

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

# Plan de Gestión

## Para la Implementación de la

### Estrategia de Gestión Integrada de la

#### Cuenca Rapel

*Estrategia de Gestión Integrada de Cuenca Hidrográfica*  
**Secretaria Técnica Organismo de cuenca**

**2009-2010**

## INDICE

I	ANTECEDENTES DE LA CUENCA RAPEL	
1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA .....	3
2	RESEÑA HISTÓRICA .....	4
3	ANTECEDENTES FÍSICOS .....	5
3.1	Clima.....	5
3.2	Geomorfología .....	7
3.3	Geología.....	8
3.4	Suelo .....	8
3.5	Riesgos naturales.....	11
4	ANTECEDENTES AMBIENTALES .....	14
4.1	Vegetación y Flora .....	14
4.2	Fauna.....	17
4.3	Áreas de valor ambiental, VI región. ....	18
4.4	Áreas de Relevancia Ambiental Vinculadas al Agua en la Cuenca .....	20
5	ANTECEDENTES DEL RECURSO HIDRICO.....	24
5.1	Hidrología .....	24
5.2	Hidrogeología.....	26
5.3	Glaciares .....	31
6	GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICO .....	35
6.1	Aguas superficiales .....	35
6.2	Usos de las aguas superficiales .....	35
6.3	Derechos de aprovechamiento del recurso hídrico.....	36
6.4	Mercado del agua.....	37
6.5	Organizaciones en torno a la gestión hídrica.....	37
6.6	Calidad de agua .....	37
6.7	Red de monitoreo de la cuenca Rapel .....	41
6.8	Aguas subterráneas.....	41
6.9	Demografía.....	42
6.10	Actividad Económica.....	43
6.1	Ocupación y Desempleo .....	43
6.2	Educación.....	44
6.3	Salud .....	44
6.4	Servicios.....	44
7	USO DEL TERRITORIO .....	45
7.1	Instrumentos de planificación territorial .....	45
7.2	Intervención de riveras .....	45
II	DIAGNOSTICO TERRITORIAL DE LA CUENCA RAPEL	
1.	INTRODUCCION .....	47
2.	METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO.....	47
3.	CUADRO DIAGNOSTICO DE PRESIONES ASOCIADAS A PROBLEMAS PRIORIZADOS.....	57
III	PLAN DE GESTION	
1.	PRONOSTICOS AL 2014 EN CUENCA RAPEL.....	68
2.	VISIÓN.....	69
3.	OBJETIVOS .....	69
4.	PLAN DE MEDIDAS.....	70
5.	BIBLIOGRAFIA .....	73

## I. ANTECEDENTES

### 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA

Ubicación:	Principalmente Región del General Libertador Bernardo O'Higgins y con menor superficie en la Region Metropolitana y VII región.
Coordenadas	Paralelos °53' y 35°01' de latitud sur
Capacidad de Drenaje:	13.695 km <sup>2</sup> (CADEIDEPE, 2004)
Capacidad Rio Cachapoal:	6370 km <sup>2</sup>
Area drenada Rio Tinguiririca:	4.730 km <sup>2</sup>
Capacidad Convento Viejo:	500 millones de m <sup>3</sup> .
Capacidad de Embalse Rapel:	680 millones m <sup>3</sup>
Capacidad Instala Central Hidroeléctrica de pasada Sauzal:	76.000 kW de potencia.

#### **Descripción del sistema hidrológico superficial:**

El río Rapel se forma de la unión de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, en el lugar denominado La Junta, a unos 6 km al oeste de la localidad de Las Cabras. La confluencia tiene lugar en el interior de la Cordillera de la Costa y se encuentra hoy inundada por las aguas del embalse Rapel, con una capacidad de 680 millones de m<sup>3</sup>.

Desde La Junta, el río Rapel corre hacia el noreste, en medio de un lecho obstruido por depósitos fluviales. Desemboca en el mar, cerca del pueblo de Navidad, a través de un solo cauce de unos 60 m de ancho. En su recorrido, no recibe afluentes de importancia, siendo el de mayor significación el estero Alhué.

Existen en la desembocadura solo dos lagunas costaneras o albuferas: Cahuil y Bucalemu con un régimen de agua mixto, ya que se nutren de aguas saladas de mar y de aguas dulces provenientes de los esteros que desembocan en ellas.

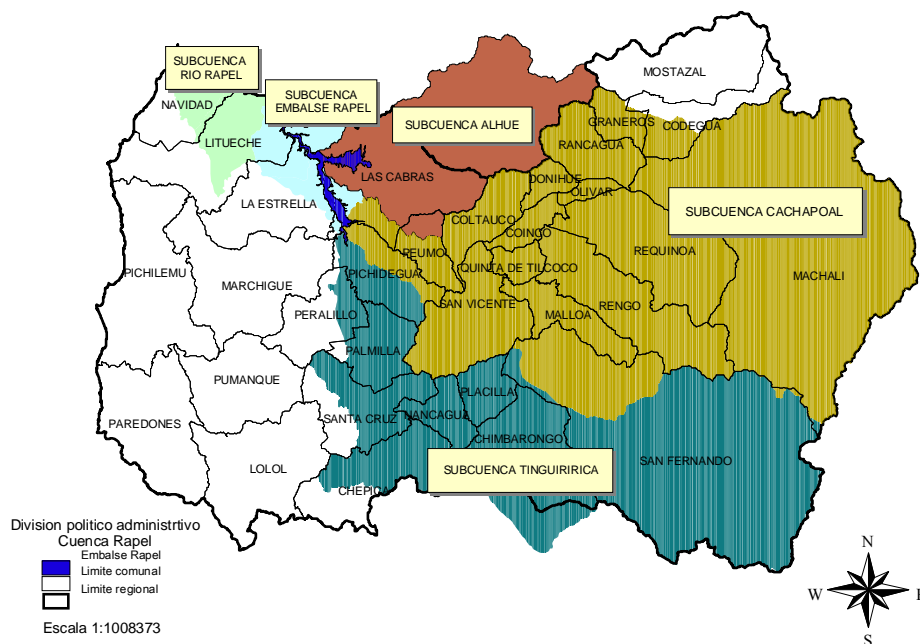
(CADEIDEPE, 2004)

El fenómeno geológico de volcanismo en la cordillera andina, junto a la alta sismicidad de nuestro país, ha generado numerosas vertientes termales. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.).

- Las Termas de Cauquenes ubicadas en la ribera sur del río Cachapoal, al interior de la comuna de Machalí. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.).
- Las Termas del Flaco ubicadas en la cordillera de San Fernando, a una altura de 1.733 m.s.m. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.)

Entre las aguas minerales de la región del Libertador O'Higgins, hay algunas que han sido industrializadas y que se destacan a nivel nacional como Cachantún y Vital. En la última década se ha empezado a explotar el agua mineral El Edén, en la localidad de Pelequén. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.)

Figura 1. División Política administrativa. Cuenca Rapel



Fuente. Elaboración propia. CONAMA2009

## 2 RESEÑA HISTÓRICA

En nuestra región existen sólo dos Ambas fueron importantes fuentes de producción de sal, siendo explotadas desde la época indígena. En el presente este recurso se obtiene sólo en Cáhuil pero cada vez en forma más restringida. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.)

En épocas pretéritas existieron importantes cuencas lacustres en el valle central, especialmente

en esta región, como es el caso de la laguna de Tagua-Tagua con una superficie aproximada de 90 Kms<sup>2</sup>, se emplazaba en una rinconada (34° 30'S, 71° 10' W).

Su propietario, Javier Errázuriz, en 1833, inició los trabajos de drenaje parcial de esta cuenca para impedir las inundaciones provocadas en épocas de crecida por falta de un desagüe natural. Se abrió un túnel de 4 kms. entre los cerros de La Muralla y La Silleta denominado Socavón, que comunicaría esta área con el valle del sector norte antes de desembocar en el río Cachapoal (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.).

En la actualidad y como remanentes de estas lagunas, podemos apreciar terrenos pantanosos, cuyas características se acentúan en la estación invernal. Los de mayor humedad se utilizan actualmente para plantaciones de arroz. (2009, PEREIRA C. Y TAGLE ARDUENGO B.)

### 3 ANTECEDENTES FÍSICOS

#### 3.1 Clima

##### 3.1.1 Clima Templado Mediterráneo con estación seca prolongada:

Se desarrolla prácticamente en toda la cuenca del río Rapel. Su característica principal es la presencia de una estación seca prolongada y un invierno bien marcado con temperaturas extremas que llegan bajo los cero grados.

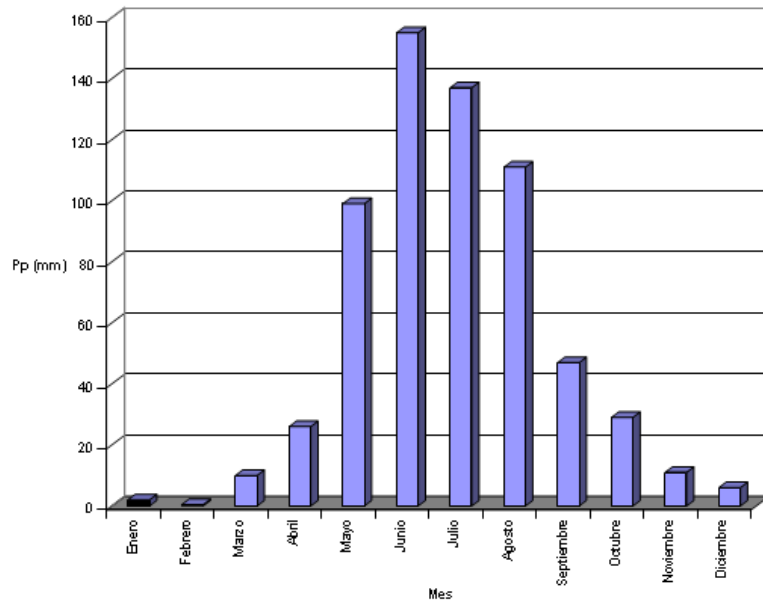
En Rancagua registra una temperatura media anual de 14,2° C pero los contrastes térmicos son fuertes. En verano las máximas alcanzan valores superiores a 28° C durante el día. Por efectos del relieve, en el sector centro de la cuenca (Rancagua), se presentan áreas de mayor sequedad y montos menores de precipitación (406 mm/año). La escorrentía no superan los 1.115 mm/año. Las pérdidas de agua por evaporación potencial, alcanzan los 1.214 mm/año (CADEIDEPE, 2004).

En el secano, la precipitación media anual 638 mm/año, temperaturas medias de 14° C. La escorrentía, presenta valores aproximados de 240 mm/año.

En sectores más elevados, las precipitaciones aumentan alcanzando valores medios anuales de 686 mm (Coya) y temperaturas medias anuales de 9,6°C (Sewel). Las pérdidas de agua por evaporación potencial, alcanzan 1.704 mm/año en Río Pangal. (CADEIDEPE, 2004).

En general, los valores registrados de precipitación, son mayores durante las temporadas invernales especialmente durante los meses de junio, julio y agosto, registradas en Estación Pluviométrica de Rapel (Figura 2). (CADEIDEPE, 2004)

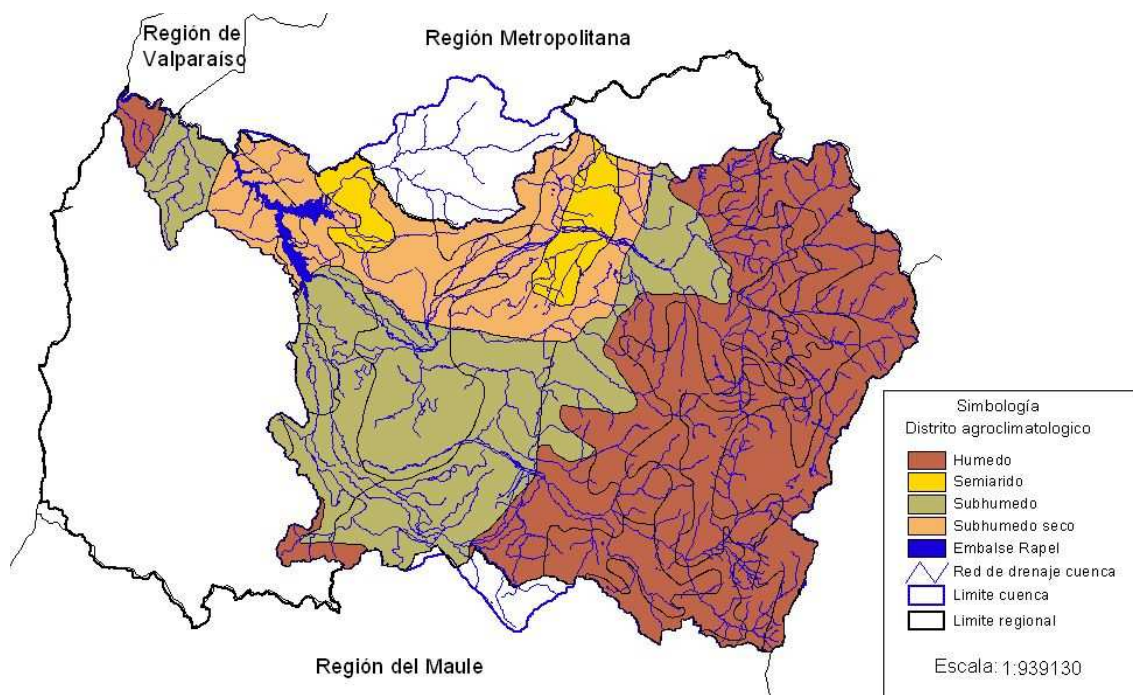
Figura 1. Montos de Precipitaciones Medias Mensuales



### 3.1.2 Distrito agroclimatico

Un distrito agroclimático se determina sobre la base de algunos factores cismáticos similares en algunas áreas geográficas o localidades. En la cuenca se distinguen 4 distritos: Humedo, semiarido, subhmedo y subhmedo seco (Figura 3.).

#### Distritos Agroclimaticos



### 3.2 Geomorfología

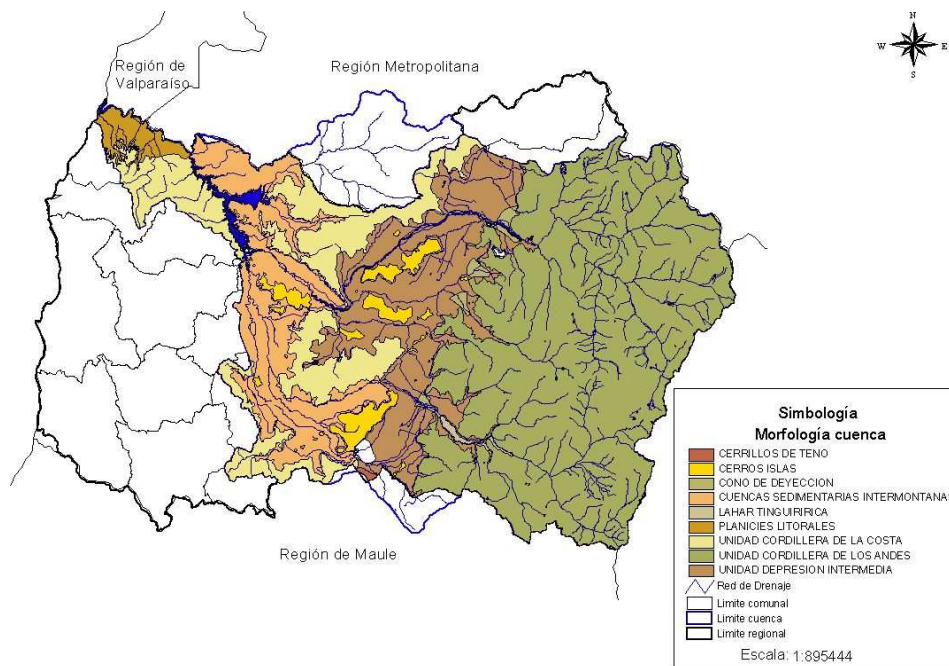
Chile se ubica en un margen continental activo, es decir, en una zona de convergencia de placas donde el modo de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana ha variado a lo largo de la historia geológica, situación que ha controlado la evolución del territorio desde el Paleozoico al Cenozoico.

En el Cenozoico superior se habrían formado en la región de estudio varias unidades morfoestructurales, paralelas entre sí, definidas por Groeber en 1918, las cuales se describen a continuación de oeste a este:

- 1 Cordillera de la Costa, constituida esencialmente por rocas paleozoicas en su flanco occidental y rocas mesozoicas discordantes sobre las anteriores en el oriental.
- 2 Depresión Central, cuenca tectónica rellena por depósitos cenozoicos no consolidados.
- 3 Cordillera Principal, formada por depósitos meso-cenozoicos y coronada por un arco volcánico activo en su eje longitudinal.
- 4 Cordillera Frontal, está formada esencialmente por rocas del Paleozoico superior.
- 5 Precordillera, compuesta principalmente por rocas paleozoicas.

Cabe hacer notar que las tres últimas unidades comúnmente se unen en una sola unidad denominada Cordillera de Los Andes. (Figura 4.).

Figura 2. Morfología de la cuenca Rapel



### 3.3 Geología

En la VI Región aparecen unidades geológicas cuyas edades están comprendidas entre el Paleozoico y el Cuaternario. Afloran rocas metamórficas, depósitos sedimentarios marinos y continentales, así como también formaciones volcánicas.

Las rocas metamórficas, pertenecientes al Ciclo Orogénico Hercínico, se encuentran formando en esta región la franja más occidental. Las rocas originales fueron en su mayor parte sedimentarias.

Durante el Ciclo Orogénico Andino se acumularon sedimentos marinos que permiten reconocer dos ciclos mesozoicos de gran extensión: uno durante el Jurásico medio y superior (Bajociano, Caloviano y Oxfordiano) y otro durante el Jurásico más alto y el Cretácico Inferior (Titoniano y Neocomiano). Otra intrusión marina mesozoica, pero de mucho menor extensión, cubrió regiones occidentales cercanas a la costa. El Terciario es casi exclusivamente continental, excepto por algunos sedimentos marinos depositados también a lo largo de la costa.

Las otras formaciones reconocidas tienen un origen volcánico o son producto de la erosión de relieves volcánicos.

### 3.4 Suelo

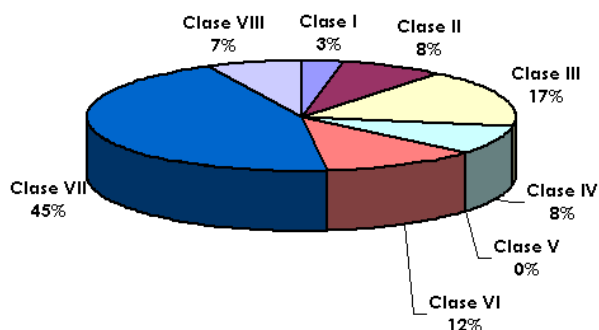
#### 3.4.1 Clasificación de los Suelos según su potencial productivo

Esta clasificación considera la función productiva de los suelos y corresponde a la conocida clasificación de CIREN-CORFO (suelos de capacidad I a VIII). Aproximadamente, el 45% de los suelos con capacidad agrícola de la región son de clase VII, es decir presentan serias



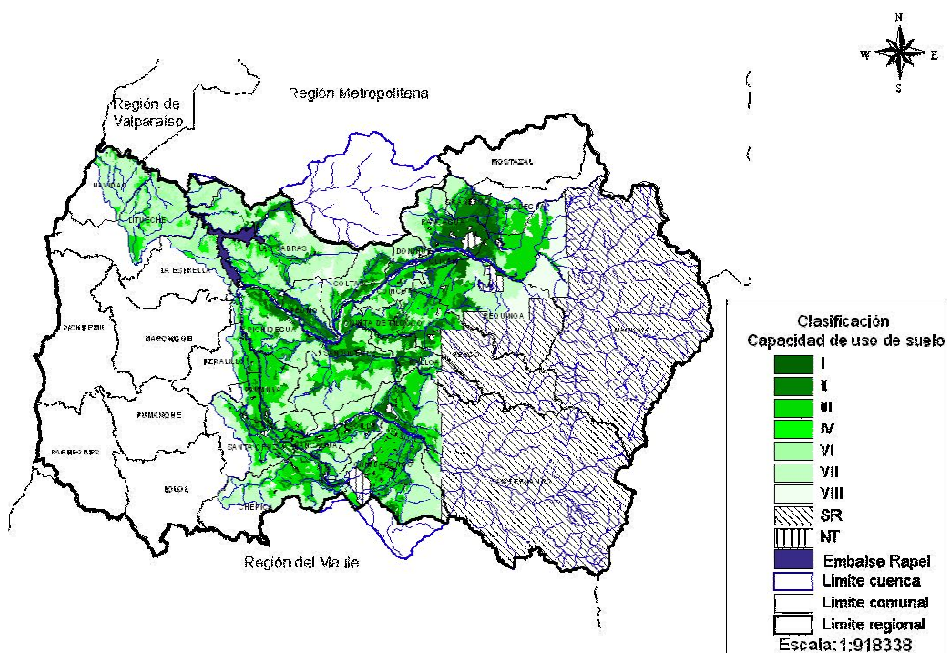
restricciones al desarrollo de la actividad agrícola. Por otra parte, se puede señalar que los suelos con alto grado de productividad agrícola (I, II y III) en total corresponden al 28% de los suelos agrícolas de la región. (Figura 5 y 6). (Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.)

Figura 3. Capacidad de uso agrícola del suelo VI Región.



Fuente: Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.

Figura 4. Clasificación de la capacidad de uso en cuenca Rapel



### 3.4.2 Uso del suelo

La información de utilización de suelo es en base al “Catastro del bosque nativo y uso de suelo” el cual se realizó en base a cartografía, como unidad mínima cartografiada 0,5 ha.

Tabla 1 Uso de suelo de la VI Región

<b>Categorías de uso</b>	<b>%</b>
Praderas y matorrales	34,2%
Terrenos agrícolas	26.1%
áreas desprovistas de vegetación	18,6%
Bosques	18,7%
Áreas Urbanas e Industriales, Humedales, Nieves Eternas y Glaciares, Cuerpo de Agua y áreas no Reconocidas	2,3%
<b>Superficie total</b>	1.633.462,9 ha

(CONAF, 2006)

### 3.4.3 Desertificación de los Suelos en la VI Región

No existe información confiable en este tema en la region, solo existen información puntual en planes reguladores de comunas fuera del area de la cuenca Rapel.

### 3.4.4 Erosión, Erosividad y Potencial de Degradación

Para analizar el tema erosión en la VI Región, se tomo como base el estudio “Elaboración de Prediagnostico Nacional del Componente Suelos para la discusión Regional de la Política para la Sustentabilidad Ambiental del Patrimonio Natural Renovable”, donde se entrega información concerniente a los grados y superficie erosionada en todo el territorio nacional.

#### Potencial de degradación

La suma de valores de los índices de erosividad con los índices de erodabilidad dio como resultado el potencial de degradación que finalmente se definió en los siguientes rangos numéricos:

Tabla 2. Índices de potencial de degradación.

<b>Potencial de Degradación</b>	<b>Índice</b>
Leve	0 – 20
Moderado	20 – 40
Moderado a Pronunciado	60 – 90
Pronunciado.	90 – 120
Muy pronunciado	120 – 160
Extremo	> 160
Muy Extremo	

Fuente: “Elaboración de Prediagnostico Nacional del Componente Suelos para la discusión Regional de la Política para la Sustentabilidad Ambiental del Patrimonio Natural Renovable. Informe Final. Universidad Austral de Chile Juan E. Schlatter y Eduardo Neira F. Valdivia, Chile Enero – 2002.

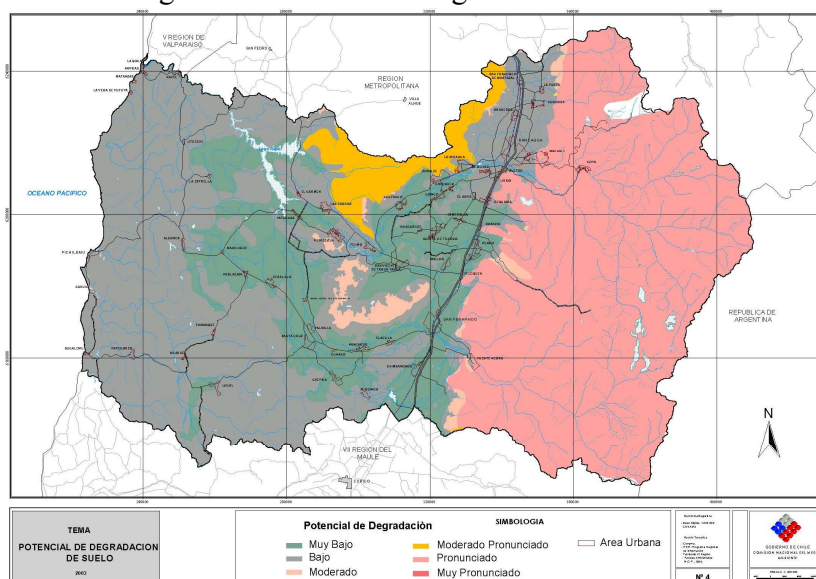
Terrenos con cifras en el rango del potencial de degradación sobre 90 indica situaciones de alto riesgo frente a intervenciones de la cobertura vegetal y requiere de un manejo con medidas de conservación rigurosas.

La información de grados y superficie erosionada que se utilizó en este caso proviene del estudio “**Fragilidad de los Ecosistemas Naturales de Chile**”, el cual abarcó un rango de 34.490.753 ha del territorio continental Chileno, comprendidos entre la I y la XII Región.

De acuerdo a este estudio, el 78.5% (27.081.168 ha) se encontraba en las peores categorías. El 6.9% correspondía a erosión con nivel muy grave, el 26.5% se consideraba grave, y el 45.1 como erosión moderada. Sólo el 21.5% fue catalogado como erosión leve (Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.)

De las tierras de secano, alrededor de 2,4 millones están erosionadas en forma muy grave; 9,2 millones por procesos erosivos graves; 15,5 millones exhiben daños moderados; y 7,4 millones están afectados levemente. Aproximadamente, 27 millones de ha. del total de la superficie estudiada están degradadas por procesos muy graves a moderados de erosión hídrica o eólica. (Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.)

Figura 5. Potencial de degradación del suelo



Fuente: Línea de Base Ambiental y definición de Prioridades Ambientales VI Región del Libertador Bernardo O’Higgins. Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU mediante la identificación de prioridades ambientales territoriales. Septiembre, 2003

### 3.5 Riesgos naturales

Los principales fenómenos potencialmente peligrosos y las zonas en la Región donde han sido detectados se expresan en la Figura 9. (Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.)

Tabla 3. Fenómenos Potencialmente Peligrosos.

Tipo de fenómeno	Datos existentes y calidad de la información	Zonas principales
Tsunami	Al parecer son datos que provienen de la zonificación del SHOA, sin embargo es necesario contrastar dichos valores, aun no realizado.	Toda la costa de la VI Región.
Deslizamientos en zonas costeras	Aunque existía una cobertura de datos de PRIT, se realizó un análisis de pendientes y geología, que dio como resultado ampliar dicha zona.	Navidad, Pichilemu, zonas costeras entre Topocalma y Pichilemu, algunos sectores de Litueche.
Flujos de detritos (barro) en zonas costeras	Fundamentalmente en áreas con litologías favorables a estos fenómenos (Formación Navidad, algunas áreas con fuerte meteorización de rocas graníticas y esquistos). Sin embargo es necesario destacar que dentro de los fenómenos condicionantes se encuentra además la falta de vegetación, lo que no fue cuantificado a esta escala. Al igual que la anterior, aunque existía una cobertura de datos de PRIT, se realizó un análisis de pendientes y geología, que dio como resultado ampliar dicha zona.	Misma zona anterior
Desprendimientos en área cordillerana	Existe una cobertura de datos de PRIT. Sin embargo, el nuevo análisis de pendientes realizado hace pensar en que hubo una subestimación del área involucrada en eventuales desprendimientos. Se debe evaluar si eventualmente se realizó algún análisis con exposición o litología (este último parece poco viable).	Cordillera de los Andes, algunos sectores de la Cordillera de la Costa (Angostura-Alhué).
Flujos de detritos en cordillera y piedemonte andino	No existen datos en el piedemonte. Se intentará realizar una aproximación al área susceptible mediante un análisis de la geología. Los datos existentes en la cordillera (PRIT) no son confiables.	Cordillera de los Andes, algunos sectores del piedemonte andino y en áreas muy restringidas de la Cordillera de la Costa (Mostazal).
Inundaciones por desborde fluvial	Aunque existe una cobertura de datos de PRIT, ésta parece confiable sólo en los grandes ríos, no en los afluentes que al parecer podrían tener áreas de inundación	Cauces mayores.

	importantes. Se revisará y mejorará la cobertura.	
Inundaciones por nivel freático somero	No existen datos. Se intentará realizar una aproximación al área susceptible mediante un análisis de la geología y datos de nivel freático.	Tagua Tagua, Pelequén.
Mala calidad geotécnica de materiales	Información proveniente de recopilación y nuevos datos sobre antiguas remociones en masa que aparentan poseer propiedades geotécnicas similares a la roca in situ pero que presentan problemas al excavar taludes. Información ya incorporada en cobertura.	Frente cordillerano.

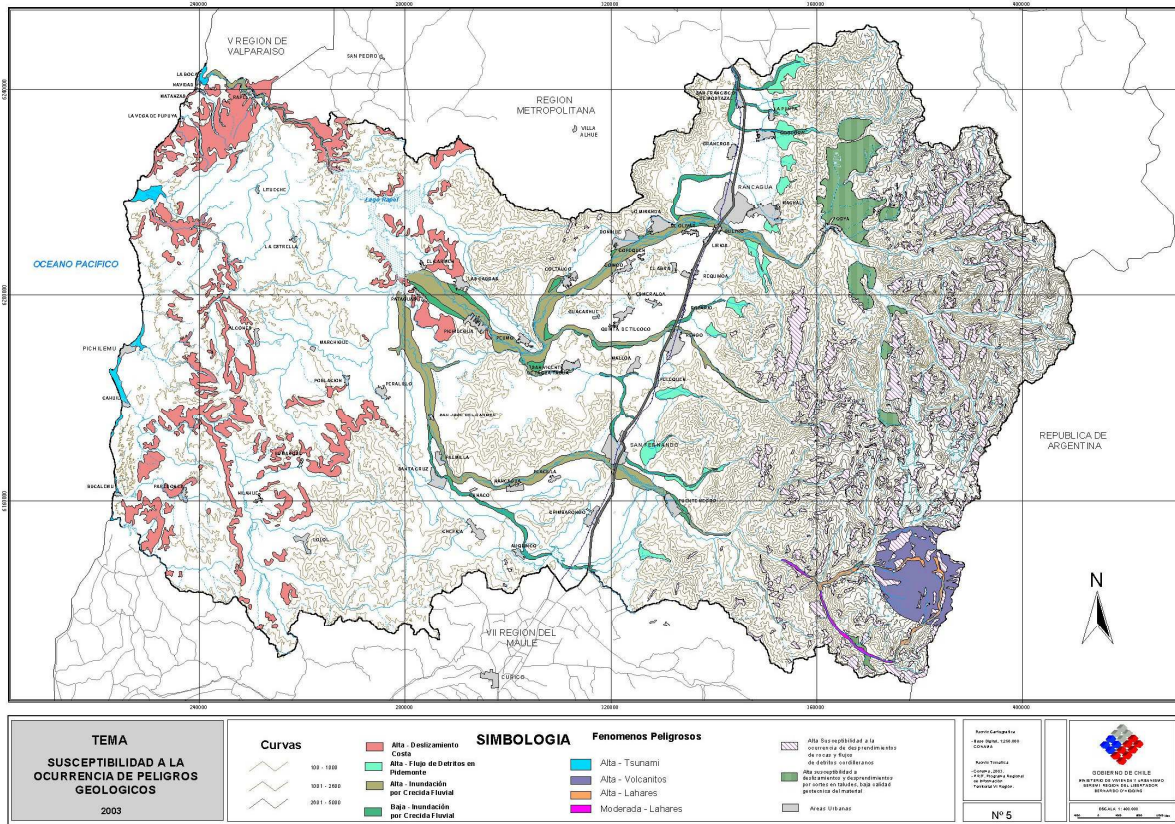
Fuente: Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.

Finalmente, con respecto a los peligros geológicos, se consideraron tres categorías las cuales deberían quedar reflejadas en la zonificación y el reglamento del instrumento PRDU.

- 1) Zonas susceptibles a la ocurrencia de desprendimientos de rocas y flujos cordilleranos.
- 2) Zonas susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos por cortes en taludes y baja calidad geotectónica del material.
- 3) Zonas susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos en costa, flujos de detritos en pendiente y actividad volcánica.



Figura 6. Susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geológicos



Fuente: Línea de Base Ambiental y definición de Prioridades Ambientales VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU mediante la identificación de prioridades ambientales territoriales. Septiembre, 2003.

## 4 ANTECEDENTES AMBIENTALES

### 4.1 Vegetación y Flora

La sexta región debido a sus condiciones climáticas y morfológicas permite el desarrollo de una vegetación arbustiva de Acacia Caven en la depresión intermedia. En los sectores cordilleranos, tanto en la Cordillera de la Costa como en la Cordillera de Los Andes, debido a la presencia de mayor humedad, se desarrolla un tipo de bosque Esclerófilo de Boldos y Peumos.

Debido a la gran alteración antropogénica como la extracción para consumo de carbón, plantaciones de bosques y uso ganadero y/o agrícola, la vegetación nativa de los valles de la región ha sido reemplazada principalmente por especies introducidas como Álamos, Pinos Insignes, Eucaliptos, Nogales, Castaños, Zarzamoras y Sauces. Dentro de la vegetación autóctona del lugar se pueden encontrar en las laderas de umbría especies como Robles, Quillayes, Boldos, Peumos, Litres, Lingues y Canelos; mientras que en las laderas de solana especies como el Espino.

Desde el punto de vista de la vegetación presente en la región del Libertador Bernardo O'Higgins, dentro de la región es posible encontrar formaciones representativas tales como la

Estepa de Acacia Cavens, cuya especie arbórea representativa es el Litre (*Lithrae cuastica*) y animal representativo es el Quique (*Galactis cuja*); el Matorral Esclerófilo, cuya especie arbórea representativa es la Patagua (*Crinodendron patagua*) y animal representativo es el Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*); y entre otros el Bosque Esclerófilo, cuyas especies arbóreas representativas son el Bollén (*Kageneckia oblongada*) y el Maqui (*Aristotelia chilensis*) y animal representativo es el Gato montes (*Felis colocolo*).

#### 4.1.1 Formaciones Vegetacionales

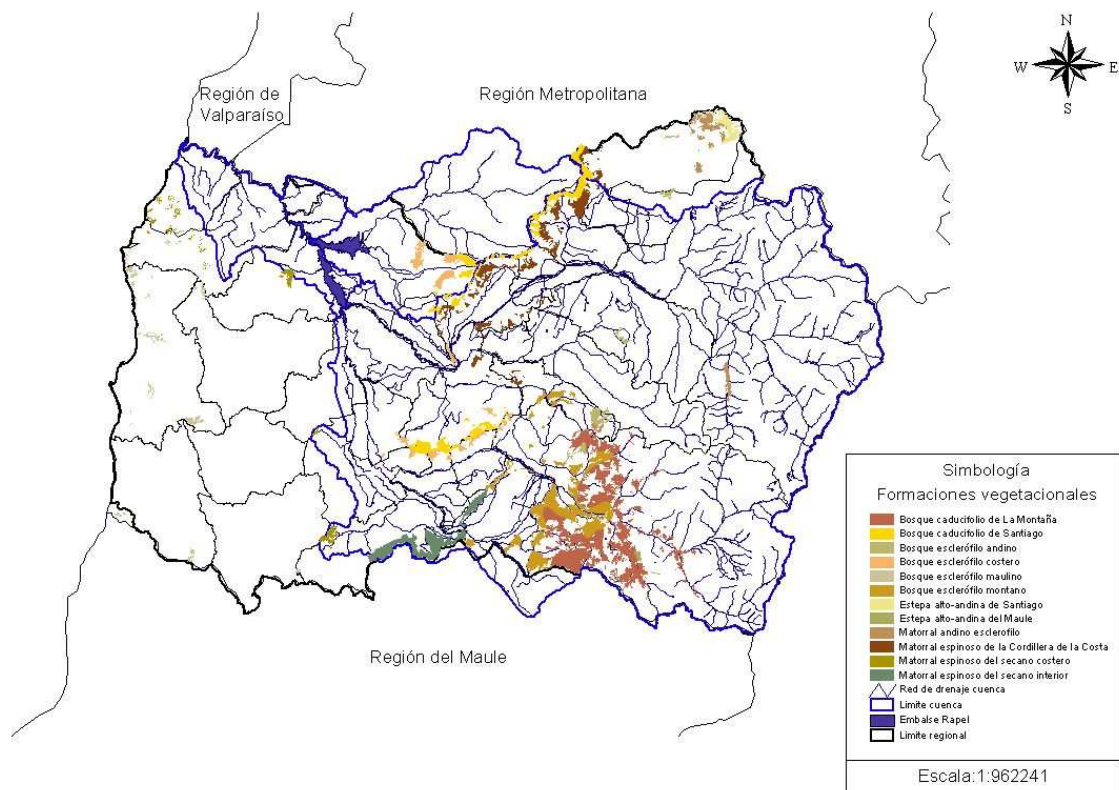
Según Gajardo (1994), en la sexta región existen 12 formaciones vegetacionales, las cuales presentan diferentes niveles de conservación, pristinidad y de representatividad en el SNASPE. En función de ello se determina cual es el grado de protección de las formaciones vegetacionales en la región. En la siguiente tabla 4 se indica el nombre y la superficie actual que ocupan las diferentes formaciones vegetacionales en la sexta región.

Tabla 4. Formaciones vegetacionales

Formación Vegetacional	Superficie (Hectáreas)	Superficie (Km <sup>2</sup> )
Bosque Caducifolio de la Montaña	52180,47	521.80
Bosque caducifolio de Santiago	20372,61	203.73
Bosque Esclerófilo Andino	7575,42	757.52
Bosque Esclerófilo Costero	90734,12	907.34
Bosque Esclerófilo Maulino	85642,03	856.42
Bosque Esclerófilo Montano	21496,36	214.96
Estepa Alto Andina de Santiago	14333,30	143.33
Estepa Alto Andina del Maule	892,76	8.93
Matorral Esclerófilo Andino	66264,78	662.65
Matorral Espinoso de la Cordillera de la Costa	29506,65	295.07
Matorral Espinoso del Secano Costero	176981,01	1769.81
Matorral Espinoso del Secano interior	7541,97	75.42
Superficie Total	641.698,53	6.416,98

Fuente: CONAMA VI Región.

Figura 7. Formaciones vegetacionales



Referente a la tabla anterior podemos afirmar que la formación vegetal más extensa es el Matorral Espinoso del Secano Costero que representa el 27,6% del total de la superficie regional con vegetación nativa.

En este contexto se señalarán las áreas protegidas del estado en la región, de las cuales el Parque Nacional Palmas de Cocalán posee decreto de creación, pero no tiene un Plan de Manejo oficial, por ende su utilización no depende de la Corporación Nacional Forestal. La siguiente tabla indica las Áreas protegidas de la región.

Tabla 5 Superficie SNASPE. VI región

SNASPE VI REGIÓN	Superficie (Km2)	Superficie Total en la VI Región (Km2)
P.N. Palmas de Cocalán		42.40
<b>Bosque Caducifolio de Santiago</b>	<b>22.95</b>	<b>203.73</b>
<b>Bosque Esclerófilo Costero</b>	<b>18.17</b>	<b>907.34</b>
R.N. Río Cipreses		380.13
<b>Bosque Esclerófilo Andino</b>	<b>5.36</b>	<b>757.52</b>
<b>Estepa Alto Andina de Santiago</b>	<b>6.17</b>	<b>143.33</b>
<b>Matorral Esclerófilo Andino</b>	<b>29.26</b>	<b>662.65</b>



#### 4.1.2 Estados de Conservación

Según el Libro Rojo de la CONAF en la sexta región existen siete especies señaladas como vulnerables y 4 especies catalogadas como raras. Una especie bastante emblemática de la zona es el Arrayán de Colchagua (*Myrceugenia colchaguensis*). Este Arrayán es un arbusto catalogado como especie rara, de gran belleza y que crece sólo en esta zona del país. Actualmente existen planes de conservación para esta especie.

Por otro lado, en la Ley de Bosques, existen diversos decretos dirigidos a la protección de especies de árboles y arbustos nativos. El D.S. N° 366 publicado en el diario oficial el 17 de Febrero de 1944, protege al Quillay, Tamarugo, Chañar, Guayacán, Olivillo, Carbonillo, Espino, Boldo, Maitén, Litre y Bollén dentro de los cuales el Quillay, Espino, Boldo y Litre pueden ser encontrados en el área de estudios.

#### 4.2 Fauna

La fauna autóctona de la Sexta Región, al igual que la flora autóctona, ha sido modificada por la acción antropogénica, debido a que se han alterado los hábitats naturales de ciertas especies. A pesar de ello, existe principalmente una gran cantidad de aves en la región. Según el estudio “Diversidad Biológica de Chile”, realizado por la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, en la sexta región existen una gran variedad de especies de animales y aves endémicas de nuestro país. Los resultados de este estudio revelan la existencia de los siguientes tipos de especies:

- 1 6 tipos de anfibios, de los cuales 3 son endémicos.
- 2 15 tipos de reptiles, siendo 10 endémicos.
- 3 212 tipos de aves, 7 endémicas.
- 4 29 tipos de mamíferos terrestres, siendo 6 endémicos.

Asimismo, los estudios realizados por la CONAF acerca de los estados de conservación de la flora y fauna nativa del país descritos en el Libro Rojo de la Conservación de la Fauna Nativa, muestran que en la sexta región existe un total de 103 especies en peligro de conservación, desglosándose esta estadística en 17 mamíferos, 37 aves, 10 reptiles, 6 anfibios y 17 peces.

##### 4.2.1 Estados de Conservación

Dentro del área de estudios se encuentran especies con algún grado de conservación según el Libro Rojo de los vertebrados terrestres de Chile, los cuales son:

- 1 En peligro de extinción: Cururo, Guiñas, Loro Tricahue.
- 2 Vulnerable: Zorro Culpeo, Zorro Chilla, Quique, Bandurria, Culebra cola larga, Culebra cola corta, Lagarto, Lagarto chileno, Lagartija lemniscata, Lagarto nítido, Sapo rulo, Bagre chico, Pejerrey chileno, Cauque, Trucha criolla.
- 3 Rara: Perdicitita cordillerana.

Una especie emblemática de la zona es el Loro Tricahue. Estos loros, viven en bandadas en la zona precordillerana de la región, especialmente en la parte alta de los afluentes al río Tinguiririca, cuenca que actúa como principal lorera del país.

#### 4.3 Áreas de valor ambiental, VI región.

En el marco de la Estrategia de Biodiversidad desarrollada durante el año 2002 por la CONAMA, determinaron tres niveles, esto para las formaciones vegetacionales de la región. La siguiente tabla indica la superficie que corresponde a cada categoría.

Tabla 6. Superficie que corresponde a categoría de conservación.

Valor Ambiental	Hectáreas	Km2
Alto	97427,11	974,19
Medio	20521	2052,1
Bajo	33909	3390,9
<b>Total</b>		<b>6417.2</b>

Los resultados obtenidos indican que (según esta metodología) las áreas de alto valor ambiental representan el 15% de la superficie total de las formaciones vegetacionales, las áreas con medio valor ambiental constituyen el 32% y las áreas con bajo valor ambiental son el 53%.

#### 3.3.2. Sitios Prioritarios para la Conservación In Situ

De acuerdo a criterios operativos, a partir de las zonas de alto valor ambiental antes señaladas se definieron zonas prioritarias para la conservación, ello con la finalidad de optimizar las acciones sectoriales para la consolidación de áreas destinadas a la conservación de los ecosistemas naturales de la región.

Los sitios priorizados fueron Las Cardillas, Alto Huemul, Palmas de la Candelaria, laguna Topocalma y Tanumé. Cabe señalar que todos los sitios prioritarios concuerdan con propiedad privada o colindan con predios particulares, por lo tanto, cualquier programa, proyecto o acción específica debe considerar la participación de los respectivos propietarios.

A continuación se entrega una pequeña descripción sobre los sitios prioritarios seleccionados.

##### 1 Ecosistemas Forestales

Las Cardillas – propiedad localizada en la comuna de San Fernando, se caracteriza principalmente por la presencia de Bosques renovales de Roble – Ciprés de la cordillera.	
--	--

	
<p>Alto Huemul – propiedad localizada en la comuna de San Fernando, sector de Sierras de Bella Vista, se distingue por la presencia de diferentes ecosistemas, en el cual se localiza el Bosque de Robles más extenso de la región.</p>	
<p>Palmas de la Candelaria – propiedad localizada en Chépica, la cual se caracteriza por la presencia de ejemplares de Palma Chilena (<i>Jubaea Chilensis</i>), las cuales conforman uno de los “Palmares” más australes de la región y del país.</p>	
<p>Tanumé – propiedad localizada al norte de la comuna de Pichilemu, el valor ecológico del lugar esta fundamentado en la presencia de Arrayán de Colchagua (<i>Myrceugenia Colchaguensis</i>), especie endémica y en peligro de extinción. Asimismo existen otras especies de interés como la neoptertergia <i>aspillagae</i>, cactácea muy escasa y catalogada en peligro de extinción.</p>	

## 2 Ecosistemas de Humedales

Litueche, en el cual se ha registrado una importante variedad de especies nativas, tanto de aves, anfibios, peces y reptiles. Cabe mencionar que existe un proyecto Inmobiliario con Resolución de Calificación Ambiental tramitado y aprobado, el cual se emplazará a orillas de este humedal.



Cabe recordar que los sitios prioritarios están en propiedad privada o colindan con este tipo de propiedad, siendo así las siguientes etapas para consolidar la protección de los ecosistemas naturales en dichos sitios, deberá considerar una planificación a nivel predial (planes de manejo), en la cual participen activamente los propietarios de estos sitios que contienen áreas de alto valor ambiental.

#### 4.4 Áreas de Relevancia Ambiental Vinculadas al Agua en la Cuenca

##### 4.4.1 Areas de relevancia ambiental según el componente fauna.

La zona de los humedales costeros presentó una alta diversidad de especies, aún cuando sólo se consideraron las aves. La mayoría de ellas fueron exclusivas para este tipo de ambiente, encontrándose evidencias de reproducción en al menos tres taxa: cisne de cuello negro, tagua común y pato jergón grande, evidenciando la relevante función ambiental de este tipo de ecosistemas.

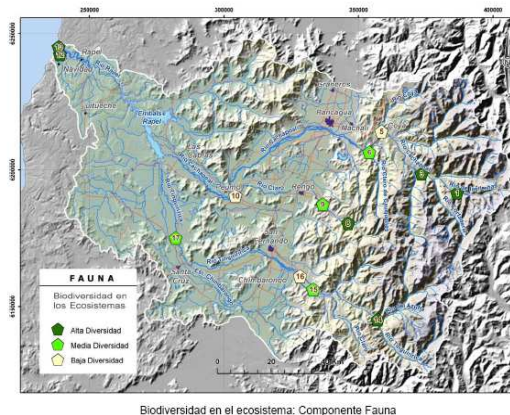
En la zona altoandina existe un alto número de especies, muchas especialistas de ambientes de altura. Aquí existe un importante número de taxa en alguna categoría de conservación, y concentra las con serio peligro de extinción (guanaco, puma, matuasto). Además se presentan altos endemismos, y el único exclusivo para la región de O'Higgins (*Liolaemus curis*). Es, en general, una zona con muy poca intervención antrópica.

Al igual que el anterior, los sitios precordilleranos mostraron una alta diversidad y endemismos. Existen varios taxa con problemas de conservación, destacando la torcaza, el trichahue y el sapo de monte (*Alsodes montanus*), este último recientemente descrito para la región aumentando su rango distribucional en cerca 170 Km. hacia el sur (Araya & Riveros 2008), lo que nos demuestra la constante necesidad de nuevas prospecciones, particularmente orientadas a este grupo de vertebrados (herpetozoos). Es en esta zona donde se concentran la mayor parte de los proyectos hidroeléctricos aprobados para la región, por lo que la intervención antrópica ha aumentado considerablemente durante los últimos años.

Finalmente, en el valle central la diversidad fue baja en relación a los anteriores, con bajo número de taxa exclusivos o con problemas de conservación. Esta situación era de esperarse

debido a la gran intervención antrópica de la zona, aunque es necesario destacar la menor magnitud de la información disponible para éste.

Figura 8 Areas de relevancia ambiental según el componente fauna



#### 4.4.2 Areas de relevancia ambiental según el componente flora y vegetación

De acuerdo a los resultados de la sección de flora y vegetación, las localidades prioritarias para la conservación asociados a la cuenca del río Rapel y sus principales afluentes son los sectores precordilleranos en la cuenca del río Cachapoal y del río Tinguiririca. Tanto las localidades del Puente José Manuel y la Estación de aforo del río Cachapoal bajo Cortaderal, la Hacienda las Nieves en el río Claro de Rengo y el sector de la confluencia del río Tinguiririca con el río Azufre y el sector de Las Cardillas en el río Tinguiririca presentan características que las distinguen de las demás como áreas de relevancia ambiental. Estas localidades presentan un grado de artificialización medio-bajo de la cobertura de la vegetación nativa, elevados números de especies endémicas y de especies en alguna categoría de conservación. En términos de protección de la calidad y flujo de los cursos de agua dulce, un bajo grado de artificialización en la vegetación nativa en la cuenca de los ríos refleja un elevado nivel de protección de la erosión de las laderas, y en consecuencia, asegura la protección de la calidad y provisión de los cursos de agua tanto para el consumo humano, la biota de agua dulce y la calidad del agua que desemboca de los ríos en el mar.

Proyectos de generación de energía hidroeléctrica en actual desarrollo en los sectores precordilleranos deben ser desarrollados con extrema precaución con el fin de evitar el deterioro de la vegetación nativa, y deben asegurar la conservación de este tipo de cobertura vegetal de manera de preservar la provisión del recurso hídrico. Además, deben asegurarse al menos los 200 m de bosque libres de intervención asociados a los cursos de agua naturales especificados en la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, con el fin del resguardo de los suelos y los recursos hídricos.

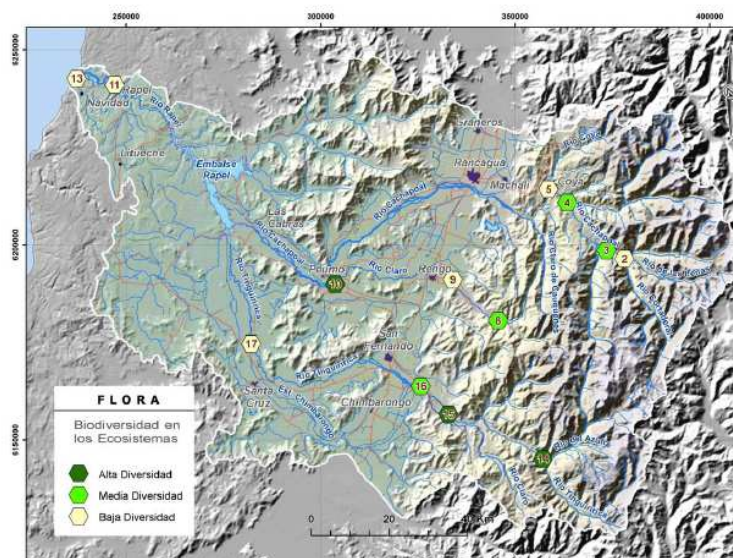
Como ya ha sido observado con anterioridad, este estudio manifiesta el elevado grado de intervención antrópica al que está sujeto el valle del río Rapel y sus principales afluentes, actualmente dado especialmente por los cultivos agrícolas intensivos en la región y el pastoreo.



Entre las especies más frecuentes a lo largo de la cuenca, en las localidades del valle se encontró asociado directamente al curso de agua o en sectores húmedos y soleados el árbol *Psoralea glandulosa* (culén), que en Chile se distribuye desde la IV a la X Región. Tanto el maqui (*Aristotelia chilensis*), como el endémico quillay (*Quillaja saponaria*), presentes desde la IV a la XI Región en Chile, se encontraron tanto en localidades precordilleranas como del valle en los cauces de los ríos o en las laderas de los cerros adyacentes. El espino (*Acacia caven*), distribuido en Chile desde la III a la VIII Región, es una especie indicadora de perturbaciones por fuego y pastoreo en Chile central cuando se encuentra en formaciones llamadas comúnmente “espinares”, y se encontró asociada tanto al cauce de los ríos como a en las laderas adenañas en los sectores con mayor grado de intervención antrópica.

Es importante considerar en los resultados de esta investigación, especialmente en lo que respecta a la flora y los análisis realizados en referencia a la flora presentada, que el número de especies que fue posible registrar en cada punto depende de manera directa del esfuerzo de muestreo. En este caso, el esfuerzo de muestreo ha sido sin duda alguna insuficientes para poder definir estos resultados como definitivos. El estudio de la flora de una localidad requiere de exhaustivas campañas en terreno reiteradas en distintas estaciones del año, e incluso, de visitas en años distintos, aumentando de esta manera la posibilidad de registrar la totalidad de las especies. Sin embargo, a pesar de las limitaciones metodológicas, el presente trabajo arroja resultados que pueden ser considerados como una primera guía para la toma de decisiones en términos de generar medidas de conservación, mitigación, restauración en la cuenca del río Rapel y sus principales afluentes.

Figura 9 Areas de relevancia ambiental según el componente flora.



Biodiversidad en el ecosistema: Componente Flora

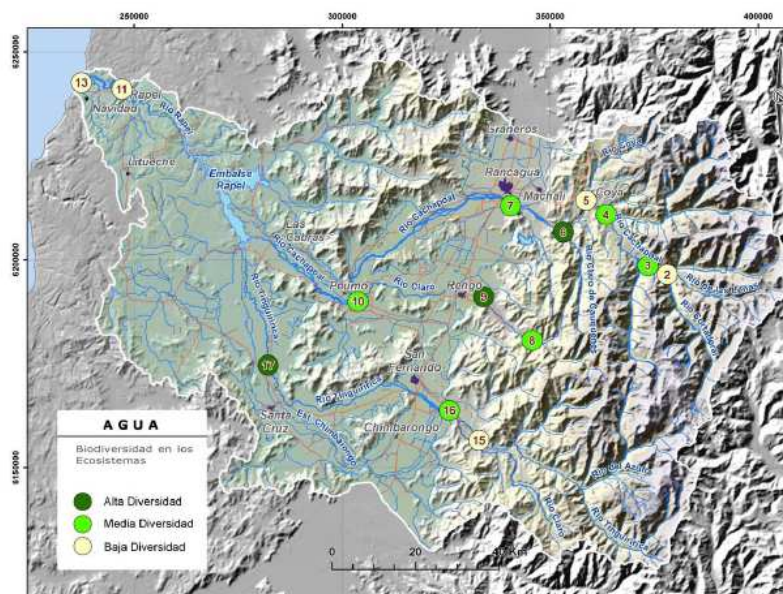
#### 4.4.3 Areas de relevancia ambiental según el sistema acuático y calidad de agua.

En conjunto, la cuenca del río Rapel representa un sistema de características muy diversas (particularmente desde la perspectiva del escenario físico), aspecto que tiene una gran influencia en el tipo de comunidades biológicas acuáticas que alberga. Esto, sumado al impacto humano variable que existe en distintas zonas, produce un mosaico de patrones de biodiversidad.

Las variables medidas, y que están asociadas con la calidad del agua, muestran lo diverso que pueden ser los distintos cursos de agua que componen el sistema (ej: alta variabilidad en los valores de conductividad, elevada concentración de hierro detectado en el río Coya). Estas diferencias obedecen a condiciones naturales pero también hay características de la calidad del agua que están estrechamente ligadas a la influencia de actividades humanas (ej: concentración de coliformes fecales) que denotan una influencia directa en ciertos sectores.

La gama de tipos de organismos considerados en el estudio, cuantificados en un breve lapso y siguiendo estrictamente la misma metodología, pretende ser una muestra representativa de una sola época del año (una “fotografía”) que corresponde a la transición primavera-verano. El patrón general obtenido era esperable, es decir, al igual que lo observado en las variables físico-químicas del agua, la diversidad y abundancia de organismos (desde fitoplanctónicos hasta peces) mostró una gran variabilidad. Además de reconocerse esta alta variabilidad, es interesante poder disponer de un muestreo amplio como este (muchas variables simultáneamente) ya que de este modo es posible encontrar factores de causalidad al modo en que se discuten los patrones registrados en los distintos sitios estudiados.

Figura 10 Areas de relevancia ambiental según componente agua



Biodiversidad en el ecosistema: Componente Agua

## 5 ANTECEDENTES DEL RECURSO HIDRICO

### 5.1 Hidrología

La red hidrográfica de la región del Libertador Bernardo O'Higgins está representada principalmente por los ríos Cachapoal, Tinguiririca y Rapel. Estos ríos integran en su totalidad la cuenca Rapel a través de sus respectivas subcuencas Cachapoal, Tinguiririca, embalse Rapel y desembocadura. La cuenca Rapel se ubica geográficamente en Chile Central entre los 33° 53' y 35° 01' de latitud sur aproximadamente, abarcando 14.177 km<sup>2</sup> de superficie y cuya longitud total se estima en 240 km.

#### 5.1.1 Subcuenca Cachapoal

El río Cachapoal, que drena la porción norte de la cuenca Rapel, tiene su origen en el sector andino de esta región en las inmediaciones de la frontera con Argentina. Proviene de la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes en el cerro los Piuquenes a 4.446 m de altitud de un conjunto de ventisqueros con cuyos deshielos se alimenta. Recorre unos 175 km hasta su confluencia con el río Tinguiririca y posee un ancho máximo de 75 km. La subcuenca Cachapoal tiene una red de drenaje fundamentalmente dendrítica, con algunos drenes paralelos debido al control estructural que ejercen algunas fallas geológicas en el área. Su hoya hidrográfica comprende una superficie aproximada de 6.250 km<sup>2</sup> lo que supone el 38% de la superficie de esta región.

La cabecera de esta subcuenca ha sido descrita como un sistema con régimen nival y escurrimiento torrencial, por lo que presentan un mayor caudal en el período de verano y su menor caudal ocurre durante el período de invierno. Sus afluentes principales en la parte alta de la cuenca son los ríos Las Leñas, Cortaderal, Cipreses y Pangal. Todos ellos presentan similares características en cuanto a régimen hidrológico y carácter torrencial de sus aguas. Hasta su confluencia con el río Coya en la localidad del mismo nombre, el río Cachapoal recorre unos 53 km. con una pendiente media del 7%.

En su porción intermedia, a unos 10 km. al oeste de Rancagua, el Cachapoal recibe los aportes de los ríos Coya, Claro de Cauquenes, esteros Los Leones y La Cadena. En este tramo el río tiene una longitud de 36,2 km. con una pendiente media de 1,03%. En esta zona el río Cachapoal presenta características nivo-pluviales, presentando dos máximos en sus caudales, los que se generan en invierno debido a las lluvias y durante el período de deshielo, a comienzos del verano. Más septentrionalmente y hasta su unión con el río Tinguiririca, recibe la afluencia del río Claro y de los esteros Idahue, y Zamorano, teniendo en este tramo bajo una longitud de 83 km. con una pendiente promedio de 0,4%.

El tramo alto de la hoya hidrográfica del río Cachapoal ha sido descrito como de primer orden y con claras características ritrónicas, es decir, un río de montaña con pendientes fuertes, aguas caudalosas, frías y de alta oxigenación. Esta subcuenca es de tipo exorreica, es decir, el escurrimiento de las aguas es continuo hasta el mar, siendo interrumpido su flujo por la acumulación artificial de las aguas en el embalse Rapel.



### 5.1.2 Subcuenca Tinguiririca

El río Tinguiririca, que drena la porción sur de la cuenca Rapel, nace con el nombre de río Damas en el sector andino de esta región, en las inmediaciones de la frontera con Argentina. Proviene de un sector cordillerano a unos 3000 m de altura en donde los hielos son menos abundantes. Avanza primero con dirección norte-sur, pero en Las Vegas del Flaco cambia a dirección noroeste, la cual mantiene durante todo el resto de su curso. La longitud del río Tinguiririca asciende a unos 167 km hasta su confluencia con el río Cachapoal en La Junta y el área drenada por esta subcuenca alcanza los 4.730 km<sup>2</sup> de superficie aproximadamente.

El primer afluente importante del Tinguiririca es el río del Azufre, que realiza su aporte por la ribera norte unos 23 km. aguas abajo de Las Vegas del Flaco. Posteriormente, unos 20 km. aguas abajo, el Tinguiririca nuevamente recibe un aporte por su ribera norte, esta vez se trata del río Clarillo. Aguas abajo de la localidad de Puente Negro, el río Claro realiza un importante aporte de caudal por la ribera sur. Es a partir de este punto que el río Tinguiririca abandona el ámbito cordillerano para precipitarse sobre el valle.

Después de la confluencia del río Claro con el Tinguiririca no existe ningún aporte de importancia por más de 50 km. hasta que en la Comuna de Palmilla el estero Chimbarongo descarga al Tinguiririca por la ribera sur. Posteriormente, unos 13 km. aguas abajo, en las inmediaciones del límite entre las comunas de Palmilla, Pichidegua y Peralillo, el estero La Condenada realiza su aporte al Tinguiririca por la ribera este. Unos 7 km. aguas abajo de esta última confluencia se encuentra la unión con el estero Calleuque, el que realiza su descarga al Tinguiririca por el lado oeste. Finalmente, a unos 4 km. de la junta anterior, el estero Aguas Coloradas realiza su aporte por la ribera oeste.

### 5.1.3 Embalse Rapel y Desembocadura

El río Rapel se forma de la confluencia entre los ríos Cachapoal y Tinguiririca, una vez que estos han atravesado el valle central confluyendo en un lugar denominado La Junta, a unos 6 km al oeste de la localidad de Las Cabras en la comuna de Pichidegua. Esta unión ocurre en las cercanías de la Cordillera de la Costa, lugar que se encuentra inundado por las aguas del embalse Rapel. Desde La Junta, el río Rapel corre hacia el noreste, en medio de un lecho obstruido por depósitos fluviales y desemboca en el mar en el sector de la bahía de Navidad, a través de un solo cauce de unos 60 m de ancho. En su recorrido, no recibe afluentes de importancia, siendo el de mayor significación el estero Alhué.

El embalse Rapel tiene una superficie aproximada de 82 km<sup>2</sup> y 260 km de costa ribereña, almacenando aproximadamente 700 millones de m<sup>3</sup> de agua, siendo sus principales tributarios los ríos Cachapoal y Tinguiririca, junto a los esteros Alhué, Las Palmas, Quilicura y Las Cabras.

Este embalse está morfológicamente constituido por tres cubetas, la primera identificada como sur-oriental que recibe principalmente los aportes de los ríos Cachapoal y Tinguiririca (brazo Cachapoal), la segunda denominada nor-oriental con su principal tributario el estero Alhué (brazo Alhué) que recibe los efluentes de las aguas claras del tranque de relaves Carén y la

tercera llamada poniente (brazo Cortina) donde confluyen las dos cubetas antes mencionadas.

Este atraviesa la Cordillera de la Costa, corriendo hacia el noroeste en medio de un cañón de laderas escarpadas labrado en granodiorita, en el que se emplaza el muro del embalse del mismo nombre y parte de su hoya de acumulación que da origen a la Central Hidroeléctrica Rapel, (que funciona desde 1968) interconectada al sistema eléctrico nacional. El embalse dió origen a un centro turístico con atractivos especialmente de deportes náuticos y pesca. Este embalse como generador de energía eléctrica y como sector turístico, se encuentra seriamente afectado a causa del embanque de su lecho, que se ha incrementado a una velocidad mucho mayor a lo presupuestado.

El río Rapel tiene un régimen de alimentación mixto, con crecidas en invierno derivadas de las lluvias y en primavera y verano debido al deshielo. En sus tributarios se advierte una diferencia fundamental. En el río Cachapoal predomina la alimentación pluvial, mientras que en el Tinguiririca es más relevante el deshielo. En este sentido el Rapel tiene un comportamiento mas parecido al Cachapoal, ya que también presenta las mayores crecidas de mayo a agosto. Los estiajes más acentuados de ambos ríos corresponden a los meses comprendidos entre febrero y abril y a octubre.

La complejidad de su comportamiento como cuerpo de agua superficial, radica en que la cubeta sur-oriente aparentemente actúa como río, en consecuencia presenta cortos períodos de residencia del agua. En tanto, la nor-oriente actúa como lago, con períodos de residencia de agua bastante más prolongados. Se une a esto la variedad de actividades antrópicas desarrolladas en toda su extensión tales como asentamientos humanos, minería, agricultura, crianza y faenamiento de animales, recreación, pesca deportiva, turismo, etc. Toda esta actividad genera aportes significativos de nutrientes, metales pesados, materia orgánica y otros, que pudiesen ser la causa de algunos eventos ambientales (mortalidad de peces) que ha despertado la natural alarma pública e inquietud en las autoridades regionales.

## 5.2 Hidrogeología

### 5.2.1 Sectores hidrogeológicos de la cuenca.

En el informe técnico SDT 209 se definió una serie de sectores hidrogeológicos de interés asociados a los valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca, en base a criterios hidrogeológicos, hidrológicos, geomorfológicos y de modelación numérica, que se muestran en la Figura 14.

La ubicación específica de cada uno de los sectores que se muestran en la Figura 14, se describen en la Tabla 13.

Figura 11. Sectorización de los Valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca

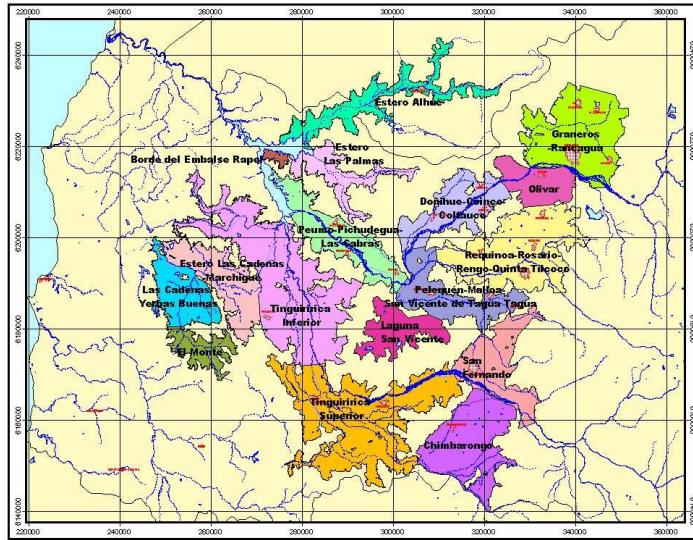


Tabla 7. Ubicación de los Sectores Acuíferos de la VI Región

<b>VALLE DEL ESTERO</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Embalse Rapel	Este sector corresponde al borde sur del embalse Rapel. No presenta flujos superficiales.
Las Palmas	Este sector acuífero está asociado a la cuenca del estero Las Palmas.
Alhué	Este sector corresponde al relleno acuífero asociado al estero Alhué hasta la desembocadura al embalse Rapel.
<b>VALLE DEL RIO CACHAPOAL</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Graneros – Rancagua	Este sector se ubica en la parte alta del relleno acuífero del Cachapoal, es decir, al norte del río del río Cachapoal entre las localidades de Graneros y Rancagua.
Olivar	Este sector se encuentra asociado a la localidad de Olivar y se ubica al sur de la localidad de Rancagua. La localidad de Olivar está delimitada superiormente por el río Cachapoal y termina aguas arriba de la división del valle hacia Doñihue y Requinoa.
Doñihue - Coihuecoltauco	Este sector, que se compone de las localidades de Doñihue, Coihuecoltauco y Coihuecoltauco. Sus principales fuentes superficiales son el curso intermedio del Cachapoal y el Estero Idaho.

Requinoa – Rosario Rengo - Quinta de Tilcoco	-Este sector, que se compone de las localidades de Requinoa, Rosario, Rengo y Quinta de Tilcoco. Este sector está asociado a la cuenca del río Claro.
Pelequén - Malloa - San Vicente de Tagua Tagua	Este sector, que se compone de las localidades de Pelequén, Malloa y San Vicente de Tagua Tagua. La cuenca del estero Zamorano es el principal aporte superficial.
Peumo - Pichidegua – Las Cabras	Este sector que se ubica el parte inferior del río Cachapoal, se compone de las localidades de Peumo, Pichidegua y Las Cabras y representa la descarga del valle hacia el embalse Rapel.
Tinguiririca Superior	Este sector corresponde a la parte intermedia del río Tinguiririca. Se encuentra delimitado superiormente aguas debajo de la localidad de San Fernando por el lado del río Tinguiririca y por el embalse Convento viejo por el lado del estero Chimbarongo. Su descarga se produce aguas abajo de la localidad de Santa Cruz.
Tinguiririca Inferior	Este sector corresponde a la parte baja del curso del río Tinguiririca y su desembocadura al embalse Rapel. Se encuentra delimitado superiormente por la zona del Tinguiririca Superior.
San Fernando	Este sector corresponde a la parte alta del río Tinguiririca, aguas arriba de la localidad de San Fernando. Entre los cursos superficiales se le asocia la parte alta del río Tinguiririca y el estero Antivero.
Chimbarongo	Este sector corresponde a la localidad de Chimbarongo y se encuentra aguas arriba del embalse Convento Viejo.
El Monte	Este sector corresponde al estero El Monte.
Las Cadenas – Yervas Buenas	Este corresponde a la zona del estero Las Cadenas aguas abajo del estero El Monte y abarca la cuenca aportante del estero Yervas Buenas. Su límite inferior corresponde al estero Las Rosas.
Las Cadenas – Marchigue	Este corresponde al relleno asociado al estero Las Cadenas entre el estero la Rosa y la Confluencia del estero las Cadenas con el estero Peralillo.
Laguna San Vicente	Este sector se ubica al sur de la localidad de San Vicente de Tagua Tagua y se encuentra asociado a la Laguna San Vicente

### 5.2.2 Estudio de Vulnerabilidad de los Acuíferos en la Región.

No solo el agua que podemos apreciar en los cursos superficiales es el agua disponible en las

cuencas de la Región. Existe una cantidad de ella que discurre subterráneamente infiltrándose por distintos motivos y que compone gran cantidad de los recursos y reservas de la VI Región. Es importante por tanto identificar y dimensionar los acuíferos de que se dispone, donde está el recurso y que cantidad de él poseemos. Adicionalmente y no menos importante es saber el estado de ellos, es decir la calidad ya que la contaminación de las aguas subterráneas es más común de lo que uno espera.

Tabla 8. Descripción de Vulnerabilidad según Macrozonas.

<b>Macrozona</b>	<b>Características Hidrogeológicas</b>	<b>Estimación de la Vulnerabilidad</b>
A. Cordillera	En este sector, de propiedades hidrogeológicas escasamente conocidas, es posible considerar a la mayor parte del agua subterránea aprovechable como aquella que se desplaza por los valles principales de grandes ríos, en depósitos no consolidados fluviales y aluviales o en depósitos derivados de remociones en masa, depositación glacial y otros. A la vez, puede llegar a ser importante el flujo local en fracturas de macizos rocosos. Sin embargo, para el análisis realizado aquí, se consideró principalmente como unidades hidrogeológicas de expresión superficial importante a los depósitos no consolidados que presentan una cierta permeabilidad y porosidad. A las rocas, en tanto se asignó importancia hidrogeológica baja a nula, por lo que su estimación de la vulnerabilidad debe relacionarse necesariamente a su importancia como elemento portador de agua. A juzgar por los escasos datos disponibles, el nivel estático es bastante somero.	Alta en valles, moderada en depósitos de remoción en masa (Tinguiririca) y baja en depósitos de cenizas (Machalí, Chimbarongo) y otros similares (Avalancha Volcánica de Colón-Coya).
B. Depresión Central N y Valles del Cachapoal y Claro	En los sectores b y c se ubican los principales acuíferos de la región. Acuíferos de importancia regional, específicamente en este sector son de tipo libre a semiconfinado y en sectores muy restringidos de tipo confinado. Los niveles son someros (5-20 m: San Francisco, Pelequén, Peumo al oeste) a muy profundos (98-107 m: Rancagua). En el curso medio del río Cachapoal (Coinco, Coltauco, Peumo) y en el valle del río Claro se presentan sectores con niveles freáticos muy someros (menos a 5 m).	Baja en sectores de depósitos más bien finos o de cenizas (Machalí, NW Rancagua, Angostura), Moderada en sectores de acuíferos profundos o con litologías menos permeables (Rancagua, Codegua, rinconadas). Alta y Extrema en cursos medios-bajos de los ríos Cachapoal

		(Olivar Alto, Coinco hacia aguas abajo) y Claro (Rengo hacia aguas abajo).
C. Depresión Central S y valle del Tinguiririca	Acuíferos libres a semiconfinados de importancia regional. Depósitos muy permeables (arenas y gravas finas) y nivel freático variable, que llega a menos de 4 m en todo la parte baja del sector (Nancagua, Chépica, Santa Cruz). En San Fernando y Chimbarongo, el nivel se profundiza (10 – 20 m), pero la granulometría de los depósitos continúan muy permeables (gravas y arenas). Sólo en los sectores de rinconadas hay niveles un poco más profundos y depósitos con granulometría heterogénea (incluyen limos y arcillas). Al E de Chimbarongo, se presenta el acuífero cubierto con un nivel persistente de depósito fino, probablemente cenizas, el cual incluso podría actuar como estrato semiconfinante. Sobre este estrato (al oriente de Peor es Nada) se presenta un acuífero muy somero, menor, el cual se presenta a menos de 3 m; probablemente colgado.	En general, alta, con valores extremos en áreas de nivel freático somero (Peumo, San Vicente). Entre el Manzano y Las Cabras, la aparición de estratos menos permeables en el centro del valle implica vulnerabilidad moderada.
D. Valles intra-Cordillera de la Costa	Acuíferos de importancia local, frecuentemente desconectados hidráulicamente, con nivel freático (o piezométrico, donde está confinado) entre 1,5 y 10 m. La aparición de sedimentos de menor energía (limos y arcillas) condiciona la permeabilidad de estos depósitos. En las terrazas inferiores de los valles del área (p.ej. Nilahue) los depósitos son más permeables. En terrazas altas, se presentan intercalaciones con depósitos más finos. En dichas áreas, además, el nivel freático se profundiza (N de Marchihue). Hacia el norte del área (riberas del embalse Rapel, NW Litueche), las cenizas que se presentan adosadas a los valles cubren o confinan al acuífero.	Alta en valles, moderada en terrazas altas de los valles, alta a baja en riberas del Lago Rapel (cenizas).
E. Cordillera de la Costa	Los relieves elevados de la Cordillera de la Costa en el área muestran comportamiento hidrogeológico diferenciado, con áreas de rocas más fracturadas y de mayor espesor de suelo, que pueden contener agua y por lo tanto poseen un potencial hidrogeológico ligeramente mayor que el resto de las litologías presentes en el	Muy baja a nula en las rocas con potencial menor, Baja en rocas con espesor meteorizado importante (“maicillo”, horizontes de suelo derivado de

	<p>área, pero indudablemente menor que el conjunto de acuíferos en medios porosos (rellenos de valle ya citados en sectores B, C, D). La ocurrencia de agua es local y los niveles son muy variables, aunque someros. En el sector norte (Litueche), la presencia de una cobertura superficial de depósitos semiconsolidados (gravas y arenas) mejora el potencial.</p>	<p>roca in situ, zonas fracturadas), Moderada en sectores con presencia de cobertura de gravas y arenas (Litueche, terraza costera entre Topocalma y Pichilemu, costa al sur de Pichilemu). Alta a extrema en depósitos de valles y terrazas costeras bajas (Nilahue, Topocalma).</p>
--	---	---

Fuente: Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU; CONAMA, 2002.

De acuerdo al estudio de vulnerabilidad de aguas subterráneas se establecieron las siguientes agrupaciones:

Zonas de extrema vulnerabilidad: Estero Quebrada Honda (Topocalma), Peumo-San Vicente de Taguatagua, Estero Peuco-San Francisco de Mostazal, Santa Cruz, Miravalle (Pelequén).

Zonas de alta vulnerabilidad: Llano San Rafael, Marchigue bajo-Estero de La Cadenas (Peralillo), La Esperanza-La Rosa (Bajo Cachapoal), Estero San Antonio Petrel (Pichilemu), Codegua-Graneros, Coltauco-Lo de Cuevas, Rosario, Rengo, Laguna Tagua-Tagua, Lihueimo, Chépica, Culenco (Estero Quillahue, afluente del Nilahue), Polonia, Chimbarongo.

Zonas de moderada vulnerabilidad: Marchigue parte alta, Peralillo-Cayeuque-El Barco, Cachapoal (Los Lirios-Santa Amalia), Estero Machalí, Cerca Embalse Nilahue, Carrizalillo, San Fernando.

Zonas de baja vulnerabilidad: Machalí, Codegua de Chimbarongo.

### 5.3 Glaciares

En Chile central, el número y superficie de glaciares se incrementan significativamente, respecto a las otras áreas del país, debido a las mayores precipitaciones y alturas de la cordillera de los Andes, que vuelven a superar los 6000 m. En las cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca, donde vive cerca del 55 por ciento de la población nacional, la superficie de glaciares supera los 900 km<sup>2</sup>, distribuidos en más de 1320 glaciares. Esta es una de las principales reservas estratégicas para el abastecimiento de agua potable de la población (Rivera et al. 2000). Uno de los glaciares con los registros históricos más antiguos que confirman el retroceso del hielo, es el del Glaciar Cipreses.

Tabla 9. Superficie de glaciares de la cuenca Rapel

Región administrativa	Cuenca hidrográfica	Número de glaciares	Area en km <sup>2</sup>	% de superficie con glaciares rocosos	Fuente
VI	Cachapoal	146	222.42	21 %	CAVIEDES (1979)
VI	Tinguiririca	261	106.46	3%	VALDIVIA (1984)

Fuente. CECS, [www.glaciologia.cl](http://www.glaciologia.cl)

Tabla 10. Ubicación de glaciares VI región.

Glaciar	Superficie Km2	Coordenadas N	Coordenadas S
Cipreses	40	61754833.84	374637.55
Universidad	12 Km de largo	6159174.78	376896.03
Manke		6160872.62	375450.20
Cortaderal		6467024.48	379441.85
Palomo		6171824.83	381006.04

Fuente: Creación propia con datos de Mapa IGM Alto de los Arrieros - glaciar Cipreses-Universidad

### 5.3.1 Descripción Glaciar Los Cipreses

Período	Tasas de retroceso anual (m a <sup>-1</sup> )
1842 – 1852	38
1852 – 1882	58



1882 – 1955	13
1955 – 1968	33
1968 – 1987	41
1987 – 1997	6
1997 – 2000	23
2000 – 2004	12
2004 – 2007	0
1842 – 2007	27 (promedio)

En la cuenca del Cachapoal, Caviedes (1979) determinó las variaciones de dos glaciares que evidencian retrocesos. Es el caso del glaciar Palomo Norte que manifiesta tasas de recesión equivalente a unos  $70 \text{ m a}^{-1}$  en el periodo 1955-68 y de  $25 \text{ m a}^{-1}$  en el periodo 1968-78. El otro glaciar considerado es el Cipreses, ubicado en la cuenca del Cachapoal, el cual fue visitado por primera vez en 1860. Como puede apreciarse en la Tabla 1, este glaciar ha experimentado un permanente proceso de retroceso, el cual se ha acentuado en las últimas décadas, donde las tasas de retroceso se han triplicado. Fue visitado por Claudio Gay (1832), Ignacio Domeyko (1842) y Rodulfo Philippi (1875)

Tabla 11. Variaciones del glaciar Cipreses

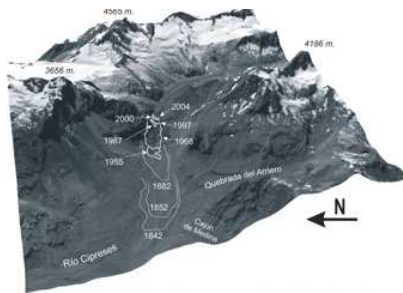
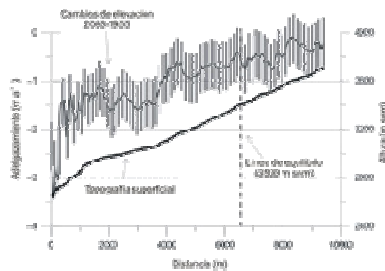


Imagen satelital reciente sobre un modelo digital de elevación del glaciar Cipreses, mostrando las distintas posiciones del glaciar desde 1842 a la fecha, las cuales han sido reconstruidas con documentos históricos, fotografías aéreas e imágenes de satélite.



**(Frontal variations of Ciproces glacier)** Cambios de elevación de la topografía superficial del glaciar entre 1959 y 2000. La parte baja del glaciar está experimentando un adelgazamiento superior al metro por año (Rivera et al. 2006).

### 5.3.2 Descripción de los Glaciares del Sector San Andres

En el sector de San Andres, se realizó un inventario a solicitud del titular del proyecto “Hidroeléctrica San Andres”, proyecto que fue aprobado ambientalmente en Junio del 2008. El inventario se ha realizado siguiendo las recomendaciones de UNESCO para la identificación de glaciares. Se han complementado los antecedentes con información adicional requerida para realizar la estimación de persistencia de los glaciares y de sus caudales aportantes

a los proyectos hidroeléctricos.

En el sector de San Andrés (Figura 1.) se inventariaron 39 glaciares, identificados del 001 a 039. De ellos, 22 son blancos y 17 de roca. De los 39 identificados, solo 2 son reconocidos en literatura nacional o internacional, ambos son glaciares blancos y son los de mayor superficie en el área, son los glaciares Universidad de 27,6 km<sup>2</sup> y Cortaderal de 5,8 km<sup>2</sup>.

Figura 12. Glaciar Universidad.



Fuente: Geoestudios, 2007.

El glaciar con menor superficie identificado es de 0,015 km<sup>2</sup>, y es un glaciar de roca.

El área total cubierta por glaciares en el sector de San Andrés es de 41,7 km<sup>2</sup>, de ellos 4,8 km<sup>2</sup> son de glaciares de roca y 36,9 km<sup>2</sup> de glaciares blancos, estos últimos aportados principalmente por los glaciares Universidad y Cortaderal.

El volumen total de glaciares es de 7.708 millones de metros cúbicos de detrito, hielo y morrenas, los que contienen un total de 7.643 millones de metros cúbicos de solo hielo.

Los espesores máximos promedio estimados paramétricamente son para los glaciares blancos de aproximadamente 75 m. Los espesores máximos son de los glaciares Universidad con 210 m aproximadamente.

En el sector de El Paso, los glaciares identificados son 27, identificados del 040 al 66, siguiendo la numeración del sector de San Andrés. De ellos, 6 son glaciares blancos y 21 de roca, y ninguno de ellos ha sido reconocido en literatura nacional o internacional. Los glaciares, en esta área identificados son todos menores con una superficies de menos de 0,7 km<sup>2</sup>.

Para el sector de El Paso, el área total cubierta por glaciares es de 6,2 km<sup>2</sup>, de ellos 3,7 km<sup>2</sup> son de glaciares de roca y 2,5 km<sup>2</sup> de glaciares blancos. El volumen total de glaciares es de 244 millones de metros cúbicos de detrito, hielo y morrenas, los que contienen un total de 211 millones de metros cúbicos de solo hielo.

Los espesores máximos promedio estimados paraméricamente para el sector de El Paso, es para los glaciares blancos de aproximadamente 40 m, con un máximo de 60 m y para los glaciares de roca un espesor promedio de 23 m, con espesores máximos de 50 m.

En una comparación visual de las imágenes de 1997 y 2007, no se observan cambios en la posición de los frentes glaciares; por lo tanto, se estima que los frentes glaciares están estables, sin variaciones en los últimos 10 años.

Los glaciares se encuentran, en general en equilibrio en el área, sin aportas recursos hídricos a las cuencas, solo regulando caudales. Pero esta condición puede cambiar si se producen retrocesos glaciares como consecuencia de los cambios climáticos previstos para el futuro cercano como los actualmente previstos en cuanto aumento de temperatura, reducción de precipitaciones y efectos en otras zonas de glaciares, es posible estimar, de manera muy general, que los glaciares blancos más pequeños persistirán del orden de entre 7 y 130 años, y los glaciares mayores entre 60 y 500 años, aunque para los grandes glaciares Universidad y Cortaderal este tiempo puede llegar a ser de hasta 2.000 años. Los glaciares de roca, menos afectados por los cambios climáticos debido al efecto protector de la cubierta de detritos, persistirán más años que los glaciares blancos, probablemente del orden de 4 a 6 veces el número de años antes señalado.

Los glaciares en equilibrio no aportan agua a la cuenca, solo regulan los caudales, como parece ser la situación actual en el las áreas analizadas. De ocurrir una reducción de masa y retroceso de frentes de los glaciares, como respuesta de los glaciares a futuros cambios climáticos, habrá un mayor aporte de agua al inicio del proceso, mayor aporte que se irá reduciendo en el tiempo hasta extinguirse totalmente el mayor aporte y también la capacidad de regulación junto con los glaciares. Considerando la presencia de glaciares blancos y de roca, este mayor aporte puede ser, inicialmente, del orden de 0,1 o más % del volumen de hielo presente en los glaciares, vale decir, del orden de 190.000 m<sup>3</sup> de agua anuales en el sector El Paso, y del orden de 6.900.000 m<sup>3</sup> anuales en el sector de San Andrés.

Los incrementos en la tasa de fusión de la superficie de los glaciares por el efecto del polvo levantado por las operaciones industriales debe estimarse, midiendo este efecto en los glaciares con canchas de diversas concentraciones de polvo esparcido, y realizando un modelo de simulación de precipitación de polvo sobre los glaciares. Se estima que incrementos de entre un 3 a 5% de la tasa de fusión por polvo podría originar balances de masa marcadamente negativos en los glaciares blancos. El polvo no afecta a los glaciares de roca, o superficies de hielo cubiertas con detritos. (GEOESTUDIOS, 2007).

## 6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICO

### 6.1 Aguas superficiales

### 6.2 Usos de las aguas superficiales

El aprovechamiento de las aguas del sistema Rapel – Cachapoal – Tinguiririca se utiliza para el riego, la producción de energía eléctrica, la industria, la minería y el consumo por parte de la población.

No cabe duda de que el mayor porcentaje de agua en la zona de estudio se utiliza en riego debido a la extensión de la actividad agrícola. Sin embargo, también existen otros usos de agua en el área tales como agua potable y uso industrial. De acuerdo a datos de la empresa sanitaria de la VI Región ESSEL, el 42.7% del agua potable de la zona proviene de fuentes de abastecimiento superficiales, siendo el río Claro y parte del Cachapoal las principales fuentes superficiales. El CENMA en un estudio de 1999 señala que desde el río Tinguiririca se utilizan 595 m<sup>3</sup>/s en riego, 18 m<sup>3</sup>/s en minería y sólo 4.1 m<sup>3</sup>/s en agua potable.

Respecto al uso industrial y agroindustrial del agua, la información disponible indica que la mayor parte proviene desde fuentes de abastecimiento subterráneo.

Finalmente, el uso para producción de energía eléctrica aún no es efectivo en la zona de estudio, ya que no existen centrales hidroeléctricas en la zona. Sin embargo, se prevé la entrada en operación de la central La Higuera con capacidad de 155 MW y que se emplazará en la parte alta del río Tinguiririca. Además en la misma cuenca están en proyecto las centrales La Confluencia (145 MW) que entraría en operación el año 2009, y las centrales Portillos (60MW) y Las Damas (40 MW) las que estarían listas para operar en el año 2011.

Debido al aumento de demandas de agua para riego, especialmente de cultivos vitivinícolas, se proyectó la ampliación del Embalse Convento Viejo ubicado a 15 kilómetros al sur de la localidad de Chimbarongo, en el estero del mismo nombre. La estructura contará con una capacidad para almacenar 237 millones de metros cúbicos. Este embalse permitirá el sustento y el mayor desarrollo de cultivos de alta rentabilidad y productividad para la Región de O'Higgins, a través del aprovechamiento de las condiciones climáticas y de suelo.

Se estima que más de 5 mil agricultores de la zona se verán directamente beneficiados con la presa, que permitirá mejorar la seguridad de riego de 19 mil hectáreas del valle de Chimbarongo e incorporar al riego a 19 mil hectáreas de secano localizadas en el valle de Nilahue. Adicionalmente, el proyecto incluye una red de canales para riego de aproximadamente 300 km. de longitud, los cuales permitirán conducir el agua desde el estero Chimbarongo hasta el valle de Nilahue. Asimismo, se espera que el embalse logre aumentar la productividad media de la tierra de unos US\$ 350 a US\$ 2.000 por há/año.

### 6.3 Derechos de aprovechamiento del recurso hídrico

La información del Inventario para la Región del Libertador Bernardo O'Higgins que realizó la DGA en el 2009 indica que existen un total de 733 derechos de aprovechamientos de aguas superficiales.

Tabla 12. Cantidades de Derechos que Conforman el Inventario, Región del Libertador Bernardo O'Higgins

Provincia	Consuntivos	No Consuntivos	Total
Cachapoal	212	82	294

Colchagua	171	106	277
Cardenal Caro	162	0	162
Total	545	188	733

#### 6.4 Mercado del agua

No existe información confiable sobre transacciones de los derechos de aprovechamiento.

#### 6.5 Organizaciones en torno a la gestión hídrica

##### 6.5.1 Administradores de las aguas superficiales

Las Juntas de Vigilancia son aquellas organizaciones que administran y distribuyen las aguas a que tienen derecho sus miembros en los cauces naturales. En la cuenca Rapel existen 7 de estas organizaciones las cuales son las siguientes.

- 1 Río Cachapoal Primera Sección.
- 2 Río Cachapoal Segunda Sección.
- 3 Río Cachapoal Tercera Sección.
- 4 Río Claro Primera Sección.
- 5 Estero Zamorano.
- 6 Estero Chimbarongo.
- 7 Río Tinguiririca.

Relacionados con las Juntas de Vigilancia están las Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Aguas, los cuales para Rapel son 90. No obstante existen 5 Asociaciones de Canalistas y 142 Comunidades de Agua no asociados a Juntas de Vigilancia, pertenecientes a la Cuenca Rapel, esencialmente asociadas a captaciones de quebradas activas en primavera.

La Junta de Vigilancia del Río Tinguiririca está formada aproximadamente por 61 canales, la del Estero Chimbarongo está formada por 10 canales matrices y la Asociación de Canalistas del Estero Las Toscas está formada por 12 canales.

##### 6.5.2 Otros organismos

Además de las Juntas de Vigilancia, las Asociaciones de Canalistas y las Comunidades de Agua, en la cuenca Rapel existen las Mesas de Agua, las cuales fueron conformadas para la subcuenca Cachapoal y Tinguiririca. En la subcuenca Cachapoal existe el “Consejo Directivo de Cachapoal” que nació en el año 2001 como resultado de un proyecto de “Diagnóstico de Calidad del Agua del Río Cachapoal”, desarrollado durante los años 2000 a 2002. Mientras que en la subcuenca Tinguiririca existe la mesa “Aguas limpias para Colchagua” la cual se constituyó el año 2005 también a partir de un proyecto el cual se desarrolló durante los años 2004 a 2006 y se denominó “Diagnóstico y Plan de Gestión para la Calidad del Agua del río Tinguiririca y Estero Zamorano”.

#### 6.6 Calidad de agua

Con el fin de calificar la calidad de las aguas, en el país se han comenzado a normar las principales cuencas hidrográficas. Este es el caso del Río Cachapoal, el cual se encuentra en etapa de Proyecto Definitivo de Norma de Calidad Secundaria de la Cuenca, así como también el Tinguiririca que durante el año 2008 comienza a desarrollar el Anteproyecto de Calidad Secundaria de la Cuenca. Ambos procesos cuentan con un extenso análisis estadístico de los datos de calidad, los cuales son tomados en cuenta para determinar distintos tramos de calidad a través de los ríos y sus afluentes. Dichos resultados dan pie a sectorizar la cuenca definiendo programas de vigilancia, para fiscalización de la normativa una vez vigente, además de ser fuente permanente de información que permite generar planes de gestión de mejoras de la calidad de aguas. Actualmente en ambas cuencas existen programas de vigilancia y están bajo la responsabilidad de mesas ambientales, las cuales son organizaciones voluntarias público privadas denominadas; Consejo Directivo del Cachapoal y Aguas Limpias Para Colchagua. En cada caso los datos de monitoreo de calidad de aguas de la cuenca son sistemáticos. Además estas bases de datos dinámicas están fortalecidas con los datos obtenidos en los proyectos de “Diagnósticos de Calidad y Planes de Gestión” desarrollados por la Conama en ambas cuencas y financiados por el F.N.D.R.

Tabla 13 Areas de Vigilancia Cuenca Cachapoal y definición cualitativa de calidad del agua; considerando parámetros antrópicos asociados a carga microbiológica y parámetros orgánicos, 2009.

Cauce	Límites del área de vigilancia	Km lineales aprox. cauce principal	Comunas que involucra el tramo	Calidad del agua
Rio Cachapoal	Desde: nacimiento rio Cachapoal	CA-10 44.4	Machalí	Buena calidad
	Hasta: confluencia rio Pangal			
	Desde: confluencia rio Pangal	CA-20 6.2	Machalí	Buena calidad
	Hasta: confluencia rio Coya			
	Desde: confluencia rio Coya	CA-30 22.58	Machalí	Buena calidad
	Hasta: confluencia estero Los Leones			
	Desde: confluencia estero Los Leones	CA-40 13.17	Machalí Rancagua	En general buena calidad disminuyendo en compuestos inorganicos
	Hasta: confluencia estero La Cadena			
	Desde: confluencia estero La Cadena	CA-50 36.02	Doñihue Coinco Olivar Coltauco	Baja calidad microbiológica y carga orgánica
Hasta: confluencia estero Idahue				

	Desde: confluencia estero Idahue	CA-60 11.5	Coltauco Peumo	Mala calidad microbiológica
	Hasta: confluencia Estero Zamorano			
	Desde: confluencia Estero Zamorano.	CA-70 31.73	Peumo, Pichidegua Las Cabras	Baja calidad por carga micorbiologica
	Hasta: entrada embalse Rapel			
Rio Pangal	Desde: naciente rio Pangal	PA-10 21.6	Machalí	Buena Calidad
	Hasta: confluencia rio Cachapoal			
Rio Coya	Desde: naciente rio Coya	CO-10 33.6	Machalí	Regular Calidad en aspectos fisico-quimicos y altas concentraciones metalicas.
	Hasta: confluencia rio Cachapoal			
Estero La Cadena	De: naciente (confluencia Estero Machali y Estero Las Delicias)	LC-10 22.14	Graneros Doñihue	Mala calidad Microbiológica e inorganica
	Hasta: confluencia rio Cachapoal			
Rio Claro de Rengo	De: naciente rio Claro	CL-10 29.66	Rengo	Buena Calidad
	Hasta: Puente Chanqueahue			
	De: Puente Chanqueahue	CL-20 35.22	Malloa San Vicente	Baja calidad microbiológica
	Hasta: confluencia rio Cachapoal			
Estero Zamorano	De: Puente las Truchas	ZA-10 24.08	Malloa San Vicente	Regular calidad Microbiológica y fisico-quimica
	Hasta: confluencia rio Cachapoal			
Estero Rigolemu	De: naciente estero Rigolemu	RI-10 33.55	Malloa	Regular calidad Microbiológica
	Hasta: confluencia estero Zamorano (en naciente ribera norte)			
Estero Antivero	De: naciente estero Antivero	AN-10 34.66	San Fernando	Regular calidad inorganica y microbiológica
	Hasta: puente Antivero, ruta 5 sur			
	De: puente Antivero, ruta 5 sur	AN-20 10.95	San Fernando	Mala calidad Microbiológica
	Hasta: puente Ruta I - 90			

	- H			
	De: puente Ruta I - 90 H	NA-30	San Fernando	Regular calidad microbiológica y fisico quimica.
	Hasta: confluencia estero zamorano (en nacimiento ribera sur)	6.93	San Vicente	

Tabla 14. Areas de Vigilancia Cuenca Tinguiririca y definición cualitativa de calidad del agua; considerando parámetros antrópicos asociados a carga microbiológica y parámetros orgánicos, 2008.

CAUCE	LÍMITE AREA DE VIGILANCIA	km lineales aprox. cauce principal	Comunas	Calidad
Rio Tinguiririca	Desde: nacimiento río Tinguiririca	65.43	San Fernando	Buena calidad
	Hasta: confluencia río Claro			
	Desde: confluencia río Claro	30.85	Chimbarongo Placilla	Buena calidad
	Hasta: Puente La Gloria			
	Desde: Puente La Gloria	17.39	Nancagua	Regular calidad microbiológica
	Hasta: Puente Apalta			
	Desde: Puente Apalta	18.78	Santa Cruz Palmilla	Regular calidad microbiológica
	Hasta: Estación Los Olmos DGA			
	Desde: Estación Los Olmos DGA	27.67	Palmilla Pichidegua	Regular calidad microbiológica
Hasta: confluencia río Cachapoal				
Río Claro de San Fernando	Desde: nacimiento río Claro	47.03	San Fernando	
	Hasta: confluencia río Tinguiririca			
Estero Chimbarongo	Desde: nacimiento Estero Chimbarongo	11.82	Chimbarongo	Buena calidad
	Hasta: Puente Huemul o Blanco			
	De: Puente Huemul o Blanco	63.36	Chimbarongo Nancagua Santa Cruz	Regular calidad microbiológica
Hasta: confluencia río Tinguiririca				
Estero Las	De: nacimiento Estero Las	23.25	Santa	Buena



Toscas	Toscas		Cruz Palmilla Pichidegua	calidad, deteriorándose al disminuir el caudal.
	Hasta: Confluencia río Tinguiririca			

Los tramos indicados, como tramos de vigilancia, requieren en cada caso un análisis estadístico y exhaustivo de distintos períodos estacionales.

#### 6.7 Red de monitoreo de la cuenca Rapel

Para los ríos Cachapoal, Tinguiririca y sus afluentes, existe un Programa de Monitoreo de Calidad del Agua bajo la coordinación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y con financiamiento público privado. A través de un laboratorio acreditado se realizan análisis de calidad física, química y microbiológica de las aguas superficiales. Además, las mediciones tienen una frecuencia de 4 veces al año de acuerdo al ciclo hidrológico.

En las aguas superficiales de la subcuenca del Cachapoal se monitorean entre 10 a 30 parámetros según la estación de control, contando con una red de 19 estaciones. En cambio, las aguas superficiales de la subcuenca del Tinguiririca cuenta con una red de 9 estaciones de control las cuales monitorean en promedio 20 parámetros según la estación.

#### 6.8 Aguas subterráneas

##### 6.8.1 Uso y derechos de aprovechamiento.

Según el catastro de derechos de aprovechamiento de aguas de la Dirección de Aguas, los derechos en aguas subterráneas son los siguientes:

Tabla 15. Derechos de aprovechamiento aguas subterráneas.

Naturaleza de la fuente	Tipo	Nº derechos	Caudal otorgado (lt/s)
Subterráneas	consuntivos	3.245	46.154,80
	no consuntivos	3	12,2
	<b>Subtotal</b>	<b>3.248</b>	<b>46.167,00</b>

##### 6.8.2 Organizaciones

En la cuenca Rapel no existen asociaciones de usuarios de agua subterránea, lo cual ha debilitado la gestión sustentable del recurso.

##### 6.8.3 Calidad

La calidad de las aguas subterráneas no ha sido abordada de forma integrada por ningún servicio en especial. En el tema de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano, las empresas sanitarias en los sectores urbanos y los comités de agua potable rural realizan mediciones mensuales y anuales de los parámetros de la norma 409/05.

Por otro lado, el servicio de salud realiza mediciones al azar en los pozos destinados a agua potable, para corroborar el cumplimiento de la norma primaria de calidad.

En el cumplimiento de la norma 409/05 de calidad primaria no existe información oficial sobre parámetros fuera de norma.

Recientemente en el estudio “Diagnóstico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina” se encontró que en 8 pozos asociados a plantales de cerdos existen concentraciones altas de nitrato con coincidencia isotópica a origen porcino.

#### 6.8.4 Red de monitoreo

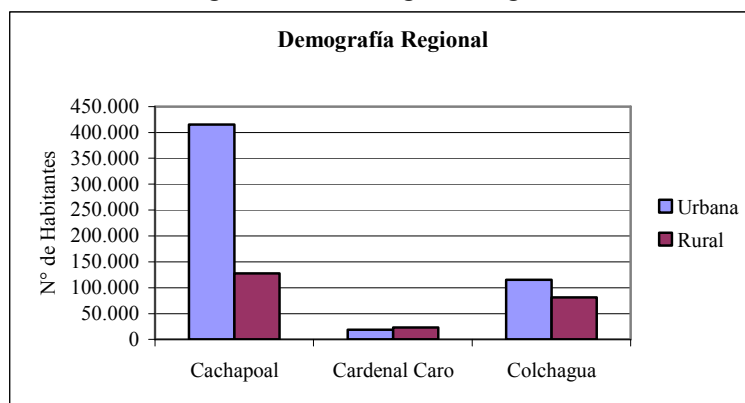
Con respecto a las aguas subterráneas de estas dos subcuencas, la Dirección General de Aguas maneja una red de estaciones de monitoreo formada por 178 puntos de monitoreo, los cuales han sido implementados de forma diferida desde el año 1960., en los cuales se realizan mediciones de nivel a través de pozómetros.

## 5. ANTECEDENTES SOCIOECONOMICOS

### 6.9 Demografía

Según los resultados del último censo del año 2002, la población total de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins cuenta con 780.627 habitantes, lo cual representa el 5,1% de la población total del país. Para el período correspondiente a los años 2000 y 2005, se calcula una tasa media de crecimiento de un 1,20%. Esta cifra se encuentra dentro del promedio nacional de crecimiento poblacional y demográficamente equivale a 1,2 personas por cada 100 habitantes.

Figura 13. Demografía regional



Fuente: Elaboración propia en base al Censo Nacional de Población y Vivienda 2002.

Las comunas involucradas en la cuenca Rapel son Rancagua, una parte de Codegua, Coinco, Coltauco, Doñihue, una parte de Graneros, Las Cabras, Machalí, Malloa, Olivar, Peumo, Pichidegua, Quinta de Tilcoco, Rengo, Requínoa y San Vicente de Tagua Tagua para la provincia de Cachapoal; una parte de La Estrella, una parte de Litueche, una parte de Marchihue y una parte de Navidad para la provincia de Cardenal Caro; y San Fernando, una parte de Chépica, Chimbarongo, Nancagua, Palmilla, una parte de Peralillo, Placilla y una parte de Santa Cruz para la provincia de Colchagua.

Considerando solo las comunas que integran la cuenca Rapel, alrededor del 70,81% de la población de esta zona vive en áreas urbanas, mientras que el 29,19% de ella habita en sectores rurales lo que indica una tasa de ruralidad similar al promedio regional. La cuenca de Rapel abarca aproximadamente el 82% de la superficie regional y la densidad poblacional de esta zona es de 54,02 hab/km<sup>2</sup>, cifra que está sobre el promedio regional.

#### 6.10 Actividad Económica

A continuación se señalan las cifras del Producto Interno Bruto Nacional de acuerdo a las distintas clases de actividad económica que se desarrollan en el país, indicadas en millones de pesos de acuerdo al año base 2003 y a precios constantes.

Tabla 16. Producto Interno Bruto.

	Años				
	2003	2004	2005	2006	2007
Agropecuario-silvícola	1.842.431	1.994.737	2.179.570	2.307.651	2.399.265
Minería	4.321.571	4.585.327	4.406.827	4.408.742	4.569.867
Pesca	627.436	747.248	754.243	681.376	680.395
Industria Manufacturera	8.398.990	8.985.620	9.520.422	9.866.801	10.117.951
Electricidad, Gas y Agua	1.461.211	1.501.677	1.547.224	1.666.751	1.488.072
Construcción	3.531.382	3.645.945	4.014.702	4.167.457	4.514.244
Comercio, Restaurantes y Hoteles	4.950.883	5.313.188	5.764.234	6.164.036	6.566.631
Transporte	3.540.881	3.696.506	3.945.681	4.210.736	4.457.211
Comunicaciones	1.170.554	1.274.305	1.367.859	1.445.905	1.638.985
Servicios Financieros	7.650.975	8.252.215	8.946.350	9.454.266	10.187.646
Propiedad de Vivienda	2.977.723	3.055.122	3.156.331	3.258.346	3.377.376
Servicios Personales	5.911.639	6.112.124	6.315.976	6.539.881	6.793.042
Administración Pública	2.214.717	2.264.251	2.349.883	2.427.116	2.511.429
Producto Interno Bruto	51.156.415	54.246.819	57.262.645	59.748.954	62.793.469

Fuente: www.bancocentral.cl

#### 6.1 Ocupación y Desempleo

La fuerza laboral de la región se caracteriza por poseer un alto componente de estacionalidad, debido a que gran parte de las personas trabajan en el sector agrícola, siendo en la época de cosecha (entre los meses de noviembre a abril) cuando aumentan notablemente los empleados de este sector, en especial las personas provenientes de otras regiones

## 6.2 Educación

En términos generales, la cifra de los alumnos matriculados en la educación regular impartida en la región del Libertador Bernardo O'Higgins ha experimentado un crecimiento desde el año 1998 a la fecha, desde 185.739 alumnos en 1998 hasta 197.387 alumnos en 2007.

Cabe señalar que los alumnos matriculados en la educación regular consideran a todos aquellos registrados en las categorías de educación prebásica, educación básica regular y especial, educación media y educación superior.

## 6.3 Salud

En este sector, en lo que se refiere a recursos físicos de infraestructura, se puede señalar que estos van evolucionando adecuadamente, respondiendo a la creciente demanda de la población y superando la crisis originada como resultado del terremoto de 1985, a raíz del cual fue preciso reponer los hospitales de San Fernando y Rengo. Las cifras que reflejan la infraestructura del sector salud en la región del Libertador Bernardo O'Higgins al año 2008 corresponden a 24 establecimientos, de los cuales 9 pertenecen al sector privado y 15 al Servicio de Salud.

De los centros de salud privados de esta región, ocho de ellos se encuentran emplazados en la comuna de Rancagua y uno en Litueche. Mientras que, los establecimientos de salud pertenecientes al Servicio de Salud están ubicados en las comunas de Rancagua, Coinco, Graneros, Rengo, San Vicente, Peumo, Pichidegua, San Fernando, Nancagua, Chimbarongo, Santa Cruz, Pichilemu, Marchigue, Litueche y Lolol.

Además, esta región cuenta con consultorios en las comunas de Paredones, San Fernando, Rancagua, Rengo, Chépica, Machalí, La Estrella, Quinta de Tilcoco, San Francisco de Mostazal, Peralillo, Placilla, Navidad, Codegua, Doñihue, Las Cabras, Santa Cruz y Coltauco.

La tasa de mortalidad general ha mostrado un importante descenso, con cifras que van desde un 12% en la década de los 60 a valores cercanos al 8% en 1974, para llegar al 5,6% en 1996. Por su parte la tasa de mortalidad infantil se redujo desde 62,1% a 10,5% en el mismo periodo. La desnutrición infantil, que es medida con el parámetro peso - edad en niños de 0 a 6 años, muestra una constante disminución, pasando de cifras cercanas al 16% en la década del 70 a valores cercanos al 65% en 1996.

## 6.4 Servicios

La franja central posee una dotación de servicios de infraestructura básica adecuada para responder a necesidades primarias. Con respecto a las aguas servidas, la Región otorga el servicio al 66% de los hogares.

La Empresa de Servicios Sanitarios El Libertador, ESSEL, opera en la Región con 35 servicios urbanos de agua potable, lo que representa una cobertura regional de un 95,2% (corresponde a 478.000 personas). En lo referente al sector rural, funcionan 131 servicios de agua potable rural administrados por la propia comunidad, los cuales abastecen a 141.500 habitantes. Existen, según datos disponibles, 67 localidades potenciales con posibilidad de ser abastecidas con agua potable.

## 7 USO DEL TERRITORIO

### 7.1 Instrumentos de planificación territorial

Existen 4 planes reguladores intercomunales que incorporan parte de la cuenca, los cuales fueron presentados por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo VI Región. Lamentablemente los planes intercomunales son solo indicativos y por lo tanto no vinculantes, perdiendo fuerza en la función de ordenamiento territorial en la zona rural.

Tabla 17. Planes reguladores intercomunales de la VI región.

Nombre	Fecha Aprobación
Plan Regulador Intercomunal Rio Claro	23-Sep-2008
Plan Regulador Intercomunal de Rancagua 2006	30-Jun-2006
Plan Regulador Intercomunal Borde Costero	20-Ene-2006
Plan Regulador Intercomunal Lago Rapel	13-Mar-2009
Fuente. Sistema de evaluación ambiental. CONAMA. <a href="http://www.e-seia.cl/">http://www.e-seia.cl/</a>	

### 7.2 Intervención de riveras

- La dirección de obras hidráulicas está realizando con fondos Sectoriales y del Gobierno Regional se realizan obras de defensas fluviales y de regulación de cauces con maquinaria, con el objetivo de minimizar los riesgos de inundación para los sectores poblados.

Plan Maestro Aguas Lluvias San Fernando FNDR. (Etapa final).

Diagnostico Defensas Fluviales y Plan de Manejo Río Tinguiririca. Sectorial, (en ejecución).

Diagnostico Defensas Fluviales, Plan de Manejo Río Cachapoal (Desde puente Ruta 5 hasta Las Juntas) FNDR. (Terminado).

- CONAF por su parte está desarrollando el proyecto “Estabilización de Riberas mediante biotecnologías”, en convenio con la Dirección de Obras Hidráulicas.

Figura 14. Estabilización de riberas mediante biotecnologías.



## **II. DIAGNOSTICO TERRITORIAL INTEGRADO**

### **1. INTRODUCCION**

La dinámica de la Cuenca de Rapel, está estrechamente interrelacionada entre los factores ambientales, económicos y sociales, por lo cual el análisis de la misma precisa ser tratado de manera integral considerando tanto la necesidad de protección y conservación de los ecosistemas como la capacidad productiva de éstos.

### **2. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO**

A partir del año 1999 se han venido realizando estudios tendientes a establecer diagnósticos de calidad de aguas, inventarios de emisiones de residuos líquidos, establecimientos de planes de monitoreos, lo cual ha permitido establecer mesas de trabajo ambientales a nivel de subcuencas, las cuales ha sido un importante avance en la gestión pública privada, siendo una base fundamental en la elaboración de los proyectos de Normas Secundarias de Calidad de Aguas para la dos subcuencas Cachapoal y Tinguiririca, las cuales conforman parte importante del territorio comprendido en la cuenca Rapel. Por su parte las normas secundarias de calidad de aguas, ha permitido avanzar hacia una gestión integral de la calidad de las aguas, a través de estudios ecosistémicos, uso de herramientas de modelación, bioensayos, lo que ha permitido visualizar claramente las presiones que existen en la cuenca en cuanto a la contaminación de las aguas.

Respecto a la disponibilidad de las aguas, la gestión está supeditada al Código de Aguas, el cual establece claramente las responsabilidades de las Instituciones públicas y de las organizaciones de usuarios para una correcta distribución de los derechos concedidos.

Entre los estudios realizados o en ejecución para la gestión del recurso hídrico en la cuenca Rapel, se destacan los siguientes;

- Diagnostico y Plan de gestión para la calidad del agua de la cuenca del río Cachapoal

- Diagnóstico y Plan de gestión para la calidad del agua del Río Tinguiririca y Estero Zamorano.
- Diagnóstico y Plan de Gestión de calidad de aguas del Embalse Rapel
- Anteproyecto de norma secundaria de calidad de la subcuenca Cachapoal
- Anteproyecto de norma secundaria de calidad de la subcuenca Tinguiririca.
- Diagnóstico Indicadores Biológicos
- Evaluación ecotoxicológica de la calidad del agua de la cuenca Rapel
- Modelación de calidad de aguas de los ríos Tinguiririca y Cachapoal
- Areas de relevancia ambiental vinculadas al aguas de la cuenca Rapel
- Diagnóstico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina.

Además de diversos estudios nacionales, dependientes de la DGA, los cuales han incluido la cuenca Rapel en aspectos de clasificación de cuerpos de agua, análisis físico-químicos de sedimentos, estudio de bioindicadores, entre otros.

Por su parte hay otros Servicios e Instituciones que han realizado estudios sectoriales regionales con diversas investigaciones en el ámbito minero, pecuario y agrícola que han complementado el diagnósticos de usos, presiones y estado de las aguas. .

Paralelamente a la revisión bibliográfica, análisis de estudios e información de planes de monitoreo, se han desarrollado diversos encuentros, talleres y reuniones con distintos actores de la gestión de recursos hídricos, quienes a través de metodologías participativas conformaron una “lluvia de ideas”, que dieron origen a un listado de temas concernientes a la problemática de la cuenca en cuanto sus recursos hídricos, lo anterior fue validado con un panel académicos con conocimiento real de la cuenca en temáticas hidrobiológicas y ecosistémicas principalmente.

Finalmente se trabajó en la validación de los problemas con el organismo de cuenca, consensuando 3 problemas centrales;

- Deterioro de la Calidad del Agua



- Incertidumbre sobre la Disponibilidad del Agua
- Deterioro del Ecosistema ribereño

Posteriormente mediante talleres con el Organismo de Cuenca se avanzó en la definición de los “Factores antrópicas que inciden en los problemas consensuados”, “Instrumentos legales y de gestión que inciden en los problemas” y los “Efectos de los problemas en la cuenca”

### **Problemas determinados en cuenca Rapel**

La problemática planteada y consensuado por el Organismo de Cuenca, si bien ha sido de un trabajo participativo desde la experticia de cada integrante, la Secretaría Técnica ha fundamentado los temas planteados mediante la correlación e integración de estudios científico-técnicos realizados en la cuenca, los que han entregado datos cuantitativos y cualitativos que dan evidencia concreta. Los problemas y sus fundamentos se describen a continuación;

#### **i. Deterioro de la calidad del agua.**

La calidad de las aguas si bien es un concepto subjetivo de acuerdo a los usos que se le dará al recurso, existe consenso que la calidad se evaluará en base a parámetros establecidos en las normas secundarias de calidad de aguas, en la que se consideran parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Para los cuerpos de agua que no cuentan con un anteproyecto de calidad de aguas, se utiliza la guía de clases de calidad de la CONAMA u otro cuerpo normativo, para identificar la importancia de las concentraciones determinada en los estudios.

En este sentido se puede establecer que la cuenca; tanto en Cachapoal como Tinguiririca cuentan con un plan de monitoreo de calidad, utilizando los anteproyectos como instrumentos de control. Del análisis estadístico de los monitoreos sistemáticos se puede inferir que existen problemas en distintos tramos de los ríos evidenciándose en algunos casos niveles de latencia y saturación respecto a parámetros orgánicos, físicos y microbiológicos principalmente.

Por su parte los canales de regadío que extraen sus aguas desde los cuerpos de agua naturales, evidencian un empeoramiento de la calidad de las aguas en su condición orgánica y

microbiológica, existiendo alrededor de un 50% de los canales de regadío de la subcuenca Cachapoal con restricción de uso para riego de hortalizas de consumo crudos, por superación a la normativa de riego en niveles máximos de parámetros microbiológicos.

En el caso de la contaminación por pesticidas, se ha detectado presencia de concentraciones de Clorotalonil y 2,4-D en algunos tramos de la cuenca. (CADEIDEPE, 2004). Por otra parte, estudios del Instituto de Investigaciones agropecuarias ha detectado algunos pesticidas en el agua de riego (TAPIA, F y VILLAVICENCIO, P. 2007).

Respecto de la contaminación química, se han encontrado altas concentraciones de metales y variaciones de pH, lo cual evidencia una condición natural metalogénica propia de la geología de la cuenca, no obstante también se debe tener en cuenta la minería metálica que reviste gran importancia en la cuenca.

Para el parámetro nitratos, existe evidencia de altas concentraciones en aguas superficiales de riego, mediante el estudio realizado por INIA en el 2007 sobre “Uso de biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego”

En el caso de las agua subterráneas, se han detectado concentraciones de nitrato en pozos sobre la Norma Chilena 409 que regula la calidad del agua para consumo humano, relacionando su origen mediante contaminación difusa por actividad agrícola asociada a exceso en uso de fertilizantes, siendo también la actividad pecuaria porcina otra fuente relevante de cuantificar en la presencia de nitratos (Geohidrología, 2009).

Las evidencias anteriormente expuestas, buscan sus respuestas a través de un análisis de “factores antrópicos” determinados por el organismo de cuencas, como causas posibles de impacto en la calidad de las aguas. En la Tabla N°1 se lista los factores antrópicos.

El análisis anterior se complementó con una revisión de temas legales y de gestión que fomentan o inciden en que tanto los problemas como los factores antrópicos se mantengan en una situación compleja de mejorar, Tabla N°2

FACTORES ANTROPICOS POR RUBRO	
Agricultura	Sobrefertilización
	Sobre uso plaguicidas
	Agricultura ladera
Pecuario	Manejo purines Sobrecarga sistema suelo Esguerrimiento superficial
Minería	Lluvia acida Deforestación histórica Aguas de contacto Pasivos mineros Emisiones mineras Relaves
Aguas servidas	Falta tratamiento rural No asignación de responsabilidades (rural)

Tabla N°1 se lista los factores antrópicos.

ASPECTOS LEGALES Y DE GESTIÓN		
Que está disponible	Que problemas tiene	Que falta
Elaboración NSCA	Falta de financiamiento de programas de vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilizar normas de emisión y normas secundarias</li> <li>• Sensibilizar ciudadanía</li> <li>• Compromiso ciudadano</li> <li>• Def. caudal ecológico</li> <li>• Proteger ecosistema fluviales</li> <li>• Falta regulación de los riles en riego</li> <li>• Falta normativa para la aplicación de fertilizantes y plaguicidas</li> <li>• Normas de emisión particular para cada territorio</li> <li>• Armonizar las distintas competencias de las instituciones</li> </ul>
Decreto 90 Decreto 46	Con la implementación de la norma emisión actual no se cumple norma secundaria.	
	Visión sectorial de las intervenciones en la cuenca, sin considerar problemas sinérgicos	

Tabla N°2 lista de aspectos legales y de gestión que inciden en los problemas de calidad de la cuenca.

Finalmente en el punto sobre “Problemática de Calidad de Aguas” se determinan los efectos socioeconómicos y ambientales que este deterioro genera tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas. Tabla N°3.

EFECTOS DEL DETERIORO DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA.	
Superficial	Subterránea
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de biodiversidad acuática de flora y fauna</li> <li>• Pérdida de productividad agrícola y pecuaria</li> <li>• Aumento de costo por tratamiento de agua</li> <li>• Aumento de costos en control de calidad y supervisión</li> <li>• Limitación a la exportación por medidas parancelaria de productos agrícolas</li> <li>• Restricción en el uso del agua de riego en cultivos hortícola</li> <li>• Pérdida de uso turístico</li> <li>• Disminución de la diversidad de cultivos agrícolas por la disminución de calidad del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de biodiversidad acuática de flora y fauna</li> <li>• Pérdida de productividad agrícola y pecuaria</li> <li>• Aumento de costo por tratamiento de agua</li> <li>• Aumento de costos en control de calidad y supervisión</li> <li>• Limitación a la exportación por medidas parancelaria de productos agrícolas</li> <li>• Restricción en el uso del agua de riego en cultivos hortícola</li> </ul>

Tabla N°3 lista de efectos socioeconómicos y ambientales producto de una mala calidad de aguas.

## ii. Incertidumbre en la disponibilidad hídrica superficial y subterránea.

La disponibilidad hídrica en la cuenca está supeditada a las condiciones climáticas, dado que la cuenca se alimenta mediante un régimen nivopluvial. Dado lo anterior, el Organismo de Cuenca determinó que el principal problema es la incertidumbre en cuanto a la disponibilidad hídrica, tema que se ve aumentado por efectos de cambio climático y/o fenómenos climáticos, lo que en ambos casos se adolece de estudios científicos que respalden la toma de decisiones acertadas en términos de adaptación al clima y/o en momentos de situaciones climatológicas extremas.

No obstante lo anterior, existen datos preliminares que han determinado disminución del Glaciar Universidad, el cual regula la carga del río Tinguiririca. Por su parte durante el año 2009 el Centro de Estudios Científicos mandatados por la Dirección General de Aguas, ha realizando mediciones en el Glaciar Cipreses perteneciente a la subcuenca del Cachapoal, estudio del cual

se esperan conclusiones que permitan un mayor conocimiento en el tema de glaciares y que permita generar estrategias en cuanto a los futuros escenarios de disponibilidad hídrica.

La mencionada incertidumbre es aumentada por la ausencia de una política clara en la construcción de sistemas de acumulación de los excedentes hídricos, sistemas tales como embalses superficiales o subterráneos que puedan paliar en parte la disminución de la regulación de los glaciares.

Por su parte la gestión de los recursos ha ido generando incertidumbre en la disponibilidad de los recursos subterráneos, dado que se estima una sobre entrega de derechos de aprovechamiento realizada por la Dirección General de Aguas hasta el año 2005. Esta apreciación se basa en que hasta dicho año los derechos de aprovechamiento se otorgaron con un factor de uso que consideraba la eficiencia en el uso según el rubro, llegando a establecer que las aguas para riego agrícola sólo mantendrían una eficiencia del 20% en su uso, otorgando un caudal del cual el 80% se volverá a otorgar. La situación anterior se empeoraría dado que no existió seguimiento del uso de los derechos otorgados, pudiendo transarse los mismos derechos entre particulares de distintos rubros y haciendo más eficiente el uso y por ende pasar de una eficiencia del 20% a valores sobre el 50%, lo que redundaría en una sobredemanda autorizada de los recursos subterráneos.

Este tema ya se evidenció en la cuenca del Copiapó, en donde se quintuplicó la demanda de los recursos subterráneos por los cambios de uso y de eficiencia. Si bien en la cuenca Rapel no se ha evidenciado, si ha generado incertidumbre dado el desconocimiento de los balances hídricos actuales de los acuíferos, producto del conocimiento del uso de los derechos históricamente otorgados.

Realizando el mismo ejercicio que para los problemas de calidad de aguas, el Organismo de Cuenca determinó los aspectos legales y de gestión que podrían incidir negativamente en la disponibilidad de agua. Tabla N°4.

SITUACIÓN DE LOS ASPECTOS LEGALES Y DE GESTIÓN SOBRE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA		
Qué está disponible	Qué problemas tiene	Qué falta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiente asignación del recurso</li> <li>• No gestiona el recurso después de su entrega.</li> <li>• Necesidad de conocer los volúmenes de agua realmente otorgados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación del código</li> <li>• Gestión eficiente del recurso para asegurar su sustentabilidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de usuarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta participación activa de los usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conformación de nuevas organizaciones, especialmente en aguas subterráneas.</li> <li>• Educación ambiental respecto a la sustentabilidad del recurso hídrico.</li> <li>• Falta de recursos para realizar estudios de investigación para la mantención de sus recursos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de aguas v/s SEIA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflicto código de aguas (D° de aprovechamiento v/s evaluación ambiental)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de caudal ambiental</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organismo de Cuenca</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atribuciones legales de organismo de cuenca</li> </ul>

Tabla N°4 lista de aspectos legales y de gestión que inciden en la disponibilidad de aguas.

Concluyendo el punto sobre “Incertidumbre en la Disponibilidad Hídrica de Aguas” se determinan los efectos socioeconómicos y ambientales que este tema genera tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas. Tabla N°5.

EFECTO DE LA INCERTIDUMBRE SOBRE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA.	
Superficial	Subterránea

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de necesidad de nuevos embalses reguladores</li> <li>• Perdida de potencial hidroenergético</li> <li>• Deterioro o desaparición de la masa vegetal ribereña</li> <li>• Aumento de conflictos por el uso del agua</li> <li>• Aumento de riesgo de inversión</li> <li>• Disminución de expansión productiva</li> <li>• Modificación sustantiva del mercado del agua</li> <li>• Selección natural de rubros con menor consumo de agua</li> <li>• Disminución de la recarga del acuífero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relocalización de asentamientos humanos y productivos</li> <li>• Disminución de captación de agua estimada potencial</li> <li>• Aumento costo de extracción de aguas subterráneas por profundización de pozos</li> <li>• Modifica la extensión del acuífero afectando los pozos en uso</li> </ul>
--	--

Tabla N°5 lista de efectos socioeconómicos y ambientales producto de problemas de disponibilidad hídrica.

### iii. Deterioro del ecosistema ribereño

Los ecosistemas ribereños han sido escasamente estudiados en comparación a los ecosistemas terrestres, en los cuales se han realizado variados catastros y estudios científicos como el libro rojo de flora y fauna terrestre de la Región de O`Higgins.

Sin embargo a pesar de la ausencia de estudios, se han evidenciado una gran cantidad de especies de fauna y flora asociada a los ecosistemas ribereños los cuales forman en su conjunto corredores biológicos. A pesar de la importancia de los ecosistemas ribereños, no sólo porque alberga una interesante biodiversidad sino porque son fundamentales en la regulación de crecidas, las zonas ribereñas son constantemente impactadas por diversos manejos tales como la extracción de áridos, agricultura en la caja de los río, caza entre otros.

Durante el año 2009 se ha realizado un estudio que determina el estado ecológico de la cuenca Rapel, estudio que entre sus variables contempla la determinación de ciertos índices o bioindicadores que permiten cuantificar la calidad del ecosistema ribereño. Este es el caso de la aplicación del Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), que nos ha evidenciado el estado de las zonas ribereñas de la cuenca Rapel, para lo cual se ha utilizado como unidad de muestreo las zonas o tramos de vigilancia de los proyectos de norma secundaria tanto del Cachapoal como del Tinguiririca. Por su parte el río Rapel en su desembocadura y los tributarios del embalse Rapel también fueron evaluados mediante este índice. El resultado de la aplicación del

índice determinó que la cuenca presenta sus riberas altamente intervenidas, con un escaso desarrollo de vegetación, y cuando existe, corresponde a vegetación introducida que en su mayoría son formaciones de aromos, eucaliptos y mimbres. (Centro EULA, Universidad de Concepción 2009)

Siguiendo la misma metodología que los temas anteriores, el Organismo de Cuenca determinó los aspectos legales y de gestión que podrían incidir en la condición actual de los ecosistemas ribereños. Tabla N°6.

<b>SITUACIÓN DE LOS ASPECTOS LEGALES Y DE GESTIÓN REFERIDAS A LOS ECOSISTEMAS RIBEREÑOS</b>		
<b>Qué está disponible</b>	<b>Qué problemas tiene</b>	<b>Qué falta</b>
Ley N° 18.362, que crea el SNASPE y entrega su administración a CONAF.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de legislación para conservación de suelos.</li> <li>• Capacidades resolutorias de los Organismos de Cuencas.</li> <li>• Visión sistémica de la gestión de cuencas hidrográficas.</li> <li>• Integración de la Legislación y Perspectiva transversal y multisectorial para resolver los conflictos de uso en las cuencas.</li> </ul>
Art N° 5 DS 4.363 (Ley de Bosques)		
Art N° 28 DS 193 (Reglamento General del DL 701), establece que los Planes de Manejo Forestal.		
Art N° 16 Ley 20.283 (Ley de Bosque Nativo)	Reglamentación de protección de suelos, humedales y cuerpos de aguas del Artículo N° 17 de la Ley 20.283, en términos operativos.	
Art 13 DL 701, decreta la exención del impuesto territorial a los bosques de protección		

Tabla N°6 lista de aspectos legales y de gestión que inciden en la situación de los ecosistemas.

Concluyendo el tema sobre “Deterioro del Ecosistema” se determinan los efectos socioeconómicos y ambientales que este tema genera tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas. Tabla N°7.



EFECTOS DEL DETERIORO DEL ECOSISTEMA RIBEREÑO	
Superficial	Subterránea
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de catástrofes por no contención de aluviones</li> <li>• Perdida de tierras agrícolas en riberas (erosión)</li> <li>• Sedimentación (Aumentar o disminución)</li> <li>• Disminución de capacidad de purificación del agua de los cauces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor recarga del acuífero por menor percolación</li> <li>• Disminuye la infiltración en las riberas</li> </ul>

Tabla N°7 lista de efectos socioeconómicos y ambientales producto de problemas con el ecosistema ribereño

### 3. CUADRO DIAGNOSTICO DE PRESIONES ASOCIADAS A PROBLEMAS PRIORIZADOS

Variable		Presión	Descripción de presión	Impacto	Indicador	Estado	Observaciones
Calidad de agua	Agua superficial	Agua servidas	Descarga de aguas servidas sin tratar: 36.9% de la población rural no posee solución sanitaria autorizada (Casen, 2006)	Aumento de contaminación microbiológica evidenciada a través del parámetro "Coliformes fecales"	% de tramos con superación de del límite de latencia para el parámetro coliformes fecales según Proyecto definitivo de NSC Cachapoal. Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	REGULAR	(Anteproyecto de NSC Tinguiririca disponible a partir de Abril del 2010).
		Agricultura	Uso de pesticidas: 7.472.003 K/L de pesticida transado en la región (SAG, 2004)	Aumento de carga de compuestos tóxicos en agua y sedimentos	Concentración de pesticida en agua superficial según "Guía de clasificación de aguas continentales. CONAMA". Muy Bueno: C. excepcional Bueno: Clase 1 Regular: Clase 2 Malo Clase 3.	No cuantificado	Si bien aun no está cuantificado existen evidencias de pesticidas en aguas de riego según estudio de INIA
			Uso de fertilizantes: Volumen de fertilizantes N y P transado en la región (se cuantificará el dato)	Aumento de carga de N y P.	Concentraciones de Fósforo en aguas de embalse	No cuantificado	Se esta realizando un estudio de calidad de aguas y sedimentos de parámetros físico y químicos en el embalse.

		Ganadería	El rubro más importante en la región es el porcino con 75% de los animales en la región que equivale a 870.000 cerdos. (Censo agropecuario 2007). Producción de 1.052.869 Kg. NTK.	Aumento de coliformes totales y Nitrógeno en ríos	% de tramos con superación del límite de latencia del parámetro Coliformes totales y nitrógeno según Proyecto definitivo de NSC Cachapoal.  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	REGULAR	(Anteproyecto de NSC Tinguiririca disponible a partir de Abril del 2010).
			Aumento de coliformes totales en canales de regadío	% de canales con el parámetro Coliformes totales sobre límite máximo de la NCh 1333.  Muy Bueno: 0% Bueno: 0 - <30% Regular: >30% <65% Malo < 30%	REGULAR	49% de los canales del río Cachapoal tienen superado los niveles de coliformes fecales	La superación del parámetro implica la dictación de Resoluciones del Servicio de Salud que restringen el riego de ciertos cultivos de los canales de la cuenca cachapoal. Actualmente la Autoridad Sanitaria se encuentra determinando los niveles de calidad en los canales de riego de la cuenca del Tinguiririca.
			Pasivos mineros: 1 de 9 faenas mineras abandonadas o paralizadas catastradas poseen riesgo medio de contaminación de aguas (Sernageomin, 2007)	Alteración de parámetros físicos-químicos	Por definir	No cuantificado	

		Minería	4 relaves mineros existen en la región no catastrados como pasivos mineros.				
			Lluvia acida: Emisión de 107.984 ton/año SO2. (Monitoreo del Plan de descontaminación de Codelco, 2008)	Alteración de parámetros físicos por deforestación en área de influencia de 3 tramos del río Cachapoal.	% de tramos con superación del límite de latencia del parámetro sólidos disueltos, según Proyecto definitivo de NSC Cachapoal.  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	REGULAR	(Anteproyecto de NSC Tinguiririca disponible a partir de Abril del 2010).
			Emisiones de riles provenientes de relaves, reguladas por el DS80.	Alteración de parámetros químicos en área de influencia de las descarga; estero Carén, Alhué y Embalse Rapel	Concentraciones de sulfato y sólidos disueltos en agua superficial según “Guía de clasificación de aguas continentales. CONAMA”. Muy Bueno: C. excepcional Bueno: Clase 1 Regular: Clase 2 Malo Clase 3.	REGULAR	
		Industria	Emisiones de riles discontinuas. 94% empresas cumplió el decreto 90 en el año 2008. Habiendo un aumento de incumplimiento en los meses desde febrero – junio.	Alteración de parámetros físicos-químicos	% de tramos con superación del límite de latencia del parámetro DBO5, ph, T° y Ce, según Proyecto definitivo de NSC Cachapoal.  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	BUENO	(Anteproyecto de NSC Tinguiririca disponible a partir de Abril del 2010).
		Hidroelectricidad de embalses	Embalses como receptor de riles de	Alteración de parámetros químicos	Cumplimiento de Molibdeno, Sulfato y	MALO	

			esteros aledaños		Nitrito disueltos en agua superficial según estudio "Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca rapel", PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región  Muy Bueno: C. excepcional Bueno: Clase 1 Regular: Clase 2 Malo Clase 3.		
		Extracción de áridos	1.329.716 m3 de áridos autorizados por la DOH, 2009.-	Alteración de parámetros físicos	Indeterminado	NO Cuantificado	
		Presencia de vertedero ribereño	Infiltración superficial de lixiviados 4 vertederos asociados a riberas sin plan de cierre.	Alteración de parámetros físicos-químicos cloruros y metales pesados	% de tramos con superación del límite de latencia los parámetros cloruros y metales pesados, según Proyecto definitivo de NSC Cachapoal. Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	REGULAR	(Anteproyecto de NSC Tinguiririca disponible a partir de Abril del 2010).
	Agua subterránea	Aguas servidas	Infiltración aguas servidas sin tratar: El 91.1 % de la población rural no tiene	Aumento de carga nitrogenada	N° de pozos APR con niveles de nitrato sobre Norma de calidad de agua potable.	MALO	

			alcantarillado (Casen, 2006)		Muy Bueno: 0 pozos Bueno: 1 pozo Regular: 2 pozos Malo 3 pozos		
	Agricultura	Uso de pesticidas: Volumen de pesticida transado en la región (SAG).	Aumento de carga de compuestos derivados de los pesticidas	% de pozos APR con niveles de pesticidas bajo norma v/s total de pozos APR, según Norma de calidad de agua potable 409.	NO Cuantificado	No existe información sobre concentraciones de pesticidas en agua subterránea.	
		Uso de fertilizantes	Aumento de carga de N	Número de pozos con niveles de nitrato sobre norma 409 asociados a fertilizantes mediante método isotópico, según estudio "Diagnostico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina".  Muy Bueno: 0 pozos Bueno: 1 pozo Regular: 2 pozos Malo 3 pozos	BUENO		
	Ganadería	El rubro más importante en la región es el porcino con 75% de los animales en la región que equivale a 870.000 cerdos. (Censo agropecuario 2007). Producción de 1.052.869 Kg. NTK.	Aumento de carga orgánica y Nitrógeno	Número de pozos con niveles de nitrato sobre norma 409 asociados a purín de cerdo mediante método isotópico, según estudio "Diagnostico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina".	REGULAR		

					Muy Bueno: 0 pozos Bueno: 1 pozo Regular: 2 pozos Malo 3 pozos		
		Minería	Pasivos mineros: 1 de 9 faenas mineras abandonadas o paralizadas catastradas poseen riesgo medio de contaminación de aguas (Sernageomin, 2007)  4 relaves mineros existen en la región no catastrados como pasivos mineros.	Alteración de parámetros físicos-químicos	Por definir	No cuantificado	
		Presencia de vertedero	Infiltración subterránea de lixiviados:	Alteración de parámetros físicos-químicos	Por definir	No cuantificado	
Disponibilidad del recurso hídrico	Aguas superficiales	Extracción consuntiva y no consuntiva	Derechos consuntivos y no consuntivos:	Inexistencia de caudal en tramos del río, lo cual afecta la flora y fauna.	Caudal continuo en el río y el tiempo  Bueno 0 tramos con inexistencia de caudal ecológico Regular 1 tramos con inexistencia de caudal ecológico Malo 2 o mas tramos con inexistencia de caudal ecológico	MALO	Se requiere cuantificar las necesidades hídricas de las especies acuáticas para determinar un caudal ambiental coherente con las necesidades reales de la biota. Análisis físico necesario.
		Fenómenos climáticos	Reducción de glaciares: Por cuantificar (estudio en realización)	Perdida de función reguladora de caudal del glaciar en la cuenca Estudios preliminares señalan una disminución	% de disminución aumento de caudal asociado a deshielo en aforo de cabeceras	No cuantificado	No existen aun evidencias de perdida de la función reguladora del glaciar sobre

				de 6 mt por año	Muy Bueno: 0% Bueno: < 30% Regular: <65% >30% Malo <100% >65%		los ríos
			Disminución de precipitaciones no significativa no ha sido cuantificada la disminución de nieve.	Perdida de recarga de los ríos en la primera sección	% de disminución aumento de caudal asociado a precipitaciones y nagua nieve en aforo de cabeceras  Muy Bueno: 0% Bueno: < 30% Regular: <65% >30% Malo <100% >65%	No cuantificado	La disminución de precipitaciones no ha sido significativa en la región.
		Aguas subterráneas	Extracciones	Extracciones consuntivas: Volumen de acciones entregadas/recarga de acuífero	Aumento de demanda del acuífero	% de disminución del nivel de pozos.  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	No cuantificado
Disminución de recarga	Deforestación y tecnificación de riego: % de pérdida de área de infiltración		Profundización de napa	% de disminución del nivel de pozos. Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	No cuantificado	No se ha cuantificado (DGA)	
Ecosistemas asociados a cuerpos de agua	Aguas superficiales	Extracción de áridos	1.329.716 m3 app de áridos autorizados por la DOH, 2009.-	Desnaturalización y pérdida de estructura del río y desbordes	% de tramos con índice QBR sobre buena calidad, según estudio “Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca rapel”, PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30%	MALO	



					Malo < 30%		
		Construcción de obras de riego de relevancia	Número de bocatomas con caudal de importancia	Desnaturalización de riberas del río y pérdida de hábitat para biodiversidad	<p>% de tramos con índice QBR sobre buena calidad, según estudio “Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca rapel”, PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región</p> <p>Muy Bueno: 100%          Bueno: &lt;100% &gt;65%          Regular: &lt;65% &gt;30%          Malo &lt; 30%</p>	MALO	
		Construcción de defensas fluviales	Interferencias al ecosistema ribereño: 66,8 km lineal de obras defensas fluviales (Catastro DOH, 1998)	Desnaturalización de riberas del río y pérdida de hábitat para biodiversidad	<p>% de tramos con índice QBR sobre buena calidad, según estudio “Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca rapel”, PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región</p> <p>Muy Bueno: 100%          Bueno: &lt;100% &gt;65%          Regular: &lt;65% &gt;30%          Malo &lt; 30%</p>	MALO	

		Perdida de vegetación nativa	Perdida de vegetación nativa en las riberas de los ríos: Superficie de riberas deforestado. No cuantificado	Desnaturalización de riberas del río y pérdida de hábitat para biodiversidad	% de tramos con índice QBR sobre buena calidad, según estudio “Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca rapel”, PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	MALO	
	Aguas subterráneas	Deforestación	Perdida de vegetación que genere una recarga en el acuífero: No cuantificado	Profundización de napa que generará pérdida de hábitat para la biodiversidad	Por definir	No cuantificado	
Aspectos socioeconómicos		Disponibilidad agua de consumo para zonas rurales	Derechos consuntivos y no consuntivos entregados: 100 % de derechos consuntivos entregados	Limitación de crecimiento poblacional en zona rurales  Mercado regula precios de agua potable	Cobertura de agua potable sanitaria rural  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	MALA	
		Disponibilidad de agua para uso recreativo	Fuentes puntuales y difusas que altera la calidad de agua: % de tramos del río con contaminación microbiológica no apta para contacto directo	Disminución de balnearios	% de Cumplimiento de norma primaria en el río.  Muy Bueno: 100% Bueno: <100% >65% Regular: <65% >30% Malo < 30%	No cuantificado	La norma primaria aun no cuenta con un plan de vigilancia aprobado.
		Vulnerabilidad frente eventos climatológicos	Desborde de río: 8 comunas afectadas por inundaciones % Hectáreas	Aislamiento y pérdida económica	Hectáreas perdidas por desborde de ríos  Muy Bueno: 0%	No cuantificado	Se requiere determinar el total de hectáreas comprometidas en

		productivas disminuidas		Bueno: < 30% Regular: <65% >30% Malo <100% >65%		las zonas de inundación.
--	--	----------------------------	--	---	--	-----------------------------

## I PLAN DE GESTIÓN

### 1. PRONOSTICOS AL 2014 EN CUENCA RAPEL

Variable	Proyecto o cambios importantes en la gestión	Pronósticos
Calidad	Ley sobre Comité de agua potable rural	Disminución de contaminación por asignación de responsabilidades en el saneamiento de aguas servidas rurales. Se evidenciarán mejoras técnicas en la operación y financiamiento en la etapa de operación de las plantas de tratamiento en zonas rurales
	Norma de calidad primaria con plan de vigilancia de calidad de agua para contacto humano directo.	Se controlará la actividad de balnearios tanto en la protección de la salud de las personas, como en el control de la operación de los balnearios en cuanto a control de contaminación.
	Norma secundaria de calidad de aguas del Cachapoal	Se evaluará la necesidad de establecer planes de prevención y/o de descontaminación en tramos de la cuenca Cachapoal.
	Norma secundaria de calidad de aguas del Tinguiririca	Se pondrá en ejecución el plan de vigilancia de la norma secundaria de calidad de la subcuenca del Tinguiririca.
	Red de monitoreo de aguas subterráneas	Análisis de tendencias de calidad de aguas y documento de prevención de contaminación en aguas subterráneas
Cantidad	Entrega de derechos de agua subterráneo otorgado por DGA sin considerar factor de uso. (385.042.878 m <sup>3</sup> al año aumentaría a 1.925.214.390 m <sup>3</sup> al año) Q disponible 563.106.816 m <sup>3</sup>	Sobreexplotación de los recursos subterráneos
	Perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento	Conflictos sociales por desorden legal en la asignación de un caudal acorde a los derechos de agua adquiridos.
Ecosistema y morfología	Implementación de proyectos sobre contención de riberas en cuenca Cachapoal y realización de estudio sobre este tema en cuenca Tinguiririca	Profundización de desnaturalización de riberas
	Construcción e implementación de proyectos hidroeléctricos aprobados por SEIA (Chacayes, San Andrés y El paso)	Pérdida de caudal para la biodiversidad

## **2. VISIÓN**

Manteniendo el mismo esquema de de trabajo con el Organismo de Cuenca, se realizó un taller en que se determinó la Visión de la cuenca en sus aspectos socioeconómicos y ambientales y una visión institucional, ambas con un horizonte de tiempo hasta el 2025.

La determinación de la visión se basó directamente en el diagnóstico, con el que se dejó claramente establecido los problemas y sus presiones.

### **2.1. Visión Socioeconómica y Ambiental.**

“En 2025, en la Cuenca del Río Rapel el agua se usa responsablemente, garantizando a la sociedad el acceso equitativo en calidad y cantidad. Los sectores productivos usan el agua eficientemente para cumplir con una producción acorde al territorio y al mercado. La Cuenca es un ecosistema conocido en sus capacidades de carga y recarga, calidad y cantidad, para un uso sustentable y equilibrado, con cumplimiento de la normativa ambiental inherente.

### **2.2. Visión Institucional**

“En el 2025 el Organismo de Cuenca Rapel público/privado es fuerte, funciona coordinadamente con un plan de gestión acordado y validado por los usuarios del agua, aplicando y promoviendo herramientas de gestión e instrumentos legales necesarios para lograr la visión de la cuenca”

## **3. OBJETIVOS**

Los objetivos del plan de gestión fueron determinados a continuación de la construcción de la Visión, objetivos que revisten el carácter de “Objetivos Estratégicos” los cuales darán pie a una mayor especificación para hacerlos efectivos a través de un plan de medidas.

Los objetivos determinados y consensuados por el Organismo de Cuencas son;

1. Cumplir con la normativa ambiental referida a los recursos hídricos en la cuenca
2. Asegurar la disponibilidad en el tiempo de los recursos hídricos en la cuenca Rapel.
3. Consolidar un Organismo de Cuenca como organización estratégica capaz de establecer una visión integrada y una gestión multisectorial de los recursos hídricos.
4. Relevar la importancia del ecosistema ribereño para el equilibrio dinámico de la cuenca.

#### 4. PLAN DE MEDIDAS

Objetivos estratégicos 2014	Meta o Producto	Plan de medidas generales.
<p><b>1. Cumplir con la normativa ambiental referida a los recursos hídricos en la cuenca.</b></p> <p><b>Objetivo específico 1.1</b> Oficializar y aplicar la Norma Secundaria de Calidad de Aguas de la Subcuenca Cachapoal</p> <p><b>Objetivo específico 1.2</b> Oficializar y aplicar la Norma Secundaria de Calidad de Aguas de la Subcuenca Tinguiririca.</p> <p><b>Objetivo específico 1.3</b> Elaborar, aprobar y aplicar el Plan de Vigilancia de la Norma Primaria de Calidad de Aguas Continentales Superficiales DS 143/08.</p> <p><b>Objetivo específico 1.4</b> Establecer mecanismo de control integral de calidad de aguas subterráneas.</p>	<p>Generar y publicar informe anual de calidad de aguas de la subcuenca Cachapoal</p> <p>Generar y publicar informe anual de calidad de aguas de la subcuenca Tinguiririca</p> <p>Generar y publicar informe regional bianual de calidad primaria de las aguas superficiales de la cuenca Rapel.</p> <p>Generar y publicar informe anual sobre calidad de aguas subterráneas.</p>	<p>Generar y ejecutar el Plan de Vigilancia de la NSC del Cachapoal.</p> <p>Generar y ejecutar el Plan de Vigilancia de la NSC del Tinguiririca.</p> <p>Establecer protocolos de uso de bioindicadores para control de las Normas Secundarias</p> <p>Establecer un programa priorizado de fiscalización de las normas de emisión de residuos líquidos a aguas superficiales, en relación con la aplicación de las normas secundarias</p> <p>Establecer un programa priorizado de construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas en sectores rurales.</p> <p>Fortalecer y estimular acuerdos de producción limpia para el sector agrícola tendiente a regular e incentivar el uso eficiente del agua.</p> <p>Fomentar subsidios para mejorar las prácticas agrícolas por rubro, fomentando el uso de plaguicidas y fertilizantes orgánicos.</p> <p>Establecer un plan de gestión de calidad de aguas subterráneas; constituir una comisión tendiente a establecer; diagnósticos, monitoreos, zonas de restricción de usos, cuantificar l impactos, etc.</p>
<p><b>Objetivos Estratégicos 2014</b></p>	<p><b>Meta o Producto</b></p>	<p><b>Plan de medidas generales.</b></p>
<p><b>2. Asegurar la disponibilidad en</b></p>	<p>Promover la creación de tribunales de agua, con</p>	<p>Determinar de acuerdo a estudios técnicos el balance</p>

<p><b>el tiempo de los recursos hídricos en la cuenca Rapel.</b></p> <p><b>Objetivo específico 2.1</b> Generar mecanismos de uso equitativo del recurso hídrico.</p> <p><b>Objetivo específico 2.2</b> Generar mecanismos de uso eficiente del recurso hídrico.</p> <p><b>Objetivo específico 2.3</b> Establecer, sobre una base científica, un plan de gestión tendiente a mantener la sustentabilidad del sistema hidrológico de la cuenca Rapel.</p>	<p>competencias especializadas.</p> <p>Constituir Organizaciones de Usuarios de Aguas Subterráneas.</p> <p>Promover modificaciones legales para priorización de aguas de consumo humano.</p> <p>Definir una metodología para determinar el caudal ambiental, clara y concensuada de acuerdo a las particularidades de cada curso de agua y tramo.</p>	<p>hídrico de la cuenca.</p> <p>Caracterizar la situación actual y modelar escenarios y variables de los acuíferos.</p> <p>Informar pública y anualmente el caudal concedido, extraído y disponible.</p> <p>Informar publico y mensualmente los niveles estático y dinámico</p> <p>Establecer un análisis jurídico que permita un pronunciamiento del Organismo de Cuenca frente a la priorización de usos del agua.</p> <p>Desarrollar estudios biológicos indicativos de los caudales ambientales necesarios en distintos sectores de la cuenca.</p>
<p><b>Objetivos estratégicos 2014</b></p>	<p><b>Meta o Producto</b></p>	<p><b>Plan de medidas generales.</b></p>
<p><b>3. Consolidar un Organismo de Cuenca como organización estratégica capaz de establecer una visión integrada y una gestión multisectorial de los recursos hídricos.</b></p> <p><b>Objetivo específico 3.1</b> Cimentar y validar al Organismo de Cuenca como una organización estratégica entre los actores publico – privados que intervienen en la gestión hídrica de la cuenca Rapel.</p> <p><b>Objetivo específico 3.2</b></p>	<p>Organismo de cuenca conocido y validado</p> <p>Organismo de Cuenca financiado y con capacidad de gestionar recursos para el desarrollo de iniciativas de inversión asociadas a la visión de la cuenca.</p>	<p>Desarrollar actividades de difusión y capacitación interna y externa sobre gestión integrada de cuencas.</p> <p>Utilizar medios de difusión masivos para difundir las acciones del Organismo de Cuenca y la temática de la gestión integrada</p> <p>Gestionar y articular recursos para financiamiento del Organismo de Cuenca y para apoyar las acciones del plan de gestión.</p> <p>Desarrollar la Estrategia de Cuenca, de tal forma que sea reconocida y validada por los sectores públicos y privados a nivel de la región.</p>

<p>Posesionar y relevar la importancia de gestionar integralmente la intervención del sistema hidrológico.</p>	<p>Organismo de Cuenca fortalecido y validado como fuente de información confiable y relevante para la intervención de la cuenca.</p>	<p>Fortalecer el diagnostico actual, mediante herramientas informáticas que permita visualizar públicamente los datos y variables de gestionadas en la cuenca.</p>
<p><b>Objetivos estratégicos 2014</b></p>	<p><b>Meta o Producto</b></p>	<p><b>Plan de medidas generales.</b></p>
<p>4. Identificar los ecosistemas ribereños y desarrollar planes de acción tendientes a mantener la sustentabilidad de la cuenca</p> <p>4.1. Identificar y clasificar los cuerpos de agua a nivel de cuenca</p> <p>4.2. Identificar y clasificar los ecosistemas potencialmente afectados</p> <p>4.3 Desarrollar planes de acción tendientes a mantener la sustentabilidad de la cuenca</p>	<p>Cuerpos de agua con clasificación de sus ecosistemas.</p> <p>Plan de gestión implementado para la protección de los ecosistemas afectados-</p>	<p>Realizar un estudio sobre el funcionamiento del sistema hídrico de Rapel considerando información relevante e histórica con la que cuentan los usuarios y actores involucrados en la cuenca.</p> <p>Validar los resultados del estudio, ponerlo en conocimiento público y disponible para el uso de la información.</p> <p>Realizar un estudio para el funcionamiento de los ecosistemas y sus características que considere la información relevante e histórica con la que cuentan los usuarios y actores involucrados en la cuenca.</p> <p>Validar los resultados del estudio, ponerlo en conocimiento público y disponible para el uso de la información.</p> <p>Desarrollar y ejecutar un plan de trabajo con objetivos comunes a todos los usuarios de la cuenca para la sustentabilidad de los ecosistemas ribereños</p>



## 5. BIBLIOGRAFIA

GEOHIDROLOGIA, 2009. Diagnostico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina. CONAMA VI región.

Pereira C., Tagle Arduengo B. Region de Ohiggins Breve relacion del Patrimonio Natural y Cultural. <http://www.pro-ohiggins.cl/libro/>. Consulta 2009.

Hidroambiente Consultores S.A 2004. Diagnóstico y Plan de Gestión de la Calidad del Agua del Río Tinguiririca y Estero Zamorano. Fondo Nacional de Desarrollo Regional Region de Ohiggins.( FNDR)

INE 2007. VII Censo Agropecuario. <http://www.censoagropecuario.cl/index2.html>

ODEPA – CIREN, 2003 Catastro Frutícola VI Región. <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/Catastrosfruticolas/catastro-VIRegion-2003.pdf>

CONAF/ UACH 2006. Informe Final Catastro Bosque Nativo y uso del suelo. VI region. Laboratorio de Geomatica. Instituto Manejo Forestal. Mayo.

banco central, 2008. Ficha: Producto Interno Bruto Regional 2003-2006, base 2003 <http://www.bcentral.cl/publicaciones/estadisticas/actividad-economica-gasto/aeg07.htm>

CAVIEDES, J. 1979. Inventario de Glaciares en la Hoya del río Cachapoal y Predicción de la Escorrentía del Deshielo. Andes Centrales. Universidad de Chile, Departamento de Geología.

VALDIVIA, P. 1984. Inventario de Glaciares, Andes de Chile Central (32°-35° lat. S). Hoyas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca. In: Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional, Santiago de Chile 1: 6.1-6.24.

CECS, 2009. [www.glaciologia.cl](http://www.glaciologia.cl)

SEREY, I., RICCI, M. y SMITH-RAMIREZ C. 2007 Libro rojo de la region de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal - Universidad de Chile.

Línea de Base Ambiental y definición de Prioridades Ambientales VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Proyecto Fortalecimiento de la componente ambiental en los PRDU mediante la identificación de prioridades ambientales territoriales. Septiembre, 2003

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS Ltda. Ingenieros consultores “Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras. Zona II Regiones V a VII y región Metropolitana. S.I.T. N° 123 Direccion General de Aguas Santiago, Enero del 2007.

INFORME TECNICO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION DE RECURSOS HIDRICOS MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DIRECCION GENERAL DE AGUAS Evaluación de la explotación máxima sustentable de los acuíferos de la VIª Región “Modelación hidrogeológica de los valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca” S.D.T. N° 229. Santiago, Julio de 2006.

GEOESTUDIOS, 2007. Inventario de glaciares, Proyecto hidroelectricos San Andres, El paso y aguas calientes. Informe 2007-11-29. Informe interno Hydro chile.

CIREN, 2009. Centro de información de recursos naturales. [http://www.ciren.cl/\\_datos/archivo/memoria/Gesti%C3%B3n\\_CIREN2002.pdf](http://www.ciren.cl/_datos/archivo/memoria/Gesti%C3%B3n_CIREN2002.pdf).

ARCADIS GEOTECNIA, 2001. Diagnóstico de Calidad del Agua del Río Cachapoal. Anteproyecto de Norma secundaria de calidad.

HIDROAMBIENTE, 2006. Diagnóstico y Plan de Gestión de la Calidad del Agua del Río Tinguiririca y Estero Zamorano. Anteproyecto de Norma secundaria de calidad.

GEOHIDROLOGÍA, 2009 “Diagnostico de impacto sobre suelos y aguas subterráneas de residuos provenientes de la actividad porcina”. CONAMA, VI región.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO 2009. Diagnóstico indicadores biológicos en la cuenca Rapel, PROYECTO N° 30073967-0 CONAMA, VI Región