza Carbonell	1.0000	10-Ago-2004	Aprobado
ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL VILLARRICA PUCÓN (e-seia)	DIA	Ministerio de Vivienda U Urbanismo Ix Region	0.0000	5-Ago-2004	Aprobado
SUBESTACIÓN DE PODER 66/23 kV PUCÓN (e-seia)	DIA	CGE Transmisión S.A.	1.4844	4-Nov-2003	Aprobado
Plan Regulador Intercomunal Villarrica - Pucón	DIA	Ministerio de Vivienda U Urbanismo Ix Region	0.0000	16-Jul-2002	Aprobado
Club de Golf Los Alamos Pucón	EIA	Agrícola Forestal El Rocío Ltda.	140.3700	3-Ene-2001	Aprobado
Estación de Servicios El Claro Pucón	DIA	Elba Torres Saavedra	0.3800	3-Nov-1998	Aprobado
Construcción Planta de Tratamiento y Disposición de Aguas Servidas de Pucón	DIA	Empresa de Servicios Sanitarios de la Araucanía, ESSAR S.A.	5.9700	22-May-1998	Aprobado
Tratamiento de las Aguas Servidas de la Ciudad de Pucón	EIA	Empresa de Servicios Sanitarios de la Araucanía, ESSAR S.A.	2.0000	23-Feb-1996	Aprobado
PISCICULTURA PALGUÍN (e-seia)	DIA	SOCIEDAD AGRICOLA TERRATUR LTDA	0.4500	7-Dic-2007	En Calificación
Regularización Piscicultura La Cascada (e-seia)	DIA	Ignacio José Ochagavía Fuentes	2.0000	5-Dic-2007	Aprobado
Condominio Ecológico Quellhue	DIA	Inversiones Pucón Ltda.	0,270	16-06-1998	Aprobado
Condominio Trancura	DIA	Inmobiliaria Cerro Chico	0,530	02-01-1998	Aprobado
Jardín del Claro Etapa 7° 8° y 9°	DIA	Inmobiliaria Ainoha Ltda.	1,720	24-11-2000	Aprobado
Loteo Jardines del Claro II	DIA	Constructora Bayona S.A.	0,430	17-06-1999	Aprobado
Loteo Parque Residencial Río Quellhue	DIA	Agrícola Raileo S.A.	0,180	19-03-1999	Aprobado
Resort y Cabañas La Dolce vita	DIA	Constructora e Inversiones ELPA Ltda	0,480	21-11-2002	Aprobado
Ampliación Piscicultura Los Chilcos con Recirculación de Agua (e-seia)	DIA	Sociedad Fundo La Cascada Cía. Ltda.	2.5000	18-Ene-2005	Aprobado
Modificación Declaración de Impacto ambiental de la resolución exenta	DIA	Victor Hugo Arcaya Abarzúa	0,100	20-08-2007	En



Nombre	Tipo	Titular	Inversión (mmu\$)	Fecha presentación	Estado
0107, Modificación Piscicultura Víctor Hugo Arcaya (e-seia)					Calificación
Piscicultura El Turbio	DIA	Sin Informacion	0.0000	5-Mar-2002	Aprobado
Piscicultura Víctor Hugo Arcaya (e-seia)	DIA	Victor Hugo Arcaya Abarzua	0,142	27-06-2003	Aprobado
Instalación Domiciliaria de Alcantarillado Particular Condominio Amulafquen	DIA	inmobiliaria Lomas de San Andrés Ltda.	0,330	02-12-1997	Aprobado
MARINA DEPORTIVA AGRÍCOLA QUELHUE S.A (e-seia)	DIA	Cristian Barahona Flores	0,220	06-12-2005	Aprobado
Parque Santuario La Poza (e-seia)	DIA	Ilustre Municipalidad de Pucón	0,250	08-02-2007	Aprobado
Piscicultura Caburgua II Aquachile S.A.	DIA	AQUACHILE S.A.	0.3300	29-Jun-2000	Aprobado
Piscicultura Carileufú	DIA	Enrique Castillo Colihueque	0,020	04-02-2008	Aprobado
COMUNA DE VILLARRICA					
MEJORAMIENTO RUTA S - 69, SECTOR PEDREGOSO - VILLARRICA (e-seia)	DIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	7.0165	24-Sep-2007	Aprobado
Construcción Parque Urbano Ribera Lago Villarrica, Comuna de Villarrica (e-seia)	DIA	Municipalidad de Villarrica	4.6856	22-Jun-2007	Aprobado
Modificación PRC Villarrica (e-seia)	DIA	Municipalidad de Villarrica	0.0000	22-May-2007	Aprobado
“Construcción Puente Rodrigo de Bastidas, Comuna de Villarrica” (e-seia)	DIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	4.0600	1-Jun-2006	Aprobado
Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Localidad Villarrica	EIA	Aguas Araucanía S.A	3.3900	18-May-2006	Aprobado
“CONSTRUCCIÓN AVENIDA COSTANERA DE VILLARRICA, COMUNA DE VILLARRICA - IX REGIÓN” (e-seia)	DIA	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	3.8700	16-May-2006	Aprobado
Proyecto Parque Villarrica (e-seia)	DIA	Sociedad Agrícola Los Canales	6.0000	1-Jul-2005	Aprobado
ACTUALIZACION PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL VILLARRICA PUCON (e-seia)	DIA	MINISTERIO DE VIVIENDA U URBANISMO IX REGION	0.0000	5-Ago-2004	Aprobado
Sistema de Tratamiento de las Aguas Servidas de Villarrica (e-seia)	DIA	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE LA ARAUCANIA S.A.	3.3600	24-Jun-2004	Aprobado
Colegio Alemán de Villarrica	DIA	Sociedad Germana de Educación, Cultura y Beneficencia Lago Villarrica	0.8000	7-Oct-2002	Aprobado



Nombre	Tipo	Titular	Inversión (mmu\$)	Fecha presentación	Estado
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Villarrica Park Lake Hotel	DIA		0.1700	9-Sep-2002	Aprobado
Manejo y Pretratamiento de Residuos Sólidos Domésticos Villarrica Park Lake Hotel	DIA		0.0000	9-Sep-2002	Aprobado
Plan Regulador Intercomunal Villarrica - Pucón	DIA	MINISTERIO DE VIVIENDA U URBANISMO IX REGION	0.0000	16-Jul-2002	Aprobado
Modificación de Plan Regulador Comunal Villarrica	DIA		0.0000	10-Oct-2001	Aprobado
Planta de Hormigones Premezclados Planta Villarrica	DIA	Sociedad Pétreos S.A.	0.2300	3-Ene-2001	Aprobado
Modificación al Plan Regulador Comunal de Villarrica en Zona Coyahue	DIA	I. Municipalidad de Villarrica	0.0000	15-Feb-1999	Aprobado
Solicitud Cambio de uso de suelo para la construcción de parques en Villarrica	DIA	Atuan Burgos	0.0000	1-Jul-1998	Aprobado
Estación de Servicios YPF Villarrica	DIA	Petroleos Transandinos SA.	0.0200	18-Jun-1998	Aprobado
Relleno Sanitario Comuna de Villarrica	EIA	Constructora Villarrica Ltda.	0.5400	6-Abr-1998	Aprobado
Regularización Piscicultura Chehuilco (e-seia)	DIA	Sociedad Comercial Agrícola y Forestal Nalcahue Limitada	1.5000	8-Ago-2008	Aprobado
Regularización Piscicultura Huincacara (e-seia)	DIA	Sociedad Comercial Agrícola y Forestal Huincacara Ltda.	2.5000	1-Oct-2007	Aprobado
Piscicultura Loncostrarro (e-seia)	DIA	GERMAN RIBBA ALVAREZ	3.0000	15-Oct-2004	Aprobado
Piscicultura Sector Chesque Alto	DIA	Sofonías Carlos Arias Ferreira	0.0000	6-May-2002	Aprobado
Instalación Piscicultura Quilentue IX Región	DIA	GENTEC S.A.	0.3500	18-Ene-2001	Aprobado
Instalación Piscicultura Molco	DIA	Bernardo Díaz Clement	16.0000	11-Dic-2000	Aprobado
Piscicultura Los Chilcos	DIA	Sin Informacion	0.0000	23-Oct-2001	Aprobado
Terminal de Buses Urbanos Línea 3	DIA	Empresa de Taxibuses RJR Ltda.	0,130	18-11-2002	Aprobado
Construcción 220 Viviendas Progresivas de la Localidad de Nancul	DIA	Patricio Leddy Fuentes	0,750	17-02-2000	Aprobado
Loteo y Urbanización Vivienda Progresiva Calafquén	DIA	Comité Habitacional Calafquén de Lican Ray	0,030	21-10-1997	Aprobado
Urbanización y Construcción Hijuela Pucará	DIA	Cordero Cuevas	0,0	30-06-1999	Aprobado
Modificación Proyecto Restaurant a Discoteca	DIA	San, Martín San, Martín	0,0	14-03-2001	Aprobado

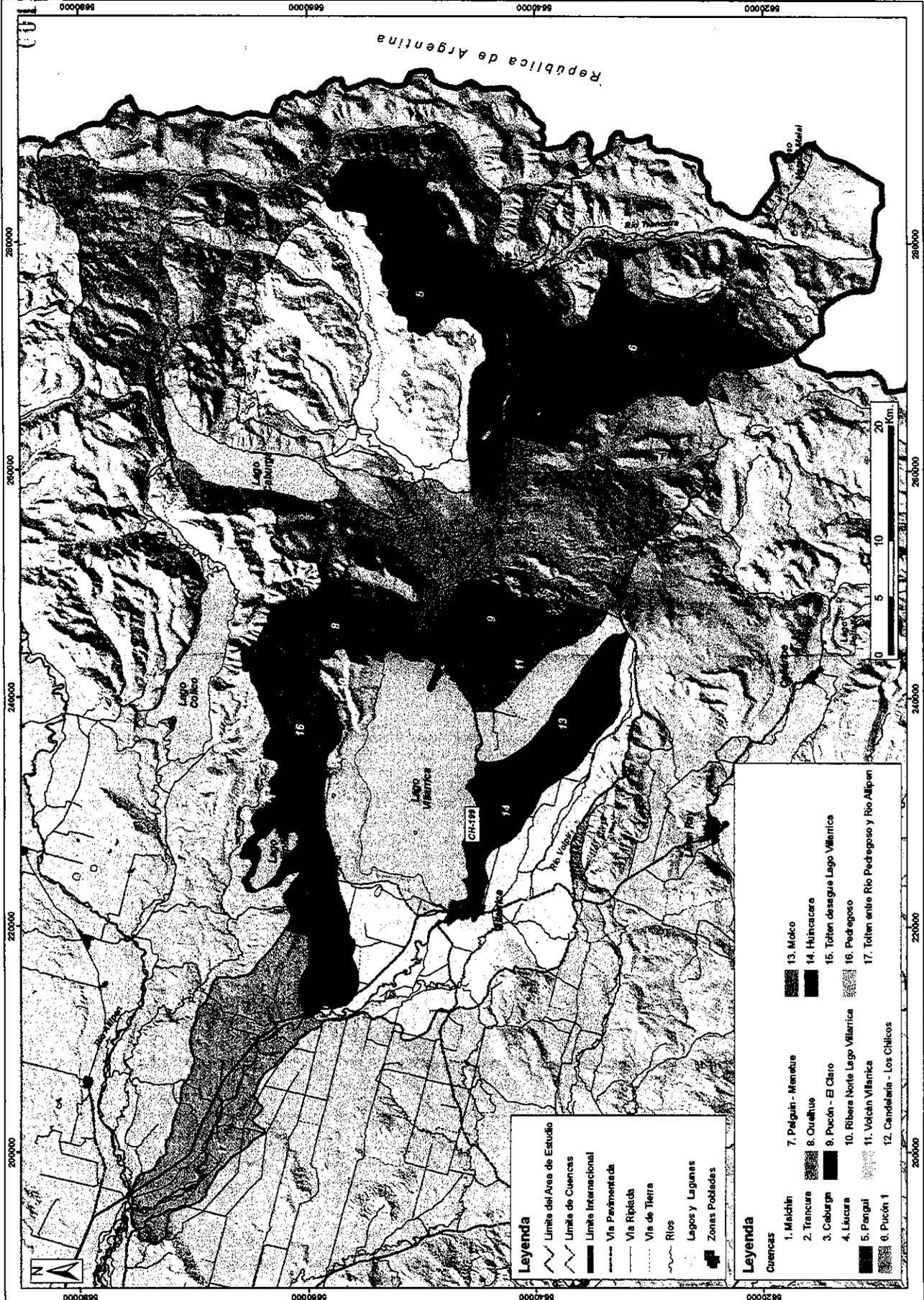


Nombre	Tipo	Titular	Inversión (mmu\$)	Fecha presentación	Estado
Hostería y Centro de Capacitación Afunalhue	DIA	Wevering Weidermann	0,0	20-01-1998	Aprobado
Muelle Paseo del Lago	DIA	Sin Información	0,0	13-12-2001	Aprobado
Modificación Plan Regulador de la Localidad de Licán Ray Zona Z-5 y Z-3E	DIA	I. Municipalidad de Villarrica	0,0	17-04-2001	Aprobado
Modificación PRC Villarrica (e-seia)	DIA	I. Municipalidad de Villarrica	0,0	22-05-2007	Aprobado
Modificación a sistema de recirculación de Piscicultura Molco	DIA	Salmones Multiexport Ltda.	1,870	30-06-2006	Aprobado
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Condominio Inmobiliario Turístico Collahuasi del Lago	DIA	Inmobiliaria Turística Collahuasi del Lago S.A.	0,060	14-09-2000	Aprobado
Planta de Tratamiento Industrial (e-seia)	DIA	Constructora Villarrica Limitada	0,470	18-10-2005	Aprobado

Fuente: www.seia.cl, 2009.



ANEXO 4



Legenda

	Limite del Area de Estudio
	Limite de Cuencas
	Limite Internacional
	Via Pavimentada
	Via Ripiada
	Via de Tierra
	Rios
	Lagos y Lagunas
	Zonas Pobladas

Legenda

Cuencas	
	1. Malichin
	2. Trancura
	3. Caburga
	4. Licura
	5. Pangul
	6. Pucón 1
	7. Palgán - Menete
	8. Quailue
	9. Pucón - El Claro
	10. Ribera Norte Lago Villarica
	11. Volcán Villarica
	12. Candelaria - Los Chillos
	13. Meco
	14. Huincara
	15. Tóten desague Lago Villarica
	16. Pedregoso
	17. Tóten entre Río Pedregoso y Río Allipen

CU1107

Republica de Argentina



200000 240000 280000 320000

0000892 0000992 0000992 0000892

200000 240000 280000 320000

0000892 0000992 0000992 0000892