

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

**DIAGNOSTICO Y CLASIFICACION DE LOS
CURSOS Y CUERPOS DE AGUA
SEGUN OBJETIVOS DE CALIDAD**

CUENCA DEL RIO RAPEL

DICIEMBRE 2004

CADE-IDEPE
CONSULTORES EN INGENIERIA

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
1.	ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES	1
2.	RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA.....	3
2.1	Cartografía y Segmentación Preliminar	3
2.2	Sistema Físico Natural.....	5
2.2.1	Clima	5
2.2.2	Geología y volcanismo	6
2.2.3	Hidrogeología.....	7
2.2.4	Geomorfología.....	9
2.2.5	Suelos	10
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Río Rapel	12
2.3.1	Flora terrestre y acuática	12
2.3.2	Fauna acuática	13
2.4	Sistemas Humanos.....	14
2.4.1	Asentamientos humanos.....	14
2.4.2	Actividades económicas	15
2.5	Uso del Suelo.....	16
2.5.1	Uso Agrícola.....	17
2.5.2	Uso Forestal.....	17
2.5.3	Uso Urbano.....	18
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	18
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	20
3.1	Información Fluviométrica.....	20
3.2	Usos del Agua.....	22
3.2.1	Usos in – situ	23
3.2.2	Usos extractivos.....	24
3.2.3	Biodiversidad.....	27
3.2.4	Usos ancestrales.....	28
3.2.5	Conclusiones.....	29

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	32
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	32
3.3.2	Descargas de tipo industrial	37
3.3.3	Contaminación difusa por pesticidas.....	41
3.4	Datos de Calidad de Aguas	41
3.4.1	Fuentes de información	41
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	48
3.4.3	Validación Programa ESSEL	49
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	53
4.1	Análisis de Información Fluviométrica.....	53
4.1.1	Análisis por estación	53
4.1.2	Conclusiones	70
4.2	Análisis de la Calidad de Agua	72
4.2.1	Selección de parámetros.....	72
4.2.2	Análisis de Tendencia Central.....	75
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE.....	80
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	81
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional.....	82
4.3	Factores Incidentes en la Calidad de Agua	102
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES	113
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	113
5.2	Análisis de los Parámetros de Calidad a Nivel de Cuenca.....	130
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	136
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	152
5.4.1	Cobre	154
5.4.2	Aluminio.....	155
5.4.3	Hierro	155
5.4.4	Molibdeno	156

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.5	Manganeso.....	156
5.4.6	Conductividad eléctrica.....	157
5.4.7	Sulfatos.....	157
5.4.8	Sulfuros.....	157
5.4.9	Zinc.....	158
5.4.10	Arsénico.....	158
5.4.11	Falencias de información.....	159
5.4.12	Conclusiones.....	159
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS.....	161
6.1	Establecimiento de Tramos.....	161
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	163
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo.....	177
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES.....	178
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	178
7.1.1	Antecedentes.....	178
7.1.2	Estimación del ICAS.....	179
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo.....	180
7.2	Programa de Monitoreo Futuro.....	181
7.3	Sistema de Información Geográfico.....	184
7.4	Referencias Bibliográficas.....	184

ANEXOS

Anexo 3.1 :	Estadísticas de Caudales Medios Mensuales
Anexo 3.2 :	Contaminación Difusa
Anexo 3.3 :	Base de Datos Depurada (Archivo Magnético)
Anexo 4.1 :	Tendencia Central
Anexo 4.2 :	Base de Datos Integrada (Archivo Magnético)
Anexo 4.3 :	Mapa Potencial de Generación Acida
Anexo 6.1:	Asignación Clase Actual y Objetivo Cuenca del Río Rapel
Anexo 7.1:	Indice de Calidad Actual Cuenca del Río Rapel
Anexo 7.2:	Indice de Calidad Objetivo Cuenca del Río Rapel

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca hidrográfica del río Rapel forma parte de la VI Región del General Libertador Bernardo O'Higgins, se sitúa entre los paralelos 33°53' y 35°01' de latitud sur, drenando una superficie total de 13.695 km².

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 m³.

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.

El río Cachapoal, cuya hoya compromete una superficie de 6.370 km², tiene sus cabeceras a los pies de las cumbres englaciadas Pico del Barroco y Nevado de Los Piuquenes donde lo alimenta una larga lengua de ventisquero. En el ámbito cordillerano se le unen varios tributarios de importancia, de los cuales los principales son los ríos Las Leñas, Cortaderal, Los Cipreses y, el más importante, el río Pangal. Cerca del pueblo minero de Coya recibe al río homónimo y más abajo, cerca del valle central, al Claro (Cachapoal). Próximo a esta última confluencia se encuentra la Central Hidroeléctrica Sauzal, de 76.000 kW de potencia, que fue una de las primeras construidas en el país. En una pronunciada curva hacia el norte, en plena depresión Intermedia, se encuentra la ciudad de Rancagua en su margen norte. Luego el Cachapoal vuelve al SW, siguiendo el pie oriental de la cordillera de la Costa recibe el aporte del estero La Cadena y cerca de la localidad de Peumo se le une el río Claro (Tinguiririca), que se origina en la laguna de Los Cristales, la que ha sido peraltada para formar el pequeño embalse de ese nombre. De Peumo al embalse el río Cachapoal tiene un recorrido de 34 km, en el cual recibe algunos esteros que drenan el Valle Central, como el Antivero o Zamorano.

El río Tinguiririca se forma en la cordillera de Los Andes de la confluencia de los ríos Las Damas, que nace en el paso del mismo nombre y del Azufre que vienen del norte. Este se forma, a su vez, de la conjunción de los ríos Portillo y San José, cuyos orígenes tienen relación con áreas englaciadas de la Sierra El Brujo; los ventisqueros en sus cabeceras son más modestos en relación con los del Cachapoal. Desde su formación toma rumbo al WNW, se le

Rapel

2.

une el Río Claro de Rengo y mantienen dicha dirección invariable por 56 km, hasta las proximidades de la ciudad de San Fernando. A pocos km de la ciudad de Santa Cruz se le une el estero Chimbarongo y serpentea en su propio valle que es ancho y regado hasta terminar uniéndose al Cachapoal en el embalse Rapel. Considerando el río del Azufre, la longitud del Tinguiririca asciende a 167 km y el área drenada a 4.730 km².

Uno de los afluentes importantes es el estero Chimbarongo, donde se ubica el embalse Convento Viejo, con una capacidad de 500 millones de m³. Se alimenta con los recursos propios de este estero y las aguas sobrantes del río Teno, conducidas hasta la hoya del embalse mediante el canal Teno-Chimbarongo.

Los cauces a estudiar en esta cuenca son los siguientes:

- río Rapel
- río Cachapoal
- río Tinguiririca
- estero Alhué
- río Claro de Rengo(Cachapoal)
- río Claro (Tinguirica)
- estero Zamorano
- estero La Cadena
- estero Carén
- estero Coya
- estero Chimbarongo
- río Pangal

2. RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

La cartografía utilizada en la Cuenca del río Rapel incluye una amplia variedad de información vectorial la que procede de las siguientes fuentes:

- Bases cartográficas del SIGIRH, del MOP-DGA. Escala 1:50.000 / 250.000
- Bases del Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR) de CONAMA.
- Bases del Catastro de Bosque Nativo de la CONAF, reclasificado por CONAMA.
- Sistema de información integrado de riego (SIIR), de la Comisión Nacional de Riego (CNR.)
- Catastro bocatomas MOP/DGA.

Dado que las fuentes de información son diversas y que se ha definido como parámetro de referencia el sistema desarrollado por la DGA, se ha aplicado el proceso de análisis establecido en la Metodología. Además ha sido necesario verificar las codificaciones para generar la unión de bases de datos.

b) Segmentación preliminar

La segmentación adoptada en la cuenca del río Rapel es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en la lámina 1940-RAP-02.

Rapel

4.

Tabla 2.1: Segmentación adoptada en los cauces seleccionados de la Cuenca del río Rapel

CUENCA RIO RAPEL					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0600	Río CACHAPOAL	CA	1	0600 - CA - 10	Naciente río Cachapoal	Est. DGA río Cachapoal en Bocatoma Chacayes
0600	Río CACHAPOAL	CA	2	0600 - CA - 20	Est. DGA río Cachapoal en Bocatoma Chacayes	Confluencia río Pangal
0600	Río CACHAPOAL	CA	3	0600 - CA - 30	Confluencia río Pangal	Confluencia estero Coya
0600	Río CACHAPOAL	CA	4	0600 - CA - 40	Confluencia estero Coya	Límite de Subcuenca
0600	Río PANGAL	PA	1	0600 - PA - 10	Naciente río Pangal	Confluencia río Cachapoal
0600	Est. COYA	CO	1	0600 - CO - 10	Naciente estero Coya	Confluencia río Cachapoal
0601	Río CACHAPOAL	CA	1	0601 - CA - 10	Límite de Subcuenca	Est. DGA río Cachapoal en bocatoma Canales Ribera Sur
0601	Río CACHAPOAL	CA	2	0601 - CA - 20	Est. DGA río Cachapoal en bocatoma Canales Ribera Sur	Confluencia estero La Cadena
0601	Río CACHAPOAL	CA	3	0601 - CA - 30	Confluencia estero La Cadena	Est. DGA río Cachapoal en Puente Coinco
0601	Río CACHAPOAL	CA	4	0601 - CA - 40	Est. DGA río Cachapoal en Puente Coinco	Confluencia río Claro del Cachapoal
0601	Río CACHAPOAL	CA	5	0601 - CA - 50	Confluencia río Claro del Cachapoal	Confluencia estero Zamorano
0601	Río CACHAPOAL	CA	6	0601 - CA - 60	Confluencia estero Zamorano	Entrada Embalse Rapel (ramal del Cachapoal)
0601	Río CLARO de RENGO	CL	1	0601 - CL - 10	Naciente río Claro de Rengo	Est. DGA río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves
0601	Río CLARO de RENGO	CL	2	0601 - CL - 20	Est. DGA río Clarode Rengo en Hacienda Las Nieves	Est. DGA río Claro de Rengo en Panamericana
0601	Río CLARO de RENGO	CL	3	0601 - CL - 30	Est. DGA río Claro de Rengo en Panamericana	Confluencia río Cachapoal
0601	Est. LA CADENA	LC	1	0601 - LC - 10	Naciente estero La Cadena	Confluencia río Cachapoal
0601	Est. ZAMORANO	ZA	1	0601 - ZA - 10	Naciente estero Zamorano	Est. DGA estero Zamorano en San Vicente de T-T
0601	Est. ZAMORANO	ZA	2	0601 - ZA - 20	Est. DGA estero Zamorano en San Vicente de T-T	Confluencia río Cachapoal
0602	Río TINGUIRIRICA	TI	1	0602 - TI - 10	Naciente río Tinguiririca	Confluencia río Claro del Tinguiririca
0602	Río CLARO del TINGUIRIRICA	CL	1	0602 - CL - 10	Naciente río Claro del Tinguiririca	Confluencia río Tinguiririca
0603	Río TINGUIRIRICA	TI	1	0603 - TI - 10	Confluencia río Claro del Tinguiririca	Est. DGA río Tinguiririca en Panamericana
0603	Río TINGUIRIRICA	TI	2	0603 - TI - 20	Est. DGA río Tinguiririca en Panamericana	Confluencia estero Chimbarongo
0603	Río TINGUIRIRICA	TI	3	0603 - TI - 30	Confluencia estero Chimbarongo	Entrada Embalse Rapel (rama Tinguiririca)
0603	Est. CHIMBARONGO	CH	1	0603 - CH - 10	Naciente estero Chimbarongo	Est. DGA estero Chimbarongo en Puente Huemul
0603	Est. CHIMBARONGO	CH	2	0603 - CH - 20	Est. DGA estero Chimbarongo en Puente Huemul	Est. DGA estero Chimbarongo en Panamericana
0603	Est. CHIMBARONGO	CH	3	0603 - CH - 30	Est. DGA estero Chimbarongo en Panamericana	Entrada Embalse Convento Viejo
0603	Est. CHIMBARONGO	CH	4	0603 - CH - 40	Salida Embalse Convento Viejo	Confluencia río Tinguiririca
0604	Est. ALHUE	AL	1	0604 - AL - 10	Naciente estero Alhué	Confluencia estero Carén
0604	Est. ALHUE	AL	2	0604 - AL - 20	Confluencia estero Carén	Entrada Embalse Rapel
0604	Est. CAREN	CR	1	0604 - CR - 10	Naciente estero Carén	Entrada Embalse Carén (rama Alhué)
0604	Est. CAREN	CR	2	0604 - CR - 20	Salida Embalse Rapel	Confluencia estero Alhué
0605	Río RAPEL	RA	1	0605 - RA - 10	Salida Embalse Rapel	Desembocadura

2.2 Sistema Físico Natural

2.2.1 Clima

El clima predominante corresponde al Clima Templado Mediterráneo, el cual presenta variaciones por efecto de la topografía local. En la costa se presenta nuboso, mientras que hacia el interior debido a la sequedad experimenta fuertes contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y en la Cordillera de Los Andes, debido al relieve que no deja entrada a los vientos húmedos Oceánicos [Ref. 2.1].

- 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. 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.

Los montos de precipitación media anual registrados en el sector costero de la cuenca alcanzan valores aproximados de 638 mm/año y temperaturas de 14° C. 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). En sectores más elevados, las precipitaciones aumentan alcanzando valores medios anuales de 686 mm (Coya) y temperaturas medias anuales de 9,6°C (Sewel) [Ref. 2.2].

En general, los valores registrados de precipitación, son mayores durante las temporadas invernales especialmente durante los meses de junio, julio y agosto (figura adjunta).

Rapel

6.

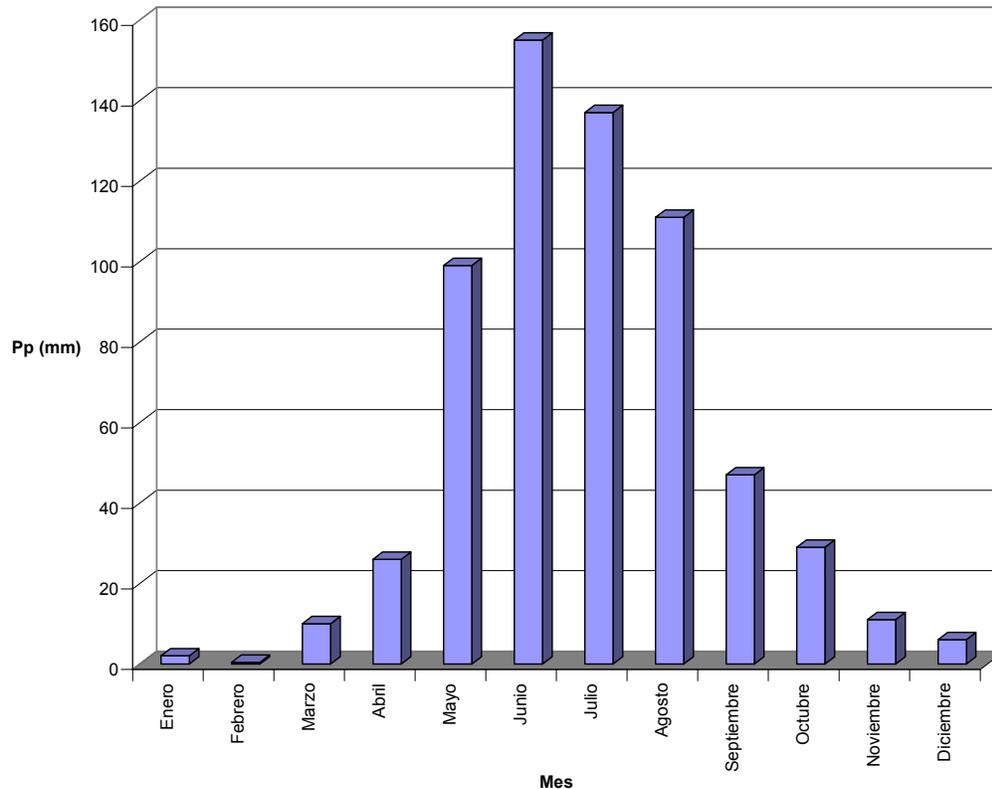


Figura 2.1: Montos de Precipitaciones Medias Mensuales registradas en Estación Pluviométrica de Rapel

La escorrentía en el sector costero de la cuenca, presenta valores aproximados de 240 mm/año y en el sector centro (Rancagua), estos valores no superan los 1.115 mm/año.

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, en el sector centro de la cuenca (Rancagua), las pérdidas de agua por evaporación potencial, alcanzan los 1.214 mm/año y en sectores altos (Río Pangal), 1.704 mm/año [Ref. 2.3].

2.2.2 Geología y volcanismo

En el sector del Teniente existe una fuerte influencia de materiales sulfurados; existe una pequeña zona de materiales calcáreos en la depresión intermedia de la cuenca; sin

embargo se puede inferir que la influencia es mayoritariamente de rocas sulfuradas como andesitas.

Las formaciones antes mencionadas corresponden a [Ref 2.4]:

- Rocas Sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno; Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados
- Rocas Volcánicas del Cretácico inferior alto; Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolíticas.
- Rocas Volcano-sedimentarias del Oligoceno-Mioceno; Secuencia volcano-sedimentarias; lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.
- Rocas volcano-sedimentarias del cretácico inferior-Cretácico Superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoitas, conglomerados, areniscas, linolitas calcáreas lacustres con flora fósil; localmente calizas fosilíferas marinas en la base.

Existe influencia fuerte por el volcán Tinguiririca y una menor por el Palomo; el primero es del tipo estratovolcán histórico su última erupción conocida entre 1900 y 1962; el segundo también es estratovolcán del holoceno sin fecha conocida de última erupción [Ref. 2.5].

2.2.3 Hidrogeología

Se observan cinco direcciones de escurrimiento de las aguas subterráneas: un acuífero en dirección este – oeste frente a Rancagua que drena siguiendo el curso paralelo al río Cachapoal, más abajo aflora parcialmente en el sector de Doñihue - Coinco, para luego escurrir junto con el río a mayor profundidad hasta el Embalse Rapel.

El segundo acuífero drena desde el sector de Angostura de Paine en dirección norte sur hasta confluir en el sector de Doñihue con el procedente de la cordillera de los Andes y bajar juntos por el Cachapoal hasta el Embalse Rapel.

Rapel

8.

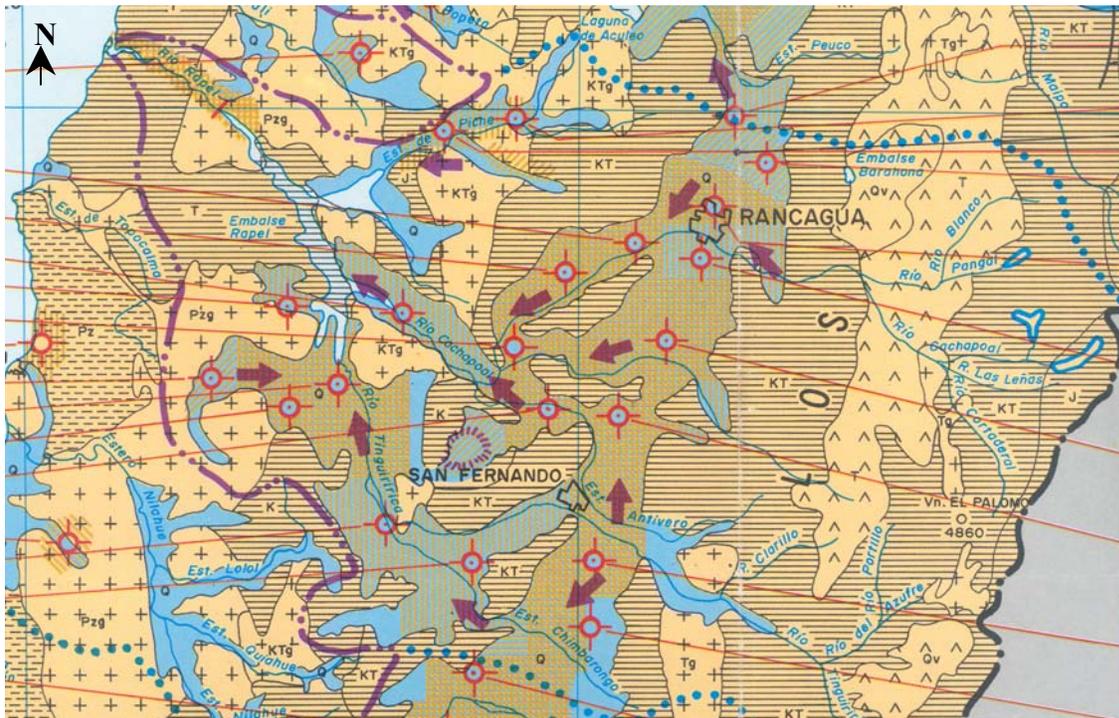
El tercer acuífero proviene de la cuenca del río Tinguiririca, el cual se desvía en dirección sur a norte por el sector de San Fernando y aflorando a la superficie al norte de esta ciudad, las cuales drenan paralelo al estero Antivero y Zamorano hasta confluir con el acuífero que viaja paralelo al Cachapoal en las cercanías de Peumo.

La otra rama del acuífero del Tinguiririca viaja paralelo al río con baja profundidad freática hasta confluir hasta el Embalse Rapel por el sur.

La última rama proviene del acuífero que se genera al poniente de la cordillera de la costa y del embalse Carén, siguiendo la dirección paralela al estero Alhué hasta el embalse Rapel por el norte.

Desde el embalse Rapel el acuífero escurre junto con el río Rapel hasta el mar, encajonado por rocas plutónicas de muy baja permeabilidad. [Ref.2.6]

La figura 2.2 obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA a [Ref. 2.4] representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Rapel.



[Ref. 2.6]

**Figura 2.2: Características Hidrogeológicas de la cuenca del río Rapel
(Escala 1:1.000.000)**

2.2.4 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, la cuenca del río Rapel se caracteriza por presentar un territorio en el cual es posible identificar tres grandes unidades de relieve: la Cordillera de los Andes, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa.

Geológicamente estas unidades, se han originado hace dos o tres millones de años, como consecuencia de una intensiva actividad volcánica asociada a grandes movimientos de la corteza terrestre, los que levantaron las montañas a su altura actual y hundieron la depresión intermedia, separando la cordillera de los Andes y de la Costa.

La cordillera de los Andes, en la VI región presenta alturas superiores a los 4.000 m s.n.m. Las alturas más importantes corresponden a Alto de los Arrieros (5.000 m s.n.m.), El Portillo (4.986 m s.n.m.), El Palomo (4.850 m s.n.m.) y el Volcán Tinguiririca (4.300 m s.n.m.)

Su relieve se formó a fines del terciario y una fuerte erosión fluvio-glacial ha disectado el relieve original, labrando profundos valles de laderas abruptas. Sin embargo, es posible distinguir en algunos sectores, el tronco de la planicie que constituía la cordillera a fines del terciario, de relieve suave y de importancia económica por las veranadas.

En la depresión intermedia, se distingue la cuenca de Rancagua, que se sitúa entre la angostura de Paine y la angostura de Pelequén. Corresponde a una llanura de relleno, principalmente aluvial, en la cual los ríos han desempeñado un importante rol, actuando como agentes de relleno en el moldeaje de la cuenca. En esta área, se localizan los mejores suelos de la zona para su utilización agrícola.

La Cordillera de la Costa, presenta elevaciones menores que las de la Cordillera de los Andes, representada básicamente por alturas que no sobrepasan los 2.000 msnm en la VI Región. Entre otras, se encuentran el cerro Quillauquén (1.640 m s.n.m.), Butalco (1.214 m s.n.m.), Centinela (700 m s.n.m.) y Cañetén (920 m s.n.m.). Esta cordillera es más antigua que la Cordillera de los Andes, característica reflejada por el estado de meteorización en que se encuentran las formaciones rocosas de ella. Está compuesta esencialmente por rocas graníticas paleozoicas y mesozoicas, constituyendo una cubierta de roca descompuesta, comúnmente llamada “maicillo”, la que permite la infiltración y acumulación local de pequeñas cantidades de agua subterránea, favorecida por una topografía de lomaje suave [Ref. 2.7].

2.2.5 Suelos

En la Sexta Región el promedio de lluvias y la alta humedad en algunas épocas del año muestran suelos más aptos para la agricultura y la crianza de ganado de diversos tipos, pero la diferencia entre la costa y la depresión intermedia es notoria, tanto en la cantidad de lluvias, la humedad y oscilación térmica.

En efecto, en la costa se presentan suelos derivados de terrazas marinas y de relieve plano a ligeramente inclinado de colores pardo rojizos asociados a otros con menor evolución. En tanto, en el lado poniente de la cordillera de la costa, los suelos presentan su origen en rocas graníticas con un alto contenido de arcilla en profundidad.

Asimismo, en los valles interiores se presentan suelos aluviales que pertenecen a los de órdenes Alfisoles, Mollisoles y Entisoles, con predominio de los primeros. En la zona que corresponde a Rancagua los Mollisoles tienen un desarrollo moderado. Es indiscutible, afirmar que es en esta zona donde se encuentran los suelos más aptos para el desarrollo de la agricultura.

También se encuentran los suelos de la Cordillera de los Andes centrales. Estos son suelos que se caracterizan porque han derivado de materiales volcánicos vítreos y de texturas gruesas. Corresponden a los suelos ubicados en los sectores de más fuerte relieve de la Cordillera de los Andes.

La cuenca del río Rapel posee unidades taxonómicas que corresponden básicamente a suelos anfisoles, inceptisoles y mollisoles. A continuación, en la tabla 2.2, se describen las principales características que presentan estas unidades.

Tabla 2.2: Unidades Taxonómicas presentes en la cuenca del Río Rapel

Taxa	Zona	Características
Alfisoles	Se presentan en sectores costeros	Suelos con buen grado de evolución. En la vertiente poniente de la Cordillera de la Costa estos suelos se han desarrollado directamente a partir de roca granítica, presentando un fuerte incremento del contenido de arcilla en profundidad.
Inceptisoles	Situados preferentemente en la costa	Suelos de desarrollo incipiente que forman inclusiones en toda la región V, generalmente son derivados de terrazas marinas altas y de relieve plano a ligeramente inclinado, de colores pardo rojizos.
Mollisoles	Ubicados en el valle central	Suelos aluviales, en la zona que comprende a la región de Valparaíso alcanzan un desarrollo moderado. Cabe mencionar que sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la agricultura de riego de la zona.

[Ref 2.2]

En esta zona se encuentran además, suelos derivados de cenizas volcánicas modernas; pertenecientes a la Familia Limanque; también se encuentran suelos derivados de cenizas volcánicas intermedias perteneciente a la Familia Alhué.

De acuerdo a la clasificación de suelos (7° aproximación), a las condiciones particulares de la cuenca los suelos se pueden agrupar en cuatro grandes grupos [Ref. 2.7]:

- Altamente permeables, son suelos arenosos, pues son capaces de absorber una gran cantidad de agua. Se pueden encontrar en la zona costera, clasificados como mollisoles, asociados a condiciones de sub - húmedas y semi - aridez; en la cercanía de los cursos de los ríos y en la parte alta de los conos de deyección, donde existen suelos delgados y poco evolucionados, y se clasifican como entisoles del tipo psaments.
- Moderadamente permeables, ubicados en la depresión central, donde se ubica una gran cuenca de sedimentación, con suelos jóvenes y poco desarrollados, encontramos suelos clasificados como entisoles, principalmente del tipo fluvents. Estos suelos clasificados como entisoles, principalmente del tipo fluvents, son derivados de sedimentos fluviales recientes, de texturas medias a pesadas, que los hace moderadamente permeables; utilizados con fines agrícolas.

Rapel

12.

- Impermeables, formados a partir de materiales graníticos, se encuentran concentrados principalmente en la cordillera de la costa, y han sido clasificados como alfisoles, poseen texturas livianas a medias en el horizonte superficial, mientras que en el horizonte que subyace registra abundante contenido de arcillas; esta ordenación de texturas favorece la impermeabilidad de los suelos.
- Zona montañosa; conformada por cordones montañosos de la Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes, conteniendo suelos poco evolucionados con presencia de glaciares y áreas montañosas.

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Río Rapel

2.3.1 Flora terrestre y acuática

La flora terrestre de la cuenca, se caracteriza por la presencia de las siguientes comunidades vegetales: Bosque Esclerófilo Andino y Bosque Caducifolio de la Montaña presente en la zona alta del río; Estepa Alto – Andina en el valle y Matorral Espinoso del Secano costero en sectores del valle y desembocadura del río.

Las principales características de las comunidades vegetales tipo son las siguientes:

- Bosque Esclerófilo Andino: el paisaje vegetal corresponde al de un bosque esclerófilo, que a menudo se encuentra muy intervenido, con matorral de laderas de exposición al norte. Sobre su composición florística hay pocos antecedentes, pero es una formación que señala el límite de distribución más austral de varias especies. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Quillay – Litre y Quillay – Colliguay.
- Bosque Caducifolio de la Montaña: constituye una formación vegetal de gran riqueza florística, pues señala el límite norte de muchas especies leñosas y herbáceas de los bosques más australes. En su fisionomía de bosque caducifolio tiene un papel importante la participación de ciprés de la cordillera, especie arbórea que en esta formación muestra una alta

frecuencia. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Roble – Zarzaparrilla y Ciprés - Roble.

- Estepa Alto – Andina: esta formación es poco conocida desde el punto de vista botánico, pero por sus características transicionales debe corresponder a límites importantes en la distribución de las especies, tanto boreales como australes. En esta formación vegetal, se distingue la siguiente especie: Coirón de Vega – Chaurilla.
- Matorral del Secano costero: paisaje vegetal homogéneo que se desarrolla en lomajes de pendientes suaves y en extensas superficies planas de secano. Este paisaje vegetal, está constituido por arbustos altos dispersos, en que el espino (*Acacia caven*) es la especie dominante, acompañada en ciertos sectores por elementos esclerófilos. En los pequeños valles y en los lugares menos alterados se encuentran asociaciones típicas de los bosques esclerófilos. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Espino – Maiten y Romerillo – Llantén [Ref. 2.8].

La flora acuática de la cuenca, se caracteriza por la presencia de la siguiente especie presente en la subcuenca del río Cachapoal.

- *Jussiaea repens* (nativa) de la familia *Oenotheraceae*, llamada también meliculul [Ref. 2.9]

2.3.2 Fauna acuática

Los macroinvertebrados se encuentran representados principalmente por dos familias: plecópteras, colópteras y trichópteras de las cuales se han observado 17 especies de 6 familias.

La información disponible de fauna acuática, corresponde a aquella que describe las especies presentes en la subcuenca del río Cachapoal en cada una de las Estaciones de muestreo del medio biológico acuático. Las especies, se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Especies piscícolas presentes en la cuenca del río Cachapoal

ESPECIE	ESTADO DE CONSERVACIÓN
NATIVAS	
Bagre Chico (<i>Trichomycterus aerolatus</i>)	FP
Carmelita (<i>Percillia gillissi</i>)	PE
Pejerrey chileno (<i>Basilichthys australis</i>)	V
Pocha (<i>Cheridon pisiculus</i>)	V
Perca Trucha (<i>Percichthys trucha</i>)	PE
INTRODUCIDAS	
Pejerrey Argentino (<i>Odonthestes bonariensis</i>)	-
<i>Carassius carassius</i>	-
<i>Cnesteredon decenmaculatus</i>	-

V: vulnerable.

PE: Peligro de extinción

FP: fuera de peligro.

SI: sin información.

[Ref. 2.9]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

De acuerdo a la división político – administrativa, la cuenca del río Rapel ocupa casi la totalidad de la VI Región del General Libertador Bernardo O'Higgins (89% aproximadamente). Comprende las provincias de Cachapoal, Colchagua, parte de las Provincias de Cardenal Caro y Melipilla (comuna de Alhué).

La población que abarca la cuenca alcanza al año 2002 a 509.894 habitantes, lo que corresponde al 65% del total de la población de la Región. La densidad de la población alcanza a 44,6 Hab/Km².

Los principales centros urbanos de la cuenca que concentran mayor población, lo constituyen Rancagua y San Fernando, con 214.344 y 63.732 habitantes respectivamente, representando ambas un 36% del total de la población de la cuenca.

Entre otras localidades urbanas importantes se encuentran Chimbarongo, Santa Cruz, San Vicente de Tagua Tagua y Rengo. La población total y urbana estimada para las demás localidades, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2.4: Población Total de la cuenca del río Rapel

Nombre Asentamiento	Población Total (2002)	Población Total Urbana (2002)	Cauce Asociado a Localidad
Rancagua	214.344	206.971	Río Cachapoal
San Fernando	63.732	51.136	Río Tinguiririca
Rengo	50.830	37.075	Río Claro (Cachapoal)
San Vicente de Tagua Tagua	40.253	21.965	Estero Zamorano
Santa Cruz	32.387	18.603	Río Tinguiririca
Chimbarongo	32.316	16.889	Río Tinguiririca
Machalí	28.628	26.852	Río Cachapoal
Graneros	25.961	22.674	Estero Las Cadenas
Las Cabras	20.242	7.548	Río Cachapoal
Coltauco	16.228	6.958	Río Cachapoal
Nancagua	15.634	9.264	Río Tinguiririca
Peumo	13.948	7.628	Río Cachapoal
Quinta de Tilcoco	11.380	5.850	Río Claro (Cachapoal)

[Ref 2.10]

Los datos de población dada por el censo 2002 corresponden a dato a nivel comunal y no de ciudad.

De acuerdo al número de habitantes de cada localidad según el censo de 2002, Rancagua, San Fernando y Rengo, son las localidades que concentran el mayor número de habitantes.

2.4.2 Actividades económicas

Las principales actividades económicas son la silvoagropecuaria y la minera.

La actividad agrícola en la zona, destaca por su importante superficie que ha destinado al cultivo de cereales, legumbres y cultivos industriales (raps, maravilla y remolacha). Entre los cultivos anuales se destaca el maíz y el trigo, superficies menores de siembra están destinadas a la papa, poroto y arroz.

A estos cultivos, se debe agregar el cultivo de frutas (duraznos, manzanas y peras), destacando también, la producción frutícola de manzanas y uva de exportación. De la actividad pecuaria, la producción avícola es la más relevante.

Respecto a la minería, el sector minero metálico más importante está representado por la gran minería del cobre de El Teniente (también explota molibdeno),

Rapel

16.

mineral localizado en la cordillera de los Andes a 2.800 msnm en la cuenca superior del río Cachapoal. Respecto a su producción, ésta alcanzó en 1991 a 278.900 toneladas de cobre fino, estimando que en 1997 podría llegar a unas 340.000. Durante el año 2000, la producción de cobre fino y molibdeno, alcanzó las 355.664 y 5.188 toneladas respectivamente.

Entre los minerales no metálicos se cuentan el Cuarzo, explotado en Doñihue, y el caolín, en Santa Cruz.

El sector industrial en la cuenca, también destaca por su diversidad, ya que cuenta con actividades tan diversas como minería, industrias de alimentos, conservas, caldos concentrados (y otros alimentos deshidratados), industria avícola, fabricación de productos metálicos, fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón, fabricación de vinos y servicio de saneamiento. La industria está representada también, por la fabricación de productos químicos industriales y frigoríficos relacionados con la conservación de todo tipo de carnes [Ref. 2.11].

2.5 Uso del Suelo

La información referente a los usos de Suelo en la cuenca, se presenta en el plano 1940-RAP-01 y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.5: Clasificación Usos del suelo Cuenca del río Rapel

Cuenca del río Rapel (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
1.369.500	Praderas	62.291	5
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	301.097	22
	Plantaciones forestales	15.693	1
	Áreas urbanas e industriales	9.406	1
	Minería Industrial	3.399	0,2
	Bosque nativo y bosque mixto	126.719	9
	Otros Usos*	599.491	44
	Áreas sin vegetación	251.404	18

* Referidos a los siguientes usos: Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. [Ref 2.12]

De acuerdo a los límites y escalas para las distintas Macroregiones consideradas en el Catastro del Bosque Nativo, se tiene que para la Macroregión IV (área correspondiente al llano central de las regiones administrativas V, Metropolitana, VI, VII y VIII), la mínima unidad cartografiada corresponde a 6,25 Ha.

2.5.1 Uso Agrícola

Según su superficie, los terrenos de uso agrícola son los más importantes de la cuenca. Estos se ubican de preferencia en los llanos de la depresión central, alcanzando un total de 301.097 Ha, que corresponden al 22% de la superficie total. Los terrenos destinados a la rotación de cultivo - pradera alcanzan las 54.434 Ha.

Dentro de la cuenca, las provincias que poseen mayor superficie de terrenos agrícolas son, Cachapoal (161.500 Ha) y Colchagua (117.900 Ha) ya que ambas concentran el 54% y 39% respectivamente de la superficie destinada a este tipo de uso.

La superficie destinada al uso agrícola en la provincia de Cardenal Caro y Melipilla, es de 9.550 (3%) y 3.800 Ha (1,3%) respectivamente.

Los grupos de cultivos predominantes en la cuenca corresponden a cereales y frutales. En la provincia de Cachapoal la superficie destinada a cereales alcanza 44.155 Ha y de frutales a 44.500 Ha. La provincia de Colchagua posee 41.202 Ha de cereales y 13.502 Ha de frutales [Ref.2. 12] [Ref. 2.13].

2.5.2 Uso Forestal

La superficie de suelo destinada al uso de tipo forestal, es reducida. Abarca una superficie de 15.693 Ha que corresponde al 1% de la superficie total de la cuenca. La superficie de bosque Nativo alcanza las 125.377 Ha y de Bosque Mixto 1.342 Ha.

Las provincias que poseen mayor superficie para este tipo de uso son, Cardenal Caro (9.325 Ha) y Cachapoal (3.759 Ha) ya que ambas concentran el 59% y 24% respectivamente de la superficie destinada a este tipo de uso.

La superficie destinada al uso forestal en la provincia de Colchagua y Melipilla, es de 2.542 (16%) y 67 Ha (0,4%) respectivamente.

La superficie forestal anterior, está constituida principalmente por plantaciones de Pino radiata y Eucaliptus [Ref. 2.12] [Ref. 2.13].

Rapel

18.

2.5.3 Uso Urbano

La superficie total que abarca el uso urbano, es de 9.406 Ha correspondiendo al 1% de la superficie total de la cuenca. Este tipo de uso comprende a ciudades, pueblos y zonas industriales.

El uso urbano, está dado por el emplazamiento de la población mayoritariamente en el sector oriente. En esta zona, las ciudades con mayor número de población urbana corresponden a Rancagua, San Fernando, Rengo, Machalí y Graneros, que alcanzan un total de 344.708 habitantes, según censo 2002. En cuanto a su distribución espacial, estas localidades se encuentran próximas a los principales tributarios que posee la cuenca: Cachapoal, Tinguiririca y Claro de Rengo.

Cabe señalar que los datos de población dados por el censo 2002 corresponden a datos a nivel comunal y no de ciudad.

La superficie destinada a la minería industrial, es reducida pero de gran importancia económica. Comprende una superficie de 3.399 Ha que equivalen al 0,3% de la superficie total de la cuenca. Este tipo de uso, se presenta en el sector nororiente de la cuenca, en la localidad de Rancagua [Ref. 2.12].

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

Las Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE) que se emplaza en la cuenca, corresponden al Parque Nacional Las Palmas de Cocalán y Reserva Nacional río Los Cipreses.

La superficie total abarcada por estas áreas es de 6.474 Ha aproximadamente, equivalentes al 1% de la superficie total de la cuenca [Ref. 2.12].

Los sitios de conservación de la biodiversidad existente en la cuenca, incluidos en el documento “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad VI Región del Libertador Bernardo O’Higgins”, se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 2.6: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre sitio	Característica del ecosistema
Las Cardillas	Presencia de bosque esclerófilo de la zona central de Chile. Comunidades de Ciprés de la cordillera andina, especie con problemas de conservación. Presencia de otras especies animales y vegetales con problemas de conservación.
Alto Huemul	Presencia de bosque de roble de la zona Central, de la cordillera de Los Andes. Alta diversidad de especies vegetales y animales con problemas de conservación (ciprés de la cordillera, carpintero negro y zorro chilla).

[Ref 2.14]

Rapel

20.

3. ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS

3.1 Información Fluviométrica

La información utilizada para la realización del presente estudio hidrológico ha sido proporcionada por el Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) de la Dirección General de Aguas. El detalle para la cuenca del Rapel es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Rapel

Nombre	Período de Registro
RÍO PANGAL EN PANGAL	1985-2001
RÍO CACHAPOAL 5 KM ABAJO JUNTA CON RIO CORTADERAL	1989-2001
ESTERO ZAMORANO EN PUENTE EL NICHE	1985-2001
ESTERO ALHUE EN QUILAMUTA	1970-2001
ESTERO LA CADENA ANTES JUNTA RIO CACHAPOAL	1983-2001
RIO CLARO DE RENGO EN HACIENDA LAS NIEVES	1960-2001
RIO CACHAPOAL EN PUENTE ARQUEADO	1960-1976
RIO TINGUIRIRICA BAJO BRIONES	1960-2001
RIO CLARO (TINGUIRIRICA) EN EL VALLE	1970-2001
ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO	1968-1993
ESTERO CHIMBARONGO EN SANTA CRUZ	1968-1980
RIO TINGUIRIRICA EN LOS OLMOS	1960-1976

La ubicación de las estaciones se ilustra en la lámina 1940-RAP-02.

La cuenca del río Rapel está compuesta principalmente por las subcuencas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca. La unión de estos dos afluentes en La Junta forma el río Rapel, zona que se encuentra actualmente inundada por el embalse del mismo nombre.

El régimen del río Rapel es mixto debido a que se observan tanto regímenes nivales, pluviales y mixtos en los afluentes principales. Se aprecian regímenes nivales en la parte alta de la subcuenca del río Cachapoal, tanto en el río homónimo como en el río Pangal. Los regímenes pluviales se observan en el estero Alhue y en el estero Zamorano, este último

ubicado en la subcuenca del río Cachapoal. Los regímenes mixtos se observan en la subcuenca del río Tinguiririca, con mayor influencia nival en la parte alta y pluvial en la baja, y en la subcuenca baja del río Cachapoal.

Para el análisis hidrológico se han considerado tres grupos de estaciones fluviométricas, ya que se aprecian claras diferencias entre éstos. El primer grupo es nival, el segundo es el pluvial, y el tercero es mixto, que contiene estaciones con influencias tanto pluviales como nivales.

- Grupo1; Régimen Nival: Este grupo está compuesto por las estaciones fluviométricas ubicadas en la parte alta de la subcuenca del río Cachapoal, tanto en el río Cachapoal, como en el río Pangal.
- Grupo2; Régimen Pluvial: Este grupo está formado por tres estaciones fluviométricas, la primera ubicada en el estero Zamorano, en la subcuenca del río Cachapoal, la segunda en el estero Alhue, afluente del embalse Rapel y la tercera en la parte baja del río Tinguiririca.
- Grupo3; Régimen Mixto: Este grupo lo conforman las estaciones fluviométricas ubicadas en el estero La Cadena, en el río Claro de Rengo, y en la parte inferior del río Cachapoal, y las estaciones de la subcuenca del río Tinguiririca: Tinguiririca bajo Briones, Claro en El Valle, Chimbarongo en Convento Viejo y Chimbarongo en Santa Cruz.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Nival	RÍO PANGAL EN PANGAL
2		RÍO CACHAPOAL 5 KM ABAJO JUNTA CON RIO CORTADERAL
3	Pluvial	ESTERO ZAMORANO EN PUENTE EL NICHE
4		ESTERO ALHUE EN QUILAMUTA
5		RIO TINGUIRIRICA EN LOS OLMOS
6	Mixto	ESTERO LA CADENA ANTES JUNTA RIO CACHAPOAL
7		RIO CLARO DE RENGÓ EN HACIENDA LAS NIEVES
8		RIO CACHAPOAL EN PUENTE ARQUEADO
9		RIO TINGUIRIRICA BAJO BRIONES
10		RIO CLARO EN EL VALLE
11		ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO
12		ESTERO CHIMBARONGO EN SANTA CRUZ

Para completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas se escogieron estaciones patrones para realizar correlaciones lineales. Las estaciones escogidas son Pangal en Pangal, para la subcuenca del Cachapoal, y Tinguiririca bajo Briones para las estaciones ubicadas en la subcuenca del Tinguiririca.

Un caso particular es el de la estación Estero Alhue en Quilamuta, la cual se correlacionó con la estación Río Angostura en Valdivia de Paine, perteneciente a la cuenca vecina del río Maipo.

La estadística completada y extendida utilizada para el análisis de frecuencia de esta cuenca se encuentra en el anexo 3.1, donde se presentan los valores calculados para completar la estadística.

3.2 Usos del Agua

Las aguas superficiales presentes en una cuenca hidrográfica pueden ser utilizadas de distintas maneras. Se han diferenciado tipos de usos del agua, los cuales se han agrupado en usos in-situ, usos extractivos, usos para la biodiversidad y usos ancestrales.

Las fuentes utilizadas en este capítulo corresponden a:

- Catastro de Bocatomas III a VIII Regiones DGA.
- Sistema de Información Integral de Riego (SIIR).
- Catastro Bosque Nativo CONAF – CONAMA.
- “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad VI Región del Libertador Bernardo O’Higgins”, CONAMA-CONAF-SAG-INIA-DGA-SERNAP.
- “Estudio de Síntesis de Catastros de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento”, Ricardo Edwards – Ingenieros Ltda. para DGA, MOP octubre 1991.
- “Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile”, IPLA Ltda. para DGA, MOP enero 1996.

3.2.1 Usos in – situ

Los usos de agua in-situ corresponden a aquellos que ocurren en el ambiente natural de la fuente de agua. A continuación se mencionan los usos in-situ en esta cuenca que se relacionan con la calidad del agua:

a) Acuicultura

La acuicultura es la actividad organizada por el hombre que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos, cualquiera sea su finalidad. Tratándose de las aguas continentales superficiales, corresponde a la Subsecretaría de Pesca informar sobre la existencia de zonas destinadas a la acuicultura. En este acápite se consideran sólo las actividades de acuicultura que se realizan en el cauce mismo (uso del agua in-situ). La acuicultura que se realiza fuera del cauce se incluye como uso extractivo de tipo industrial.

Para esta cuenca, no existen zonas de acuicultura informadas por la Subsecretaría de Pesca.

b) Pesca deportiva y recreativa

Este uso es el que se destina a la actividad realizada con el objeto de capturar especies hidrobiológicas sin fines de lucro y con propósito de deporte, recreo, turismo o pasatiempo.

Rapel

24.

En esta cuenca se desarrolla esta práctica en el embalse Rapel.

3.2.2 Usos extractivos

Los usos extractivos son los que se extraen o consumen en su lugar de origen. A continuación se mencionan los usos extractivos en esta cuenca que se relacionan con la calidad del agua:

a) Riego

El uso del agua para riego es aquel que incluye la aplicación del agua desde su origen natural o procedente de tratamiento. Se distingue riego irrestricto y restringido. El primero es el que contempla agua, cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para su uso regular en cada una de las etapas de desarrollo de cultivos agrícolas, plantaciones forestales o praderas naturales. En el riego restringido, en cambio, la aplicación se debe controlar, debido a que sus características no son las adecuadas para utilizarlas en todas las etapas de cultivos y plantaciones. En este acápite, sin embargo, no se desagregan estas clasificaciones de riego porque no existen antecedentes para hacerlo.

La cuenca del río Rapel contaba el año 1991 con 1270 canales de regadío, a través de 3.422,6 kms de canales, regulados a través de 334 embalses menores y 9 embalses mayores.

A continuación se presenta un mayor detalle de la infraestructura de riego existente en la cuenca en ese año:

Tabla 3.3: Infraestructura de riego en la cuenca del río Rapel

Fuente	Canales (Nº)	Longitud (km)	Embalses (Nº)	
			Menores	Mayores
Río Rapel	228	266,85	51	1
Río Cachapoal	371	1.594,50	227	3
Río Claro de Rengo	130	662,61	16	1
Estero Zamorano	64	447,45	11	-
Río Tinguiririca	260	S/I	S/I	2
Estero Las Toscas	50	S/I	S/I	1
Estero Chimbarongo	167	451,25	29	1

[Ref. 3.1]

La demanda neta de riego al año 1993 era de 133,3 m³/seg. [Ref. 3.2)

b) Captación para agua potable

El uso para la captación de agua potable es aquel que contempla la utilización en las plantas de tratamiento para el abastecimiento tanto residencial como industrial.

En relación a las demandas de agua potable, numerosas localidades ejercen demanda por este aspecto en los recursos hídricos de la cuenca. La ciudad de Rancagua ejerce una demanda que corresponda al 46 % del total ejercido por las diferentes ciudades y pueblos en este ítem en la cuenca.

En la siguiente tabla se muestran las demandas netas de agua potable estimadas para el año 2000:

Tabla 3.4: Demandas netas de agua potable proyectadas al año 2000 (l/s) [Ref. 3.3]

Ciudad	Demanda
Rancagua	520,15
San Fernando	93,65
Rengo	47,81
Santa Cruz	42,69
Graneros	30,51
San Vicente	27,90
Machali	20,31

[Ref. 3.3]

En relación a las fuentes de abastecimiento sólo se cuenta con la información disponible en la lámina de usos del agua.

c) Generación de energía eléctrica

La cuenca del río Rapel es de gran importancia para el abastecimiento del Sistema Interconectado Central (SIC). En esta cuenca existen 5 centrales hidroeléctricas, que se describen a continuación:

Rapel

26.

- Central Pangal: central que pertenece a CODELCO, aprovecha las aguas del río Pangal. Corresponde a una central de pasada. Su caudal de diseño es de 5.800 l/s.
- Central Coya: central que también pertenece a CODELCO, aprovecha las aguas de los ríos Cachapoal y Pangal. Corresponde a una central de pasada y su caudal de diseño es de 30.000 l/s.
- Central Sauzal: esta central pertenece a ENDESA, aprovecha las aguas de los ríos Cachapoal y Claro de Rengo. Corresponde a una central de pasada y su caudal de diseño es de 73.500 l/s. No hay información suficiente para asignar esta central a un segmento específico.
- Central Sauzalito: esta central pertenece a ENDESA, aprovecha las aguas de la central Sauzal. Corresponde a una central de pasada y su caudal de diseño es de 45.000 l/s. No hay información suficiente para asignar esta central a un segmento específico.
- Central Rapel: esta central pertenece a ENDESA, aprovecha las aguas del río Rapel. Su caudal de diseño es de 535.000 l/s, sin embargo el caudal medio anual utilizable en un año medio es de 178.000 l/s.

Además de estas centrales, se han detectado otras bocatomas para este uso en el Sistema de Información Geográfico de la DGA.

d) Actividad industrial

La mayoría de las industrias existentes en la cuenca del río Rapel pertenecen al rubro agroindustrial y alimenticio.

Las empresas a las cuales se les ha otorgado derechos de agua con fines industriales se localizan principalmente en: El río Cachapoal desde el río Claro (Cachapoal) hasta el embalse Rapel, estero La Cadena, río Claro de Rengo y río Zamorano.

La demanda total por agua industrial par el año 2000 era de 23.742.790 (m³/año), lo que equivale a 753 l/s de caudal continuo como promedio mensual, de los cuales el rubro agroindustrial requiere más del 75 %.

Además de estas centrales, se han detectado otras bocatomas para este uso en el Sistema de Información Geográfico de la DGA.

e) Actividad minera

A continuación se presentan derechos de aguas oficialmente otorgados a empresas mineras sobre cursos superficiales

Tabla 3.5: Demandas mineras de la cuenca del río Rapel

Nombre	Res.	Fecha	Fuente	Derechos (l/s)
CODELCO	53	09/02/87	Estero Coya	279.0
Cía. Minera Río Pangal	212	11/10/71	Río Blanco	5.8
Soc. Minera El Teniente	400	16/09/82	Río Pangal	140.0
Soc. Minera El Teniente	400	16/09/82	Río Pangal	460.0
CODELCO	425	22/05/90	Río Blanco	1.200.0
CODELCO	486	28/06/90	Est. Los Leones	3.000.0
CODELCO	374	27/12/78	Río Cachapoal	70.0
Cía. Minera Rosario de Rengo	324	26/08/88	Est. Pandina	--
Calcáreas Tinguiririca	1591	09/08/56	Río Herrera	1.500.0

[Ref. 3.3]

No se dispone de información acerca de la localización de los ríos Blanco y Herrera y los esteros Los Leones y Pandina. En relación al resto de los usos del agua para la actividad minera, no se dispone de información suficiente para poder asignarlos a un segmento específico, a excepción de la fuente en el estero Coya, razón por la cual tampoco figuran en la lámina de usos del agua. Sin embargo, en la tabla de resumen de los usos del agua, se asignan estos usos a un tramo.

El resto de las minas utilizan recursos hídricos subterráneos.

3.2.3 Biodiversidad

La protección y conservación de comunidades acuáticas, a la que hace referencia el Instructivo, son abordadas en el presente estudio desde el punto de vista del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), de la Estrategia de Biodiversidad y algunos otros sitios de interés que pudieran sobresalir de la información recopilada (sitios CONAF, etc.).

En la cuenca del río Rapel existen dos sitios contemplados en el SNASPES:

- Parque Nacional Las Palmas de Cocalán: Alberga la mayor población de palmas chilenas (*Jubaea chilensis*). Es una de las especies más importante de toda la zona central, por su gran belleza y por sus productos (la savia, base de la miel de palma, y sus frutos o "coquitos"). En el parque habitan también otras especies vegetales, como el roble (*Nothofagus glauca*), el quillay (*Quillaja saponaria*), el boldo (*Peumus boldus*), el litre (*Lithraea caustica*), el peumo (*Cryptocaria alba*) y la patagua (*Crinodendron patagua*).
- Reserva Nacional Río de los Cipreses: Esta reserva es el resultado de una combinación de fenómenos volcánicos, glaciares y fluviales. Dentro de sus límites coexisten variadas especies de animales y aves, como el zorro culpeo, el loro trichahue (especie en peligro de extinción) y el zorro chilla. Pero uno de los aspectos más interesantes del parque son los bosquetes de ciprés de la cordillera que coexisten con ejemplares de olivillo de la cordillera. Otro aspecto notable son los petroglifos dejados por pequeños grupos de cazadores hace cinco mil u ocho mil años atrás en diversos lugares de la reserva, como la Piedra del Indio.

En cuanto a la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad VI Región del Libertador Bernardo O’Higgins”, los sitios prioritarios de conservación de la biodiversidad aparecen indentificados en el capítulo 2.5.4 “Áreas de Conservación de la Biodiversidad”.

3.2.4 Usos ancestrales

Para esta cuenca no se han detectado derechos de agua otorgados a comunidades indígenas.

3.2.5 Conclusiones

En la lámina 1940-RAP-02: “Estaciones de Medición y Usos del Agua” se muestran los cauces seleccionados para el presente estudio, con su respectiva segmentación y los distintos usos asociados a cada cauce. Esta misma información se presenta en la tabla 3.6, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

La tabla 3.6 ha sido concebida como una matriz, ubicando los segmentos en las filas y los usos de agua en las columnas. Para definir las columnas se han considerado los usos prioritarios establecidos en el Instructivo, complementándolos con otros usos (hidroelectricidad, actividad industrial, etc.) que si bien no aparecen en él, permiten tener una visión más global de la cuenca.

Tabla 3.6: Usos de agua por segmento en la cuenca del río Rapel

Cauce	Segmento	Usos in situ			Extractivos				Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Cachapoal	0600CA10								•	
	0600CA20								•	
	0600CA30								•	
	0600CA40				•					
	0601CA10			•	•			•		
	0601CA20			•						
	0601CA30			•						
	0601CA40			•						
	0601CA50			•						
	0601CA60			•				•		
Río Claro de Rengo	0601CL10			•						
	0601CL20			•						
	0601CL30			•			•			
Río Claro (Tinguirirca)	0602CL10			•	•				•	
Estero Coya	0600CO10							•		
Río Pangal	0600PA10			•		•		•		

* Esta columna incluye sitios SNAPE, sitios priorizados, santuarios, etc.

Tabla 3.6 (Continuación): Usos de agua por segmento en la cuenca del río Rapel

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Estero La Cadena	0601LC10			•				•		
Estero Zamorano	0601ZA10			•						
	0601ZA20			•						
Estero Chimbarongo	0603CH10			•				•		
	0603CH20			•						
	0603CH30									
	0603CH40			•				•		
Río Tinguiririca	0602TI10			•					•	
	0603TI10			•						
	0603TI20			•						
	0603TI30			•						
Estero Alhué	0604AL10			•						
	0604AL20			•				•		
Estero Carén	0604CR10									
	0604CR20			•						
Río Rapel	0605RA10			•		•				

[Ref. 3.1] [Ref. 3.3]

* En esta columna se incluye sitios SNAPE, sitios priorizados, santuarios, etc.

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del Río Rapel posee una población estimada al año 2001 de 788.144 habitantes localizados en torno a dos grandes ríos, Cachapoal y Tinguiririca. La población urbana total estimada de la cuenca es de 424.084 habitantes, considerando las localidades con población mayor a 5.000 personas. Del total de población urbana presente en la cuenca, el 90.2 % posee tratamiento de aguas servidas. Actualmente, la empresa de servicios sanitarios Empresa de Servicios Sanitarios el Libertador (ESSEL S.A.) provee con servicios de alcantarillado y agua potable, así como de tratamiento de aguas servidas a la totalidad de las localidades emplazadas en la cuenca. Las principales ciudades de acuerdo al número de habitantes que cuentan con tratamiento de aguas servidas, son las ciudades de Rancagua, San Fernando y Rengo.

Actualmente, las localidades con población superior a 5.000 habitantes que no poseen cobertura de tratamiento de aguas servidas, son los poblados de Quinta de Tilcoco y Coltauco. A partir del 2005 se prevee que esta última, cuente con un sistema de tratamiento de aguas servidas a través de una planta de lodos activados que descargará sus efluentes directamente al Río Cachapoal. El caudal de descarga esperado será de 4,2 L/s.

El sistema de alcantarillado de aguas servidas de la ciudad de Rancagua, está formado por una serie de colectores que descargan sus aguas al Estero La Cadena, a través de tres emisarios, uno de los cuales recolecta las aguas servidas de Machalí. Con el fin de mejorar la calidad de la descarga de aguas servidas de la ciudad al estero La Cadena, se ha implementado la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Rancagua (PTASR), la cual recibe el aporte de las aguas servidas de la localidad de Machalí, Graneros y Rancagua. Esta planta sirve a una población aproximada de 272.000 habitantes al año 2001 y se proyecta para el año 2020 tratar las aguas de 403.000 habitantes. La planta de tratamiento PTASR, opera mediante lodos activados convencionales y desinfección basándose en gas cloro, siendo las aguas tratadas finalmente descargadas al estero La Cadena.

La ciudad de San Fernando cuenta con un sistema de alcantarillado que permite la recolección de sus aguas servidas, las cuales son conducidas a una planta de tratamiento que cuenta con un sistema de lagunas oxigenadas en funcionamiento desde 1996. Las aguas tratadas son descargadas al Estero Antivero.

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Rengo descarga a dos emisarios que conducen las aguas servidas a la planta de tratamiento de la localidad. Esta planta se encuentra en operación desde 1993 y consiste en cuatro lagunas de estabilización del tipo facultativo, abarcando un área de 7.39 Há. Los efluentes reciben desinfección mediante la adición de gas cloro. Las aguas tratadas descargan al estero Malambo y su caudal promedio anual se estima en 48.8 L/s.

En la tabla 3.7 se incluye información referente a las empresas de servicios sanitarios que operan actualmente en la cuenca; el cuerpo receptor de las aguas servidas; el porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas servidas (estimadas al año 2001) y población total estimada (urbana y saneada) para cada localidad. Los valores de concentración de los parámetros característicos de las aguas servidas, son aquellos estipulados en el Decreto N° 90/00, en el cual se incluyen como límite máximo permisible.

Rapel

34.

Tabla 3.7: Descargas de Aguas Servidas

Localidad	Segmentos Asociados a las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa de Servicios Sanitarios	Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas (%)	Población Urbana Total Estimada (Hab)	Población Estimada Saneada (Hab)	Planta de Tratamiento	Caudal (L/s)	DBO ₅ mg/l	pH	Sólidos Suspendidos mg/L	Aceites y Grasas mg/l	Cu mg/l	Fe disuelto mg/l	Colif. Fecales NMP/100 ml
Chimbarongo	603CH - 20	Estero Chimbarongo	Essel	70	14.500	9.534	SI	17,66	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Graneros	601LC - 10	Estero La Cadena	Essel	96	20.397	18.305	SI	33,90	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Machalí	601CA - 10	Estero La Cadena	Essel	85	21.135	17.091	SI	31,65	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Peumo	601CA - 60	Río Cachapoal	Essel	75	8.026	5.264	SI	9,75	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Rancagua	601CA - 20	Estero La Cadena	Essel	98.6	217.666	212.032	SI	392,65	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Rengo	601CL - 30	Estero Malambo	Essel	87.7	31.096	26.912	SI	49,84	49,00	7,4	134,00	Nd	Nd	Nd	<2,3E+01
San Fernando	603TI - 10	Estero Antivero - Río Tinguiririca	Essel	94.5	51.569	48.053	SI	88,99	42,30	7,2	103,50	Nd	Nd	Nd	5,9E+03
Las Cabras	601CA - 60	Estero Palmilla - Río Cachapoal	Essel	87	5.953	4.893	SI	9,06	28,00	7,2	78,00	0,01	0,000	Nd	<2,3E+01
Nancagua	603TI - 20	Río Tinguiririca	Essel	88.5	7.492	6.563	SI	12,15	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Santa Cruz	603CH - 30	Estero Chimbarongo	Essel	90	17.146	15.018	SI	27,81	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
San Vicente	601ZA - 10	Estero Zamorano	Essel	80	15.868	12.537	SI	23,22	102,00	7,4	151,00	0,22	0,004	Nd	<2,3E+01
Coltauco*	601CA - 40	Río Cachapoal (al año 2005)	Nd	Nd	6.501	0	NO	4,2*	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Quinta de Tilcoco	601CL - 30	Nd	Essel	0	6.735	0	NO	0,00	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Peralillo	603TI - 40	Río Tinguiririca(emisario E. Peralillo)	Essel	87	4.719	4.073	SI	7,54	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Pelequén	601ZA - 10	Estero Zamorano	Essel	0	2.970	2.021	NO	3,74	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Malloa	601ZA - 10	Estero Zamorano	Essel	60	1.952	932	SI	1,73	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Rosario	601CL - 30	Río Claro de Rengo	Essel	65	5.788	2.299	SI	4,26	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Requinoa	601CL - 30	Estero Pichiguao	Essel	70	8.636	4.142	SI	7,67	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Coinco	601CA - 40	Río Cachapoal	Essel	0	2.293	0	NO	0,00	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Olivar Alto	601CA - 30	Río Cachapoal	Essel	60	3.655	1.624	SI	3,01	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Doñihue	601CA - 40	Río Cachapoal	Essel	70	7.222	3.785	SI	7,01	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Navidad	605RA - 30	Río Cachapoal	Essel	0	531	0	NO	0,00	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Pichidegua	601CA - 60	Río Cachapoal	Essel	75	4.860	3176	SI	5,88	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03

NOTAS:

- Nd: información no disponible.
- La información de población Total y saneada, corresponde a una estimación al año 2001(SISS).
- La concentración del efluente de la localidad de Rengo, San Fernando, Las Cabras y San Vicente de Tagua Tagua, son valores extraídos del Informe Final Etapa I Diagnóstico de Calidad del Agua del Río Cachapoal. Abril 2001. Arcadis Geotecnia. Los demás valores característicos de concentración de las aguas servidas, deben ser proporcionados por la empresa sanitaria ESSEL. Si los efluentes de aguas servidas cumplen con el Decreto N° 90/00, las concentraciones de éstos parámetros son inferiores a aquellas incluidas en la tabla anterior (límite máximo permisible por el Decreto N°90).
- El valor de caudal de descarga del efluente de cada empresa proveedora, ha sido estimado con respecto a la población estimada saneada al 2001, disponible en el Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.La localidad de Coltauco, a partir del año 2005 contará con tratamiento de aguas servidas a través de una planta de lodos activados que descargará sus efluentes directamente al Río Cachapoal. El caudal de descarga esperado es de 4,2 L/s.

Rapel

36.

3.3.2 Descargas de tipo industrial

Una de las actividades económicas más importantes de la cuenca es la explotación del mineral de cobre El Teniente, ubicado a unos 50 Km de Rancagua. El estero El Teniente, receptor de las aguas de la minera, es uno de los principales afluentes al Estero Coya y éste, a su vez, es afluente del Río Cachapoal, el cual se ve afectado en su calidad debido a las descargas anteriores. Además de las instalaciones de extracción y procesamiento de mineral, CODELCO cuenta con una fundición en la zona de Caletones y tranques de relaves, algunos en operación y otros que por mucho tiempo han estado sin operar. Estos drenajes llegan indirectamente a las aguas del río Cachapoal.

Las principales fuentes emisoras de residuos industriales líquidos que inciden en la calidad del agua, están dadas por las industrias: Agrícola Super Ltda, International Paper (Procesos de Tinturas), Viña Morandé y Aguas Minerales Cachantún S.A. Estos establecimientos industriales, de acuerdo al Decreto N° 90/2000 del MINSEGPRES presentan elevadas concentraciones de DBO, Sólidos Suspendedos, Aceites y Grasas.

En la tabla 3.8 se incluye información acerca de las industrias que se localizan en la cuenca, sus cargas contaminantes, el cuerpo receptor afectado, la localización del establecimiento industrial, entre otros. Además, se incluye la tabla 3.8 con información de descargas obtenidas de estudios específicos cuyos parámetros no están estipulados en el Decreto N° 90/2000.

Rapel

38.

Tabla 3.8: Residuos Industriales Líquidos

Industria	Comuna	Segmento Asociado a la Descarga	Cuerpo Receptor	CIU	Caudal (L/s)	pH	T	SS	SD	A y G	HC	DBO ₅	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH ₄	Pb	SO ₄	Zn	PE	B	Al	Mn
Aguas Minerales Cachantun S.A	Coinco	601CA - 40	Río Cachapoal	31341	15,0	*		4.997				2.252																
Dole Chile Rancagua	Rancagua	601CA - 20	Estero La Cadena	31131	Nd	*	*	250	*	20		50					*			*				*				
Agrosuper Lo Miranda	Doñihue	601CA - 40	Río Cachapoal	31113	104,2	6,6	*	273	*	19,4		271					*			*				*				
Permanz Ltda.	Rancagua	601CA - 20	Río Cachapoal	31131		*	*	*	*	*		*					*			*				*				
Consortio Agroindustrial de Malloa S.A	Malloa	601ZA - 10	Estero Zamorano	31134	168,0	13,6	*	37	*	*		70								*		175	*					
Consortio Agroindustrial de Malloa S.A	Malloa	601ZA - 10	Estero Zamorano	31134		*	*	1.227	*	*		17,6								*			*					
Agrícola Super Ltda.	Doñihue	601CA - 40	Río Cachapoal	31113	75,9	7,0	*	570	*	570		1.100					*			*			*					
Fundición Caletones (Div. El Teniente-CODELCO)	Machalí	601CO - 20	Estero Coya	38197		6,21										14,4						403						1,29
Mina el Teniente Codelco Chile	Machalí	600CO - 10	Estero EL Teniente	38197																								
Faenadora San Vicente Ltda.	San Vicente	601ZA - 10	Estero Zamorano	31113	34,1	7,0	*	60	*	33		325					*			*			*					
Chiquita Enza	Graneros	601LC - 10	Estero La Cadena	31131		7,2	*	168	*	11		7,3					*			*			*					
International Paper (Proceso Tinturas)		601LC - 10	Estero La Cadena	34191		7,2		245		16		653	*		*	*	*	*	*	*	*	*	1.159	*				
Viña Morande S.A	Malloa	601ZA - 10	Estero Zamorano	31321	1,2	*		81				432																
Faenadora Rosario	Rengo	601CL - 20	(2)	31111	25,0	*	*	*	*	*		*					*			*			*					
Molino San Miguel (alimentos)	Rancagua	601CA - 20	Río Cachapoal	31174		*	*	*	*			*					*			*			*					
Cargill (NN)	Rancagua	601CL - 30	Río Claro de Rengo	(1)																								
Exportadora de Frutas Naturales de Chile	Requinoa	601CL - 30	Río Claro de Rengo	31131		*	*	*	*	*		*					*			*			*					
Santa Rita	Requinoa	601CL - 30	Río Claro de Rengo	31321		*		*				*																
UTC S.A. (Uniterd Trading Co.)	Requinoa	601CL - 30	Río Claro de Rengo	31131		*	*	*	*	*		*					*			*			*					
EMALCO (empresa almacenadora de combustibles Ltda.)	San Fernando	601ZA - 10	Estero Antivero	(1)																								
Vitafoods S.A.	San Fernando	603TI - 10	Río Tinguiririca	31134		*	*	*	*	*		*								*		*	*					

NOTA: Las celdas con valores asterisco, representan los parámetros típicos de efluentes de cada industria de acuerdo a su clasificación CIU según Decreto N°90/00 MOP, Las unidades de concentración de los parámetros físico – químicos están expresados en mg/L.
Nd: Información no disponible.

FUENTE: Arcadis Geotecnica, Abril 2001, Informe Final Etapa I, Diagnóstico de calidad del agua del río Cachapoal. Dames & Moore, 1994, Estudio de Caracterización de la calidad del agua y manejo de descargas de aguas residuales industriales y residenciales en la cuenca del Río Rapel.

(1) No se dispone de información respecto del código CIU

(2) No se dispone de información respecto del cuerpo receptor de esta industria.

Rapel

40.

3.3.3 Contaminación difusa por pesticidas

Aplicando la metodología para la estimación de la Contaminación Difusa, para cinco subcuencas del río Rapel (0601, 0602, 0603, 0604 y 0605), se puede concluir que potencialmente existen algunos compuestos activos que podrían estar sobre el valor establecido para Clase 1 en el Instructivo. Estos serían: Clorotalonil y 2,4-D.

En el Anexo 3.2 se encuentra un estudio de estimación muy aproximada de los contaminantes que ocurrirían en las subcuencas antes señaladas.

3.4 Datos de Calidad de Aguas

3.4.1 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en este estudio para el análisis de la cuenca del río Rapel son las siguientes:

- a) Monitoreo de Calidad de aguas de la DGA, período de registro desde 1980-2002

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Rapel				
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Período de Registro	Nº de Registros
Río Cachapoal					
En Bocatoma Chacales.	NO	30	19	1995-2002	26
En Bocatoma Canales Rivera Sur.	NO	30	19	1980-2002	78
En Panamericana (*)	NO	13	6	1980-1985	5
En el Carmen (*)	NO	13	6	1980-1981	9
En Puente Cónico	NO	29	18	1980-2002	84
En Puente Arqueado	SI	30	19	1994-2002	26
Antes junta Estero Coya (*)	NO	24	15	1980-1995	71

Rapel

42.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Rapel				
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Medidos en Instructivo	Período de Registro	N ° de Registros
En Puente Codao (*)	NO	26	16	1980-1995	70
En Puente Termas de Cauquenes (*)	NO	16	9	1980-1986	39
Estero Coya					
Antes Estero El Teniente (*)	NO	14	7	1983	1
Después Estero El Teniente (*)	NO	14	7	1983	1
Antes Estero Sapo (*)	NO	13	7	1983	1
Después Estero Sapo (*)	NO	13	7	1983	1
Antes de junta con Río Cachapoal	NO	30	18	1980-2002	97
Estero La Cadena					
En Desembocadura	NO	31	19	1994-2002	25
En Panamericana (*)	NO	13	6	1981-1999	24
Río Claro de Rengo					
Antes Río Cachapoal (*)	NO	5	4	1980-1982	2
Antes Río Tinguiririca (*)	NO	18	9	1988-1989	5
En Hacienda las Nieves	SI	29	18	1994-2002	26
En Puente Zúñiga	NO	31	19	1985-2002	53
De Rengo en Panamericana (*)	NO	14	7	1980-1984	35
Estero Zamorano					
En Desembocadura (*)	NO	13	6	1986	1
En Pencahue	NO	29	18	1980-2002	44
En Puente el Niche (*)	SI	18	9	1989-1995	25
En San Vicente de T-T (*)	NO	13	6	1980-1984	31
Estero Alhue					
Antes Estero Carén	NO	31	19	1985-2002	94
En Quilamuta	SI	31	17	1986-2002	179
Río Rapel					
En Rapel (*)	NO	13	6	1981-1984	8
En Navidad	NO	29	18	1994-2002	26
Río Pangal					
Antes Río Cachapoal (*)	NO	13	6	1980-1984	19
Estero Chimbarongo					

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Rapel				
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Período de Registro	Nº de Registros
En Convento Viejo (*)	SI	13	6	1981-1983	6
En Los Maquis	NO	30	18	1994-2002	26
En Puente Huemul	NO	29	17	1994-2002	22
En Panamericana (*)	NO	25	13	1985-1995	44
En Quinta (*)	NO	28	19	1980-1996	8
Estero El Teniente					
Antes Vertedero Mina (*)	NO	31	19	1983-2001	8
Río Tinguiririca					
En Los Olmos	SI	28	18	1985-2002	51
En Puente Negro (*)	NO	18	10	1993-1995	8
Bajo Los Briones	SI	29	18	1985-2002	50
En Panamericana (*)	NO	14	7	1980-1985	15
Estero Carén					
Antes Estero Alhue (*)	NO	26	16	1985-1998	87
Embalse Rapel					
En el Muro (*)	NO	18	9	1980-1993	61
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		NO	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

(*) : Estación de monitoreo suspendida

Rapel

44.

- b) Estudio de caracterización de la calidad del agua y manejo de descargas de aguas residuales industriales y residenciales en la cuenca del Río Rapel. Dames & Moore. 1994

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DAMES & MOORE				
Cuenca	Río Rapel			
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Instructivo	Periodo de Registro
Río Cachapoal				
En Puente Termas	NO	10	8	1993
Aguas arriba Estero Coya	NO	10	8	1993
En Puente Coinco	NO	10	8	1993
En Puente Arqueado	NO	10	8	1993
Estero La Cadena				
Antes Junta Río Cachapoal	NO	10	8	1993
Río Claro de Rengo				
En Puente Zuñiga	NO	10	8	1993
Estero Zamorano				
En Puente El Niche	NO	10	8	1993
Estero Alhué				
Estero Alhué en Quilamuta	NO	10	8	1993
Río Rapel				
Embalse Rapel	NO	10	8	1993
Estero Chimbarongo				
En Santa Cruz	NO	10	8	1993
Río Tinguiririca				
En Los Olmos	NO	10	8	1993
En Puente La Teja	NO	10	8	1993
Parámetros medidos Instructivo				
• Indicadores fisico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas	NO	
• Inorgánicos	NO	• Microbiológicos	SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados	SI	

c) Diagnóstico de Calidad Agua del Río Cachapoal, Arcadis Geotecnica, 2001.

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO ARCADIS GEOTECNICA				
Cuenca	Río Rapel			
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Periodo de Registro
Cachapoal				
Río Cachapoal aguas arriba unión Estero Coya (T2)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas abajo Estero Coya (P1)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	SI	62	62	2000
Puntilla de Loros (P3)	NO	62	62	2000
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	NO	62	62	2000
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	NO	62	62	2000
Siete canales en Gultro (P6)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	SI	62	62	2000
Planta de Chancado de Aridos (P8)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	NO	62	62	2000
Puente Coinco (P14)	SI	62	62	2000
Sector Loreto de Coltauco (P15)	NO	62	62	2000
Puntilla de Millaje (16)	NO	62	62	2000
Punta del Viento (P17)	NO	62	62	2000
Monte Lorenzo Arriba (P18)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	NO	62	62	2000
Monte Lorenzo Abajo (P21)	NO	62	62	2000

Rapel

46.

Cauces monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	SI	62	62	2000
Aeródromo Peumo (P25)	NO	62	62	2000
Sofruco (P28)	NO	62	62	2000
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	Si	62	62	2000
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	NO	62	62	2000
Patagua Orilla (P31)	NO	62	62	2000
Puente Arqueado (P32)	NO	62	62	2000
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	NO	62	62	2000
Otros Cauces Monitoreados				
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	NO	62	62	2000
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	SI	62	62	2000
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	NO	62	62	2000
Río Claro en Puente Tunca (P22)	SI	62	62	2000
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	SI	62	62	2000
Parámetros medidos Instructivo				
• Indicadores fisico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas	SI	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos	SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	SI	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados	SI	

- Las cuatro campañas de terreno se realizaron en : marzo, julio, octubre y diciembre
- Se diseñó una red de monitoreo, con 35 puntos de monitoreo (30 puntos en el río Cahapoal y el resto en los principales afluentes)
- Principales afluentes: Estero Coya (T1), Estero La Cadena (P10), Estero Idahue (P19), Río Claro de Rengo (P22), Estero Zamorano (P26).

d) Programa de Monitoreo de ESSEL

Programa de monitoreo de Calidad de aguas de ESSEL, período de registro desde octubre del 2002 a marzo del 2003 las características específicas son:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO ESSEL					
Cuenca	Río Rapel				
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Instructivo	Período de Registro	N° de Registros
Río Cachapoal					
Aguas arriba Estero Coya	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En aducción Canal Nuevo Cachapoal	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Bocatoma Rivera Sur	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Bocatoma Canal San Pedro	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
Aguas arriba Estero La Cadena	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
Aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Puente Coinco	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Puntilla Millaje	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Puente Peumo	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
En Puente Las Cabras	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
Estero Coya					
Aguas arriba Río Cachapoal	NO	21	13	Oct.2002-Mar.2003	6
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas			NO
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos			SI
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos			NO
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados			SI

e) Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

El detalle se presenta en el acápite 4.2.3.

3.4.2 Aceptabilidad de los programas de monitoreo

Conforme al procedimiento metodológico para la aceptabilidad de los programas de monitoreo, corresponde validar automáticamente los datos de calidad de aguas contenidos en la red de monitoreos de la DGA. Sin embargo, se presenta la aplicación completa de la metodología para definir la Base de Datos Depurada (BDD).

Las etapas básicas para estructurar la BDD para la cuenca son las siguientes:

- Análisis de outliers

Cada vez que, en una estación de monitoreo, un registro o valor de un parámetro aparentemente difiere notoriamente del resto de los valores registrados, se procede a someter estos puntos discordantes al test de Dixon para la detección de outliers. Una vez realizado este proceso de revisión de la información existente en la cuenca del río Rapel, se llegó a eliminar un porcentaje inferior al 0,5 % de los datos. Todo esto permite confirmar la validez de los datos contenidos en la red de monitoreo de la DGA para esta cuenca.

En la información obtenida de los estudios de ESSEL, Arcadis y Dames & Moore, no fueron detectados outliers.

- Análisis de límites físicos

Los límites físicos para los diferentes parámetros contenidos en la red de monitoreo no se vieron sobrepasados, por lo que no se eliminaron datos producto de este análisis.

Los límites físicos fueron respetados en los estudios de ESSEL, Arcadis y Dames & Moore, por lo cual no se eliminaron datos por esta razón.

- Análisis de límites de detección (LD)

Una vez analizados los puntos anteriores, se procede a revisar, en cada estación de monitoreo, aquellos parámetros cuyo valor se repite permanentemente como resultado del análisis de laboratorio.

En la cuenca del río Rapel se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: boro (<1 mg/l); selenio y mercurio (<1 µg/l); cromo, níquel y cadmio (<10 µg/l) y plomo (<0.01 mg/l). Por lo tanto, estos parámetros no son posibles de considerar en posteriores análisis de la calidad del agua de la cuenca.

Se detectó en los resultados por Arcadis que no fue posible detectar en algunos cauces bastantes de los parámetros analizados, siendo estos generalmente cianuro, hidrocarburo totales, herbicidas, insecticidas, fungicidas, algunos compuestos orgánicos en algunos de los casos se encontraron en el límite de detección analítico.

En el estudio de SSEL, eventualmente se encontraron en límite de detección algunos parámetros, tales como: Mo, DBO₅ y coniformes fecales.

En el caso de los datos entregados por Dames & Moores no se encontraron parámetro en límite de detección.

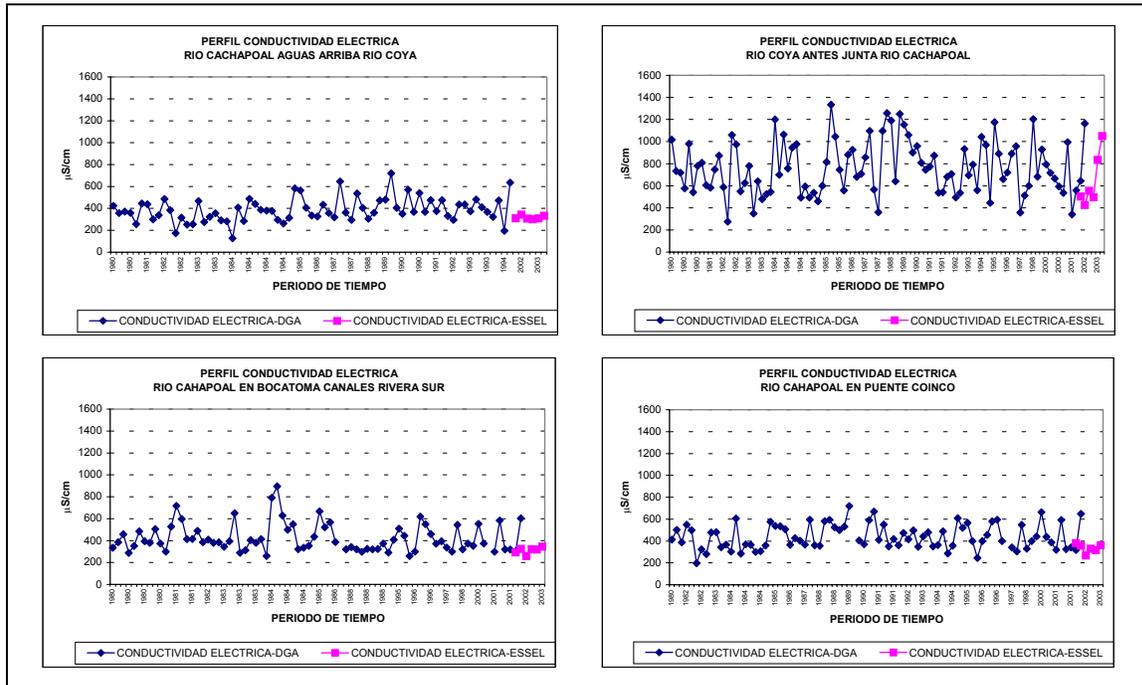
La Base de Datos Depurada que contiene la información disponible para análisis de la cuenca del río Rapel, se presenta en la forma de archivo digital en el anexo 3.2.

3.4.3 Validación Programa ESSEL

En el caso de la cuenca del Río Rapel, dentro de las fuentes de información se cuenta con la proveniente del programa de monitoreo realizado por ESSEL, que corresponde a información de Nivel 2 de acuerdo a la metodología. Por esta razón, se hace necesario aplicar algún test de validación de la información.

Utilizando un método gráfico de validación de la información entregada por ESSEL para los siguientes puntos de muestreos coincidentes con estaciones de monitoreo de la DGA: río Cachapoal aguas arriba estero Coya, estero Coya antes junta río Cachapoal, río Cachapoal en Bocatoma Canales Ribera Sur y río Cachapoal en Puente Coinco, es posible observar si esta información es coincidente con aquella proveniente de la DGA.

A continuación se presenta para los 4 puntos de muestreo mencionados, el comportamiento de la conductividad eléctrica, concentración de sulfato y concentración de hierro de la información proveniente de la DGA y ESSEL.



**Figura 3.1: Conductividad Eléctrica en Cuenca Río Rapel.
Información DGA y ESSEL**

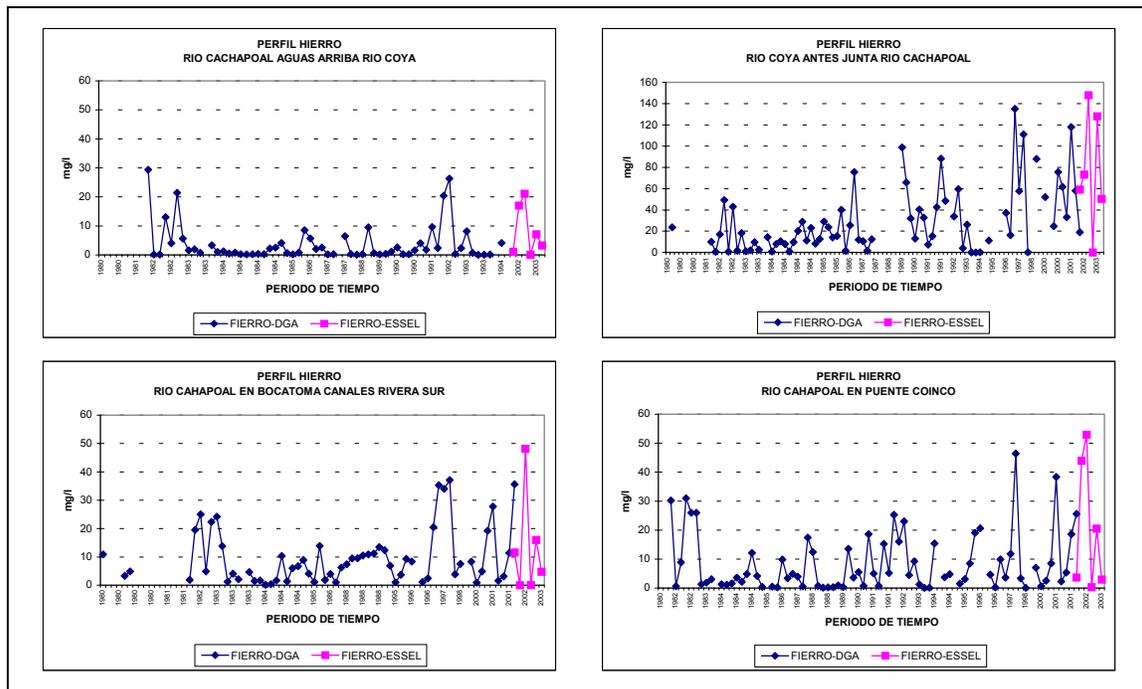
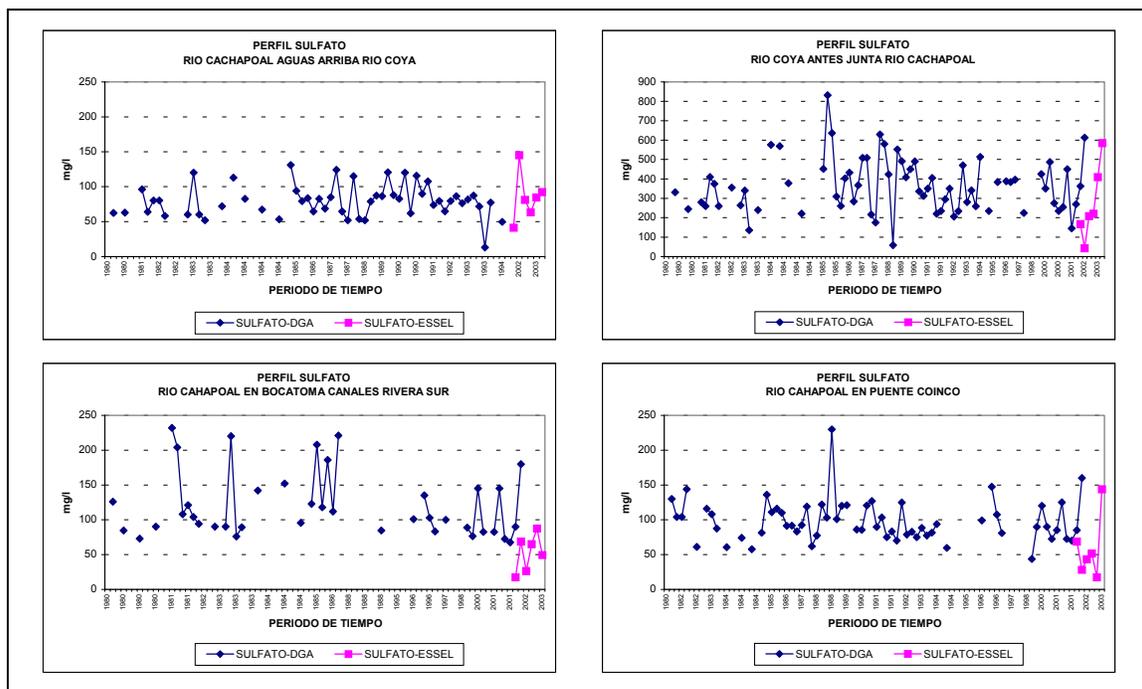


Figura 3.1 (Continuación): Concentración Sulfato y Hierro en Cuenca Río Rapel. Información DGA y ESSEL

Rapel

52.

No es posible elaborar las Figuras 3.1 en un período común entre ambas fuentes de información, ya que aquella proveniente de ESSEL corresponde a datos desde el año 2002 hasta comienzos del 2003. A pesar de lo antes mencionado, es posible observar que la tendencia de los registros de ambas fuentes tienen un comportamiento similar, por lo que se puede considerar que los muestreos de ESSEL son válidos respecto de aquellos pertenecientes a la red de monitoreo de la DGA.

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca del Cachapoal

- Cachapoal 5 km abajo junta con río Cortaderal

Se ubica en el río Cachapoal, 5 km aguas abajo de la junta con el río Cortaderal, tal como lo señala su nombre, a 1100 m s.n.m.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se muestran los caudales mensuales para distintas probabilidades de excedencia, se puede apreciar que esta estación tiene un régimen nival. Los mayores caudales se observan entre noviembre y febrero, producto de deshielos, tanto para años húmedos y secos. Los menores caudales ocurren en los meses de invierno, entre mayo y septiembre, producto de la ausencia de influencia pluvial.

Tabla 4.1: Río Cachapoal 5 km abajo junta con río Cortaderal (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	43.699	32.800	26.919	43.601	24.402	32.365	50.277	99.800	198.376	114.700	93.906	71.234
10	38.756	27.900	24.916	37.617	22.877	27.550	45.619	97.500	172.549	107.300	87.911	63.335
20	33.604	22.600	22.608	31.378	21.030	23.028	40.268	89.500	145.625	100.300	80.650	54.931
50	25.821	19.600	18.528	21.955	17.500	17.229	31.142	74.800	104.958	87.100	66.772	41.845
85	18.908	16.500	14.049	13.585	13.153	13.274	21.937	49.500	68.833	68.200	49.679	29.929
95	15.771	10.300	11.672	9.787	10.599	11.913	17.514	25.000	52.441	55.800	39.638	24.581
Dist	G	G	L3	G	N	L3	G2	P	G	P3	N	L2

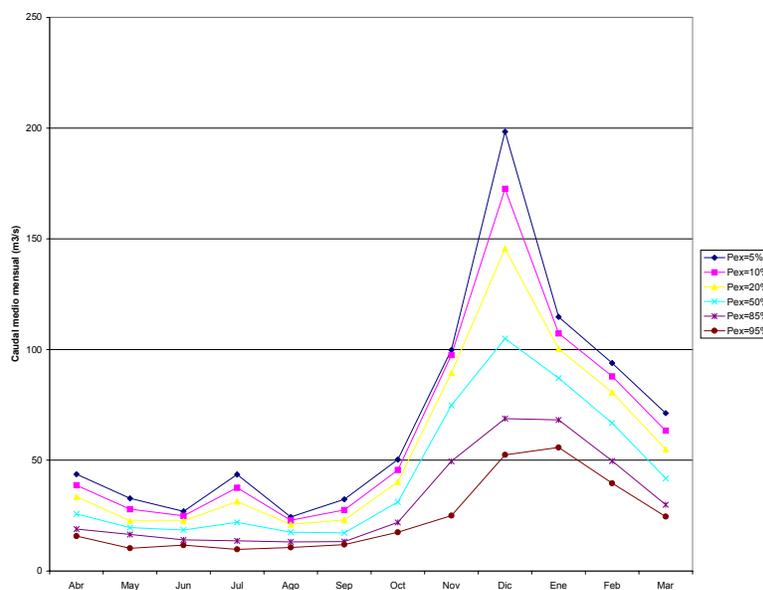


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Cachapoal 5 km abajo junta con río Cortaderal

¹ Donde: Pex (%) corresponde a la probabilidad de excedencia, y la fila Dist entrega la abreviatura de la distribución de mejor ajuste para el mes correspondiente. La abreviatura corresponde a la siguiente:

Distribución	Abreviatura
Normal	: N
Log-Normal 2 parámetros	: L2
Log-Normal 3 parámetros	: L3
Gumbel o de Valores Extremos Tipo I	: G
Gamma 2 parámetros	: G2
Pearson Tipo III	: P3
Log-Gamma de 2 parámetros	: LG
Log-Pearson tipo III	: LP

- Pangal en Pangal

Esta estación se encuentra en el río Pangal, afluente del río Cachapoal, aguas abajo de la confluencia del río Blanco, a 1175 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se puede apreciar que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales en los meses de deshielo, entre octubre y febrero. Este comportamiento se observa tanto en años húmedos y secos. Los menores caudales ocurren en los meses de invierno, desde mayo a agosto.

Tabla 4.2: Pangal en Pangal (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	10.884	6.911	9.734	14.928	9.600	15.078	25.282	50.282	66.175	61.587	28.597	17.414
10	9.631	6.375	8.579	12.430	9.100	12.856	23.165	46.383	59.197	53.345	25.756	16.022
20	8.304	5.726	7.281	9.783	7.650	10.539	20.601	41.660	51.319	44.825	22.690	14.336
50	6.256	4.485	5.075	5.799	5.400	7.040	15.700	32.634	38.145	32.143	17.809	11.113
85	4.413	2.957	2.791	2.621	4.300	3.931	9.664	21.516	25.285	21.339	13.215	7.144
95	3.595	2.059	1.640	1.489	2.500	2.521	6.118	14.986	19.334	16.776	11.090	4.813
Dist	L2	N	L3	G2	P3	G	N	N	G2	L2	L2	N

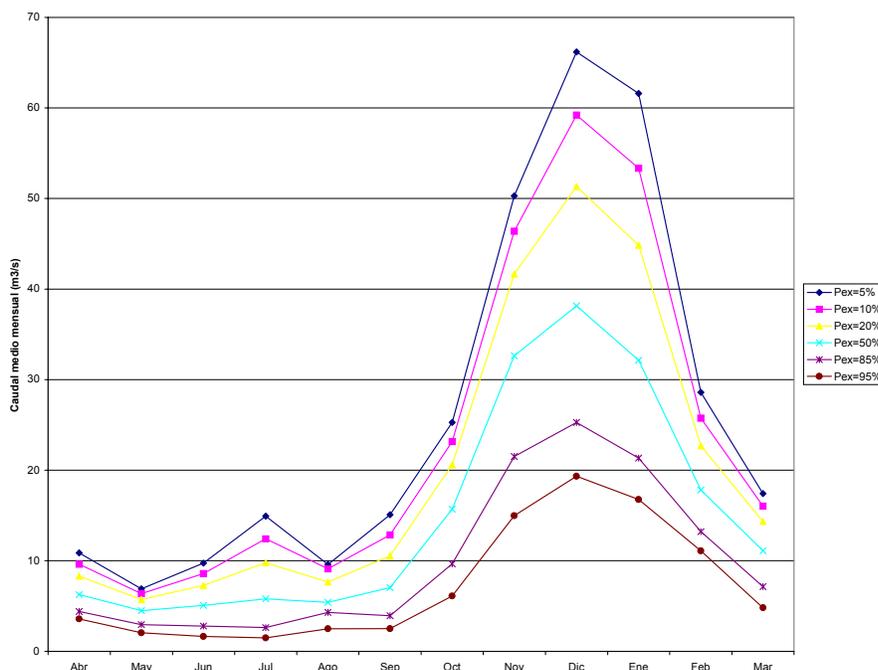


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Pangal en Pangal

Rapel

56.

- La Cadena antes junta río Cachapoal

Se encuentra en el estero La Cadena, aguas arriba de la junta con el río Cachapoal, 440 m s.n.m.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se puede observar que el régimen de esta estación es mixto, ya que los mayores caudales se presentan en meses de invierno, producto de lluvias, y en meses de deshielo.

En años húmedos los mayores caudales ocurren en junio y julio, y en diciembre y enero, mientras que los menores se observan en abril-mayo y agosto-septiembre.

En años normales y secos los caudales se mantienen relativamente constantes desde abril a septiembre, cuando comienzan a aumentar, producto de deshielos. Los menores caudales se observan el trimestre mayo, junio y julio.

Tabla 4.3: La Cadena antes junta río Cachapoal (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	17.780	13.160	34.829	40.067	14.814	16.091	15.358	18.800	32.580	37.740	19.704	17.331
10	13.083	10.746	23.047	25.503	11.729	12.869	13.938	18.500	26.979	30.967	17.518	15.840
20	9.390	8.407	14.130	15.069	9.014	9.988	12.307	16.950	21.469	24.370	15.240	14.204
50	5.773	5.259	5.885	6.178	5.859	6.561	9.524	14.000	13.873	15.417	11.799	11.534
85	4.132	2.951	2.458	2.917	4.006	4.473	6.715	9.800	8.102	8.771	8.742	8.924
95	3.749	2.102	1.724	2.301	3.451	3.827	5.365	5.800	5.908	6.298	7.355	7.676
Dist	L3	L2	L3	L3	L3	L3	G2	P3	L2	L2	G	L2



Figura 4.3: Curva de Variación Estacional La Cadena antes junta río Cachapoal

- Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves

Esta estación se encuentra en el río Claro, afluente del río Cachapoal, a 720 m s.n.m.

En la tabla 4.4 y figura 4.4 se puede observar que esta estación presenta un régimen mixto, con importantes caudales en los meses de invierno, entre junio y agosto producto de lluvias, y en meses de deshielo, entre noviembre y enero.

En años húmedos los mayores caudales se deben tanto a influencias pluviales como nivales, presentándose entre junio y julio, y entre noviembre y enero. Los menores caudales ocurren entre febrero y abril.

En años normales y secos la influencia pluvial es mucho menor que en el caso anterior, siendo los caudales nivales los más importantes durante el año, produciéndose entre octubre y enero. Los menores caudales ocurren entre abril y junio.

Tabla 4.4: Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	8.258	15.461	24.088	24.057	17.269	16.935	15.232	18.758	26.293	18.203	12.092	6.818
10	6.563	10.525	16.889	18.334	13.945	14.265	13.949	17.267	21.914	15.450	10.248	6.246
20	4.969	6.654	10.986	13.102	10.698	11.480	12.394	15.463	17.575	12.644	8.388	5.554
50	2.919	2.878	4.830	6.664	6.273	7.275	9.424	12.013	11.528	8.557	5.719	4.231
85	1.516	1.174	1.755	2.538	2.968	3.539	5.766	7.764	6.857	5.185	3.569	2.602
95	1.032	0.780	0.968	1.199	1.731	1.844	3.617	5.268	5.054	3.802	2.705	1.645
Dist	L2	L3	L2	L3	L3	G	N	N	L2	L3	L2	N

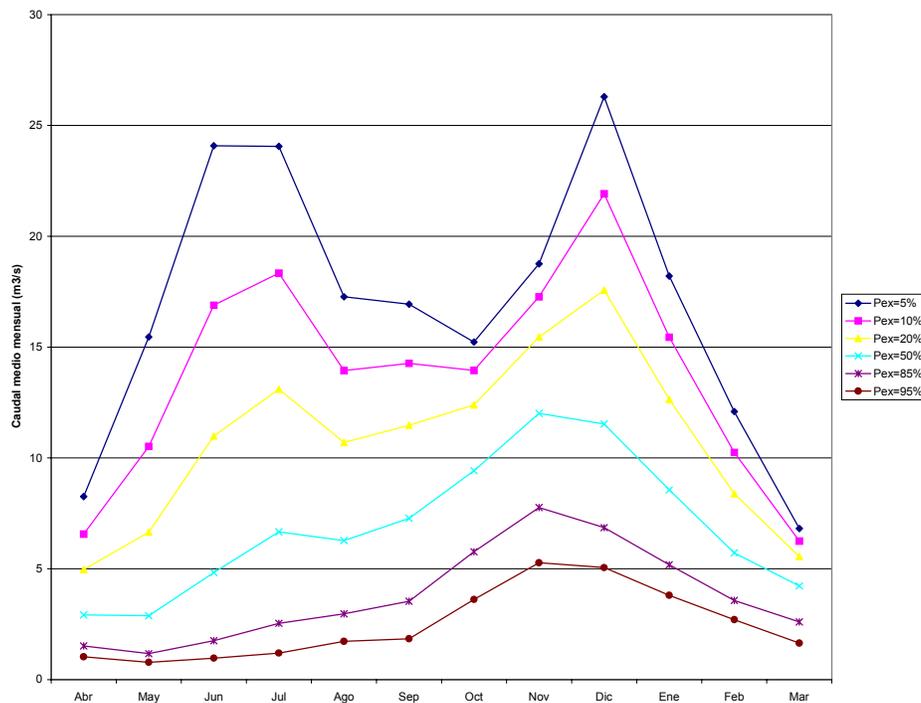


Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves

- Estero Zamorano en puente El Niche

Esta estación fluviométrica se ubica en el estero Zamorano, el que pertenece a la subcuenca del río Cachapoal.

Se aprecia en la tabla 4.5 y figura 4.5 que el régimen de esta estación es netamente pluvial, con grandes caudales en los meses de invierno, que sobrepasan los 150 m³/s.

En años húmedos, los mayores caudales se presentan entre mayo y septiembre, especialmente en junio. Los menores caudales ocurren entre noviembre y abril, debido a la nula influencia nival en este estero.

En años secos los caudales son muy parejos a lo largo de todo el año, aunque en verano, entre enero y marzo, se observan disminuciones en los caudales.

Tabla 4.5: Estero Zamorano en puente El Niche (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	19.534	44.559	150.861	80.653	57.707	46.710	25.709	18.546	16.088	8.114	13.131	14.229
10	15.847	31.271	95.179	58.379	43.046	34.963	21.455	16.954	14.496	6.797	10.823	12.655
20	12.510	20.363	54.292	39.467	29.964	24.617	17.019	15.025	12.568	5.432	8.416	10.862
50	8.467	8.970	18.156	18.676	14.451	12.590	10.322	11.339	8.884	3.388	4.785	7.756
85	5.934	3.268	4.138	7.431	5.045	5.512	4.499	6.798	4.346	1.634	1.630	4.445
95	5.130	1.806	1.336	4.324	2.148	3.393	1.993	4.131	1.680	0.887	0.272	2.733
Dist	L3	L2	L3	L2	L3	L2	L3	N	N	L3	L3	L3

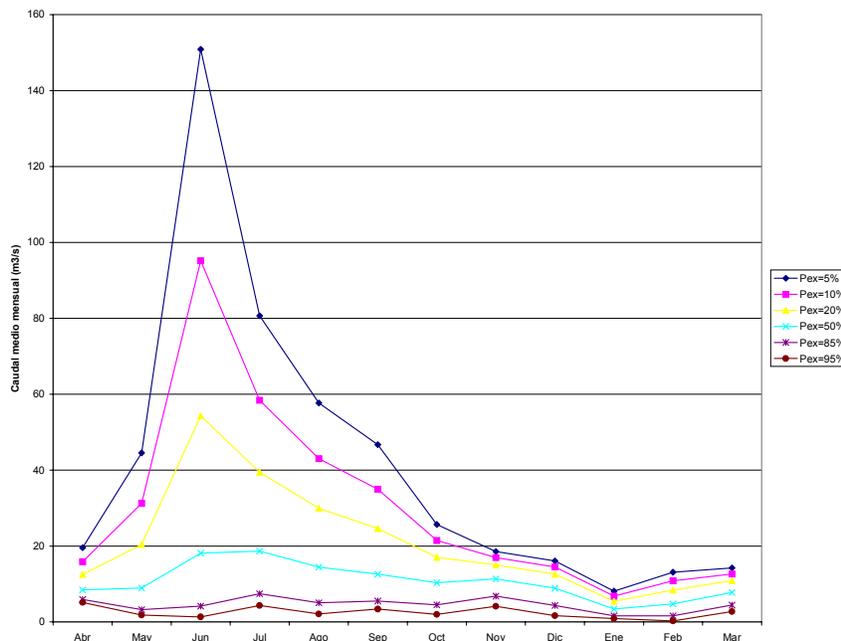


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Estero Zamorano en puente El Niche

- Cachapoal en puente Arqueado

Esta estación fluviométrica se ubica unos 5 km aguas arriba de la desembocadura del río Cachapoal en el embalse Rapel. Pertenece actualmente a ENDESA.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se puede observar que el régimen de esta estación es mixto, aunque muestra que la influencia pluvial es mayor que la nival.

En años húmedos, los mayores caudales se presentan entre mayo y octubre, producto de intensas lluvias en el valle, pero en diciembre y enero también se presentan crecidas de consideración debido a deshielos cordilleranos. Los menores caudales ocurren entre febrero y abril.

En años secos los caudales son más parejos a lo largo del año, presentando dos períodos de leves aumentos, entre junio y agosto, y entre noviembre y enero. Los menores caudales ocurren entre febrero y abril.

Tabla 4.6: Río Cachapoal en puente Arqueado (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	111.618	238.263	507.094	444.539	397.102	390.753	277.222	162.606	261.571	247.816	121.518	91.143
10	94.335	190.854	383.521	366.006	320.094	297.113	173.680	143.789	218.050	196.027	100.762	81.672
20	76.318	143.978	270.330	286.494	243.573	210.645	98.591	120.996	172.678	145.454	79.125	70.201
50	49.105	78.872	130.607	171.916	136.470	102.580	53.766	77.434	104.149	76.554	46.444	48.276
85	24.932	28.844	40.615	78.909	53.220	31.672	23.214	23.778	43.273	25.112	17.413	21.271
95	13.963	9.619	11.276	41.318	20.888	8.147	6.745	7.015	15.651	5.862	4.240	5.409
Dist	G	L3	L3	L3	L3	L3	L2	N	G	L3	G	N

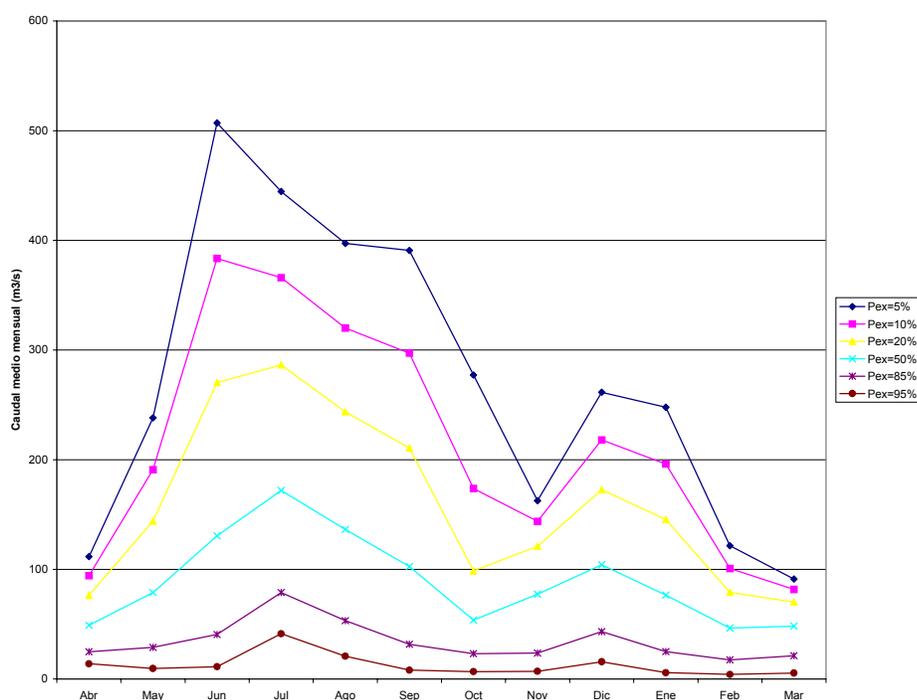


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Río Cachapoal en puente Arqueado

b) Subcuenca del Tinguiririca

- Tinguiririca bajo Briones

Esta estación se encuentra en el río Tinguiririca, aguas arriba de la confluencia del río Claro, a 518 m s.n.m.

Rapel

62.

Tal como se observa en la tabla 4.7 y figura 4.7, esta estación muestra un régimen mixto, pero con mayor influencia nival que pluvial.

En años húmedos, los mayores caudales se producen entre noviembre y enero, producto de deshielos, sin embargo en junio y julio se observan caudales muy importantes, debido a lluvias invernales.

En años secos, disminuye notablemente la influencia pluvial, observándose bajos caudales desde abril a septiembre, momento en el que comienzan a aumentar considerablemente los caudales debido a la influencia nival.

Tabla 4.7: Tinguiririca bajo Briones (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	37.587	55.140	113.705	92.306	61.780	66.455	83.258	116.096	180.402	154.342	89.809	51.475
10	32.939	41.413	77.326	71.788	51.931	57.267	74.036	108.052	159.753	135.263	81.349	47.936
20	28.072	29.989	49.379	52.943	42.080	47.583	63.694	98.309	136.705	115.372	72.162	43.648
50	20.680	17.803	22.955	29.585	28.151	32.726	46.551	79.689	98.729	85.329	57.390	35.453
85	14.194	11.507	11.590	14.447	17.157	19.490	30.055	56.753	62.558	58.642	43.284	25.360
95	11.378	9.843	9.076	9.482	12.827	13.667	22.548	43.281	46.293	46.533	36.674	19.431
Dist	L2	L3	L3	L2	L2	L3	G2	N	G2	G	L2	N

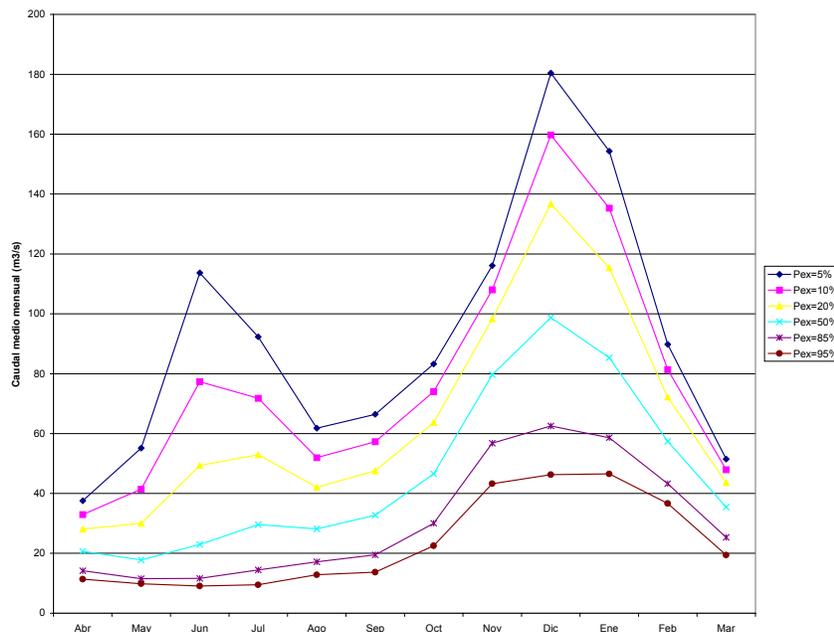


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Tinguiririca bajo Briones

- Claro en el Valle

Se ubica en el río Claro, afluente del río Tinguiririca, a 476 m s.n.m.

En la tabla 4.8 y figura 4.8 se observa que esta estación muestra un régimen mixto, con los mayores caudales en invierno, entre junio y julio, y considerables caudales en octubre y noviembre.

En años húmedos, los mayores caudales se deben a aportes pluviales, entre junio y julio, sin embargo los nivales son también significativos.

En años normales y secos, la influencia pluvial pierde importancia, siendo los caudales nivales los más importantes durante el año. Estos caudales se presentan entre septiembre y noviembre. Los menores ocurren entre enero y abril.

Tabla 4.8: Claro en el Valle (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	8.223	24.060	54.369	49.084	29.373	30.468	35.289	31.518	27.606	12.219	6.426	3.802
10	5.830	15.850	35.283	36.583	23.939	25.754	30.109	28.312	21.894	8.945	4.960	3.012
20	3.817	9.531	20.899	25.309	18.686	20.801	24.708	24.429	16.339	6.063	3.490	2.271
50	1.636	3.537	7.681	11.721	11.637	13.236	16.552	17.006	8.817	2.715	1.534	1.324
85	0.480	0.947	2.239	3.278	6.495	6.543	9.306	7.864	3.251	0.748	0.377	0.681
95	0.168	0.372	1.085	0.617	4.611	3.616	6.019	2.494	1.186	0.159	0.124	0.461
Dist	L3	L3	L2	L3	L2	L3	G	N	L3	L3	G2	L2

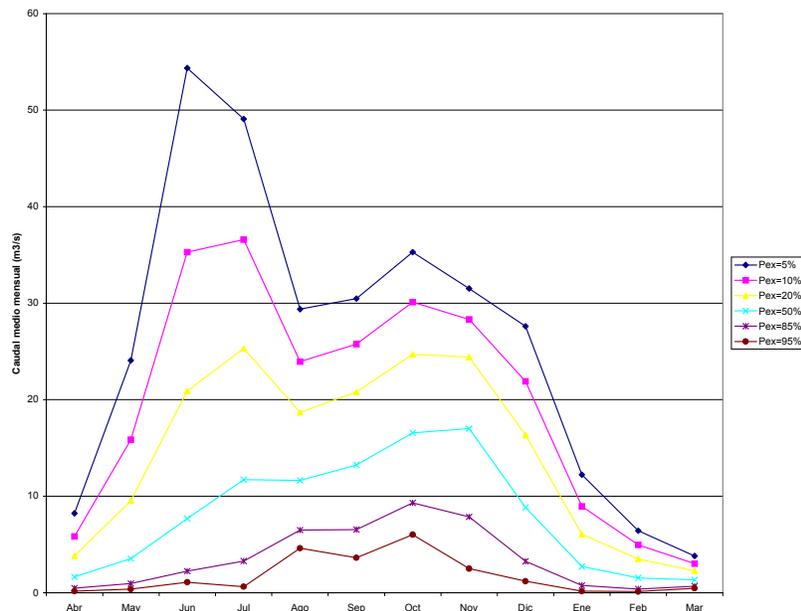


Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Claro en el Valle

- Chimbarongo en Convento Viejo

Se ubica en el estero Chimbarongo, a 245 m s.n.m.

En la tabla 4.9 y figura 4.9 se observa que el régimen de esta estación es mixto, ya que muestra sus mayores caudales en julio y en diciembre, producto de lluvias invernales y deshielos primaverales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre junio y julio, sin embargo entre noviembre y diciembre se presentan caudales semejantes, producto de deshielos.

En años secos, se observan dos períodos de mayores caudales, entre junio y agosto, producto de lluvias, y entre noviembre y diciembre, debido a deshielos. Los menores caudales ocurren entre febrero y abril.

Tabla 4.9: Chimbarongo en Convento Viejo (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	34.672	89.917	126.480	161.193	113.200	120.034	91.563	111.378	120.872	87.815	47.030	37.751
10	28.941	64.784	101.846	120.858	87.500	97.606	81.783	100.085	99.364	64.211	37.243	30.806
20	23.253	44.365	78.340	86.711	75.800	74.966	69.938	86.406	76.784	43.947	28.075	24.082
50	15.305	23.366	47.445	49.335	60.700	42.497	47.300	60.262	43.451	21.291	16.358	15.042
85	9.144	13.102	25.582	29.252	23.800	16.324	19.415	28.061	18.006	8.720	8.410	8.425
95	6.756	10.529	17.797	23.740	13.000	5.814	3.036	9.147	9.507	5.162	5.690	5.993
Dist	L2	L3	L2	L3	P3	L3	N	N	G2	L2	L2	L2

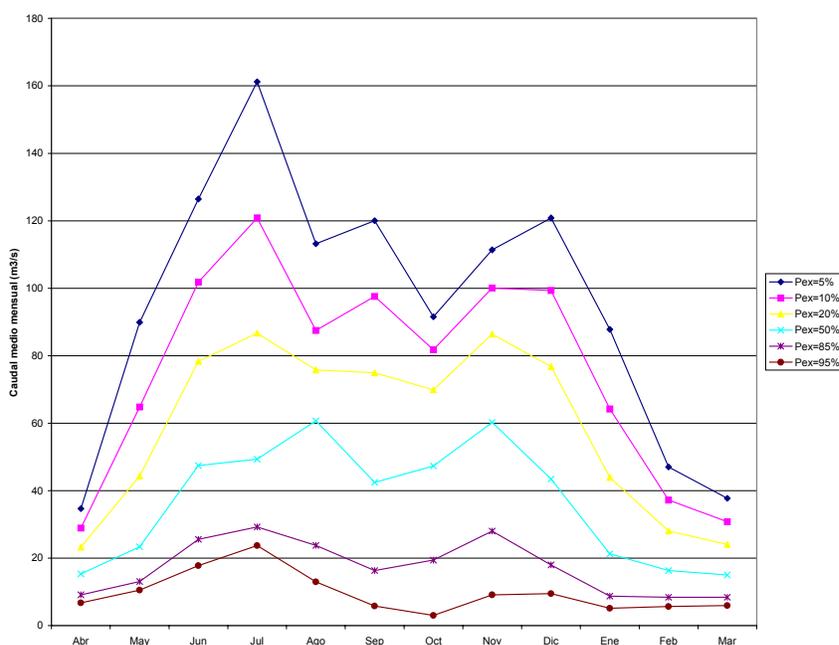


Figura 4.9: Curva de Variación Estacional Chimbarongo en Convento Viejo

- **Chimbarongo en Santa Cruz**

Se ubica en el estero Chimbarongo, cerca de la ciudad Santa Cruz, poco antes de la junta con el río Tinguiririca, a 225 m s.n.m.

Tal como se muestra en la tabla 4.10 y figura 4.10, esta estación presenta un régimen mixto, muy similar al de la estación aguas arriba Chimbarongo en Convento Viejo.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre junio y septiembre, producto de lluvias invernales, sin embargo entre noviembre y diciembre se producen aumentos de caudales significativos, debido a deshielos.

En años secos la influencia nival pierde importancia con respecto a la pluvial. Los mayores caudales se presentan entre junio y septiembre, mientras que los menores ocurren entre enero y abril.

Tabla 4.10: Chimbarongo en Santa Cruz (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	35.876	78.205	103.966	138.040	95.300	115.611	73.934	90.189	89.900	33.044	18.453	32.193
10	30.052	59.375	84.637	107.500	85.200	95.874	65.654	80.230	76.600	27.225	14.144	23.498
20	23.979	43.223	65.751	79.409	65.300	75.365	55.624	68.166	65.600	21.158	10.208	16.048
50	14.808	25.187	39.996	44.512	51.200	44.592	36.457	45.110	26.100	11.995	5.372	7.743
85	6.660	15.200	20.742	21.819	23.900	18.064	12.847	16.711	7.300	3.856	2.278	3.155
95	2.964	12.378	13.528	14.353	6.900	6.736	0.001	0.031	0.800	0.162	1.276	1.862
Dist	G	L3	L3	L2	P3	L3	N	N	G	G	L3	L2

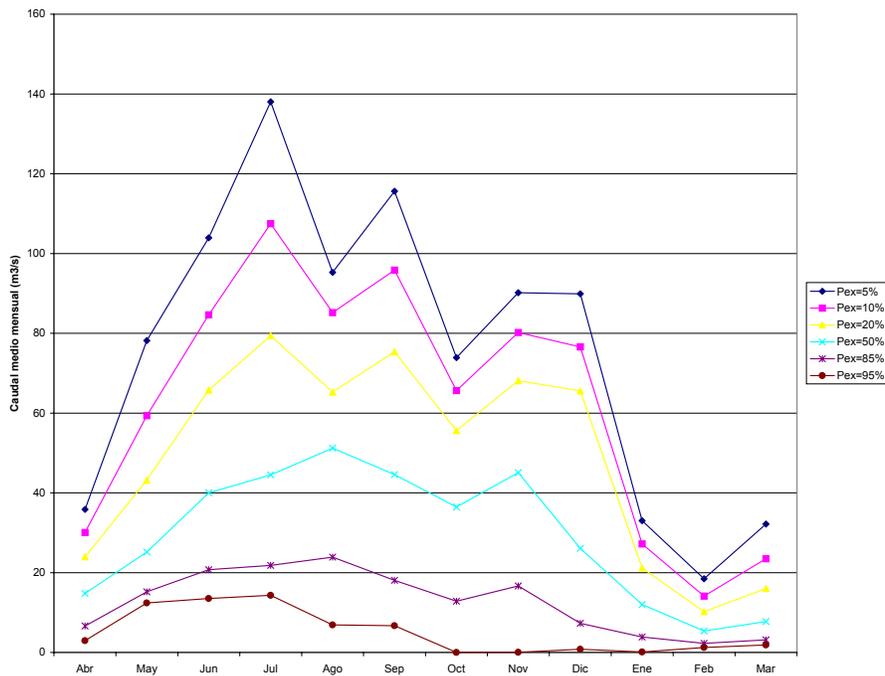


Figura 4.10: Curva de Variación Estacional Chimbarongo en Santa Cruz

- Tinguiririca en Los Olmos

Esta estación fluviométrica se ubica aguas abajo de la junta del estero Chimbarongo, unos 20 km antes de la desembocadura del Tinguiririca en el embalse Rapel. Pertenece actualmente a ENDESA.

En la tabla 4.11 y figura 4.11 se observa que esta estación tiene un régimen pluvial, con leve influencia nival que se observan en años secos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre mayo y agosto, producto de lluvias invernales, mientras que los menores se presentan entre febrero y abril.

En años secos se logra observar cierta influencia nival, ya que se producen aumentos leves en los caudales en los meses de noviembre y diciembre. Sin embargo, los mayores caudales ocurren nuevamente entre junio y agosto, debido a lluvias. Los menores caudales se observan entre febrero y abril.

Tabla 4.11: Tinguiririca en Los Olmos (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	43.130	158.088	271.357	322.921	163.320	133.848	103.302	99.588	91.782	89.375	71.917	30.633
10	33.092	110.296	199.339	241.560	137.924	109.816	77.693	82.178	76.519	69.661	46.100	24.430
20	23.859	71.317	137.198	169.950	111.449	85.511	54.348	64.029	60.607	50.817	26.824	18.067
50	12.392	30.994	67.184	86.790	71.462	50.546	25.744	36.617	36.573	25.980	9.358	9.117
85	4.937	11.104	27.882	37.931	35.940	22.234	7.525	12.266	15.224	8.331	2.319	3.011
95	2.486	6.076	16.634	23.326	19.822	10.818	1.647	1.217	5.537	2.023	0.858	1.304
Dist	L3	L2	L2	L2	G	L3	L3	G	G	L3	L3	G2

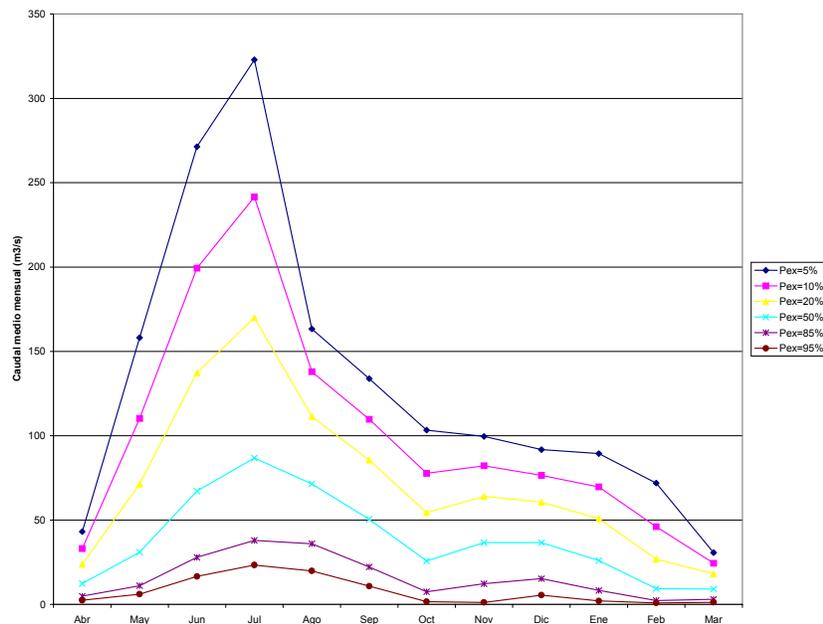


Figura 4.11: Curva de Variación Estacional Tinguiririca en Los Olmos

c) Subcuenca de Alhue

- Estero Alhue en Quilamuta

Esta estación se encuentra en el estero Alhue, aguas abajo de la confluencia del estero Carén, a 130 m s.n.m.

En la tabla 4.12 y figura 4.12 se observa que esta estación tiene un régimen netamente pluvial, con sus mayores caudales en los meses de invierno, entre junio y septiembre, producto de precipitaciones en forma de lluvia.

En años húmedos se presentan grandes caudales entre junio y agosto, mientras que desde noviembre a abril los caudales se mantienen muy bajos.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos durante todo el año, salvo leves aumentos entre julio y agosto.

Tabla 4.12: Alhue en Quilamuta (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.268	9.141	73.307	62.921	48.605	31.744	11.287	4.568	2.059	1.291	1.808	1.840
10	1.441	5.663	39.366	41.667	33.130	21.039	8.262	3.354	1.501	0.831	1.059	1.273
20	0.838	3.171	18.537	25.221	20.771	12.783	5.661	2.307	1.023	0.492	0.555	0.816
50	0.311	1.047	4.395	9.503	8.384	4.933	2.749	1.128	0.492	0.190	0.166	0.348
85	0.110	0.267	0.746	2.630	2.562	1.527	1.129	0.467	0.200	0.072	0.043	0.122
95	0.070	0.120	0.263	1.085	1.157	0.767	0.670	0.279	0.118	0.048	0.023	0.066
Dist	L3	L2	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L3	L3	L2

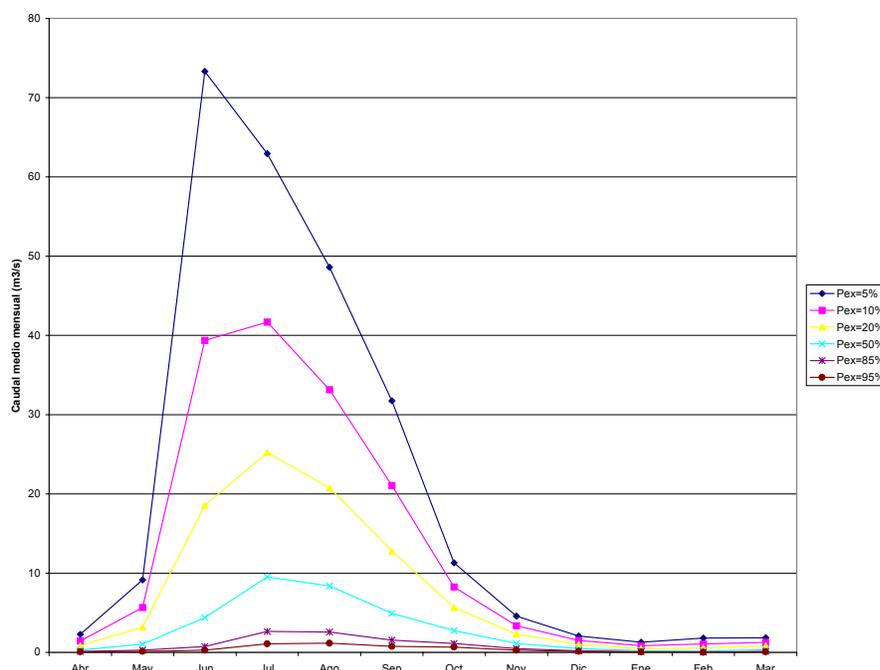


Figura 4.12: Curva de Variación Estacional Alhue en Quilamuta

4.1.2 Conclusiones

A partir de las curvas de variación estacional presentadas en el capítulo anterior, se realiza una caracterización hidrológica para cada subcuenca, indicando específicamente los períodos de estiaje de cada una.

a) Subcuenca Alta del Cachapoal

Corresponde al área drenada por la parte alta del río Cachapoal, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta la junta con el estero La Cadena, incluyendo el río Pangal. Se aprecia un régimen nival, con sus mayores caudales en diciembre y enero, producto de deshielos. El período de estiaje se produce en el trimestre dado por los meses de junio, julio y agosto.

b) Subcuenca Media del Cachapoal

Abarca desde la junta del estero La Cadena hasta la junta con el río Claro de Rengo, incluyendo ambos afluentes. Muestra un régimen nivo - pluvial, en que se aprecia una mayor influencia nival que pluvial. En años húmedos, los mayores caudales se presentan entre junio y julio, y diciembre y enero, producto de lluvias invernales y deshielos cordilleranos, respectivamente. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de abril, mayo y junio.

c) Subcuenca Baja del Cachapoal

Corresponde a la parte baja de la cuenca del río Cachapoal, desde la junta del estero Zamorano hasta la desembocadura del Cachapoal en el embalse Rapel, incluyendo la hoya del estero Zamorano. Muestra un régimen pluvio – nival, ya que se observa una mayor influencia pluvial que nival, sin embargo esta última no es despreciable. Los mayores caudales se observan entre junio y julio, producto de lluvias invernales. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de enero, febrero y marzo, debido principalmente al uso intensivo de agua para el riego.

d) Subcuenca Alta del Tinguiririca

Corresponde al área drenada por la parte superior del río Tinguiririca, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta antes de la junta con el río Claro

(Tinguiririca). Muestra un régimen nivo – pluvial con sus mayores caudales entre diciembre y enero, sin embargo presenta caudales importantes en junio y julio en años muy húmedos. El período de estiaje se presenta en general en el trimestre dado por los meses de abril, mayo y junio.

e) Subcuenca Baja del Tinguiririca

Es la hoya hidrográfica de la parte baja del río Tinguiririca, desde la junta con el río Claro hasta su desembocadura en el embalse Rapel, incluyendo las hoyas del río Claro (Tinguiririca) y del estero Chimbarongo. Muestra un régimen pluvio – nival, con los mayores caudales en junio y julio, producto de lluvias invernales, y en menor medida en noviembre y diciembre debido a deshielos. El período de estiaje se presenta en el trimestre dado por los meses de febrero, marzo y abril, debido a un uso intensivo de agua para el riego.

f) Subcuenca del Alhue

Corresponde al área drenada por el estero Alhue, el que desemboca en el embalse Rapel. Muestra un régimen netamente pluvial, con sus mayores caudales entre junio y agosto, producto de lluvias invernales. Desde noviembre a abril se presentan caudales bastante bajos, sin embargo el período de estiaje se da estrictamente en el trimestre dado por febrero, marzo y abril, debido al desarrollo agrícola existente en la zona, que se traduce en un uso intensivo de agua para el riego.

A continuación se muestra una tabla resumen con los períodos de estiaje para las distintas subcuencas de la cuenca del río Rapel.

Tabla 4.13: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Rapel

Nº	Subcuenca	Subsubcuenca	Período Estiaje
1	Cachapoal	ALTA	Junio – Julio - Agosto
2		MEDIA	Abril – Mayo – Junio
3		BAJA	Enero – Febrero – Marzo
4	Tinguiririca	ALTA	Abril – Mayo – Junio
5		BAJA	Febrero – Marzo – Abril
6	Alhue		Febrero – Marzo – Abril

4.2 Análisis de la Calidad de Agua

De acuerdo a la metodología corresponde realizar los siguientes análisis:

- Selección de parámetros
- Tendencia central
- Análisis por período estacional

4.2.1 Selección de parámetros

De acuerdo a la metodología establecida para la caracterización de la calidad de agua de la cuenca, corresponde seleccionar los parámetros a analizar. Los parámetros seleccionados están formados por: parámetros obligatorios y parámetros principales. Los parámetros obligatorios son 6 y siempre los mismos para todas las cuencas. Los parámetros principales son propios de cada cuenca, por ser significativos desde el punto de vista de la calidad de agua.

a) Parámetros obligatorios

Los parámetros obligatorios definidos en la metodología para el análisis de la calidad de agua en todas las cuencas son: pH, DBO₅, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y coliformes fecales. En la tabla 4.14 se denominan como “obligatorios”.

b) Parámetros principales

Para seleccionar los parámetros principales se compara el valor que aparece, en el *Instructivo* como límite de la clase 0, con el valor máximo que alcanza el parámetro, incluyendo todos los registros de la Base de Datos Depurada (BDD).

En la tabla 4.14 se indica el rango máximo y mínimo de todos los parámetros del *Instructivo* que poseen datos registrados en la BDD. Aquellos sin datos se señalan como “s/i”. Todos los parámetros que tienen valores sobre el límite de la clase 0, señalados con “Si”, son seleccionados como parámetros principales para el análisis de la calidad de agua en esta cuenca.

Tabla 4.14: Selección y Rango de Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Rapel

PARAMETROS	FUENTE	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCION
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	DGA	μS/cm	20	3700	<600	Obligatorio
DBO ₅	ARCADIS	mg/L	2	155	<2	Obligatorio
Color Aparente	-	Pt-Co	s/i	s/i	<16	-
Oxígeno Disuelto	DGA	mg/L	0.7	18.8	>7.5	Obligatorio
Ph	DGA	unidad	4.1	9.7	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	DGA	-	0.08	2.00	<2.4	No
Sólidos disueltos	DAMES/ARCADIS	mg/L	50	740	<400	Si
Sólidos suspendidos	ARCADIS	mg/L	10	2882	<24	Obligatorio
Temperatura		°C	-	-		No
INORGANICOS						
Amonio	-	mg/L	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	-	mg/L	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	DGA	mg/L	0.71	92.2	<80	Si
Fluoruro	ARCADIS	mg/L	0.04	0.51	<0.8	No
Nitrito	ARCADIS	mg/L	0.002	0.022	<0.05	No
Sulfato	DGA	mg/L	1	2000	<120	Si
Sulfuro	ARCADIS	mg/L	0.2	1.0	<0.04	Si
ORGANICOS						
Aceites y Grasas	ARCADIS	mg/L	0.7	38.7	<4	Si
Detergentes (SAAM)	ARCADIS	mg/L	0.001	0.023	<0.16	No
Hidrocarburos	ARCADIS	mg/L	0.1	12.7	<0.04	Si
ORGANICOS PLAGUICIDAS			s/i	s/i		No
METALES ESENCIALES						
Boro	DGA	mg/l	<1	<1	<0.4	No
Cobre	DGA	μg/L	<10	83000	<7.2	Si
Cromo total	DGA	μg/L	<10	<10	<8	No
Hierro	DGA	mg/L	<0.01	135	<0.8	Si
Manganeso	DGA	mg/L	<0.01	5,2	<0.04	Si
Molibdeno	DGA	mg/L	<0.01	6,6	<0.008	Si
Niquel	DGA	μg/L	<10	<10	<42	No
Selenio	DGA	μg/L	<1	<1	<4	No
Zinc	DGA	mg/L	<0.01	2.60	<0.096	Si
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	DGA	mg/L	<0.01	94.00	<0.07	Si
Arsénico	DGA	mg/L	<0.001	4.11	<0.04	Si
Cadmio	DGA	μg/L	<10	<10	<1.8	No
Estaño	DGA	μg/L	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	DGA	μg/L	<1	<1	<0.04	No
Plomo	DGA	mg/L	<0.01	<0.01	<0.002	No
MICROBIOLOGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	ARCADIS	gérmenes/100 ml	2	5400000	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	ARCADIS	gérmenes/100 ml	2	9200000	<200	Si

De acuerdo a lo anterior, los parámetros seleccionados para el análisis de la calidad de agua en la cuenca son los siguientes:

Rapel

74.

- Parámetros Obligatorios
 - Conductividad Eléctrica
 - DBO₅
 - Oxígeno Disuelto
 - pH
 - Sólidos Suspendidos
 - Coliformes Fecales

- Parámetros Principales
 - Sólidos Disueltos
 - Cloruro
 - Sulfato
 - Sulfuro
 - Aceites y Grasas
 - Hidrocarburos
 - Cobre
 - Hierro
 - Manganeseo
 - Molibdeno
 - Zinc
 - Aluminio
 - Arsénico
 - Coliformes Totales

De acuerdo al programa de muestreo puntual realizado por CADE–IDEPE (ver 4.2.5), los siguientes parámetros exceden la clase 0, de manera que también son considerados como parámetros seleccionados.

- Amonio
- Cianuro
- Nitrito
- Estaño

Los parámetros cuyo valor máximo registrado en la BDD no excede el límite de la clase 0 se considera que siempre pertenecen a dicha clase. Estos parámetros son los siguientes: RAS, Fluoruro, Níquel, Selenio, detergentes (SAAM) y Color Aparente.

No es posible realizar un análisis de los parámetros siguientes: cromo, boro, cadmio, mercurio y plomo, ya que los límites de detección (LD) de los ensayos son superiores al valor de la clase 0.

4.2.2 Análisis de Tendencia Central

La tendencia central se expresa a través de la media móvil, filtro lineal destinado a eliminar variaciones estacionales. En la abcisa se representa el período de tiempo expresado en años y en la ordenada el valor del parámetro.

En el anexo 4.1 se presentan las figuras de tendencia central de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Rapel: conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, cobre, hierro, cloruro, sulfato, manganeso, molibdeno, zinc, aluminio y arsénico.

En el caso de otros parámetros seleccionados, no se presentan gráficas de tendencia central porque no existen datos suficientes para una serie de tiempo.

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.15.

Tabla 4.15: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO RAPEL
Conductividad Eléctrica:
<p><u>Río Cachapoal</u>: En las estaciones Bocatoma Chacayes, Canales Ribera Sur, Puente Coinco, y Puente Arqueado se observa un comportamiento constante con una tendencia plana, en una serie de tiempo de siete años con un valor entre 400 a 500 $\mu\text{S/cm}$. Considerando la ubicación de las estaciones a lo largo río se puede señalar que la tendencia es creciente desde Bocatoma Canales Ribera Sur 400 $\mu\text{S/cm}$, Puente Coinco 450 $\mu\text{S/cm}$ y Puente Arqueado 500 $\mu\text{S/cm}$.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: Se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana para las estaciones Los Briones y Los Olmos con valores de 300 $\mu\text{S/cm}$ y 200 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente, en una serie de tiempo de 7 años.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia central es plana, según el comportamiento observado para la estación Navidad con un valor de 400 $\mu\text{S/cm}$.</p>
pH:
<p><u>Río Cachapoal</u>: En la estación Chacayes la tendencia central del pH es creciente en un período de registro de ocho años de 6,5 a 7,5. En la estación Puente Arqueado la tendencia es creciente presentando valores levemente básicos de 7,0-7,5. En las estaciones Bocatoma en Canales Ribera Sur y Puente Coinco la tendencia es plana en una serie de tiempo de 19 años con un valor de 7,5.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: Se observa una tendencia plana en las estaciones Los Briones y Los Olmos en un rango de 7.0 a 7.5.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia central es creciente lo que se observa claramente en la gráfica de la estación Navidad con un valor de 6,8 a 7,6.</p>
Oxígeno Disuelto:
<p><u>Río Cachapoal</u>: la tendencia es plana con un valor entre 9,5 y 10 mg/L para las estaciones Chacayes, Canales Ribera Sur y Puente Arqueado, en una serie de tiempo de 7 años. En Puente Coinco la tendencia es plana en una serie de tiempo de 16 años con un valor de 8.5 mg/L. A lo largo del río se puede observar que la tendencia es plana hasta Canales Ribera Sur para decrecer en Puente Coinco y volver aumentar en Puente Arqueado.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia es plana con un valor de 9.5 mg/L. La estación Bajo Los Briones presenta una tendencia plana en un valor de 9,5 mg/L desde 1997 en adelante. La tendencia en la estación Los Olmos es decreciente de 10 a 9,5 mg/L para permanecer con una tendencia plana en dicho valor desde 1997 en adelante.</p> <p><u>Río Rapel</u>: A lo largo del río tiende a decrecer desde un valor 9,5 a 8,5 mg/L en una serie de tiempo de siete años.</p>

Tabla 4.15 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO RAPEL
Concentración de Cloruro
<p><u>Río Cachapoal</u>: El cloruro en las estaciones Puente Coinco y Puente Arqueado presenta un comportamiento constante con una tendencia central plana con un valor de 35 mg/L. En Bocatoma Chacayes es decreciente (valores entre 60 y 35 mg/L). En la estación Bocatoma Canales Rivera Sur la serie de tiempo registrada no permite análisis, está suspendida.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia del cloruro en las estaciones Los Briones y Los Olmos es plana en una serie de tiempo de 18 años con valores de 15 y 12 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia central es decreciente en una serie de tiempo de cinco años.</p>
Concentración de Sulfato:
<p><u>Río Cachapoal</u>: Se observa una tendencia creciente con un mínimo en la estación Bocatoma en Chacayes con un valor de 90 mg/L y un máximo de 110 mg/L en Puente Arqueado, atribuible a efectos de actividad antrópica. La estación Bocatoma Canales Rivera Sur, presenta una serie de tiempo restringida hasta 1986 con un valor de 130 mg/L, lo que permite señalar claramente el efecto antrópico.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: Para ambas estaciones Los Briones y Los Olmos se observa una tendencia plana en una serie de tiempo de 18 años con un valor aproximado entre 52 y 60 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia es decreciente, con un valor de 90 mg/L.</p>
Concentración de Cobre:
<p><u>Río Cachapoal</u>: Se observa una tendencia creciente con un mínimo en la estación Bocatoma en Chacayes con un valor de 55 µg/L y un máximo de 2000 µg/L en Bocatoma Canales Rivera Sur, atribuible a efectos de actividad antrópica. Después de la estación Bocatoma Canales Rivera Sur, tiende a decrecer fuertemente a valores de 700 µg/L en la estación Puente Coinco y 220 µg/L en la estación Puente Arqueado.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: En la estación Los Briones la tendencia es plana con valores de 32 µg/L. Se observa una tendencia decreciente en la estación Los Olmos (valores 30 a 22 µg/L).</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia tiende a ser plana con un valor aproximado de 15 µg/L.</p>
Concentración de Hierro:
<p><u>Río Cachapoal</u>: Se observan valores que parten de aproximadamente en 10 mg/L en la estación Bocatoma Canales Rivera Sur, hasta 4, 0 mg/L en la estación Puente Arqueado. Aguas arriba de la estación Bocatoma</p>

Rapel

78.

Tabla 4.15 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO RAPEL
<p>Canales Rivera Sur el valor es de 5,0 mg/L.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia central es creciente, con valores en la estación Los Briones de 4,0 mg/L y en la estación Los Olmos de 2,0 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia es plana con un valor aproximado de 1,0mg/L.</p>
<p>Concentración de Manganeso:</p> <p><u>Río Cachapoal</u>: La tendencia es decreciente, lo que se observa en las gráficas de la estación Bocatoma Canales Rivera Sur hasta, Puente Coinco y Puente Arqueado, con valores de 0.38 mg/L (máximo), 0.30 mg/L y 0.22 mg/L (mínimo), respectivamente. En la estación Bocatoma Chacayanes, ubicada aguas arriba de la estación Bocatoma Canales Rivera Sur el valor es de 0,2 mg/L, lo que señala un efecto antrópico.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: la tendencia es decreciente se observan valores en la parte alta, estación Bajo Los Briones de 0.25 mg/L y Los Olmos, de 0.12 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: tiende a un valor de 0.05 mg/L.</p>
<p>Concentración de Molibdeno</p> <p><u>Río Cachapoal</u>: El comportamiento de la tendencia en las estaciones Chacayes, Puente Coinco y Puente Arqueado es decreciente con un valor de 0.018 mg/L. Sin embargo se observa en la grafica de la estación Bocatoma Canales Rivera Sur una tendencia decreciente con valor levemente superior de 0.021 mg/L.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia es creciente, lo que se observa claramente en las graficas de las estaciones Bajo Los Briones entre 0.03 y 0.015 mg/L y Los Olmos con valores entre 0.03-0.012.</p> <p><u>Río Rapel</u>: tiende a un valor de 0.05 mg/L.</p>
<p>Concentración de Zinc:</p> <p><u>Río Cachapoal</u>: La tendencia es decreciente, lo que se observa en las gráficas sucesivas desde la estación Bocatoma Canales Rivera Sur, Puente Coinco y Puente Arqueado, con valores de 0.07 mg/L (máximo), 0.06 mg/L y 0.03 mg/L (mínimo), respectivamente. Sin embargo, en la estación Bocatoma Chacayes, ubicada aguas arriba de la estación Bocatoma Canales Rivera Sur el valor es inferior (0,03 mg/L), lo que señala un efecto antrópico en la estación Bocatoma Canales Rivera Sur.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia es constante o plana y oscila en un rango de 0.04-0.03 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia es decreciente desde un valor 0.03 a 0.015 mg/L, como se observa en la grafica de la estación Navidad</p>

Tabla 4.15 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO RAPEL
Concentración de Aluminio:
<p><u>Río Cachapoal</u>: La tendencia es creciente desde la parte alta del río, lo que se observa en las gráficas sucesivas desde la estación Bocatoma Chacayanes, Bocatoma Canales Rivera Sur y Puente Coinco, con valores de 5 mg/L (mínimo), 8 mg/L y 12 mg/L (máximo) respectivamente. Sin embargo en la estación Puente Arqueado se observa una tendencia a disminuir con un valor de 5 mg/L.</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: La tendencia es creciente. En la grafica de la estación Los Briones se puede observar , en una serie de tiempo de siete años, un aumento desde 4,0 a 8,0 mg/L y en la estación Los Olmos en la misma serie de tiempo el aumento va de 1,0 a 5,0 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: La tendencia central es plana con un valor de 1,0 mg/L.</p>
Concentración de Arsénico:
<p><u>Río Cachapoal</u>: En la estación Bocatoma Chacayes se observa un comportamiento de la tendencia central a decreciente en una serie de tiempo de siete años con un valores entre 0.04 a 0.025 mg/L. En la estación Canales Ribera Sur, la tendencia crece levemente de un valor de 0.028 a 0.035 mg/L. En Puente Coinco la tendencia decrece desde 0.05 a 0.035 mg/L. En la estación Puente Arqueado, para la serie de tiempo registrada de siete años, la tendencia central es plana o constante en un valor en 0.015 mg/L. Entre estaciones, según su ubicación a lo largo río, se puede señalar que la tendencia es plana desde la estación Bocatoma Chacayes hasta la estación Puente Coinco en 0.035 mg/L , para observar una tendencia decreciente en la estación Puente Arqueado(0.015 mg/L).</p> <p><u>Río Tinguiririca</u>: En la estación Los Briones la tendencia es creciente con valores entre 0.010 a 0.019 mg/L. En la estación Los Olmos se observa una tendencia con un comportamiento muy levemente decreciente a lo largo de la serie de tiempo de 7 años desde 1995 a 2002, con valores entre 0.009 a 0.005 mg/L. De acuerdo al análisis entre las dos estaciones ubicadas a lo largo del río se puede señalar que la tendencia es decreciente de 0.019 a 0.005 mg/L.</p> <p><u>Río Rapel</u>: Se observa una tendencia creciente con un comportamiento irregular con un valor de 0.02 mg/L.</p>

De acuerdo al análisis de las figuras del anexo 4.1 se puede establecer que la tendencia central de los parámetros de calidad de agua seleccionados muestra un comportamiento común con un perfil plano de la media móvil en los últimos 7 a 10 años, lo que habilita el uso del conjunto de la base de datos para los posteriores análisis.

Rapel

80.

4.2.3 Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Este programa está orientado a complementar la información existente en la base de datos disponible y considera tres aspectos claves: en primer lugar, la red actual de monitoreo existente está orientada a medir parámetros inorgánicos de tal modo que no se dispone de información orgánica; en segundo término, la información complementaria está enfocada a verificar la clase actual en algunos segmentos de los cauces seleccionados y en tercer lugar, se requiere contar con una información puntual en cauces en los cuales se carece de toda otra información. En el caso de esta cuenca, se ha privilegiado las mediciones inmediatas en zonas donde no existen datos de monitoreo y posibles efectos antrópicos no monitoreados en la actualidad. Se incluyen mediciones de los parámetros que no registran mediciones anteriores.

Es importante señalar que el muestreo es puntual y, por lo tanto, debe considerarse como tal en cuanto a la validez y representatividad del resultado, siendo el objetivo principal de este monitoreo entregar orientaciones de parámetros inexistentes en la base de datos (nivel de información tipo 4), o bien datos que requieren ser corroborados.

Considerando estos aspectos, en octubre 2003 se llevó a cabo el siguiente programa de muestreo:

Tabla 4.16: Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0600-CO-10	Estero Coya a/j Cachapoal	Estación DGA, vigente	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0601-CA-30	Río Cachapoal en Pte. Cónico		
0601-LC-10	Estero La Cadena a/j Cachapoal		
0601-ZA-20	Estero Zamorano en Pencahue		
0604-AL-20	Estero Alhué en Quilamuta		
0603-TI-30	Río Tinguiririca en Los Olmos		
0601-CA-60	Río Cachapoal en Pte. Arqueado	Estaciones DGA, vigentes	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT, 2,4 D, Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorotalonil, Cyanazina, Demeton, Dicrofop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina
0605-RA-10	Río Rapel en Navidad		
0601-LC-10	Estero La Cadena a/j Cachapoal		

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

Para la caracterización de la calidad de agua de la cuenca, se establece la denominada *Base de Datos Integrada* (BDI), la cual contiene datos recopilados de monitoreos o muestreos realizados a la fecha (información de nivel 1 al nivel 3), datos del Programa de Muestreo Puntual realizado por CADE-IDEPE durante el desarrollo de la presente consultoría (información nivel 4) y estimaciones teóricas (información nivel 5) de los parámetros obligatorios DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, en caso de carecer de información de nivel superior. El método de cálculo de estos parámetros se presenta en la Sección II del Informe Final, la cual está destinada a presentar la metodología general del estudio.

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

- En el caso de disponer de un número de registros > 10 por período estacional, se procede a calcular el percentil 66%, lo que equivale según la metodología a información de Nivel 1.
- Cuando se dispone de un número de registros entre 5 y 10 por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, lo que equivale a información de Nivel 2 y se representa por el valor entre paréntesis. (ejemplo OD = (10,5))
- Si sólo se dispone de un número menor que 5 registros por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, que equivale a información de Nivel 3 y se representa por el valor entre dos paréntesis. (ejemplo OD = ((10,5)))

En el caso de la cuenca del río Rapel la información que compone la BDI es la siguiente:

- Información DGA:
Nivel 1, 2, 3 para los períodos estacionales de invierno, verano, primavera y otoño.
- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Estimaciones información Nivel 5

- Información estimada por el Consultor: Nivel 5
 - Estudio de caracterización de la calidad del agua y manejo de descargas de aguas residuales industriales y residenciales en la cuenca del Río Rapel. Dames & Moore, 1994. Información nivel 3.
 - Diagnóstico de Calidad Agua del Río Cachapoal, Arcadis Geotecnica, 2001. Información nivel 3.
 - Programa de Monitoreo de ESSEL (2002-2003). Información nivel 2.

Para la cuenca del río Rapel, la Base de Datos Integrada (BDI) se presenta en la forma de archivo digital en el anexo 4.2.

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

En este acápite se realiza el análisis de los parámetros de calidad de agua por período estacional: verano, otoño, invierno y primavera.

De acuerdo al nivel de calidad de la información disponible en cada período estacional, se procede a calcular para los parámetros seleccionados en esta cuenca el valor característico de cada uno de ellos.

Para la información proveniente de la DGA, en la tabla 4.17 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Rapel, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Tabla 4.17: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel Información DGA

ESTACION DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocATOMA Chacayes	(311,8)	0	(456,3)	0	(330,9)	0	(393,1)	0
Río Cachapoal a/j estero Coya	336,7	0	482,1	0	434,4	0	369,0	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	322,0	0	(556,4)	0	(528,1)	0	387,2	0
Río Cachapoal en Ribera Sur	375,0	0	550,9	0	514,9	0	401,6	0
Río Cachapoal en Pte. Coinco	369,4	0	570,9	0	499,6	0	395,6	0
Río Cachapoal en Pte.Codao	442,6	0	540,8	0	471,5	0	496,4	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(504,7)	0	(569,7)	0	(438,0)	0	(449,0)	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	154,6	0	316,2	0	(220,7)	0	212,1	0
Río Tinguiririca en Panamericana	125,0	0	249,6	0	(177,5)	0	(135,1)	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	280,0	0	357,0	0	268,5	0	276,0	0
Río Rapel en Navidad	(424,8)	0	(492,3)	0	(332,0)	0	(371,9)	0
Estero Coya a/j Río Cachapoal	890,0	2	1005,0	2	665,2	1	587,7	0
Estero La Cadena en Pte.Panamericana	(330,9)	0	((433,3))	0	(353,4)	0	(311,5)	0
Estero La Cadena en Desembocadura	(448,4)	0	(545,4)	0	(457,7)	0	(349,1)	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(54,1)	0	(67,9)	0	(70,5)	0	(67,0)	0
Río Claro de Rengo en Panamericana	(136,9)	0	(242,6)	0	(101,0)	0	(123,9)	0
Río Claro de Rengo en Pte. Zufiga	565,8	0	614,4	1	479,6	0	512,8	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	(281,9)	0	(288,6)	0	(221,0)	0	(227,0)	0
Estero Zamorano en Pencahue	411,6	0	416,6	0	295,6	0	(333,7)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	444,3	0	531,4	0	144,0	0	214,2	0
Estero Alhue en Quilamuta	3143,1	4	2741,0	4	1785,0	3	2244,4	3
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	(210,5)	0	(251,1)	0	(93,8)	0	(135,5)	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	257,9	0	(322,8)	0	332,6	0	(240,3)	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(312,9)	0	(355,4)	0	(263,5)	0	(260,1)	0
Estero Carén antes Estero Alhue	2994,6	4	2783	4	2433,0	4	2596,4	4
Embalse Rapel en El Muro	380,0	0	445,6	0	346,6	0	384,5	0

ESTACION DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocATOMA Chacayes	(9,8)	0	(8,4)	0	((9,4))	0	(10,4)	0
Río Cachapoal a/j estero Coya	(8,9)	0	((10,3))	0	(9,2)	0	((9,2))	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	((6,5))	2			((6,7))	2	(8,5)	0
Río Cachapoal en Ribera Sur	(10,0)	0	(9,1)	0	((10,2))	0	(9,9)	0
Río Cachapoal en Pte. Coinco	9,2	0	(10,0)	0	(9,2)	0	(9,0)	0
Río Cachapoal en Pte.Codao	(10,3)	0	(10,0)	0	(10,0)	0	(10,3)	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(8,7)	0	(9,8)	0	(9,1)	0	(8,8)	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	(8,6)	0	(9,2)	0	10,0	0	(9,6)	0
Río Tinguiririca en Panamericana								
Río Tinguiririca en Los Olmos	9,4	0	10,1	0	10,6	0	(9,5)	0
Río Rapel en Navidad	((7,9))	0	(7,7)	0	(8,7)	0	(9,3)	0
Estero Coya a/j Río Cachapoal	8,8	0	(9,1)	0	(9,7)	0	((6,6))	2
Estero La Cadena en Pte.Panamericana	((1,5))	4						
Estero La Cadena en Desembocadura	((3,0))	4	(4,0)	4	((4,7))	4	(10,0)	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(8,9)	0	(9,1)	0	((8,8))	0		
Río Claro de Rengo en Panamericana								
Río Claro de Rengo en Pte. Zufiga	(8,5)	0	9,2	0	(9,2)	0	9,2	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T								
Estero Zamorano en Pencahue	(8,5)	0	(9,1)	0	(9,1)	0	(8,7)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	8,5	0	10,2	0	9,8	0	8,7	0
Estero Alhue en Quilamuta	8,2	0	8,8	0	10,1	0	9,0	0
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	(7,8)	0	((9,0))	0	(9,4)	0	(9,7)	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	((10))	0	((9,6))	0	((10))	0	((9,6))	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(8,8)	0	(10,5)	0	(8,7)	0	(10,1)	0
Estero Carén antes Estero Alhue	8,2	0	9,1	0	9,2	0	9,7	0
Embalse Rapel en El Muro	((9,0))	0	((7,9))	0	((9,0))	0	((9,2))	0

Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información DGA

ESTACION DE MUESTREO	pH							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatomía Chacayes	(7,3)	0	(7,3)	0	(7,3)	0	(7,3)	0
Río Cachapoal a/í estero Coya	7,4	0	7,7	0	7,6	0	7,8	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	7,4	0	(7,4)	0	(7,0)	0	7,4	0
Río Cachapoal en Ribera Sur	7,9	0	7,9	0	7,6	0	7,7	0
Río Cachapoal en Pte. Coínco	7,6	0	7,5	0	7,6	0	7,9	0
Río Cachapoal en Pte. Codao	7,7	0	8,0	0	7,8	0	8,0	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(8,0)	0	(7,7)	0	(7,3)	0	(7,2)	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	7,2	0	7,4	0	(7,1)	0	7,8	0
Río Tinguiririca en Panamericana	6,9	0	7,8	0	(7,4)	0	(7,3)	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	7,5	0	7,6	0	7,3	0	7,9	0
Río Rapel en Navidad	(8,2)	0	(7,6)	0	(7,1)	0	(7,6)	0
Estero Coya a/í Río Cachapoal	5,6	4	5,9	4	6,4	4	6,7	0
Estero La Cadena en Pte. Panamericana	(7,0)	0	((7,4))	0	(7,1)	0	(7,0)	0
Estero La Cadena en Desembocadura	(7,3)	0	(7,1)	0	(6,7)	0	(7,3)	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(7,1)	0	(7,5)	0	(7,3)	0	(7,2)	0
Río Claro de Rengo en Panamericana	(7,1)	0	(7,2)	0	(7,7)	0	(7,2)	0
Río Claro de Rengo en Pte. Zuñiga	7,9	0	7,8	0	7,7	0	7,8	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	(7,7)	0	(8,0)	0	(8,1)	0	(7,9)	0
Estero Zamorano en Pencahue	7,8	0	7,7	0	7,7	0	(7,5)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	7,4	0	7,5	0	7,4	0	7,9	0
Estero Alhue en Quilamuta	7,5	0	7,5	0	7,3	0	7,5	0
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	(7,9)	0	(7,4)	0	(7,0)	0	(7,6)	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	7,1	0	(7,2)	0	7,2	0	(7,7)	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(8,2)	0	(7,7)	0	(6,9)	0	(7,4)	0
Estero Carén antes Estero Alhue	7,3	0	7,1	0	7,2	0	7,6	0
Embalse Rapel en El Muro	8,1	0	7,8	0	7,6	0	8,2	0

ESTACION DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatomía Chacayes	(24,4)	0	(37,6)	0	((16,6))	0	((46,4))	0
Río Cachapoal a/í estero Coya	25,8	0	42,3	0	42,0	0	45,5	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	(17,7)	0	(26,3)	0	(27,1)	0	(28,5)	0
Río Cachapoal en Ribera Sur	20,5	0	44,3	0	(32,4)	0	(28,2)	0
Río Cachapoal en Pte. Coínco	26,8	0	46,9	0	43,8	0	34,6	0
Río Cachapoal en Pte. Codao	26,0	0	33,1	0	31,3	0	31,6	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(31,4)	0	(37,8)	0	((28,4))	0	((29,8))	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	9,3	0	16,3	0	(13,9)	0	13,0	0
Río Tinguiririca en Panamericana	((7,8))	0	(10,3)	0	((10,4))	0	((9,9))	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	14,5	0	17,4	0	(18,2)	0	(14,5)	0
Río Rapel en Navidad	(35,5)	0	((26,3))	0	25,1	0	((21,0))	0
Estero Coya a/í Río Cachapoal	17,0	0	15,5	0	17,6	0	11,5	0
Estero La Cadena en Pte. Panamericana	(18,8)	0	((33,4))	0	((35,3))	0	((26,5))	0
Estero La Cadena en Desembocadura	((36,1))	0	(46,3)	0	((28,5))	0	((41,0))	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(2,9)	0	(2,9)	0	((3,8))	0	((4,2))	0
Río Claro de Rengo en Panamericana	(10,2)	0	(10,9)	0	((5,2))	0	((9,1))	0
Río Claro de Rengo en Pte. Zuñiga	30,9	0	36,4	0	(27,8)	0	(30,4)	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	((12,4))	0	(12,1)	0	((8,6))	0	((15,3))	0
Estero Zamorano en Pencahue	(18,5)	0	(17,3)	0	(13,3)	0	(16,1)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	9,6	0	11,3	0	6,4	0	5,6	0
Estero Alhue en Quilamuta	21,5	0	25,2	0	11,3	0	11,8	0
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	((20,6))	0	((16,5))	0	((4,1))	0	((6,0))	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	13,3	0	(21,5)	0	19,1	0	16,8	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(15,6)	0	(15,4)	0	((21,1))	0	((18,0))	0
Estero Carén antes Estero Alhue	22,4	0	26,6	0	(16,5)	0	15,9	0
Embalse Rapel en El Muro	26,7	0	24,7	0	25,1	0	25,5	0

Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información DGA

ESTACION DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatoma Chacayes	(79,7)	0	(109,6)	0	((65,5))	0	((94,0))	0
Río Cachapoal a/ estero Coya	82,2	0	114,2	0	83,5	0	75,7	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	(73,7)	0	(171,1)	2	(147,8)	1	(107,6)	0
Río Cachapoal en Ribera Sur	111,3	0	187,3	2	(114,1)	0	(188,5)	2
Río Cachapoal en Pte. Coínco	90,1	0	120,9	1	110,7	0	85,8	0
Río Cachapoal en Pte. Codao	98,6	0	112,0	0	90,8	0	103,8	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(114,4)	0	(124,6)	1	((81,3))	0	((94,4))	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	48,4	0	101,9	0	(48,9)	0	51,1	0
Río Tinguiririca en Panamericana	((28,5))	0	(56,1)	0	((30,3))	0	((23,1))	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	54,4	0	88,2	0	(44,9)	0	(48,9)	0
Río Rapel en Navidad	(77,6)	0	(113,4)	0	((63,3))	0	((78,8))	0
Estero Coya a/ Río Cachapoal	448,8	2	490,9	2	283,6	2	260,9	2
Estero La Cadena en Pte. Panamericana	(72,3)	0	((114,0))	0	((73,2))	0	((57,3))	0
Estero La Cadena en Desembocadura	((87,6))	0	(121,1)	1	((68,0))	0	((78,7))	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(10,1)	0	(13,0)	0	((10,5))	0	((12,3))	0
Río Claro de Rengo en Panamericana	((13,7))	0	(41,5)	0	((7,4))	0	((25,1))	0
Río Claro de Rengo en Pte. Zufiiga	112,1	0	130,5	1	(92,9)	0	(104,8)	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	((49,1))	0	(46,9)	0	((24,6))	0	((36,0))	0
Estero Zamorano en Pencahue	(60,5)	0	(62,5)	0	(50,2)	0	(53,6)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	195,5	2	153,5	2	19,8	0	29,4	0
Estero Alhue en Quilamuta	1644,0	4	1552,0	4	919,6	3	850,8	3
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	((48,6))	0	((37,3))	0	((1,0))	0	((6,0))	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	53,1	0	(66,4)	0	46,6	0	(44,3)	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(62,0)	0	(73,5)	0	((23,5))	0	((47,3))	0
Estero Carén antes Estero Alhue	1752,2	4	1680	4	1421,8	4	1589,3	4
Embalse Rapel en El Muro	88,5	0	89,3	0	(61,5)	0	75,2	0

ESTACION DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatoma Chacayes	(430)	3	(500)	3	((650))	3	(550)	3
Río Cachapoal a/ estero Coya	30	2	40	2	30	2	30	2
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	(20)	2	(80)	2	(60)	2	(50)	2
Río Cachapoal en Ribera Sur	60	2	100	2	(570)	3	120	2
Río Cachapoal en Pte. Coínco	40	2	60	2	50	2	50	2
Río Cachapoal en Pte. Codao	30	2	50	2	30	2	30	2
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(810)	3	(500)	3	((620))	3	(500)	3
Río Tinguiririca bajo Los Briones	20	2	50	2			30	2
Río Tinguiririca en Panamericana	((20))	2	(30)	2	((10_060))	4	((8510))	4
Río Tinguiririca en Los Olmos	(20)	2	30	2	20	2	30	2
Río Rapel en Navidad	(30)	2	(310)	3	((590))	3	(300)	3
Estero Coya a/ Río Cachapoal	140	2	160	2	110	2	100	2
Estero La Cadena en Pte. Panamericana	(30)	2	((60))	2	((30))	2	((30))	2
Estero La Cadena en Desembocadura	(540)	3	(560)	3	((10))	2	(890)	3
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(140)	2	(220)	3	((260))	3	(370)	3
Río Claro de Rengo en Panamericana	((10))	2	(20)	2	(9030)	4	(3330)	4
Río Claro de Rengo en Pte. Zufiiga	50	2	80	2	10	2	50	2
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	(2350)	4	(790)	3	((6760))	4	((20))	2
Estero Zamorano en Pencahue	(210)	3	30	2	(250)	3	(480)	3
Estero Alhue antes Estero Carén	130	2	110	2	20	2	20	2
Estero Alhue en Quilamuta	460	3	260	3	170	2	250	3
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	(210)	3	(260)	3	((550))	3	(450)	3
Estero Chimbarongo en Panamericana	10	2	(20)	2	10	2	(10)	2
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(190)	2	(940)	3	((520))	3	(450)	3
Estero Carén antes Estero Alhue	380	3	290	3	270	3	330	3
Embalse Rapel en El Muro	30	2	40	2	20	2	30	2

**Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales
en la cuenca de Rapel. Información DGA**

ESTACION DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatoma Chacayes	((8,0))	4	(4,4)	3	((3,2))	3	(4,8)	3
Río Cachapoal a/¿ estero Coya								
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes								
Río Cachapoal en Ribera Sur	((10,7))	4	(4,1)	3	((10,6))	4	(10,6)	4
Río Cachapoal en Pte. Coínco	((33,1))	4			(6,5)	4	(9,5)	4
Río Cachapoal en Pte.Codao								
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	((10,8))	4	(2,8)	3	((4,6))	3	(5,2)	4
Río Tinguiririca bajo Los Briones	((7,5))	4	(9,9)	4	((1,6))	3	(11,9)	4
Río Tinguiririca en Panamericana								
Río Tinguiririca en Los Olmos	((12,8))	4	(1,3)	3	((2,4))	3	(5,3)	4
Río Rapel en Navidad	((0,9))	2	(0,7)	2	((2,6))	3	(0,8)	2
Estero Coya a/¿ Río Cachapoal	((10,7))	4	((76,5))	4	((37,6))	4	((29,8))	4
Estero La Cadena en Pte.Panamericana								
Estero La Cadena en Desembocadura	((12,3))	4	(7,8)	4	((1,6))	3	(16,1)	4
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	((0,7))	2	(0,5)	2	((0,8))	2	(0,6)	2
Río Claro de Rengo en Panamericana								
Río Claro de Rengo en Pte. Zuñiga	((17,8))	4	(2,3)	3	((2,8))	3	(5,5)	4
Estero Zamorano en San Vicente de T-T								
Estero Zamorano en Pencahue	((4,3))	3	(1,3)	3	((0,9))	2	(2,4)	3
Estero Alhue antes Estero Carén	((0,4))	2	((0,4))	2	((0,9))	2	(0,8)	2
Estero Alhue en Quilamuta	((13,0))	4	((0,6))	2	((0,7))	2	(0,9)	2
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	((1,4))	3	((0,4))	2	((1,3))	3	((1,4))	3
Estero Chimbarongo en Panamericana								
Estero Chimbarongo en Los Maquis	((1,8))	3	(2,1)	3	((2,5))	3	(3,4)	3
Estero Carén antes Estero Alhue	((0,5))	2						
Embalse Rapel en El Muro								

ESTACION DE MUESTREO	Arsénico (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal en bocatoma Chacayes	(0,024)	0	(0,024)	0	((0,02))	0	(0,029)	0
Río Cachapoal a/¿ estero Coya	(0,140)	3	(0,136)	3	(0,140)	3	((0,025))	0
Río Cachapoal en Pte. Termas de Cauquenes	((0,037))	0					((0,068))	2
Río Cachapoal en Ribera Sur	(0,030)	0	(0,032)	0	((0,04))	0	(0,040)	0
Río Cachapoal en Pte. Coínco	0,031	0	(0,010)	0	0,022	0	0,034	0
Río Cachapoal en Pte.Codao	0,017	0	(0,009)	0	(0,020)	0	(0,019)	0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	(0,010)	0	(0,010)	0	((0,018))	0	(0,016)	0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	0,017	0	(0,024)	0	(0,020)	0	0,016	0
Río Tinguiririca en Panamericana	((0,012))	0						
Río Tinguiririca en Los Olmos	0,008	0	(0,005)	0	(0,007)	0	(0,005)	0
Río Rapel en Navidad	(0,014)	0	(0,008)	0	((0,066))	2	(0,007)	0
Estero Coya a/¿ Río Cachapoal	0,402	3	0,773	3	0,190	3	0,394	3
Estero La Cadena en Pte.Panamericana							(0,004)	0
Estero La Cadena en Desembocadura	(0,030)	0	(0,020)	0	((0,010))	0	(0,039)	0
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves	(0,003)	0	(0,004)	0	((0,003))	0		
Río Claro de Rengo en Panamericana							((0,037))	0
Río Claro de Rengo en Pte. Zuñiga	0,011	0	0,009	0	0,007	0	0,012	0
Estero Zamorano en San Vicente de T-T	((0,007))	0					((0,012))	0
Estero Zamorano en Pencahue	(0,013)	0	(0,003)	0	(0,002)	0	(0,004)	0
Estero Alhue antes Estero Carén	0,004	0	0,004	0	0,004	0	0,003	0
Estero Alhue en Quilamuta	0,010	0	0,009	0	0,010	0	0,007	0
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	(0,001)	0	((0,001))	0	((0,001))	0	(0,003)	0
Estero Chimbarongo en Panamericana	0,009	0	(0,008)	0	0,008	0	(0,005)	0
Estero Chimbarongo en Los Maquis	(0,005)	0	(0,003)	0	((0,002))	0	(0,003)	0
Estero Carén antes Estero Alhue	0,014	0	0,011	0	0,013	0	(0,012)	0
Embalse Rapel en El Muro	0,009	0	((0,006))	0	(0,010)	0	(0,017)	0

En la tabla 4.18 se presenta la información proveniente del monitoreo de ESSEL para los siguientes parámetros: DBO₅, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales. La red de monitoreo de la DGA no contiene dichos parámetros, por lo que resulta de interés incorporarlos para el análisis de calidad de agua. Toda la información contenida en la tabla es equivalente a Nivel 2.

Tabla 4.18: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información ESSEL 2002-2003

ESTACION DE MUESTREO	DBO ₅ (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal aguas arriba estero Coya	(<2)	0	(<2)	0			(<2)	0
Estero Coya aguas arriba Río Cachapoal	(2,7)	1	(2,5)	1			(<2)	0
Río Cachapoal en aducción Canal Nuevo Cachapoal	(<2)	0	(<2)	0			(<2)	0
Río Cachapoal en Bocatoma Ribera Sur	(<2)	0	(<2)	0			(<2)	0
Río Cachapoal en Bocatoma Canal San Pedro	(<2)	0	(<2)	0			(<2)	0
Río Cachapoal aguas arriba Estero La Cadena	(2,5)	1	(2,3)	1			(3,2)	1
Río Cachapoal aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue	(4,9)	1	(9,8)	2			(6,9)	2
Río Cachapoal en Puente Coinco	(4,3)	1	(2,8)	1			(4,3)	1
Río Cachapoal en Puntilla Millahue	(3,1)	1	(<2)	0			(2,1)	1
Río Cachapoal en Puente Peumo	(5,7)	2	(4,3)	1			(17,5)	3
Río Cachapoal en Puente Las Cabras	(3,8)	1	(3)	1			(3,3)	1

ESTACION DE MUESTREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal aguas arriba estero Coya	(198)	0	-	-			(163,5)	0
Estero Coya aguas arriba Río Cachapoal	(407)	1	-	-			(291)	0
Río Cachapoal en aducción Canal Nuevo Cachapoal	(187)	0	-	-			(210)	0
Río Cachapoal en Bocatoma Ribera Sur	(250)	0	-	-			(220)	0
Río Cachapoal en Bocatoma Canal San Pedro	(204)	0	-	-			(173)	0
Río Cachapoal aguas arriba Estero La Cadena	(216)	0	-	-			(273)	0
Río Cachapoal aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue	-	-	-	-			(223)	0
Río Cachapoal en Puente Coinco	(221)	0	-	-			(277)	0
Río Cachapoal en Puntilla Millahue	(270)	0	-	-			(310)	0
Río Cachapoal en Puente Peumo	(270)	0	-	-			(300)	0
Río Cachapoal en Puente Las Cabras	-	-	-	-			(203)	0

ESTACION DE MUESTREO	Sólidos Suspendidos (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal aguas arriba estero Coya	(653)	4	(84)	4			(1356)	4
Estero Coya aguas arriba Río Cachapoal	(1877)	4	(859)	4			(846)	4
Río Cachapoal en aducción Canal Nuevo Cachapoal	(546)	4	(170)	4			(48)	4
Río Cachapoal en Bocatoma Ribera Sur	(920)	4	(136)	4			(143)	4
Río Cachapoal en Bocatoma Canal San Pedro	(786)	4	(134)	4			(93)	4
Río Cachapoal aguas arriba Estero La Cadena	(778)	4	(118)	4			(183)	4
Río Cachapoal aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue	(1250)	4	(73)	3			(494)	4
Río Cachapoal en Puente Coinco	(941)	4	(91)	4			(68)	3
Río Cachapoal en Puntilla Millahue	(907)	4	(55)	3			(60)	3
Río Cachapoal en Puente Peumo	(800)	4	(64)	3			(115)	4
Río Cachapoal en Puente Las Cabras	(375)	4	(64)	3			(100)	4

ESTACION DE MUESTREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cachapoal aguas arriba estero Coya	(310)	1	(40)	1			(800)	1
Estero Coya aguas arriba Río Cachapoal	(<23)	<1	(<23)	<1			(<23)	<1
Río Cachapoal en aducción Canal Nuevo Cachapoal	(300)	1	(300)	1			(20)	1
Río Cachapoal en Bocatoma Ribera Sur	(767)	1	(70)	1			(20)	1
Río Cachapoal en Bocatoma Canal San Pedro	(1100)	2	(80)	1			(40)	1
Río Cachapoal aguas arriba Estero La Cadena	(7000)	4	(8000)	4			(5000)	3
Río Cachapoal aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue	(3467)	3	(8000)	4			(3700)	3
Río Cachapoal en Puente Coinco	(32100)	4	(2800)	3			(3000)	3
Río Cachapoal en Puntilla Millahue	(5033)	4	(13000)	4			(2200)	3
Río Cachapoal en Puente Peumo	(33333)	4	(24000)	4			(90000)	4
Río Cachapoal en Puente Las Cabras	(4567)	3	(13000)	4			(500)	1

Rapel

90.

Para la información proveniente del estudio de Arcadis Geotécnica, donde se analizaron los 62 parámetros incluidos en el Instructivo se presentan en la tabla 4.19 los valores característicos por período estacional de aquellos parámetros de los cuales no se disponía de información en la red de monitoreo de la DGA en la cuenca de Rapel, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Toda la información contenida en la tabla 4.19 proviene de 4 campañas de muestreos realizadas en el río Cachapoal y algunos afluentes (programa de monitoreo descrito anteriormente en el punto 3.4.1), una en cada período estacional del año. Por lo tanto, el valor en cada punto de muestreo es único y equivalente a información de Nivel 3.

Tabla 4.19: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((425))	1	((730))	2	((472))	1	((417))	1
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((308))	0	((290))	0	((284))	0	((274))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((249))	0	((650))	2	((459))	1	((298))	0
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((240))	0	((580))	2	((422))	1	((300))	0
Puntilla de Loros (P3)	((220))	0	((360))	0	((310))	0	((217))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((219))	0	((290))	0	((244))	0	((212))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((233))	0	((280))	0	((267))	0	((229))	0
Siete canales en Gultro (P6)	((226))	0	((310))	0	((268))	0	((204))	0
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((218))	0	((310))	0	((252))	0	((218))	0
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((206))	0	((270))	0	((263))	0	((226))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((232))	0	((470))	1	((233))	0	((313))	0
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((260))	0	((300))	0	((263))	0	((350))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((230))	0	((280))	0	((241))	0	((270))	0
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((228))	0	((305))	0	((240))	0	((262))	0
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((270))	0	((740))	2	((301))	0	((267))	0
Puente Cinco (P14)	((249))	0	((500))	1	((331))	0	((245))	0
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((238))	0	((435))	1	((377))	0	((206))	0
Puntilla de Millahue (P16)	((243))	0	((390))	0	((330))	0	((303))	0
Punta del Viento (P17)	((251))	0	((430))	1	((312))	0	((288))	0
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((235))	0	((420))	1	((315))	0	((309))	0
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((216))	0	((390))	0	((305))	0	((330))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((252))	0	((410))	1	((292))	0	((306))	0
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((222))	0	((410))	1	((316))	0	((293))	0
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((307))	0	((440))	1	((383))	0	((356))	0
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((259))	0	((420))	1	((345))	0	((334))	0
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((252))	0	((450))	1	((657))	2	((329))	0
Aeródromo Peumo (P25)	((242))	0	((440))	1	((350))	0	((351))	0
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((279))	0	((320))	0	((197))	0	((235))	0
Sofruco (P28)	((249))	0	((410))	1			((327))	0
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((244))	0	((430))	1	((319))	0	((333))	0
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((256))	0	((390))	0	((317))	0	((330))	0
Patagua Orilla (P31)	((260))	0	((390))	0	((330))	0	((392))	0
Puente Arqueado (P32)	((257))	0	((420))	1	((351))	0	((341))	0
Cristo El Carmen en Llalauquén (P33)	((262))	0	((420))	1	((318))	0	((327))	0

Tabla 4.19 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Sólidos Suspendidos (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((2088))	4	((50))	2	((1867))	4	((1683))	4
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((985))	4	((20))	0	((88))	4	((149))	4
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((807))	4	((40))	2	((2882))	4	((809))	4
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((1251))	4	((30))	1	((1559))	4	((616))	4
Puntilla de Loros (P3)	((1268))	4	((30))	1	((707))	4	((366))	4
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((915))	4	((20))	0	((27))	1	((225))	4
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((1544))	4	((20))	0	((237))	4	((248))	4
Siete canales en Gultro (P6)	((1659))	4	((20))	0	((146))	4	((157))	4
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((1497))	4	((20))	0	((172))	4	((279))	4
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((1339))	4	((35))	2	((168))	4	((157))	4
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((1489))	4	((40))	2	((341))	4	((420))	4
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((1392))	4	((30))	1	((123))	4	((549))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((1964))	4	((15))	0	((355))	4	((369))	4
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((1983))	4	((25))	1	((654))	4	((278))	4
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((1419))	4	((30))	1	((469))	4	((289))	4
Puente Coingo (P14)	((1989))	4	((20))	0	((815))	4	((247))	4
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((1990))	4	((15))	0	((540))	4	((175))	4
Puntilla de Millahue (16)	((1983))	4	((20))	0	((187))	4	((121))	4
Punta del Viento (P17)	((1866))	4	((20))	0	((168))	4	((161))	4
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((1928))	4	((20))	0	((134))	4	((23))	0
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((1794))	4	((10))	0	((217))	4	((187))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((1303))	4	((20))	0	((147))	4	((250))	4
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((1421))	4	((30))	1	((216))	4	((237))	4
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((232,5))	4	((20))	0	((71))	3	((91))	4
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((1390))	4	((20))	0	((677))	4	((106))	4
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((1161))	4	((20))	0	((186))	4	((79))	3
Aeródromo Peumo (P25)	((1383))	4	((10))	0	((184))	4	((53))	3
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((77))	3	((20))	0	((94))	4	((19))	0
Sofruco (P28)	((1434))	4	((10))	0	((123))	4	((123))	4
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((1585))	4	((20))	0	((127))	4	((391))	4
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((1958))	4	((20))	0	((91))	4	((67))	3
Patagua Onilla (P31)	((1933))	4	((20))	0	((98))	4	((127))	4
Puente Arqueado (P32)	((1113))	4	((20))	0	((91))	4	((80))	3
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((1051))	4	((10))	0	((86))	4	((187))	4

ESTACION DE MUESTREO	DBO5 (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((4))	1	((15))	3	((47,7))	4	((<2))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((<2))	0	((<5))	<1	((2,0))	0	((3,0))	1
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((<2))	0	((8))	2	((3,2))	1	((<2))	0
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((<2))	0	((<5))	<1	((2,7))	1	((<2))	0
Puntilla de Loros (P3)	((<2))	0	((<5))	<1	((2,9))	1	((<2))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((<2))	0	((3))	1	((3,4))	1	((<2))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((<2))	0	((<5))	<1	((4,9))	1	((<2))	0
Siete canales en Gultro (P6)	((<2))	0	((<5))	<1	((11,1))	3	((<2))	0
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((<2))	0	((10))	2	((9,8))	2	((<2))	0
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((<2))	0	((5))	1	((6,7))	2	((<2))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((<2))	0	((8))	2	((<2))	0	((<2))	0
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((11))	3	((70))	4	((15,5))	3	((25,6))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((2))	0	((25))	4	((3,2))	1	((6,3))	2
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((2))	0	((25))	4	((2,0))	0	((4,1))	1
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((3))	1	((155))	4	((3,0))	1	((12,6))	3
Puente Coingo (P14)	((2))	0	((7))	2	((3,0))	1	((4,4))	1
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((3,5))	1	((<5))	<1	((3,2))	1	((3,3))	1
Puntilla de Millahue (16)	((3))	1	((<5))	<1	((11,1))	3	((4,4))	1
Punta del Viento (P17)	((3,6))	1	((5))	1	((9,0))	2	((4,6))	1
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((4,4))	1	((<5))	<1	((6,8))	2	((4,4))	1
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((2))	0	((5))	1	((6,7))	2	((3,2))	1
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((3,9))	1	((5))	1	((5,9))	2	((4,0))	1
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((4,6))	1	((<5))	<1	((6,2))	2	((4,0))	1
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((<2))	0	((<5))	<1	((7,4))	2	((2,0))	0
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((3,8))	1	((90))	4	((5,8))	2	((4,4))	1
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((2))	0	((5))	1	((7,1))	2	((4,6))	1
Aeródromo Peumo (P25)	((3))	1	((<5))	<1	((4,7))	1	((4,6))	1
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((2))	0	((<5))	<1	((3,7))	1	((<2))	0
Sofruco (P28)	((4,2))	1	((5))	1	((3,6))	1	((3,6))	1
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((7,93))	2	((<5))	<1	((5,9))	2	((3,2))	1
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((4,8))	1	((18))	3	((3,9))	1	((4,4))	1
Patagua Onilla (P31)	((4))	1	((<5))	<1	((2,7))	1	((3,1))	1
Puente Arqueado (P32)	((4,6))	1	((<5))	<1	((2,3))	1	((3,0))	1
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((3,9))	1	((<5))	<1	((2,1))	1	((4,0))	1

Tabla 4.19 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Aceites y grasas (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((17))	4	((15.1))	4	((16.0))	4	((43.0))	4
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((17.3))	4	((3.5))	0	((14.0))	4	((<1.0))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((7.7))	4	((7.5))	3	((17.0))	4	((27.7))	4
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((11))	4	((3.0))	0	((20.0))	4	((19.7))	4
Puntilla de Loros (P3)	((11.3))	4	((15.0))	4	((23.0))	4	((7.7))	3
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((13))	4	((3.5))	0	((18.0))	4	((9.0))	3
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((13.3))	4	((9.0))	3	((15.0))	4	((11.7))	4
Siete canales en Gultro (P6)	((15.3))	4	((3.0))	0	((19.0))	4	((8.0))	3
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((15.3))	4	((2.1))	0	((21.0))	4	((13.0))	4
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((18.7))	4	((1.3))	0	((17.0))	4	((14.0))	4
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((16.7))	4	((15.0))	4	((15.0))	4	((30.0))	4
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((13.7))	4	((5.0))	1	((13.0))	4	((34.6))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((10.7))	4	((20.0))	4	((5.0))	1	((38.7))	4
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((15))	4	((10.0))	3	((8.3))	3	((38.7))	4
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((0.7))	0	((5.0))	1	((9.3))	3	((18.0))	4
Puente Coinco (P14)	((0.7))	0	((9.0))	0	((7.0))	3	((20.0))	4
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((6.3))	3	((2.1))	0	((13.3))	4	((14.3))	4
Puntilla de Millahue (16)	((18.3))	4	((6.5))	3	((13.7))	4	((12.3))	4
Punta del Viento (P17)	((13))	4	((4.2))	1	((14.7))	4	((10.0))	3
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((14.3))	4	((15.0))	4	((16.6))	4	((9.3))	3
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((15.7))	4	((7.0))	3	((4.0))	0	((14.7))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((2.3))	0	((8.0))	3	((7.3))	3	((25.0))	4
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((4))	0	((15.0))	4	((11.6))	4	((30.0))	4
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((13.7))	4	((10.0))	4	((12.7))	4	((29.7))	4
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((0.3))	0	((20.0))	4	((9.7))	3	((38.7))	4
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((6.7))	3	((15.0))	4	((13.0))	4	((32.3))	4
Aeródromo Peumo (P25)	((8.3))	3	((6.5))	3	((18.3))	4	((13.0))	4
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((11.7))	4	((3.0))	0	((15.0))	4	((16.0))	4
Sofruco (P28)	((9.3))	3	((20.0))	4			((33.3))	4
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((3))	0	((15.0))	4	((16.7))	4	((27.0))	4
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((19.3))	4	((1.5))	0	((1.3))	0	((19.3))	4
Patagua Orilla (P31)	((19))	4	((3.7))	0	((8.7))	3	((35.7))	4
Puente Arqueado (P32)	((16))	4	((10.0))	3	((7.3))	3	((6.3))	3
Cristo El Carmen en Llalauquén (P33)	((14))	4	((10.0))	3	((2.3))	0	((4.3))	1

ESTACION DE MUESTREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)			((< 1.8))	0	((2))	0		
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((16.1))	1	((13000))	4	((184))	1	((10.9))	1
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((63.8))	1	((2))	0	((226))	1	((548))	1
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((36.4))	1	((< 1.8))	0	((24))	1	((93.3))	1
Puntilla de Loros (P3)	((32.7))	1	((< 1.8))	0	((4))	0	((9.6))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((326))	1	((79))	1	((249))	1	((23.1))	1
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((435))	1	((8))	0	((45))	1	((42.6))	1
Siete canales en Gultro (P6)	((61.6))	1	((14))	1	((44))	1	((537))	1
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((90.9))	1	((5))	0	((54))	1	((288))	1
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((100))	1	((< 1.8))	0	((118))	1	((21.6))	1
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((488))	1	((< 1.8))	0	((200))	1	((95))	1
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((109000))	4	((240000))	4	((91400))	4	((53700))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((6300))	4	((170000))	4	((34400))	4	((18400))	4
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((6570))	4	((92000))	4	((27200))	4	((6910))	4
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((5460))	4	((5400000))	4	((15200))	4	((7660))	4
Puente Coinco (P14)	((10400))	4	((11000))	4	((21900))	4	((410))	1
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((9590))	4	((170))	1	((26000))	4	((3450))	3
Puntilla de Millahue (16)	((25000))	4	((2400))	3	((70))	1	((620))	1
Punta del Viento (P17)	((17900))	4	((1700))	2	((141))	1	((310))	1
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((16100))	4	((9200))	4	((240))	1	((410))	1
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((8840))	4	((16000))	4	((22200))	4	((1990))	2
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((8570))	4	((3300))	3	((16700))	4	((2130))	3
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((16300))	4	((1300))	2	((12500))	4	((1750))	2
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((1870))	2	((3500))	3	((124))	1	((2490))	3
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((7890))	4	((220))	1	((21000))	4	((3010))	3
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((9090))	4	((130))	1	((820))	1	((1100))	2
Aeródromo Peumo (P25)	((7540))	4	((170))	1	((6270))	4	((6830))	4
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((840))	1	((1300))	2	((4100))	3	((740))	1
Sofruco (P28)	((7230))	4	((220))	1			((5810))	4
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((14600))	4	((240))	1	((7280))	4	((1710))	2
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((10100))	4	((540))	1	((285))	1	((3230))	3
Patagua Orilla (P31)	((6380))	4	((170))	1	((299))	1	((1090))	2
Puente Arqueado (P32)	((8390))	4	((110))	1	((155))	1	((1090))	2
Cristo El Carmen en Llalauquén (P33)	((6450))	4	((170))	1	((70))	1	((1890))	2

Tabla 4.19 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Coliformes Totales (NMP/100ml)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((4, 1))	0	((< 1,8))	0	((3))	0	((1))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((579))	1	((17000))	0	((1010))	1	((101))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((517))	1	((2))	0	((1010))	1	((1990))	1
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((152))	0	((< 1,8))	0	((830))	1	((225))	1
Puntilla de Loros (P3)	((345))	1	((220))	1	((55))	0	((87))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((1050))	1	((350))	1	((361))	1	((166))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((1300))	1	((79))	0	((152))	0	((185))	0
Siete canales en Gultro (P6)	((727))	1	((110))	0	((80))	0	((794))	1
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((1050))	1	((110))	0	((155))	0	((980))	1
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((1340))	1	((7))	0	((313))	1	((205))	1
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((1990))	1	((2))	0	((1813))	1	((256))	1
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((548000))	4	((920000))	4	((101000))	4	((1550000))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((59400))	4	((1700000))	4	((87000))	4	((242000))	4
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((68700))	4	((260000))	4	((62900))	4	((48800))	4
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((57900))	4	((9200000))	4	((54900))	4	((43500))	4
Puente Coinco (P14)	((81600))	4	((54000))	4	((54900))	4	((12000))	4
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((98000))	4	((5400))	3	((36100))	4	((61300))	4
Puntilla de Millahue (16)	((242000))	4	((3500))	2	((214))	1	((13500))	4
Punta del Viento (P17)	((242000))	4	((700000))	4	((328))	1	((13000))	4
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((199000))	4	((92000))	4	((575))	1	((14000))	4
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((120000))	4	((24000))	4	((29900))	4	((57900))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((120000))	4	((160000))	4	((24900))	4	((51700))	4
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((105000))	4	((22000))	4	((21900))	4	((46100))	4
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((86600))	4	((5400))	3	((830))	1	((19400))	4
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((120000))	4	((3500))	2	((26000))	4	((54800))	4
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((112000))	4	((920))	1	((1040))	1	((31300))	4
Aeródromo Peumo (P25)	((141000))	4	((92000))	4	((9870))	4	((54800))	4
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((57900))	4	((9200))	3	((34400))	4	((15000))	4
Sofruco (P28)	((155000))	4	((920))	1			((57900))	4
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((92100))	4	((1100))	1	((17200))	4	((28100))	4
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((120000))	4	((920))	1	((629))	1	((64900))	4
Patagua Onilla (P31)	((130000))	4	((1300))	1	((525))	1	((22500))	4
Puente Arqueado (P32)	((81600))	4	((240))	1	((525))	1	((13300))	4
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((81600))	4	((350))	1	((313))	1	((21000))	4

ESTACION DE MUESTREO	Detergentes (SAAM) (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((0,017))	0	((0,023))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((0,003))	0	((0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,013))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((0,004))	0	((0,007))	0	((< 0,1))	0	((0,006))	0
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((0,001))	0	((0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,004))	0
Puntilla de Loros (P3)	((0,008))	0	((0,003))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((0,000))	0	((0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,009))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((0,003))	0	((0,004))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Siete canales en Gultro (P6)	((0,001))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,001))	0
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((0,004))	0	((0,007))	0	((< 0,1))	0	((0,011))	0
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((0,005))	0	((0,005))	0	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	n.d.		((0,002))	0	n.d.		n.d.	
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((0,001))	0	((< 0,005))	0	((0,12))	0	n.d.	
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((0,004))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,017))	0
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((0,002))	0	((<0,001))	0	((< 0,1))	0	((0,006))	0
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((0,004))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Puente Coinco (P14)	((0,003))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,004))	0
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((0,005))	0	((0,007))	0	((< 0,1))	0	((0,013))	0
Puntilla de Millahue (16)	((0,008))	0	((0,008))	0	((< 0,1))	0	((0,007))	0
Punta del Viento (P17)	((0,004))	0			n.d.		n.d.	
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((0,004))	0	((0,006))	0	n.d.		n.d.	
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((0,003))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((0,006))	0	((0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,014))	0
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((0,001))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,021))	0
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((0,000))	0	((0,007))	0	((< 0,1))	0	((0,007))	0
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((0,009))	0	((< 0,009))	0	((< 0,1))	0	((0,004))	0
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((0,005))	0	((0,009))	0	((< 0,1))	0	((0,003))	0
Aeródromo Peumo (P25)	((0,000))	0	((0,009))	0	n.d.		((0,004))	0
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((0,000))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,016))	0
Sofruco (P28)	((0,000))	0	((0,007))	0			n.d.	
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((0,004))	0	((0,006))	0	((< 0,1))	0	n.d.	
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((0,009))	0	((< 0,005))	0	((< 0,1))	0	((0,009))	0
Patagua Onilla (P31)	((0,001))	0	((0,006))	0	((< 0,1))	0	((0,004))	0
Puente Arqueado (P32)	((0,000))	0	((0,004))	0	((< 0,1))	0	((n.d.))	
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((0,001))	0	((0,006))	0	n.d.		n.d.	

Tabla 4.19 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Sulfuros (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	n.d.		((0,9))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	n.d.		((0,8))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	n.d.		((0,2))	4	n.d.		n.d.	
Puntilla de Loros (P3)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Siete canales en Gultro (P6)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Planta de Chancado de Áridos (P8)	n.d.		((0,1))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	n.d.		((0,8))	4	n.d.		n.d.	
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	n.d.		((1,0))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	n.d.		((1,0))	4	n.d.		n.d.	
Puente Coinco (P14)	n.d.		((0,1))	4	n.d.		n.d.	
Sector Loreto de Coltauco (P15)	n.d.		((0,1))	4	n.d.		n.d.	
Puntilla de Millahue (16)	n.d.		((0,3))	4	n.d.		n.d.	
Punta del Viento (P17)	n.d.		((0,4))	4	n.d.		n.d.	
Monte Lorenzo Arriba (P18)	n.d.		((0,8))	4	n.d.		n.d.	
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	n.d.		((0,3))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	n.d.		((0,3))	4	n.d.		n.d.	
Monte Lorenzo Abajo (P21)	n.d.		((0,3))	4	n.d.		n.d.	
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	n.d.		((0,4))	4	n.d.		n.d.	
Aeródromo Peumo (P25)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	n.d.		((0,1))	4	n.d.		n.d.	
Sofruco (P28)	n.d.		((0,3))	4	n.d.		n.d.	
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	
Patagua Orilla (P31)	n.d.		((0,5))	4	n.d.		n.d.	
Puente Arqueado (P32)	n.d.		((0,8))	4	n.d.		n.d.	
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	n.d.		((0,7))	4	n.d.		n.d.	

ESTACION DE MUESTREO	Fluoruros (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((0,49))	0	((0,10))	0	((0,52))	0	((0,31))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((0,12))	0	((0,10))	0	((0,23))	0	((0,05))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((0,31))	0	((0,40))	0	((0,51))	0	((0,24))	0
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((0,20))	0	((0,30))	0	((0,35))	0	((0,07))	0
Puntilla de Loros (P3)	((0,21))	0	((0,17))	0	((0,37))	0	((0,12))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((0,13))	0	((0,08))	0	((0,20))	0	((0,11))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((0,20))	0	((0,06))	0	((0,25))	0	((0,08))	0
Siete canales en Gultro (P6)	((0,10))	0	((0,15))	0	((0,13))	0	((0,17))	0
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((0,32))	0	((0,09))	0	((0,30))	0	((0,15))	0
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((0,31))	0	((0,15))	0	((0,12))	0	((0,12))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((0,21))	0	((0,15))	0	((0,26))	0	((0,04))	0
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((0,27))	0	((0,19))	0	((0,43))	0	((0,36))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((0,21))	0	((0,10))	0	((0,21))	0	((0,20))	0
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((0,17))	0	((0,15))	0	((0,34))	0	((0,20))	0
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((0,20))	0	((0,18))	0	((0,17))	0	((0,21))	0
Puente Coinco (P14)	((0,25))	0	((0,20))	0	((0,26))	0	((0,24))	0
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((0,24))	0	((0,12))	0	((0,16))	0	((0,22))	0
Puntilla de Millahue (16)	((0,22))	0	((0,21))	0	((0,32))	0	((0,24))	0
Punta del Viento (P17)	((0,27))	0	((0,14))	0	((0,17))	0	((0,27))	0
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((0,12))	0	((0,11))	0	((0,28))	0	((0,17))	0
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((0,19))	0	((0,09))	0	((0,38))	0	((0,22))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((0,12))	0	((0,10))	0	((0,26))	0	((0,12))	0
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((0,11))	0	((0,15))	0	((0,41))	0	((0,11))	0
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((0,10))	0	((0,14))	0	((0,25))	0	((0,20))	0
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((0,13))	0	((0,21))	0	((0,40))	0	((0,01))	0
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((0,25))	0	((0,17))	0	((0,19))	0	((0,21))	0
Aeródromo Peumo (P25)	((0,26))	0	((0,22))	0	((0,44))	0	((0,07))	0
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((0,18))	0	((0,24))	0	((0,22))	0	((0,13))	0
Sofruco (P28)	((0,18))	0	((0,14))	0			((0,18))	0
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((0,29))	0	((0,20))	0	((0,33))	0	((0,10))	0
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((0,15))	0	((0,24))	0	((0,29))	0	((0,04))	0
Patagua Orilla (P31)	((0,34))	0	((0,19))	0	((< 0,1))	0	((0,05))	0
Puente Arqueado (P32)	((0,23))	0	((0,18))	0	((0,25))	0	((0,05))	0
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((0,30))	0	((0,23))	0	((0,12))	0	((0,11))	0

Tabla 4.19 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Arcadis Geotécnica 2000

ESTACION DE MUESTREO	Hidrocarburos Totales (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	n.d		(1.7)	4	n.d		((0.5))	3
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	n.d		(0.5)	3	n.d		n.d	
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	n.d		(0.8)	3	n.d		((0.7))	3
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	n.d		(0.7)	3	n.d		n.d	
Puntilla de Loros (P3)	n.d		(0.5)	3	n.d		n.d	
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	n.d		(0.5)	3	n.d		n.d	
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	n.d		(3.0)	4	n.d		n.d	
Siete canales en Gultro (P6)	n.d		(0.4)	3	n.d		((0.8))	3
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	n.d		(0.3)	3	n.d		n.d	
Planta de Chancado de Áridos (P8)	n.d		(0.2)	2	n.d		n.d	
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	n.d		(0.5)	3	n.d		((1.1))	4
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	n.d		(0.4)	3	n.d		n.d	
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	n.d		(5.0)	4	n.d		n.d	
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	n.d		(0.5)	3	n.d		((3.3))	4
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	n.d		(0.3)	3	n.d		n.d	
Puente Coinco (P14)	n.d		((< 0.1))		n.d		((2.6))	4
Sector Loreto de Coltauco (P15)	n.d		(0.2)	2	n.d			
Puntilla de Millahue (16)	n.d		(0.7)	3	n.d		n.d	
Punta del Viento (P17)	n.d		(0.7)	3	n.d		n.d	
Monte Lorenzo Arriba (P18)	n.d		(0.8)	3	n.d		n.d	
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	n.d		(0.2)	2	n.d		((12.7))	4
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	n.d		(0.1)	2	n.d		n.d	
Monte Lorenzo Abajo (P21)	n.d		(0.9)	3	n.d		((10.6))	4
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	n.d		(0.4)	3	n.d		n.d	
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	n.d		(5.0)	4	n.d		n.d	
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	n.d		(0.7)	3	n.d		n.d	
Aeródromo Peumo (P25)	n.d		(0.3)	3	n.d		n.d	
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	n.d		(0.1)	2	n.d		n.d	
Sofruco (P28)	n.d		(0.7)	3			n.d	
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	n.d		(4.0)	4	n.d		n.d	
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	n.d		(0.3)	3	n.d		((9.9))	4
Patagua Onilla (P31)	n.d		(0.2)	2	n.d		n.d	
Puente Arqueado (P32)	n.d		(0.2)	2	n.d		n.d	
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	n.d		(0.2)	2	n.d		n.d	

ESTACION DE MUESTREO	Nitrito (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Coya aguas arriba de su unión con el río Cachapoal (T1)	((0.008))	0	((0.010))	0	((0.009))	0	((0.006))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión Río Coya (T2)	((0.004))	0	((0.010))	0	((0.004))	0	((0.003))	0
Río Cachapoal aguas abajo Río Coya (P1)	((0.006))	0	((0.011))	0	((0.010))	0	((0.005))	0
Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2)	((0.003))	0	((0.007))	0	((0.006))	0	((0.003))	0
Puntilla de Loros (P3)	((0.004))	0	((0.015))	0	((0.001))	0	((0.005))	0
Planta de extracción de áridos Megáridos (P4)	((0.005))	0	((0.006))	0	((0.003))	0	((0.003))	0
Planta de extracción de áridos Pétreos (P5)	((0.007))	0	((0.008))	0	((0.007))	0	((0.005))	0
Siete canales en Gultro (P6)	((0.008))	0	((0.009))	0	((0.009))	0	((0.006))	0
Río Cachapoal en Ruta 5 (P7)	((0.005))	0	((0.007))	0	((0.008))	0	((0.007))	0
Planta de Chancado de Áridos (P8)	((0.003))	0	((0.014))	0	((0.010))	0	((0.003))	0
Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9)	((0.008))	0	((0.008))	0	((0.010))	0	((0.006))	0
Estero La Cadena aguas arriba unión Río Cachapoal (P10)	((0.006))	0	((0.007))	0	((0.011))	0	((0.004))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11)	((0.007))	0	((0.004))	0	((0.013))	0	((0.009))	0
Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12)	((0.005))	0	((0.012))	0	((0.012))	0	((0.007))	0
Río Cachapoal aguas debajo de la descarga de Super Pollo (P13)	((0.006))	0	((0.006))	0	((0.010))	0	((0.005))	0
Puente Coinco (P14)	((0.002))	0	((0.022))	0	((0.010))	0	((0.003))	0
Sector Loreto de Coltauco (P15)	((0.007))	0	((0.009))	0	((0.009))	0	((0.005))	0
Puntilla de Millahue (16)	((0.007))	0	((0.011))	0	((0.005))	0	((0.004))	0
Punta del Viento (P17)	((0.005))	0	((0.005))	0	((0.004))	0	((0.002))	0
Monte Lorenzo Arriba (P18)	((0.007))	0	((0.010))	0	((0.003))	0	((0.007))	0
Estero Idahue aguas arriba unión Cachapoal (P19)	((0.006))	0	((0.007))	0	((0.004))	0	((0.007))	0
Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20)	((0.004))	0	((0.008))	0	((0.003))	0	((0.008))	0
Monte Lorenzo Abajo (P21)	((0.005))	0	((0.006))	0	((0.003))	0	((0.009))	0
Río Claro de Rengo en Puente Tunca (P22)	((0.004))	0	((0.050))	0	((0.005))	0	((0.006))	0
Río Cachapoal Aguas Arriba Puente Peumo (P23)	((0.004))	0	((0.008))	0	((0.005))	0	((0.009))	0
Río Cachapoal Aguas Abajo Puente Peumo (P24)	((0.003))	0	((0.010))	0	((0.005))	0	((0.005))	0
Aeródromo Peumo (P25)	((0.003))	0	((0.008))	0	((0.007))	0	((0.001))	0
Estero Zamorano en Puente Niche (P26)	((0.002))	0	((0.010))	0	((0.006))	0	((0.002))	0
Sofruco (P28)	((0.002))	0	((0.006))	0			((0.003))	0
Río Cachapoal en Puente Codao (P29)	((0.006))	0	((0.014))	0	((0.005))	0	((0.004))	0
Sofruco, en sector La Esperanza (P30)	((0.006))	0	((0.008))	0	((0.005))	0	((0.003))	0
Patagua Onilla (P31)	((0.003))	0	((0.006))	0	((0.009))	0	((0.003))	0
Puente Arqueado (P32)	((0.003))	0	((0.011))	0	((0.009))	0	((0.004))	0
Cristo El Carmen en Llallauquén (P33)	((0.004))	0	((0.008))	0	((0.005))	0	((0.003))	0

Rapel

96.

En la tabla 4.20 se presenta la información adicional respecto de la DGA que entrega el estudio realizado por Dames & Moore en 1993. Los parámetros considerados son los siguientes: DBO₅, Sólidos Disueltos, Coliformes Fecales y Coliformes Totales. El nivel de dicha información es 3.

Tabla 4.20: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Dames & Moore 1993

ESTACIÓN DE MUESTREO	DBO ₅ (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Embalse Rapel			((2,5))	1				
Río Tinguirica en Los Olmos			((0,9))	0				
Estero Zamorano en Pte.El Niche			((1,1))	0				
Río Claro de Rengo en Pte.Zuñiga			((2,2))	1				
Río Cachapoal en Pte.Coinco			((1,5))	0				
Río Cachapoal en Pte.Temas Cauquenes			((1,5))	0				
Estero Alhue en Quilamura			((2,4))	1				
Río Cachapoal en Pte.Arqueado			((2,5))	1				
Estero Chimbarongo en Sta.Cruz			((0,8))	0				
Estero La Cadena a/ Río Cachapoal			((4,1))	1				
Río Tinguirica en Pte.La Teja a/ Río Claro			((1,5))	0				
Río Cachapoal aguas arriba Río Coya			((0,1))	0				

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Embalse Rapel			((99))	0				
Río Tinguirica en Los Olmos			((429))	1				
Estero Zamorano en Pte.El Niche			((70))	0				
Río Claro de Rengo en Pte.Zuñiga			((113))	0				
Río Cachapoal en Pte.Coinco			((324))	0				
Río Cachapoal en Pte.Temas Cauquenes			((606))	2				
Estero Alhue en Quilamura			((504))	2				
Río Cachapoal en Pte.Arqueado			((176))	0				
Estero Chimbarongo en Sta.Cruz			((80))	0				
Estero La Cadena a/ Río Cachapoal			((50))	0				
Río Tinguirica en Pte.La Teja a/ Río Claro			((295))	0				
Río Cachapoal aguas arriba Río Coya			((230))	0				

ESTACIÓN DE MUESTREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Embalse Rapel			((248))	1				
Río Tinguirica en Los Olmos			((366))	1				
Estero Zamorano en Pte.El Niche			((6477))	4				
Río Claro de Rengo en Pte.Zuñiga			((2950))	3				
Río Cachapoal en Pte.Coinco			((5448))	4				
Río Cachapoal en Pte.Temas Cauquenes			((304))	1				
Estero Alhue en Quilamura			((55))	1				
Río Cachapoal en Pte.Arqueado			((3775))	3				
Estero Chimbarongo en Sta.Cruz			((174))	1				
Estero La Cadena a/ Río Cachapoal			((40950))	4				
Río Tinguirica en Pte.La Teja a/ Río Claro			((6))	0				
Río Cachapoal aguas arriba Río Coya			((32))	1				

Tabla 4.20 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Rapel. Información Dames & Moore 1993

ESTACIÓN DE MUESTREO	Coliformes Totales (NMP/100ml)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Embalse Rapel			((639))	1				
Río Tinguiririca en Los Olmos			((2147))	2				
Estero Zamorano en Pte.El Niche			((8701))	3				
Río Claro de Rengo en Pte.Zuñiga			((11114))	4				
Río Cachapoal en Pte.Coínco			((9340))	3				
Río Cachapoal en Pte.Temas Cauquenes			((2137))	2				
Estero Alhue en Quilamura			((99))	0				
Río Cachapoal en Pte.Arqueado			((5475))	3				
Estero Chimbarongo en Sta.Cruz			((858))	1				
Estero La Cadena a/j Río Cachapoal			((88000))	4				
Río Tinguiririca en Pte.La Teja a/j Río Claro			((70))	0				
Río Cachapoal aguas arriba Río Coya			((46))	0				

Durante el mes de octubre del presente año (primavera 2003), con el fin de completar la información existente de la cuenca y corroborar la asignación de clase propuesta, se llevó a cabo el Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE (información nivel 4) informado en el capítulo 4.2.3. A continuación se presenta el resultado de los análisis para la cuenca del Rapel.

Tabla 4.21: Calidad de Agua Cuenca del río Rapel Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	5.1	2
Río Cachapoal en Puente Arqueado	3.2	1
Río Tinguiririca en Los Olmos	3.1	1
Río Rapel en Navidad	2.4	1
Estero Coya a/j río Cachapoal	<1,5	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	17	3
Estero Zamorano en Pencahue	4.4	1
Estero Alhué en Quilamuta	1.6	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	5	0
Río Cachapoal en Puente Arqueado	5	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	15	0
Río Rapel en Navidad	10	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	5	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	5	0
Estero Zamorano en Pencahue	10	0
Estero Alhué en Quilamuta	5	0

**Tabla 4.21 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Rapel
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	310	0
Río Cachapoal en Puente Arqueado	342	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	201	0
Río Rapel en Navidad	264	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	510	2
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	309	0
Estero Zamorano en Pencahue	241	0
Estero Alhué en Quilamuta	1920	4

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	41	2
Río Cachapoal en Puente Arqueado	67	3
Río Tinguiririca en Los Olmos	28	1
Río Rapel en Navidad	13	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	373	4
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	156	4
Estero Zamorano en Pencahue	33	2
Estero Alhué en Quilamuta	18	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	0.50	1
Río Cachapoal en Puente Arqueado	0.04	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	0.04	0
Río Rapel en Navidad	0.05	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	0.09	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	1.42	2
Estero Zamorano en Pencahue	0.08	0
Estero Alhué en Quilamuta	0.10	0

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	<3	0
Río Cachapoal en Puente Arqueado	27	3
Río Tinguiririca en Los Olmos	<3	0
Río Rapel en Navidad	<3	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	<3	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	<3	0
Estero Zamorano en Pencahue	<3	0
Estero Alhué en Quilamuta	<3	0

**Tabla 4.21 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Rapel
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	0.1	0
Río Cachapoal en Puente Arqueado	0.1	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	0.1	0
Río Rapel en Navidad	0.1	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	0.2	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	0.1	0
Estero Zamorano en Pencahue	0.1	0
Estero Alhué en Quilamuta	0.5	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	0.15	2
Río Cachapoal en Puente Arqueado	0.03	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	0.02	0
Río Rapel en Navidad	<0.01	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	0.01	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	0.12	2
Estero Zamorano en Pencahue	0.07	2
Estero Alhué en Quilamuta	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	<0.01	0
Río Cachapoal en Puente Arqueado	<0.01	0
Río Tinguiririca en Los Olmos	<0.01	0
Río Rapel en Navidad	<0.01	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	<0.01	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	<0.01	0
Estero Zamorano en Pencahue	<0.01	0
Estero Alhué en Quilamuta	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño (µg/L)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Cónico	170	4
Río Cachapoal en Puente Arqueado	<200	
Río Tinguiririca en Los Olmos	<200	
Río Rapel en Navidad	70	4
Estero Coya a/j río Cachapoal	140	4
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	190	4
Estero Zamorano en Pencahue	<200	
Estero Alhué en Quilamuta	90	4

**Tabla 4.21 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Rapel
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	1100	2
Río Cachapoal en Puente Arqueado	170	1
Río Tinguiririca en Los Olmos	920	1
Río Rapel en Navidad	11	1
Estero Coya a/j río Cachapoal	110	1
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	170000	4
Estero Zamorano en Pencahue	1500	2
Estero Alhué en Quilamuta	49	1

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Cachapoal en Coinco	16000	4
Río Cachapoal en Puente Arqueado	3500	2
Río Tinguiririca en Los Olmos	1600	1
Río Rapel en Navidad	41	0
Estero Coya a/j río Cachapoal	110	0
Estero La Cadena a/j río Cachapoal	210000	4
Estero Zamorano en Pencahue	6350	3
Estero Alhué en Quilamuta	210	1

Parámetro	Río Cachapoal en Puente Arqueado	
	Valor	Clase
2,4 D (µg/L)	<1	0
Aldicarb (µg/L)	<0.8	0
Atrazina + N-dealkyl metabolitos (µg/L)	<0.5	0
Captan (µg/L)	<1	0
Carbofurano (µg/L)	<1	0
Clorothalonil (µg/L)	<0.1	0
Cyanazina (µg/L)	<0.2	0
Demetón (µg/L)	<0.08	0
Diclofop-metil (µg/L)	<0.1	0
Dimetoato (µg/L)	<1	0
Paration (µg/L)	<1	0
Pentaclorofenol (µg/L)	<0.2	0
Simazina (mg/L)	<0.001	0
Trifluralina (µg/L)	<0.08	0

**Tabla 4.21 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Rapel
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Parámetro	Río Rapel en Navidad	
	Valor	Clase
2,4 D (µg/L)		
Aldicarb (µg/L)	<0.8	0
Atrazina + N-dealkyl metabolitos (µg/L)	<0.5	0
Captan (µg/L)	<1	0
Carbofurano (µg/L)	<1	0
Clorothalonil (µg/L)	<0.1	0
Cyanazina (µg/L)	<0.2	0
Demetón (µg/L)	<0.08	0
Diclofop-metil (µg/L)	<0.1	0
Dimetoato (µg/L)	<1	0
Paration (µg/L)	<1	0
Pentaclorofenol (µg/L)	<0.2	0
Simazina (mg/L)	<0.001	0
Trifluralina (µg/L)	<0.08	0

Parámetro	Estero La Cadena a/j río Cachapoal	
	Valor	Clase
2,4 D (µg/L)		
Aldicarb (µg/L)	<0.8	0
Atrazina + N-dealkyl metabolitos (µg/L)	<0.5	0
Captan (µg/L)	<1	0
Carbofurano (µg/L)	<1	0
Clorothalonil (µg/L)	<0.1	0
Cyanazina (µg/L)	<0.2	0
Demetón (µg/L)	<0.08	0
Diclofop-metil (µg/L)	<0.1	0
Dimetoato (µg/L)	<1	0
Paration (µg/L)	<1	0
Pentaclorofenol (µg/L)	<0.2	0
Simazina (mg/L)	<0.001	0
Trifluralina (µg/L)	<0.08	0

Al realizarse el programa de muestreos, se verificó una inconsistencia en el Instructivo, respecto a los límites de la Clase de excepción y la metodología de análisis de ciertos parámetros de calidad. Esta inconsistencia consiste en que los límites de detección de esas metodologías de análisis no pueden llegar a los valores límites de la clase de excepción. Por lo tanto, los siguientes parámetros: plomo (Pb), hidrocarburos totales (HC), mercurio (Hg) y estaño (Sn), no pueden ser clasificados en clase de excepción.

En la tabla antes presentada, se han incluido los resultados entregados por el laboratorio externo contratado para llevar a cabo los análisis. En los casos en que el límite de detección analítico es superior al valor correspondiente a la clase de excepción, correspondería verificar si existe otra metodología de análisis, o bien redefinir el valor a fijar en la clase de excepción. Por otra parte, cuando el análisis de laboratorio entrega un valor en límite de detección analítico que se encuentra entre los límites definidos para dos clases de calidad, por el momento sólo es posible señalar que el parámetro podría ser clasificado en una clase de calidad “menor” a aquella correspondiente al límite superior entre ambas. Por ejemplo, a una concentración de estaño de $< 20 \mu\text{g/l}$ se le debería asignar, tal como está definido actualmente el Instructivo, una clase de calidad < 2 . Se estima que, en casos como éste, el Instructivo debería definir un criterio de modo tal que fuese posible asignar siempre una clase de calidad en particular y no dejar su clasificación sin definir.

4.3 Factores Incidentes en la Calidad de Agua

El análisis de los factores incidentes que afectan la calidad del agua se realiza mediante una tabla de doble entrada en la cual se identifica en la primera columna el segmento en estudio, mediante la estación de calidad asociada y su código. La segunda identifica los factores tanto naturales como antropogénicos que explican los valores de los parámetros contaminantes. La tercera identifica aquellos parámetros seleccionados que sobrepasan la clase de excepción del Instructivo asociados al segmento correspondiente y de los cuales se dispone de información ya sea proveniente de la red de monitoreo de la DGA y/o de muestreos puntuales realizados por otra entidad. La última columna fundamenta y particulariza los factores incidentes.

La Tabla 4.22 explica los factores incidentes en la cuenca del río Rapel.

Tabla 4.22: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Coya a/j río Cachapoal 0600-CO-20	Lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de las franjas metalogénicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con Ph básico generan complejos de aluminio en solución.	Aguas de proceso de actividades mineras Drenajes de aguas de minas Contaminación difusa por Aguas servidas Drenajes difusos de relaves mineros Lixiviación de botaderos de material de descarte minero	As, Cu, Fe, Al, OD, Mo, Mn, SD, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas volcánicas consistentes en coladas y depósitos piroclásticos riolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos,, asociados a volcanes antiguos. • Minería: Div. El Teniente – Relaves Mineros La Junta y Barahona – Fundición de Caletones y Colón • Descargas: Emisario ESSEL • Litología: Franja metalogénica F-11 • Cubierta vegetal: escasa de alta cordillera
Río Cachapoal en Bocatoma □hacales 0600-CA-20	Lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de las franjas metalogénicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con Ph básico generan complejos de aluminio en solución.		OD, Fe, Mn, Cu, Al, Mo, SO ₄ ⁻² , Zn, SS, S ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas sedimento volcánicas y volcánicas puras. • Conservación de recursos naturales: Reserva Nacional Río Los Cipreses • Litología: Franja metalogénica F-11 • Cubierta vegetal: Escasa de precordillera

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Cachapoal a/j estero Coya 0600-CA-30	Lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de las franjas metalogénicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución. Aporte del río Pangal		SO ₄ ⁻² , Fe, Cu, Mn, DBO ₅ , CF, SD, SS, S ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas sedimento volcánicas y volcánicas puras. • Conservación de recursos naturales: Reserva Nacional Río Los Cipreses • Industria: Central Hidroeléctrica Coya (Codelco) • Litología: Franja metalogénica F-11 • Hidrología: Aporte del río Pangal • Cubierta vegetal: escasa de precordillera
Río Cachapoal 0600-CA-50	Lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de las franjas metalogénicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución. Aporte del estero Coya	Contaminación difusa por actividad industrial	SO ₄ ⁻² , Cu, Fe, OD, Mn, SD, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas sedimento volcánicas y volcánicas puras. • Conservación de recursos naturales: Reserva Nacional Río Los Cipreses • Hidrogeología: Termas de Cauquenes • Hidrología: Aporte del estero Coya • Industria: Central Hidroeléctrica El Sauzal, Criaderos de aves y porcinos • Cubierta vegetal: Escasa de precordillera

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Cachapoal en Bocatoma en canales Ribera Sur 0601-CA-10	Lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de las franjas metalogénicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución.	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	As, Cu, Fe, Al, OD, Mo, Mn, SD, SS, S ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Industria: Central Hidroeléctrica Sausalito • Agricultura: intensiva y tecnificada • Litología: Franja metalogénica F-5 (1)
Estero La Cadena en Desembocadura 0601-LC-10	Recarga del estero por aportes de agua subterránea. Lixiviación subterránea de formaciones geológicas. Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución.	Descarga de RILES Efluentes mineros Contaminación difusa por de aguas servidas Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	OD, Fe, Mn, Cu, Al, Mo, SO ₄ ⁻² , Zn, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Centros poblados: Ciudad de Rancagua (Pta de tratamiento con cobertura del 87.7%) Ciudad de Machalí (Pta de tratamiento 85% de cobertura), Ciudad de Graneros (Con pta de tratamiento con cobertura del 96%) • Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en periodo estival • Descargas: Emisarios de ESSEL (Machalí, Graneros y General), Emisario CORFO • Agricultura • Industrias: Packing Chiquita Enza, Packing Dole-Chile, International Papel • Minería: Mina El Inglés • Litología: Franja metalogénica F-5 • Agricultura: intensiva y tecnificada

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Cachapoal en puente Coinco 0601-CA-30	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución.	Contaminación difusa por aguas servidas Descarga de RILES Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	SO ₄ ⁻² , Fe, Cu, Mn, DBO ₅ , CF, SD, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros Poblados: Olivar Alto (Pta de tratamiento 60% cobertura) Industrias: Agrosuper Lo Miranda (4), Descarga de Faenadora Super (1), COINCA S.A, Molino San Miguel (3 descargas), Viña Sta Mónica, Permanz Ltda (CIU 31131) Descargas: Emisario de ESSEL, Emisario 1 de ESSEL Agricultura: Intensiva y tecnificada, Minería: Relaves mineros Colihues Vertederos: Relleno Sanitario Colihues La Yesca Litología: Franja metalogénica F-5
Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves 0601-CL-10	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución Recarga del río por aguas subterráneas	Contaminación difusa por ganadería	Mo, Al, Cu, SS, S ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> Ganadería: Existencia de veranadas Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en periodo estival

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Claro de Rengo en Panamericana 0601-CL-20	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Contaminación difusa por aguas servidas Descargas de RILES Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	Cu, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros urbanos: Ciudad de Requinoa (Pta de tratamiento 70% cobertura), Ciudad de Rosario (Pta de tratamiento con 65%de cobertura), Ciudad de Rengo (Pta de tratamiento 87.5% de cobertura) Descargas: Emisario Tipaume, Emisario Canal Apalta Industrias: Huachipato, Descargas de CARGILL (3), Descargas de UNIFRUTTI (2), Descargas de Exportadora de Frutas Naturales Chile (4), Descargas de Viña Sta Rita (2), Descarga de David del Curto (1), Descargas de United Trade Company (3) Agricultura: intensiva y tecnificada
Río Claro de Rengo en Puente Zuñiga 0601-CL-30	<ul style="list-style-type: none"> Recarga del río por afloramiento de vertientes 	Contaminación difusa por aguas servidas Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	SO ₄ ⁻² , Mn, Fe, Mo, Cu, Al, CE, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Hidrogeología: Surgencia de aguas al norte del segmento Agricultura : intensiva y tecnificada Centros poblados: Ciudad de Quinta de Tilcoco (sin Pta de tratamiento)

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Zamorano en Penciahue 0601-ZA-20	Aportes desde el estero Antivero Recarga del río por afloramiento de vertientes Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Contaminación difusa por aguas servidas Descarga de RILES Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	Fe, Mn, Mo, Al, Cu, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros Poblados: Ciudad de Sn Vicente de Tagua-Tagua (con pta de tratamiento 80% cobertura, Poblado de Pelequén (sin pta de tratamiento), Poblado de Malloa (con pta de tratamiento 60% de cobertura) Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en período estival. Nace del estero Antivero Industrias: Faenadora San Vicente, Viña Morandé, Descarga Consorcio industrial de Malloa, Descargas: Emisario Estero Malambo (ESSEL), Emisario Estero Zamorano (ESSEL) Agricultura: intensiva y tecnificada
Río Cachapoal en Puente Codao 0601-CA-60	Aporte de los segmentos anteriores Recarga del río por aguas subterráneas Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Descarga de aguas servidas Descarga de RILES Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	SO ₄ ⁻² , Mn, Fe, Mo, Cu, Al, SD, SS, S ⁻² Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros poblados: Poblado de Pichidegua (con pta de tratamiento 75% cobertura), Ciudad de Las Cabras (con pta de tratamiento 87% de cobertura), Ciudad de Doñihue (con pta de tratamiento del 70% cobertura), Poblado de Coinco (sin pta de tratamiento), Poblado de Coltauco (con pta de tratamiento 45% cobertura) Descargas: Emisario Estero Taguilla (ESSEL) Industrias: Viña Concha y Toro, Agrícola Rosario Codao, Agua Mineral Cachantún (Coinco, 15 L/s), Agrícola Super Conservación de recursos naturales: Reserva Nacional Cocalán Agricultura: intensiva y tecnificada

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Tinguiririca bajo Los Briones 0602-TI-10	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas Recarga del río por afloramiento de vertientes Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Contaminación difusa por ganadería	Fe, Cu, Mn, Al, Mo	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones volcánicas de origen sedimentario volcánicos del período Jurásico y cretácico, consistente en coladas, tobas y brechas con intercalaciones de lutitas, areniscas, calizas.. En el límite de la república se observan formaciones volcánicas de poco protagonismo. • Conservación de recursos naturales: Sitio prioritario La Cardilla (CONAMA) • Hidrogeología: Termas del Flaco • Volcanismo: Volcán Tinguiririca y El Palomo • Ganadería: Existencia de veranadas
Estero Chimbarongo en Puente Huemul 0603-CH-10	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución. Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas	Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	Mo, Zn, Al, Cu, Fe, Mn	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en periodo estival. • Hidrogeología: Nacimiento de aguas surgentes
Estero Chimbarongo en Panamericana 0603-CH-20	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas	Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	Cu, Fe, Mn	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: intensiva y tecnificada • Hidrogeología: Aporte de aguas subterráneas

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Chimbarongo en los Maquis 0603-CH-50	Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas Contaminación difusa por aguas servidas	Fe, Mn, Al, Cu, Mo Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros poblados: Ciudad de Chimbarongo (Pta de tratamiento con 70% cobertura), Ciudad de Sta Cruz (17146 habitantes con pta de tratamiento con 90% cobertura) Hidrología: Embalse Convento Viejo Descargas: Emisario Estero Los Canales (ESSEL), Emisario Estero Chimbarongo (ESSEL) Emisario Estero Las Vertientes (ESSEL). Agricultura: intensiva y tecnificada
Río Tinguiririca en Panamericana 0603-TI-10	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	Cu, Fe, Mn	<ul style="list-style-type: none"> Agricultura: intensiva y tecnificada Industrias: Descarga Alimentos Naturales Vita Foods (2)
Río Tinguiririca en Los Olmos 0603-TI-30	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas Contaminación difusa por aguas servidas	Fe, Mn, Mo, Al, Cu, CT, CF, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Agricultura: intensiva y tecnificada Descargas: Emisario Estero Peralillo, Emisario Canal de Riego, Emisario Río Tinguiririca Centros Poblados: Poblado de Peralillo (Pta de tratamiento 87% de cobertura), Ciudad de Nancagua (con pta de tratamiento con 98.5% de cobertura)

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Carén a/j Estero Alhué 0604-CR-20	Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas Derrames desde canoa de relaves	Cu, CE, SO ₄ ⁻² , Mn, Mo	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en periodo estival. • Agricultura: intensiva y tecnificada • Conservación de recursos naturales: Parque Nacional Roblería del Cobre • Minería: Canoa de relaves Teniente
Estero Alhué a/j Estero Carén 0604-AL-10	Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas Escorrentías de arcillas (aluminio silicatos) con pH básico generan complejos de aluminio en solución	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas Descarga de RILES Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por actividad industrial	Mn, SO ₄ ⁻² , Al, Mo, Cu Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Río de origen pluvial, con recarga de acuífero en periodo estival. • Centros poblados: Ciudad de Villa Alhué • Agricultura: intensiva y tecnificada • Industrias: Criaderos de Aves y planteles porcinos • Conservación de recursos naturales: Parque Nacional Roblería del Cobre
Estero Alhué en Quilamuta 0604-AL-10	Recarga del estero por aporte de aguas subterráneas	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	Cu, Mn, Al, CE, SO ₄ ⁻² , Mo	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: intensiva y tecnificada • Hidrogeología: Aguas surgentes (Pozo de la DGA con productividad de 4 a 10 m³/h/m con 0 m de nivel freático)

Tabla 4.22 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Rapel

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Rapel en Navidad 0605-RA-10	Cambio de régimen de léntico a lóxico Recarga del río por filtraciones aguas abajo de la presa del embalse Recarga del río por aguas subterráneas	Aplicación de fertilizantes y plaguicidas Contaminación difusa por Aguas Servidas	Mn, Mo, Al, Cu Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Centros poblados: Poblado de Navidad, Pueblito de Rapel, Matanzas, Las Brisas(sin pta de tratamiento) Agricultura: Pequeña agricultura

Nota: En Anexo 4.3 se encuentra el Mapa de potencial de generación ácida (Ministerio de Minería)

5. CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES

5.1 Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal

Para el análisis del cauce principal que es el Río Rapel, por las características propias de la cuenca se considera como principales afluentes los ríos Cachapoal y Tinguiririca. De este modo, se cuenta con 8 estaciones de monitoreo a lo largo de los dos cauces principales, que son:

- Cachapoal en Bocatoma Chacayes
- Cachapoal en Canales Ribera Sur
- Cachapoal en Puente Coinco
- Cachapoal en Puente Arqueado
- Tinguiririca en Los Briones
- Tinguiririca en Panamericana
- Tinguiririca en Los Olmos
- Rapel en Navidad

En la Figura 5.1 con información proveniente de la DGA se incluye el perfil longitudinal sólo de aquellos parámetros seleccionados que exceden la Clase 0 en esta cuenca, para los 4 períodos estacionales. Dichos parámetros son los siguientes: Conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sulfato, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, aluminio y arsénico.

En esta Figura se presenta el perfil del parámetro en análisis tanto en el río Cachapoal como en el Tinguiririca. Se señala esquemáticamente la existencia del Embalse Rapel previo a la última estación de monitoreo considerada (Rapel en Navidad), para efectos del análisis de la figura.

La forma en la cual se presentan los parámetros en la Figura 5.1, tiene por objeto simular la conjunción de los ríos Cachapoal – Tinguiririca, su desembocadura primero en el Embalse Rapel y luego en la estación Rapel en Navidad.

El eje de las abscisas contiene las estaciones de monitoreo consideradas en el cauce principal y corresponden en el caso del río Cachapoal a: Cachapoal en Bocatoma Chacales (1), Cachapoal en Canales Ribera Sur (2), Cachapoal en Puente Cónico (3),

Rapel

114.

Cachapoal en Puente Arqueado (4) y Rapel en Navidad (5). Para el río Tinguiririca corresponden a: Tinguiririca en Los Briones (2), Tinguiririca en Panamericana (3), Tinguiririca en Los Olmos (4) y Rapel en Navidad (5).

Para cada parámetro se indica si la información presentada corresponde al Percentil 66% o al valor medio si se cuenta con un número reducido de registros.

En el caso de los parámetros: Mn, Mo, Zn, Al y As, no se grafica su valor en la estación Tinguiririca en Panamericana, por no disponer de registros en dicha estación.

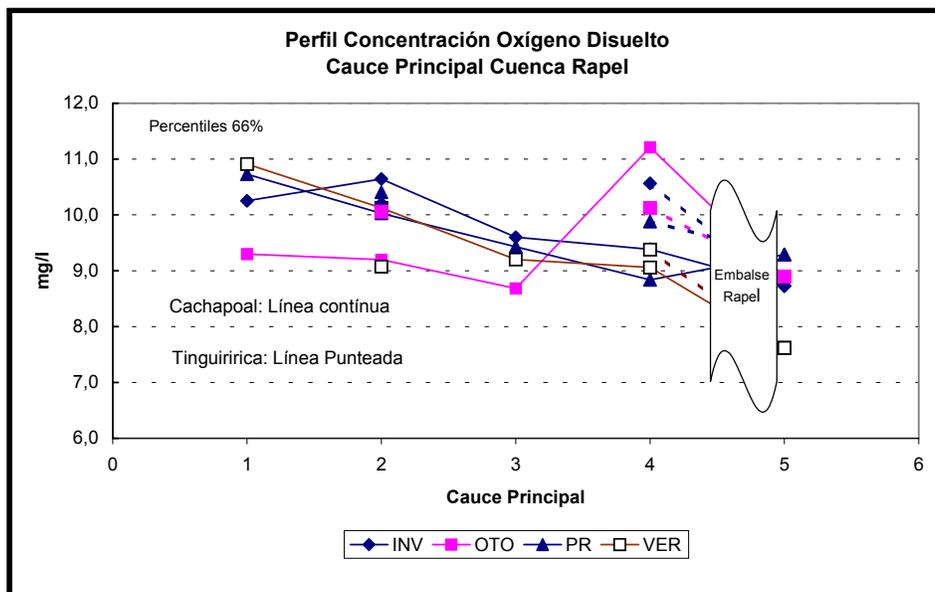
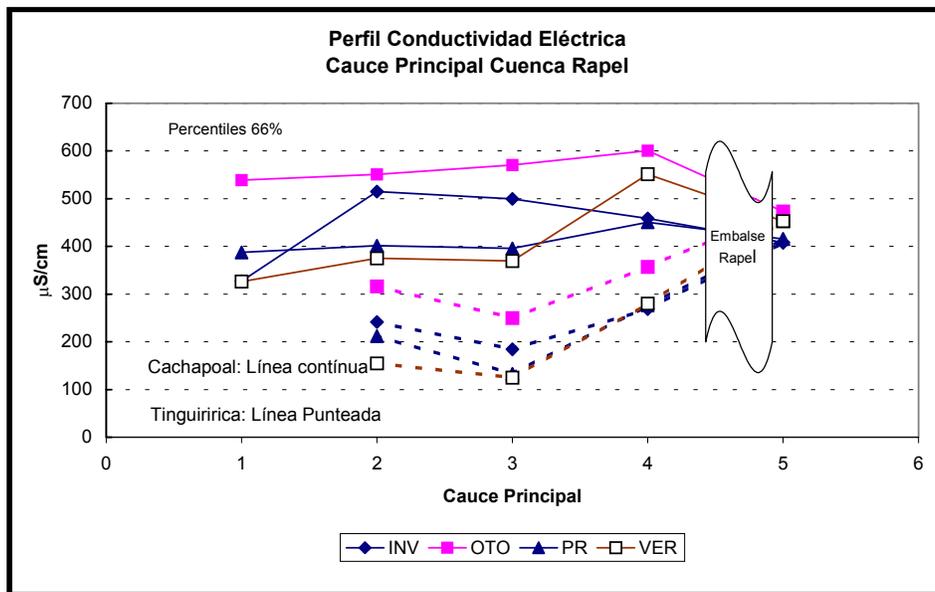
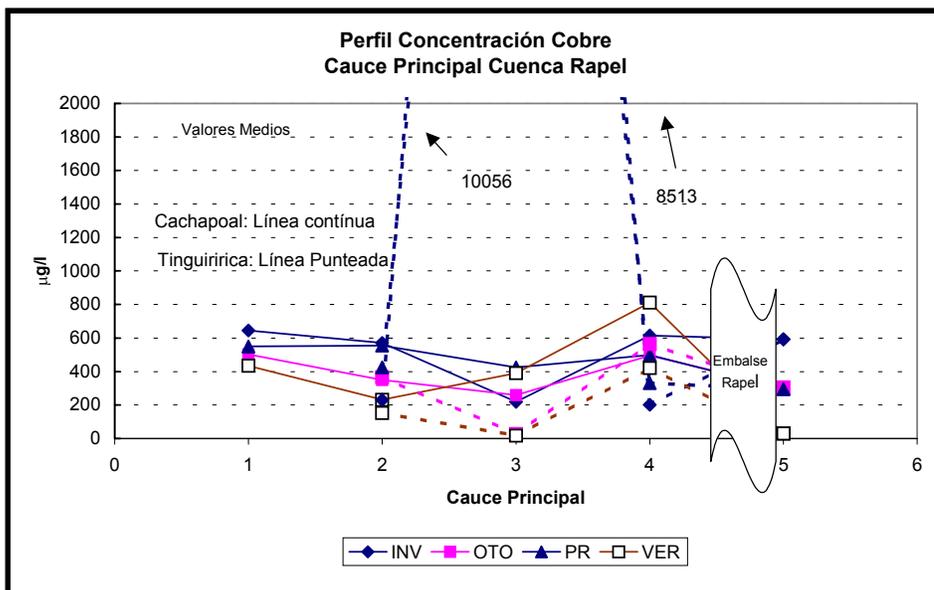
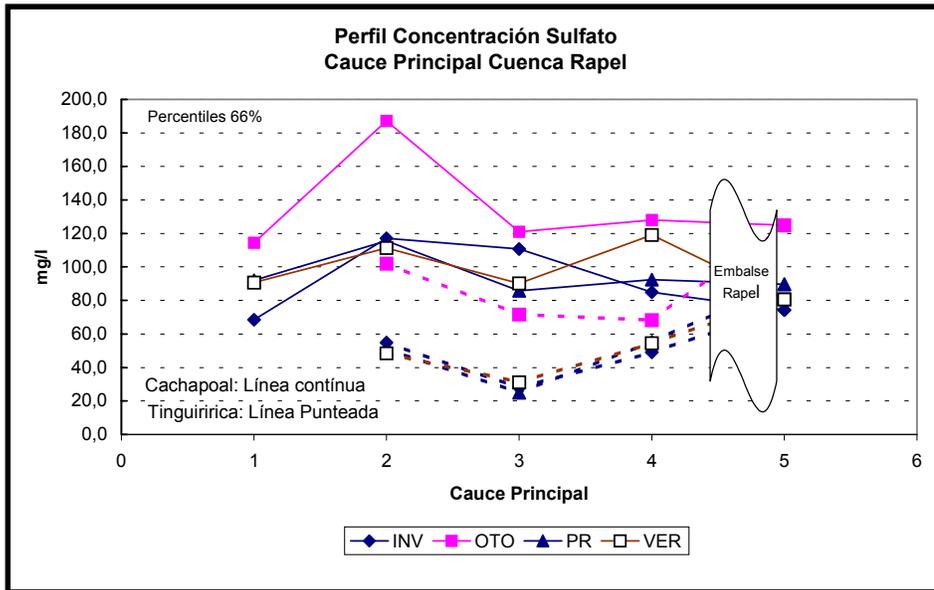
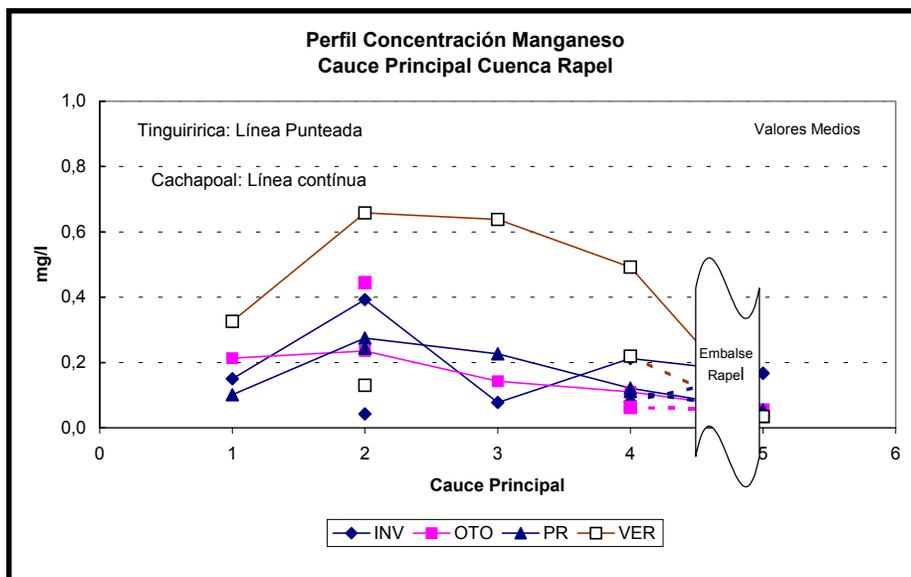
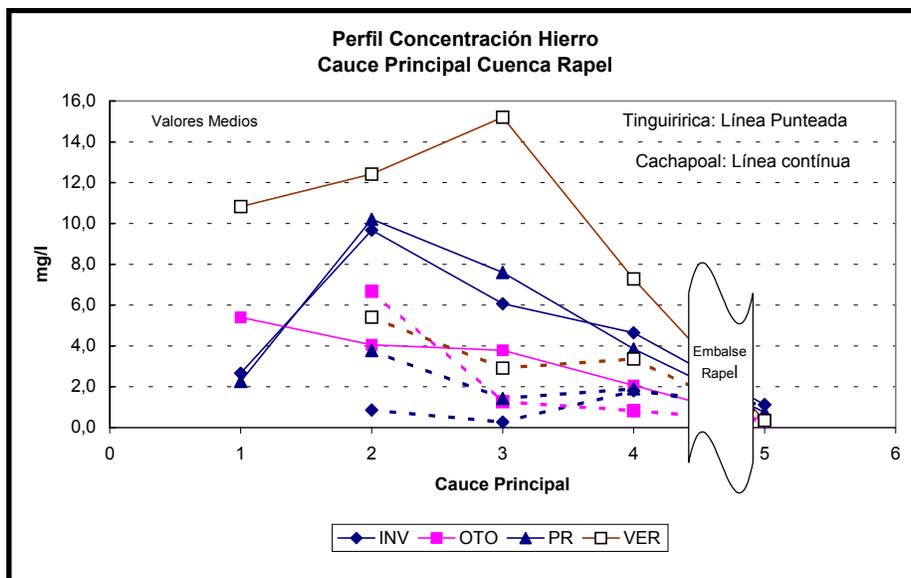


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Rapel. Información DGA



**Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Rapel
Información DGA**



**Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Rapel
Información DGA**

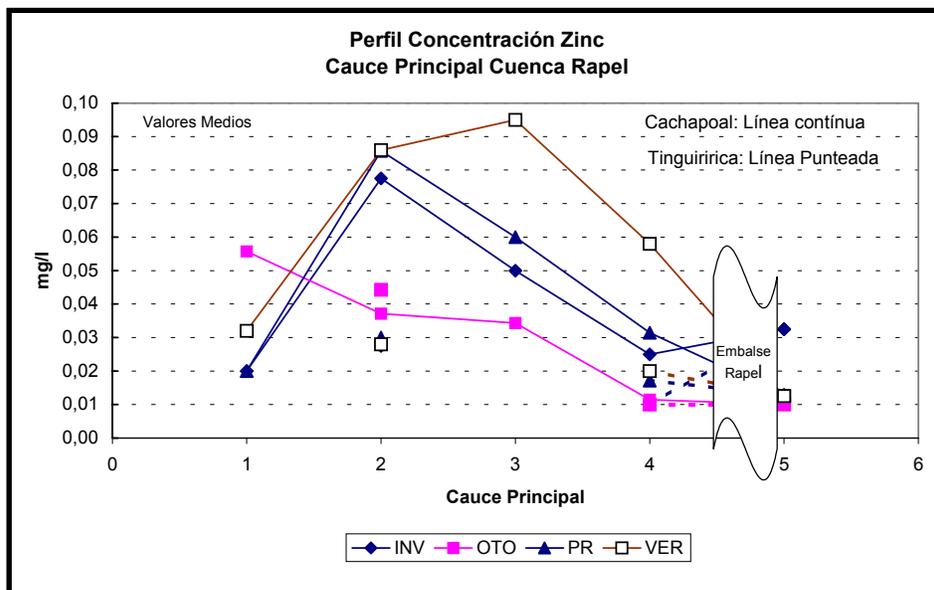
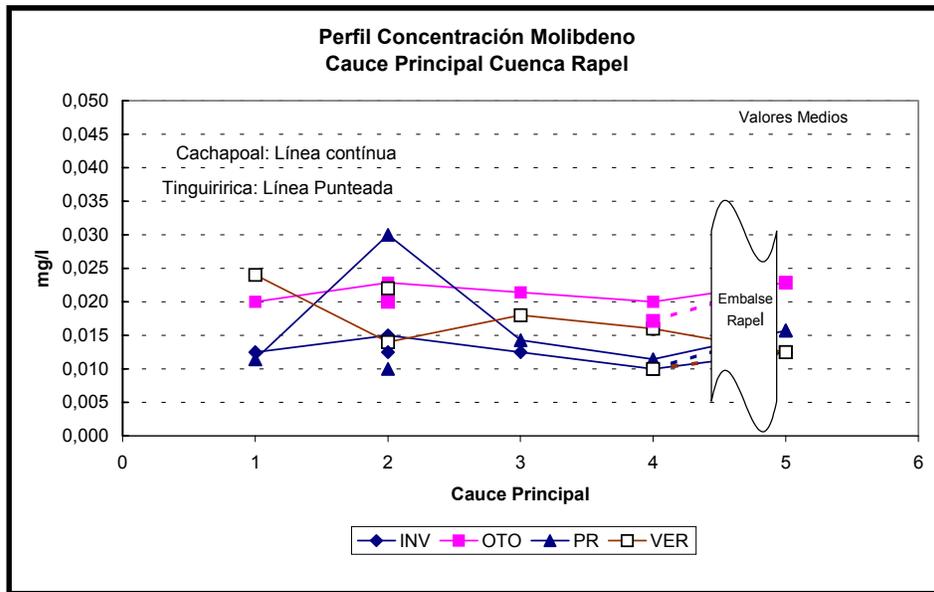
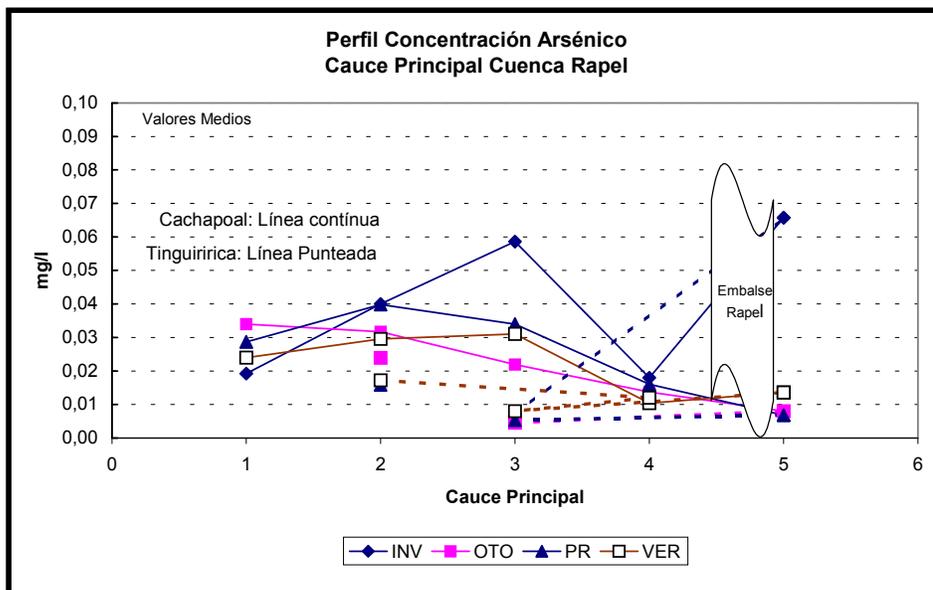
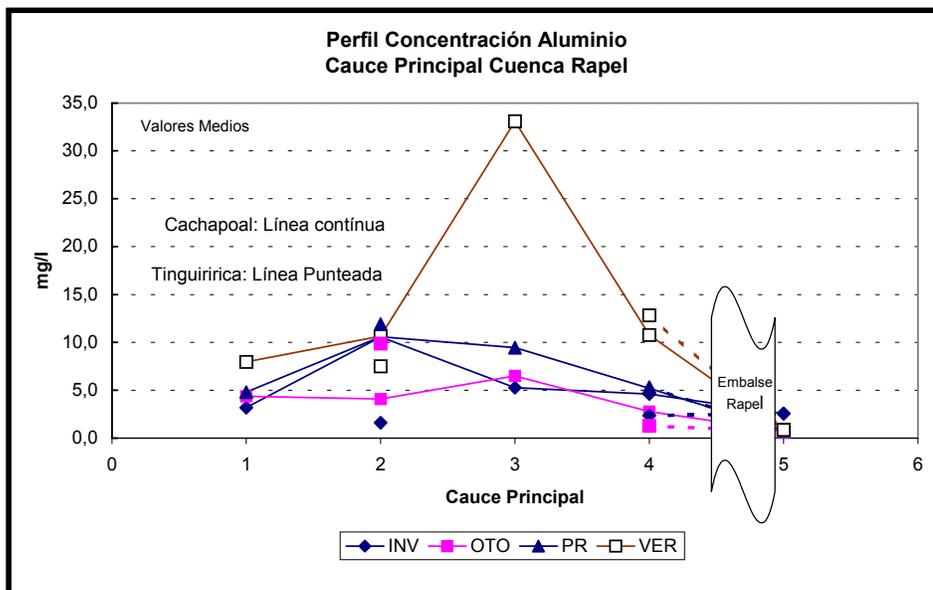


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Rapel
Información DGA



**Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Rapel
Información DGA**

De las figuras 5.1 se pueden señalar lo siguiente:

- CE: Las gráficas de los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos entre los ríos Tinguiririca y Cachapoal se encuentran notoriamente en este último, asignados todos los valores a clase 0 .

En el río Cachapoal la envolvente superior se presenta en otoño. La envolvente inferior se muestra en verano en la parte alta y media de la cuenca del Cachapoal para cambiar en la parte baja de dicha cuenca al período de primavera.

En el río Tinguiririca la envolvente superior se observa en otoño. La envolvente inferior se observa en verano, con todos los valores en clase 0.

- OD: Desde los perfiles longitudinales se puede señalar que la envolvente inferior con valores más desfavorables entre los ríos Cachapoal y Tinguiririca se encuentran en la cuenca del Cachapoal.

En el río Cachapoal la envolvente inferior se presenta en la parte alta y media de la cuenca en el período de otoño, en la parte baja cambia a primavera.

- SO_4^{-2} : Las gráficas de los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos entre los ríos Tinguiririca y Cachapoal se encuentran notoriamente en este último, asignados en clase 2.

Los perfiles longitudinales del sulfato en el río Cachapoal muestran que la envolvente superior, se presenta en otoño para el río con valores, en la parte alta, en clase 0 y clase 2 (estación Ribera Sur) y clase 1 en la parte media y baja. El perfil tiende a disminuir desde Los Briones a Panamericana y luego vuelve aumentar hacia Los Olmos. El perfil de concentración aumenta levemente desde la cabecera del río hasta la desembocadura.

En los perfiles longitudinales del sulfato en el río Tinguiririca se observa que la envolvente superior, valores más altos, se observa en otoño, con valores asignados a clase 0. La envolvente inferior se observa en verano-primavera-invierno, en clase 0. El perfil tiende a disminuir desde la estación

Los Briones a la estación Panamericana para tender aumentar hacia la estación Los Olmos.

- Cu: Las gráficas de los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos entre los ríos Tinguiririca y Cachapoal se encuentran notoriamente en el Tinguiririca.

Los perfiles longitudinales del cobre en el río Cachapoal muestra que la envolvente superior, se presenta en invierno en las estaciones Chacayes, Ribera Sur y puente Arqueado.

En el río Tinguiririca, de las gráficas de los perfiles longitudinales del cobre, se observa que los valores más desfavorables en clase 4 se presentan en invierno-primavera, en las estaciones Los Briones y Panamericana respectivamente.

- Fe: Las gráficas de los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más desfavorables entre los ríos Tinguiririca y Cachapoal se encuentran notoriamente en el río Cachapoal, asignados en clase 4 en el período de verano.

Los perfiles longitudinales del hierro en el río Cachapoal muestran que la envolvente superior, se presenta en verano con todos los valores en clase 4, aumentando a lo largo del río hasta la estación Puente Coinco y disminuir hacia Puente Arqueado. La envolvente inferior se observa en primavera-otoño con valores en clase 2.

En el río Tinguiririca los perfiles longitudinales del hierro disminuyen desde la estación Los Briones a Panamericana para aumentar hacia la estación Los Olmos. La envolvente superior se encuentra en clase 4 y 2 en los períodos de otoño –verano, la envolvente inferior se muestra en invierno y otoño con todos los valores en clase 0, con un perfil que tiende a disminuir desde la estación Los Briones hacia Panamericana y aumentar en la estación Los Olmos.

- Mn: En el río Cachapoal de los perfiles longitudinales del manganeso se observa que la envolvente superior, se presenta en verano aumentando desde la estación Chacayanes a la Coinco y luego disminuir hacia puente

Arqueado en clase 4, la envolvente inferior se muestra en primavera y otoño, disminuyendo aguas abajo de la estación ribera sur en clase 2.

- Mo: En el río Cachapoal de los perfiles longitudinales del molibdeno se observa que la envolvente superior, se presenta en verano-primavera-otoño con un punto de aumento en la estación Ribera Sur en clase 2, la envolvente inferior se observa en todos los períodos estacionales a lo largo del río en clase 1.
- Zn: En el río Cachapoal de los perfiles longitudinales del zinc se observa que la envolvente superior, se presenta en otoño, en la parte alta del río y en verano desde la estación Ribera Sur aumentando desde la estación Chacayanes hasta puente Coinco y luego disminuir hacia puente Arqueado en clase 0, la envolvente inferior se muestra en primavera y otoño, disminuyendo aguas abajo de la estación ribera sur, en clase 0.
- Al: Los perfiles longitudinales del aluminio en el río Cachapoal muestran que en la envolvente superior, valores más desfavorables desde el punto de vista de calidad, se presentan a lo largo de todo el río en clase 4. Tendiendo a aumentar desde Chacayes a Coinco, con un notable aumento en esta última, hacia Puente Arqueado tiende a disminuir en los períodos de verano y primavera. La envolvente inferior se muestra en invierno, en la parte alta y en otoño en la parte media y baja del río con los valores en clase 2.
- As: Los perfiles longitudinales del arsénico en el río Cachapoal muestran que en la envolvente superior, valores más desfavorables desde el punto de vista de calidad, se presenta a lo largo de todo el río en clase 0 en los períodos de otoño, primavera e invierno. Tendiendo a aumentar desde Chacayes a Coinco, con un notable aumento en esta última, tendiendo a disminuir hacia Puente Arqueado. La envolvente inferior se muestra en invierno y verano, en la parte alta de la cuenca y en otoño en la parte media y baja con los valores en clase 0.

En el caso de la información proveniente del Estudio de Arcadis Geotécnica, se presenta en la Figura 5.2 el perfil longitudinal en el río Cachapoal de los parámetros que exceden la clase 0 y de los que no se disponía de información proveniente de la DGA, en este caso: sólidos disueltos, sólidos suspendidos, DBO₅, aceites y grasas, coliformes fecales y coliformes totales.

Los puntos de muestreo en este estudio fueron los siguientes: Río Cachapoal aguas arriba unión Estero Coya (T2), Río Cachapoal aguas abajo estero Coya (P1), Río Cachapoal en Puente termas de Cauquenes (P2), Puntilla de Loros (P3), Planta de extracción de áridos Megáridos (P4), Planta de extracción de áridos Pétreos (P5), Siete canales en Gultro (P6), Río Cachapoal en Ruta 5 (P7), Planta de Chancado de Aridos (P8), Río Cachapoal aguas arriba unión con el Estero La Cadena (P9), Río Cachapoal aguas abajo unión Estero La Cadena (P11), Río Cachapoal aguas arriba de la descarga de Super Pollo (P12), Río Cachapoal aguas abajo de la descarga de Super Pollo (P13), Puente Coinco (P14), Sector Loreto de Coltauco (P15), Puntilla de Millahue (16), Punta del Viento (P17), Monte Lorenzo Arriba (P18), Río Cachapoal aguas abajo unión Estero Idahue (P20), Monte Lorenzo abajo (P21), Río Cachapoal aguas arriba Puente Peumo (P23), Río Cachapoal aguas abajo Puente Peumo (P24), Aeródromo Peumo (P25), Sofruco (P28), Río Cachapoal en Puente Codao (P29), Sofruco en sector La Esperanza (P30), Patagua Orilla (P31), Puente Arqueado (P32), Cristo El Carmen en Llallauquén (P33).

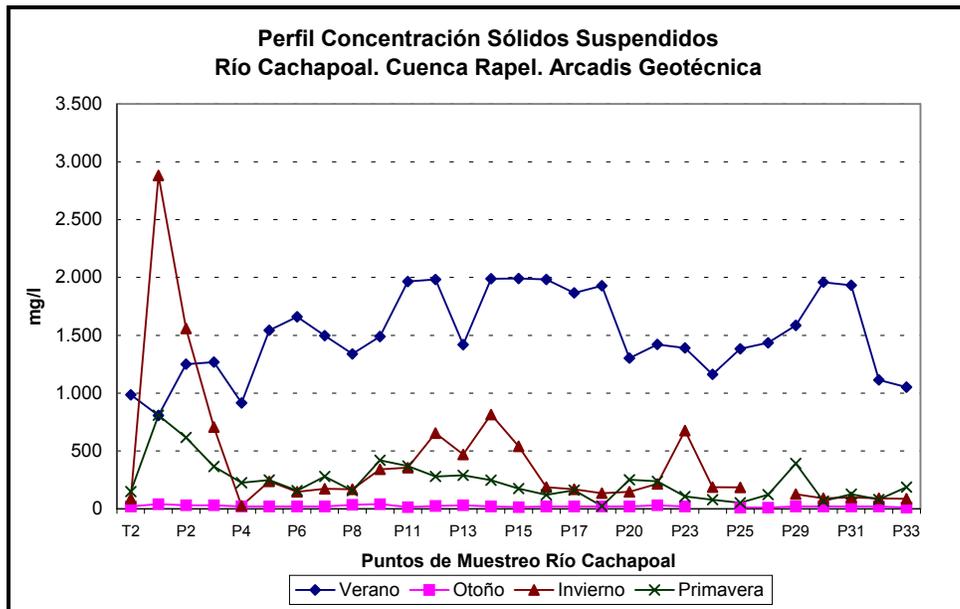
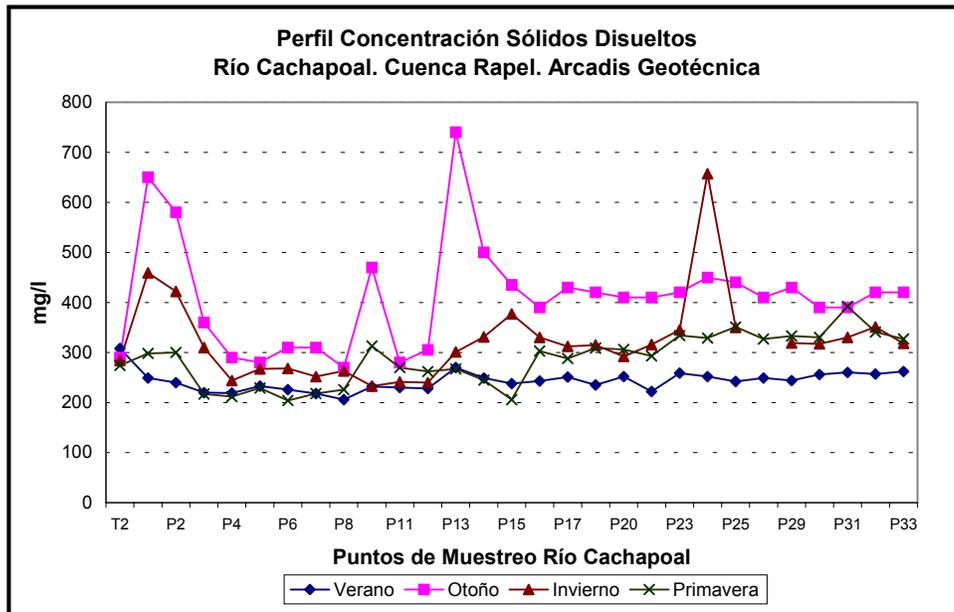


Figura 5.2: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Cachapoal
Información Arcadis Geotécnica

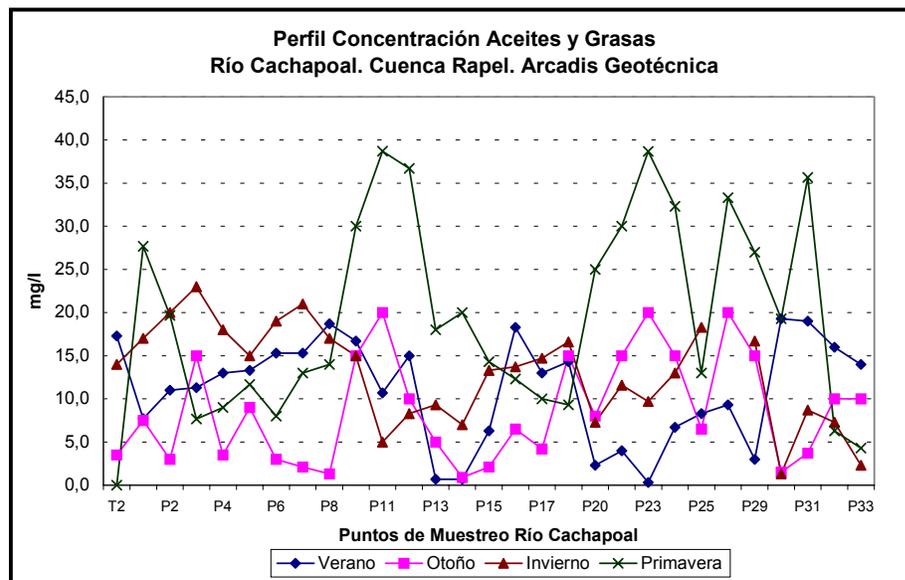
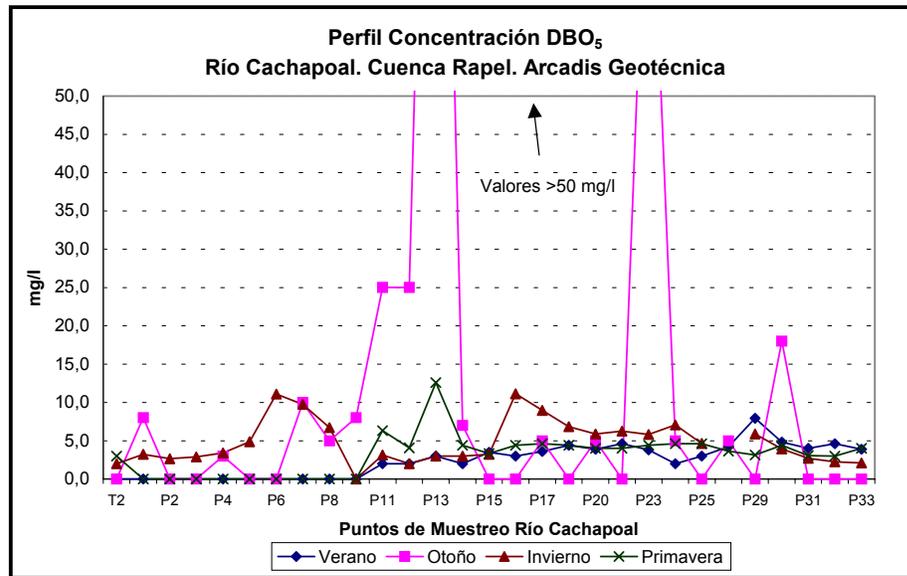


Figura 5.2: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Cachapoal
Información Arcadis Geotécnica

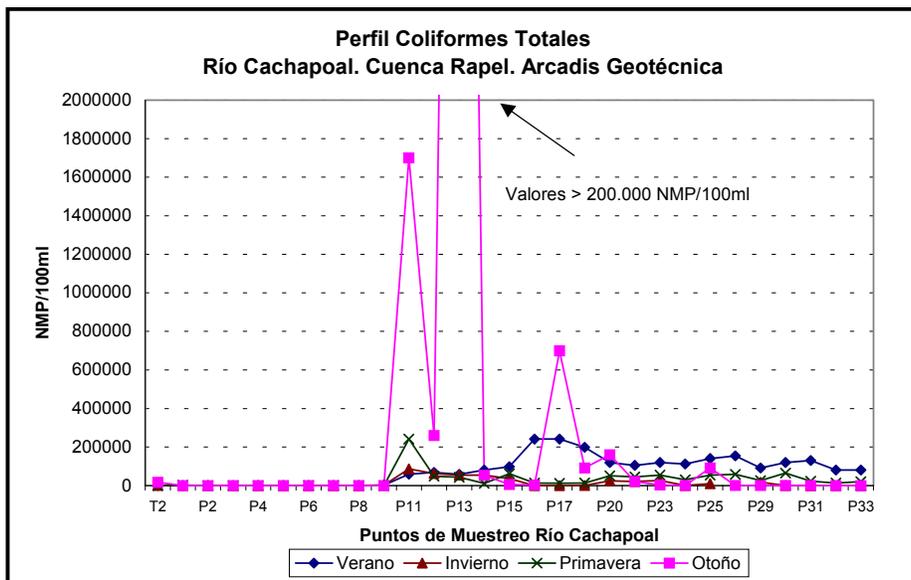
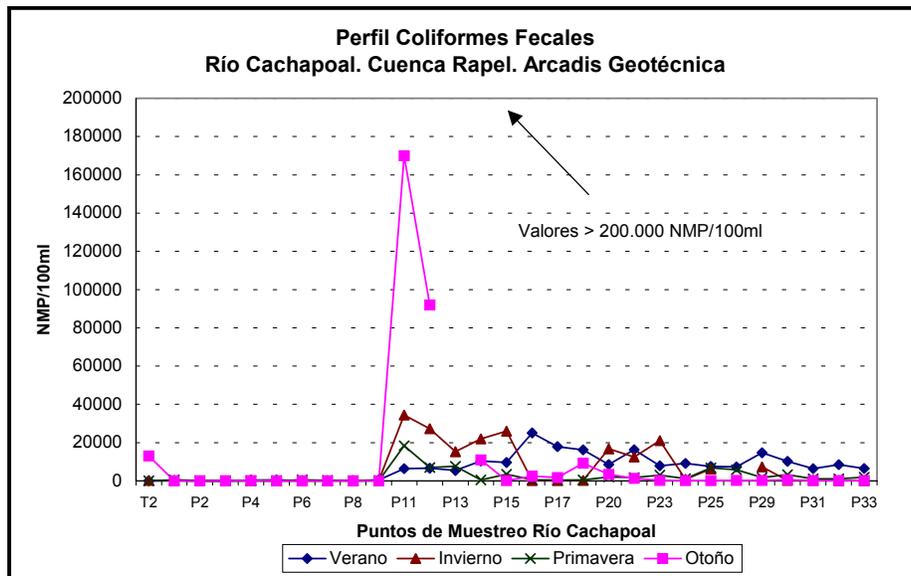


Figura 5.2: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Cachapoal
Información Arcadis Geotécnica

De las figuras 5.2 se puede decir lo siguiente:

- **Sólidos Disueltos:** Esta gráfica permite observar claramente que los mayores niveles de concentración se encuentran en la época de otoño (Clase 2). En general a lo largo del río el perfil es levemente ascendente y con prácticamente todos los valores en clase 0. La excepción se observa en otoño, cuya curva se encuentra por sobre el resto y con valores que van de la clase 1 a la clase 2.
- **Sólidos Suspendidos:** La envolvente superior se presenta en verano a lo largo del río (Clase 4) y difiere bastante en cuanto a los valores observados, respecto de las otras estaciones climáticas. La curva más plana y con valores inferiores se presenta en la estación de otoño.
- **DBO₅:** La curva de este parámetro en otoño, presenta algunos puntos por sobre los 50 mg/L (Clase 4) en la zona media de la gráfica. El perfil que se observa a lo largo del río, es en general levemente ascendente, salvo algunas excepciones.
- **Aceites y Grasas:** Se observan curvas bastantes irregulares y oscilantes, encontrándose la envolvente superior en primavera con valores clasificados en Clase 4.
- **Coliformes Fecales:** Las gráficas son en general bastante planas a excepción de la zona media de las curvas donde se observan los mayores valores (por sobre los 200.000 NMP/100mL), esto último es mucho mas evidente en la curva de otoño.
- **Coliformes Totales:** El comportamiento de este parámetro es bastante similar al observado en el caso de los coliformes fecales, encontrándose la envolvente superior en otoño.

En el caso de la información proveniente del monitoreo de ESSEL en el río Cachapoal, se presenta en la Figura 5.3 el perfil de los parámetros que exceden la Clase 0 y que no forman parte de los registros de la DGA, siendo estos: DBO₅, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y coliformes fecales.

Los puntos de muestreo en este estudio fueron los siguientes: río Cachapoal aguas arriba estero Coya, río Cachapoal en aducción canal Nuevo Cachapoal, río Cachapoal en bocatoma Ribera Sur, río Cachapoal en bocatoma canal San Pedro, río Cachapoal aguas arriba estero La Cadena, río Cachapoal aguas arriba descarga Agrosuper Doñihue, río Cachapoal en Puente Coinco, río Cachapoal en Puntilla Millahue, río Cachapoal en Puente Peumo, río Cachapoal en Puente Las Cabras.

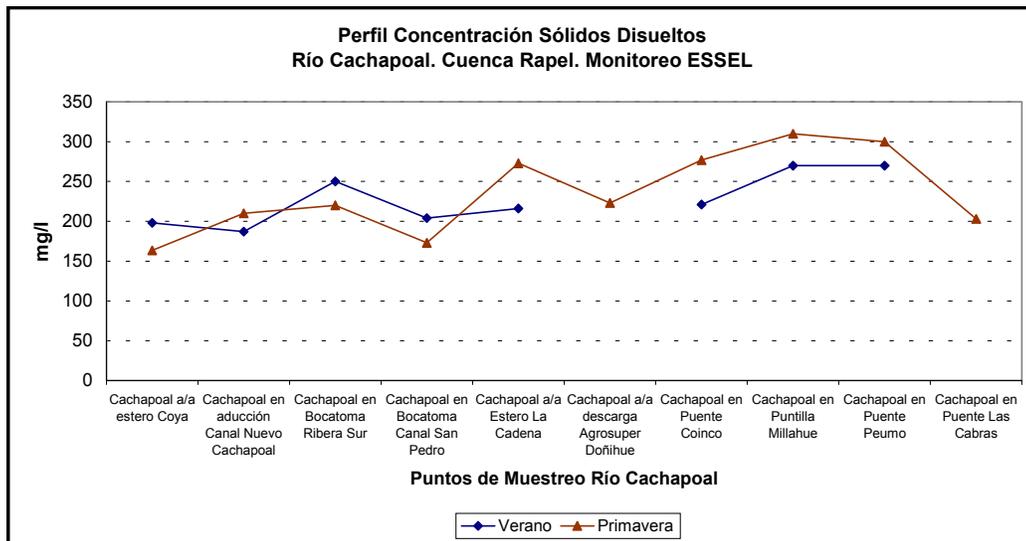
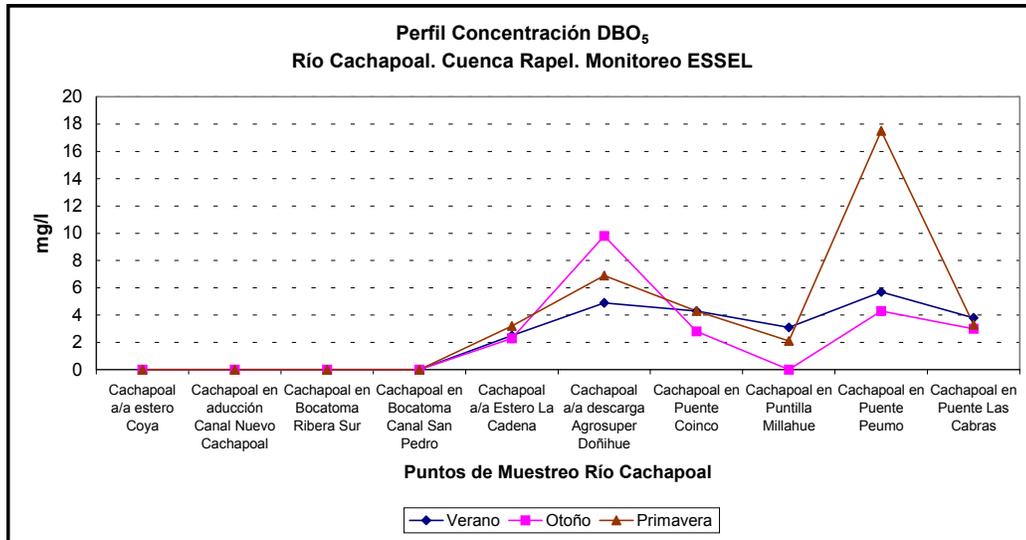
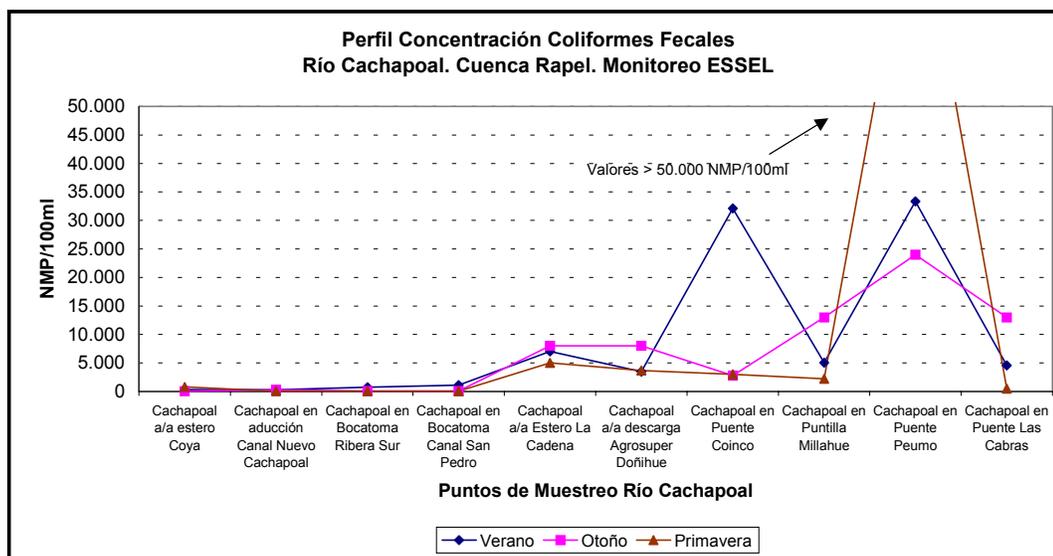
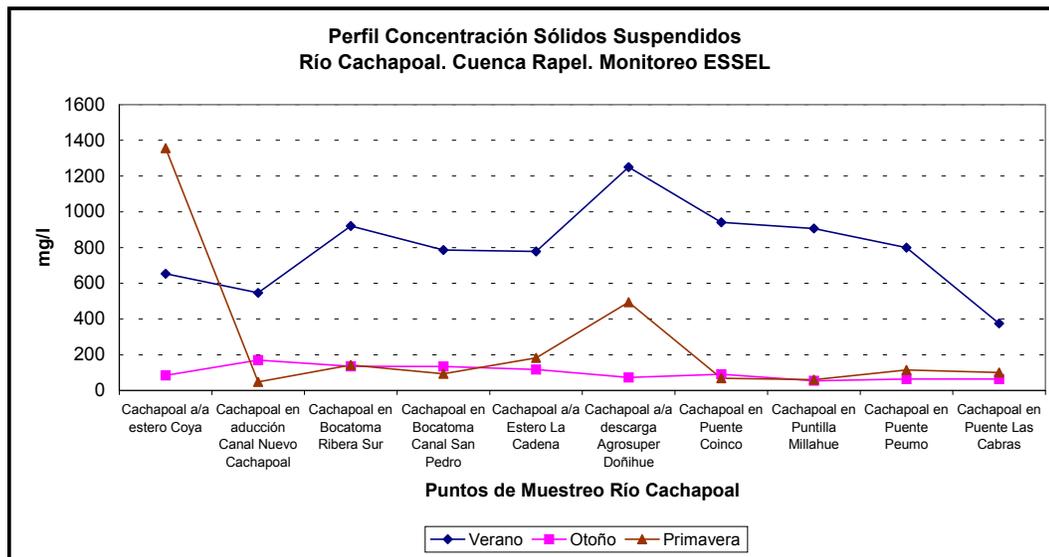


Figura 5.3: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Cachapoal
Información Monitoreo ESSEL



**Figura 5.3: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Cachapoal
Información Monitoreo ESSEL**

De las figuras 5.3 se puede decir lo siguiente:

DBO₅: Las gráficas de los perfiles longitudinales permiten observar una tendencia levemente ascendente a lo largo del río Cachapoal, alcanzando la Clase 2 como máximo.

- Sólidos Disueltos: Perfil levemente ascendente pero bastante acotado entre 150 y 300 mg/L, con valores por lo tanto en Clase 0.
- Sólidos Suspendidos: La envolvente superior se presenta en verano, a excepción de un punto en el río Cachapoal aguas arriba del estero Coya en primavera. Este parámetro a lo largo del río prácticamente siempre se encuentra clasificado en clase 4.
- Coliformes Fecales: Perfil longitudinal ascendente, con valores claramente en Clase 4 desde aproximadamente el punto en río Cachapoal aguas arriba del estero La Cadena.

5.2 Análisis de los Parámetros de Calidad a Nivel de Cuenca

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual del río Rapel presentada por grupos de parámetros y por parámetro según el *Instructivo*. Este análisis está basado en la información presentada en el punto 4.2.4.

Tabla 5.1: Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO RAPEL
Parámetros físico-Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO₅, Color Aparente, OD, pH, RAS, SD, SST.
<p><u>CE</u>: En el río Cachapoal, Tinguiririca, Rapel y los esteros La Cadena, Zamorano, Chimbarongo y el embalse Rapel en el muro no presenta variación temporal. Tampoco se observa una variación espacial para el río Tinguiririca y esteros La Cadena, Zamorano y Chimbarongo. Todos los valores en clase 0.</p> <p>En el estero Coya se observa una variación temporal los valores en clase 2 en los períodos de otoño- verano, clase 1 en invierno. En río Claro todos los valores son clasificados en clase 0, excepto en la estación Puente Zúñiga en el período de otoño. El estero Alhue presenta una variación espacial y temporal pasando de clase 0 a clase 4 o 3 notorio efecto del estero Carén. Este tiene todos sus valores en clase 4.</p> <p>█</p> <p><u>DBO₅</u> : En la cuenca del río Cachapoal se observa una variación espacial y temporal desde Clase 0 a clase 4, asociado a descargas orgánicas de origen trópico. En el estero Coya se observa la mayor variación de la cuenca desde clase 0 a clase 4 en períodos de primavera, verano, otoño e invierno respectivamente. En Estero la Cadena se observan valores en clase 3 y 4 en verano-invierno y otoño-primavera. En el río Cachapoal en la parte alta es clase 0, hasta la descarga del emisario del Super Pollo que se observa valores asignados a clase 1. Para recuperarse en puente Coinco con valores en clase 0. En la parte baja del río estación puente Codao en clase 2 en verano e invierno y en puente Arqueado en clase 1 sin variación temporal. En el río Claro los valores varían temporalmente de clase 0 a clase 2, en invierno se observan los valores más altos. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 está clasificado en clase 0 en el estero Coya y estero Alhué, en clase 1 en los ríos Cachapoal estación Puente Arqueado, Tinguirica, Rapel y estero Zamorano, clase 2 en el río Cachapoal en Coinco y clase 3 en estero La Cadena.</p> <p>█</p> <p><u>Color Aparente</u>: El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal, Tinguiririca, Rapel y los esteros La Cadena, Zamorano, Alhué y Coya.</p> <p><u>OD</u>: El río Cachapoal presenta una escasa variación en los períodos de verano e invierno de clase 0 a clase 2 en ambos períodos en la estación puente Termas de Cauquenes, notorio efecto de la afluencia del estero Coya al río Cachapoal. No se observa otra variación temporal ni espacial, con todos sus valores en clase 0. En el río Tinguiririca no se observa variación espacial ni temporal con todos los valores en clase 0. En estero La Cadena es donde se observan los valores más altos en la cuenca asignados a clase 4, sin variación espacial ni temporal, efecto que se debe a las descargas de aguas servidas en los emisarios de ESSSEL de Machali, Graneros, emisario CORFO. Todos los demás cauces de la cuenca presentan valores en clase 0.</p> <p>█</p> <p><u>pH</u>: A nivel de cuenca la única variación que se observa es en el estero Coya que presenta clase 4 en los períodos de verano, otoño e invierno. En los demás cauces de la cuenca del Rapel no se observa variación espacial ni temporal, con todos los valores en clase 0.</p> <p><u>RAS</u>: Todos los registros en clase 0.</p>

Tabla 5.1 (Continuación): Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO RAPEL
<p><u>SD</u>: En el estero Coya se observa la mayor variación de la cuenca desde clase 1 a clase 2 en períodos de primavera, verano, invierno y otoño respectivamente. A lo largo de todo el río Cachapoal no se observa variación espacial en los períodos de primavera y verano, si varía en los períodos de otoño e invierno desde clase 2 a clase 0. Antes de la confluencia del estero Coya es clase 0 sin variación temporal y espacial, sin embargo cambia inmediatamente después del estero Coya con variaciones temporales de clase 2 a 1 en períodos de otoño a invierno. Aguas abajo de Peumo los valores están en clase 1 hasta puente Codao para recuperarse en la estación de puente Arqueado a clase 0. En el río Claro los valores varían temporalmente de clase 0 a clase 1 en otoño. Estero La cadena, en clase 0 durante todo el año. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal, Tinguirica y Rapel y en los esteros La Cadena y Zamorano. En clase 2 en el estero Coya y clase 4 en el estero Alhué.</p> <p><u>SST</u>: La variación temporal en la cuenca se produce presentando sus valores más altos, en clase 4, en los períodos de verano, invierno y primavera. En otoño los valores disminuyen desde clase 0 a clase 2.</p> <p>En verano toda la cuenca presenta clase 4 excepto El Estero Zamorano en clase 3, igual se presenta en invierno con excepción de río Claro, en clase 3. En otoño se observan los valores más bajos. Estero La cadena, en clase 4 excepto en otoño clase 1. En el río Claro los valores varían temporalmente de clase 0 a clase 4, en primavera y verano se observan los valores más altos. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en el río Rapel y estero Alhué, en clase 1 en el río Tinguirica, en clase 2 en el río Cachapoal en Coinco y estero Zamorano, en clase 3 en el río Cachapoal en Puente Arqueado y clase 4 en el estero Coya y estero La Cadena.</p>
<p>Inorgánicos (IN) : NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p> <p><u>NH_4^+</u>: El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal en Puente Arqueado, Tinguirica, Rapel y esteros Zamorano y Alhué, en clase 1 en el río Cachapoal en Cónico, clase 2 en el estero La Cadena y estero Coya en clase 0.</p> <p><u>CN^-</u>: El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal en Coinco, Tinguirica, Rapel, y esteros La Cadena, Zamorano y Alhué y en clase 3 en el río Cachapoal en el Puente Arqueado y el estero Coya en clase 0.</p> <p><u>Cl^-</u>: El cloruro no tienen variación espacial ni temporal en toda la cuenca, todos los valores están siempre en clase 0.</p> <p><u>F^-</u>: En el río Cachapoal y estero, Coya, no se observa una variación espacial ni temporal, todos los valores asignados a clase 0. En río Claro y esteros Zamorano y La Cadena, no se observa variación temporal con valores asignados a clase 0. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal, Tinguirica, Rapel y los esteros La Cadena, Zamorano, Alhué y Coya.</p> <p><u>NO_2^-</u>: En el río Cachapoal y estero Coya, no se observa una variación espacial ni temporal, todos los valores asignados a clase 0. En río Claro y esteros Zamorano y La Cadena, no se observa variación temporal con valores asignados a clase 0. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal en Puente Arqueado, Tinguirica, Rapel y esteros Alhué y Coya, y en clase 2 en el río Cachapoal en Coinco y los esteros La Cadena y Zamorano.</p> <p><u>SO_4^{2-}</u>: El río Cachapoal en el período de verano no presenta variación espacial, todos sus valores están en clase 0. En primavera la única variación espacial que presenta es en la estación Bocatoma en Ribera Sur en clase 2, los demás valores están en clase 0 y en invierno la variación es en Puente Termas de Cauquenes con valores asignados a clase 1. En otoño es</p>

Tabla 5.1 (Continuación): Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO RAPEL
<p>el período donde se observan los valores más altos variando espacialmente desde clase 0 a clase 2, en la parte alta clase 0, en la parte media clase 2 (entre estaciones Cauquenes –bocatoma Ribera Sur) y en la parte baja del río disminuye a clase 1. Los ríos Tinguiririca, río Rapel y estero Chimbarongo no presenta variación espacial ni temporal con valores asignados a clase 0. En los esteros Zamorano y La Cadena no se observa variación temporal, en clase 0.</p> <p><u>S²-</u>: En los ríos Cachapoal, Claro y esteros Zamorano, La Cadena y Coya, no se observa una variación espacial, en otoño todos los valores asignados a clase 4. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal, Tinguiririca, Rapel y Coya y los esteros La Cadena, Zamorano, Alhué y Coya.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, Detergentes (SAAM), fenol, HCAP, HC, tetracloroetano, tolueno</p>
<p><u>Aceites y grasas</u>: En el río Cachapoal se observa variación espacial y temporal. En verano se observan los valores más altos, en clase 4 en la parte alta y estación puente Arqueado, desde la zona media del río, desde puente Coinco hasta puente Codao, en clase 0. En el río Claro y estero Coya, no se observan variaciones estacionales ni temporales con todos los valores en clase 4. En estero Zamorano se observan valores de clase 4 excepto en otoño en clase 0.</p> <p><u>Detergentes (SAAM)</u>: No se observan variaciones espaciales ni temporales en los ríos Cachapoal, Claro, Coya. En el estero Zamorano no se observan variaciones temporales, todos los valores en clase 0.</p> <p><u>Hidrocarburos</u>: El estero Coya, en clase 4. Río Claro y estero La Cadena, en clase 3. Estero Zamorano clase 2. En el río Cachapoal se presentan variaciones espaciales, entre clase 3 y 4.</p>
<p>Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demetón, DDT, diclofop-metil, dieldrín, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, simazina, trifluralina.</p>
<p><u>Aldicarb, atrazina, captán, carbofurano, clorotalonil, Cyanazina, demetón, diclofop-metil, dimetoato, lindano, paratión, pentaclorofenol, simazina, trifluralina</u>: El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en los ríos Cachapoal en Puente Arqueado y Rapel, y en el estero La Cadena.</p> <p><u>Ácido 2,4-D, aldrín clordano, DDT, dieldrín, heptaclor</u> : Sin información</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr total, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p>
<p><u>Cu</u>: Para el cobre en el río Cachapoal no se observa una variación temporal, si varia a lo largo del río, con valores clase 3 y 2. En la parte alta y baja, estaciones Bocatoma Chacayes y puente Arqueado, se observan los valores más altos alrededor de los 800 µg/L, clase 3. En el río Tinguiririca se observa una variación espacial y temporal en invierno y primavera, la variación temporal solo se observa en la estación Panamericana, con valores asignados en clase 2 (aprox. 20 µg/L) y clase 4 (10.000 µg/L. En el río Rapel se observa una variación estacional con los valores en clase 2 y 3, los valores más altos se encuentran en los períodos de otoño-invierno y verano. El estero Coya no presenta variaciones temporales con todos sus valores en clase 2. Estero La Cadena, para los períodos de verano, otoño y primavera se observa variación temporal y espacial, aumentando a lo largo del cauce de clase 2 a clase 3. En invierno solo se observan valores en clase 2. Río Claro presenta variación espacial y temporal con los valores más altos en invierno y primavera en clase 4. Estero Zamorano clase 4 y 3 en verano e invierno. Estero Alhue presenta variación espacial aumentando desde antes de la confluencia del estero Caren hasta la estación Quilamuta desde clase 2 a clase 3. Estero Chimbarongo solo presenta variación espacial disminuyendo de clase 3 a clase 2 desde puente Huemul a Panamericana. El estero Carén no presenta variación temporal, todos sus valores en clase 3.</p>

Tabla 5.1 (Continuación): Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO RAPEL
<p><u>Fe</u>: A nivel de cuenca se puede observar que en su mayoría los valores más altos se presentan en el período de verano variando desde la clase 0 a la clase 4. En el río Cachapoal no se observa variación espacial en el período de verano, todos los valores en clase 4. Para los períodos de otoño, invierno y primavera se observa variación espacial y temporal con valores que van desde clase 0 a clase 4. En el río Tinguiririca no se observa variación a lo largo del río en otoño y primavera, si en los períodos de verano e invierno observándose los valores más altos en verano, variando desde clase 4 en la estación Bajo Briones a la clase 2 en la estación Panamericana. En los esteros Alhué y Carén no se observa variación espacial ni temporal, en clase 0. En todos los períodos estacionales los valores son bajos, clasificados en clase 0. En el estero Chimbarongo, los valores varían en el tiempo y en el espacio, observándose los valores más altos en primavera.</p> <p><u>Mn</u>: La parte alta de la cuenca del río Rapel se observan concentraciones más altas asignables a clases 4,3 y 2 sin embargo las estaciones de monitoreo de la parte baja del río presentan valores clasificadas en clase 2 y 0. Esta situación es constante a lo largo del año, podría ser atribuible a efectos naturales de origen geológicos. En el río Cachapoal no se observa variación espacial en el período de verano, todos los valores en clase 4. Para los períodos de otoño, invierno y primavera se observa variación espacial y temporal con valores que van desde clase 2 a clase 3. El río Tinguiririca presenta la particularidad que a lo largo del río aumentan las concentraciones en verano e invierno a clase 4 y clase 2 respectivamente, y en otoño y primavera disminuyen aguas abajo a clase 2. La variación a lo largo del año es notoria en los períodos de verano y otoño, que se observan valores en clase 4. Río Rapel, se observan las concentraciones más altas en invierno y primavera, en clase 2. Río Claro, presenta un aumento de la concentración a lo largo del río. Se observan los mayores valores en verano desde clase 0 a clase 4. Estero Zamorano, valores asignados en clase 2. Estero Alhue presenta una variación espacial y a lo largo del año, observándose los valores más altos de concentración en verano desde clase 1 a clase 4. En el estero Chimbarongo, los valores varían en el tiempo y en el espacio, excepto en verano. Se observan los valores más altos en primavera, en clase 2 y los más bajos en verano, clase 0. En estero Coya, todos los valores en clase 4.</p> <p><u>Mo</u>: A nivel de cuenca se observa que las concentraciones varían entre clase 2 y 1. En los esteros Alhué y Carén se observan concentraciones más altas asignadas a clase 3 y 4 respectivamente.</p> <p>En el río Cachapoal no se observa variación espacial en el período de otoño, todos los valores en clase 2. Para los períodos de verano, invierno y primavera se observa variación espacial y temporal con valores que van desde clase 2 a clase 1. El río Tinguiririca presenta variaciones a lo largo del río y en el tiempo. Es constante a lo largo de todo el río en otoño, en clase 2 y en primavera e invierno, en clase 1. En verano disminuye en la parte baja a clase 1. Río Rapel, se observan las concentraciones más altas en otoño y primavera, en clase 2.</p> <p>Río Claro, no presenta un aumento de la concentración a lo largo del río. Se observan los mayores valores en otoño en clase 2. Estero Zamorano, valores más altos se observan en otoño asignados en clase 2. Estero Alhue presenta una variación espacial aumentando de clase 3 a clase 4 en los períodos de verano y otoño. Entre primavera e invierno no se observan variaciones. En todo el estero Chimbarongo se observan valores en clase 1, excepto en otoño antes de la confluencia con el río Tinguiririca (estación los Maquis).</p> <p><u>Zn</u>: En la cuenca en general los valores son bajos, clase 0, los valores más altos se observa en el estero Coya. Río Cachapoal no presenta variaciones de la concentración en el tiempo ni el espacio, con valores asignables a clase 0. Excepto antes de la afluencia del estero Coya con valores en clase 2. En los ríos Tinguiririca, Rapel Claro y esteros Zamorano, Chimbarongo (excepto en Panamericana en verano clase 2), Carén y Alhué, no se observa variación con todos los valores asignables a la clase 0. En el estero La Cadena se observa el valor de mayor concentración en primavera en clase 1. En el estero Coya se observan los valores más altos en otoño, en clase 3, en primavera, en el resto del año todos los valores se presentan en clase 2.</p>

Tabla 5.1 (Continuación): Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO RAPEL
<p><u>Ni, Se</u>: con valores clasificados en clase 0</p> <p><u>B, Cr_{total}</u>: los datos pertenecen a un límite de detección superior que no es posible asignar clase.</p>
<p>Metales no Esenciales (MN) : Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb</p> <p><u>Al</u>: En la cuenca en general se presentan valores asignados entre clase 3 y clase 4, a excepción de algunos tributarios a los ríos Cachapoal y Tinguiririca en clase 2, tal como: río Claro, estero Zamorano, estero Alhué, estero Carén y estero Chimbarongo. En el río Cachapoal los valores más altos se observan en verano en clase 4. En el río Tinguirica los valores más altos se observan en verano y primavera en clase 4. En el río Rapel los valores se observan en clase 2, excepto en invierno clase 3. Estero Coya, los valores no varían a lo largo del año, todos asignados a clase 4. En río Claro se observa variación temporal entre verano-primavera, en clase 4 y otoño invierno, clase 3, siempre aumenta a lo largo del río. Estero Zamorano, en clase 3. Estero Alhué, en clase 2. Estero La Cadena, todos los valores en clase 4 excepto clase 3 en la desembocadura en invierno.</p> <p><u>As</u>: En la cuenca en su mayoría se presentan valores asignados en clase 0 a excepción de algunos puntos en clase 3. Estero Coya, con valores asignables en clase 3 durante todo el año. En el río Cachapoal se observa antes de la junta del estero Coya valores asignables a clase 3, excepto en primavera clase 0. Río Rapel, con valores asignables en clase 2 solo en invierno, el resto del año es clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 4 en los ríos Cachapoal en Cónico y Rapel, y los esteros La Cadena, Alhué y Coya.</p> <p><u>Cd, Hg, Pb</u>: los datos pertenecen a un límite de detección superior a la clase 0, no es un posible una asignación de clases.</p>
<p>Indicadores Microbiológicos (IM) : CF, CT</p> <p><u>CF</u>: Para la cuenca se observan concentraciones asignadas desde clase 1 a clase 4, claro efecto de la actividad antrópica en la cuenca. Sólo en el estero Coya los valores están asignados a clase 0. En el río Cachapoal se observa una variación a lo largo del río con una concentración más alta en verano en la parte baja del río en clase 4. Estero la cadena, con todos los valores asignados en clase 4. Río Claro varía a lo largo del año presentando en otoño y primavera los valores más altos asignados a clase 3, en verano clase 2 y en invierno clase 1. Estero Zamorano varía a lo largo del año presentando en verano y primavera los valores más bajos asignados a clase 1, en otoño clase 2 y en invierno clase 3. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 1 en los ríos Cachapoal en Puente Arqueado, Tinguirica, Rapel y estero Coya, y en estero Alhué, en clase 2 en el río Cachapoal en Coinco y en el estero Zamorano y en clase 4 en el estero La Cadena.</p> <p><u>CT</u>: Para la cuenca se observan concentraciones asignadas desde clase 0 a clase 4, claro efecto de la actividad antrópica en la cuenca. En el río Cachapoal se observa una variación a lo largo del río en la parte alta clase 1 y con una concentración más alta en verano y primavera desde la parte media, antes de la confluencia del estero La Cadena, hasta la parte baja con todos los valores en clase 4. Estero La Cadena, con todos los valores asignados en clase 4. Río Claro varía a lo largo del año presentando en verano y primavera los valores más altos asignados a clase 4, en otoño clase 3 y en invierno clase 1. Estero Zamorano con todos los valores en clase 4 excepto en otoño en clase 3. El dato del muestreo puntual en primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en el río Rapel y estero Coya, en clase 1 en el río Tinguirica y en el estero Alhué, en clase 2 en el río Cachapoal en Puente Arqueado, en clase 3 en el estero Zamorano y en clase 4 en el estero La Cadena y río Cachapoal en Coinco.</p>

5.3 Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca

El análisis realizado en los acápites anteriores permite elaborar la tabla 5.1, en la cual se clasifican los distintos parámetros según la clase a la que pertenecen en un segmento específico.

Esta tabla integra todos los niveles de información disponibles. Esto implica que en el futuro, en la medida que se vaya extendiendo y mejorando la información de algunos parámetros la clase asignada para ellos podría sufrir modificaciones.

Para la asignación de clases se utiliza la información de mejor nivel (la de niveles inferiores se emplea como verificación).

Teniendo en cuenta lo anterior, el criterio de asignación es el siguiente:

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable.
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del río Rapel, estos parámetros son: DBO₅, color, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S₂⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT y algunos plaguicidas.
- En el caso de los parámetros DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, si no se dispone de ninguna información de nivel superior, se emplea como valor de referencia la estimación del consultor (información nivel 5). El método de estimación de dichos parámetros se presenta en el capítulo 4 de la Sección II del Informe Final, destinada a describir la Metodología empleada.

- Cuando se disponer de información de distintas fuentes para un mismo parámetro, se le asigna a éste en la tabla 5.2 la clase correspondiente a la fuente de información que contenga un mayor número de registros (mejor nivel de información de acuerdo a la metodología).

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual
Tabla 5.2a: Cauce Principal - Río Rapel

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Embalse Rapel en el Muro	0605-RA-10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Fe, As, SD, Ni, Se RAS	DBO ₅ , CF, CT	Cu			Mn, Mo, Zn, Al	Otros parámetros seleccionados	Información 3 DBO ₅ , SDT, CF, CT datos Dames & Moore Información niveles 1 y 2, datos DGA.
Rapel en Navidad	0605-RA-10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, Ni, Se, RAS, SD color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT, (*)orgánico plaguicidas	DBO ₅ , CF	Fe, Mn, Mo, As	Cu, Al	Sn		Otros parámetros seleccionados	información niveles 1 y 2, datos DGA. Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: DBO ₅ , color aparente, SD SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Sn, CF, CT, (*) orgánico plaguicidas.

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Rapel: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Sulfuro, Aceites y Grasas, Hidrocarburos, Cobre, Hierro, Manganoso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Amonio, Cianuro, Nitrito, Estaño, Coliformes Totales.

(*) Organico plaguicidas = Acido 2,4 D., Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclofop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina

Tabla 5.2b: Cauce Principal - Río Cachapoal

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cachapoal en Bocatoma Chacayes	0600-CA-10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, DBO ₅	CF	Mo	Cu	Al, Mn, Ss, Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 5, estimada por CADE IDEPE SST, DBO ₅ , CF Información nivel 1, 2 y 3 datos DGA
Río Cachapoal a/j estero Coya	0600-CA-30	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , DBO ₅ SD, Ni, Se, RAS, (detergentes SAAM), F ⁻ , NO ₂ ⁻	CT, CF	Cu, Zn	As, Hc	SST, aceites y grasas, S ²⁻ , Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Mn, Mo, Al	Información nivel 3. DBO ₅ , SD, SS, datos ESSEL Información nivel 3 datos Arcadis: CT, F ⁻ Hc, CF, NO ₂ ⁻ ,detergentes (SAAM), S ²⁻ , aceites y grasas Información nivel 1 datos DGA.
Río Cachapoal en Termas de Cauquenes	0600-CA-40	CE, pH, Cl ⁻ , Ni, Se, RAS, (SAAM), F ⁻ , NO ₂ ⁻	CF, CT, DBO ₅	OD, SO ₄ ²⁻ , Cu, As, SD	HC	SST, Aceites y grasas S ²⁻ , Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Mn, Mo, Zn, Al	Información nivel 3: SS, SD, CF, DBO ₅ , CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ ,HC, detergentes (SAAM), Aceites y grasas, S ²⁻ , datos Arcadis. Información nivel 1 y 2 datos DGA.

Tabla 5.2b (Continuación): Cauce Principal - Río Cachapoal

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cachapoal en canales Ribera Sur	0601-CA-10	CE, OD, pH, Cl ⁻ , Zn, As, DBO ₅ , SD, Ni, Se, RAS	CF	SO ₄ ²⁻ , Mo	Cu	Mn, Al, SS, Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 3. DBO ₅ , SD, SST, CF, datos ESSEL Información nivel 1 y 2 datos DGA.
Río Cachapoal aguas arriba estero La Cadena	0601-CA-20	F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Detergentes (SAAM), Ni, Se, RAS	SD, CT, DBO ₅		HC	SST, CF Aceites y grasas, S ²⁻		CE, pH, OD	Información nivel 3 SS, DBO ₅ , CF, datos ESSEL. Información nivel 3 datos Arcadis: SD, DBO ₅ , CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Aceites y grasas, SAAM, HC, S ²⁻
Río Cachapoal en Puente Coinco	0601-CA-30	CE, OD, pH, Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, SAAM, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , color aparente, CN ⁻ , S ²⁻	SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , SD, DBO ₅	Cu, Mo, NO ₂ ⁻		Mn, Al, DBO ₅ , Aceites y grasas, CT, S ²⁻ , HC, Sn, Fe, CF, SS	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 3, DBO ₅ , CF, SS(clase 4), datos ESSEL. Información nivel 1, 2, 3 datos DGA Información nivel 3 SD, SST, DBO ₅ , CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Aceites y grasas, detergentes, (SAAM), HC, S ²⁻ , datos Arcadis. Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: DBO ₅ , color aparente, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Sn.

Tabla 5.2b (Continuación): Cauce Principal - Río Cachapoal

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cachapoal entre sector Loreto de Coltauco y Monte Lorenzo abajo (P15 y P17 Tabla 4.19)	0601-CA-40	F ⁻ , NO ₂ ⁻ , detergentes (SAAM) , Ni, Se, RAS	SD	DBO ₅		SST Aceites y grasas, CF CT, S ²⁻ , HC		Otros parámetros seleccionados	Información nivel 3 en confluencia río Claro (Cachapoal) SD, SS, DBO ₅ , CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Aceites y grasas, detergentes ,(SAAM) , HC, S ²⁻ , datos Arcadis
Río Cachapoal entre Puente Peumo y Aeródromo Peumo. (P23, P24, P25, Tabla 4.19)	0601-CA-50	Detergentes (SAAM), F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Ni, Se, RAS		SD	HC, DBO ₅	SST, Aceites y grasas CT, CF, S ²⁻		CE, OD, pH, CF	Información nivel 3 : SD, SS, DBO ₅ , CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Aceites y grasas, detergentes (SAAM) , HC, S ²⁻ datos Arcadis. Confluencia Estero Zamorano
Río Cachapoal en Puente Codao	0601-CA-60	CE, OD, pH, Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , detergentes (SAAM),	SD	Cu, DBO ₅		HC, CF, CT, Fe, S ²⁻ , SS, aceites y grasas	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Mn, Mo, Al	Información nivel 1, 2 y 3 datos DGA Información nivel 3: SS, SD, CF, DBO ₅ , CT, F ⁻ , Hc, S ²⁻ , NO ₂ ⁻ , detergentes (SAAM) , Aceites y grasas datos Arcadis

Tabla 5.2b (Continuación): Cauce Principal - Río Cachapoal

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cachapoal en Puente Arqueado	0601-CA-60	CE, OD, pH, Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, detergentes (SAAM) , NO ₂ ⁻ , color aparente, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , (*)Orgánico plaguicidas	SO ₄ ²⁻ , DBO ₅ , SD	Mo, HC	Cu, CN ⁻	Al, aceites y grasas, CT, CF, Fe, Mn, SST, S ²⁻	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Sn	<p>Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: DBO₅ corrobora clase 1 , color aparente, NH₄⁺, CN⁻, F⁻ corrobora clase 0, NO₂⁻, Sn (*) orgánico plaguicidas.</p> <p>Información nivel 3: datos Arcadis : DBO₅, SD, CT, F⁻, CF, Aceites y grasas, detergentes (SAAM) , HC, NO₂⁻, S²⁻, SST</p> <p>Información nivel 1 y 2 datos DGA</p>

(*) Organico plaguicidas = Acido 2,4 D, Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclofop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina

Tabla 5.2c: Cauce Principal - Río Tinguiririca

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación	
		0	1	2	3	4				
Río Tinguiririca bajo Briones	0602-TI-10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, DBO ₅ , CF		Cu, Mo			Mn, Al, SS, Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Datos DGA Información nivel 5, estimada por CADE IDEPE SST, DBO ₅ , CF
Río Tinguiririca en Panamericana	0603-TI-20	CE, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , As, Ni, Se, RAS		Fe		Cu	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	OD, Al, Mn, Mo, Zn	Datos DGA	
Río Tinguiririca en Los Olmos	0603-TI-30	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, color aparente, SD, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	DBO ₅ , SST, CF, CT	Cu, Fe, Mo		Mn, Al	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Sn	Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Sn, CF, CT. Información nivel 1 y 2 datos DGA	

Tabla 5.2d: Cauce Secundario - Estero Coya

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Coya a/j río Cachapoal	0600-CO-10	Cl, Ni, Se, RAS, detergentes (SAAM), CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , color aparente, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , CF		CE, OD, SO ₄ ²⁻ , Cu, SD	Mo, Zn, As	pH, Mn, Al, SS, aceite y grasa, S ²⁻ , HC, DBO ₅ , Sn, Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	<p>Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: color aparente, SD corrobora clase 2</p> <p>SS corrobora clase 4, NH₄⁺, CN⁻, F⁻ corrobora clase 0, NO₂⁻ corrobora clase 0, Sn, CF, CT corrobora clase 0</p> <p>Información nivel 3 datos Arcadis: SD, SS, DBO₅ detergentes (SAAM), CT, F⁻, NO₂⁻, aceites y grasas, S²⁻, HC y datos ESSEL, SS corrobora clase 4</p> <p>Información nivel 1 y 2 datos DGA</p>

Rapel

145.

Tabla 5.2e: Cauce Secundario - Río Claro del Cachapoal

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Claro de Rengo en hacienda Las Nieves	0601-CL-10	CE, OD, pH, SO_4^{2-} , Cl^- , Fe, Mn, Zn, As, Ni, Se, RAS, DBO_5	CF	Mo, Al	Cu		B, Cr_{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 5: DBO_5 , CF, estimación CADE-IDEPE. Información nivel 2 y 3, datos DGA
Río Claro de Rengo de Rengo en Panamericana	0601-CL-20	CE, pH, SO_4^{2-} , Cl^- , Fe, Ni, Se, RAS, DBO_5 , CF, As				Cu	B, Cr_{total} , Cd, Hg, Pb	OD, As, Mo, Zn, Al	Información nivel 5: DBO_5 , CF, estimación CADE IDEPE. Información nivel 2 y 3, datos DGA
Río Claro de Rengo en Puente Zúñiga	0601-CL-30	OD, pH, Cl^- , Zn, As, Ni, Se, RAS	CE, SO_4^{2-}	Cu, Mo		Mn, Al, Fe	B, Cr_{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 1, 2 y 3, datos DGA.
Río Claro de Rengo en Puente Tunca	0601-CL-30	Detergentes (SAAM), F^- , NO_2^- , Ni, Se, RAS	SD	DBO_5	CF, Hc	SS, aceites y grasas, CT, S^{2-}			Información nivel 3 SD, ST, DBO_5 , CF, CT, detergentes (SAAM) F^- , NO_2^- , aceites y grasas S^{2-} , Hc, datos Arcadis

Tabla 5.2f: Cauce Secundario –Estero La Cadena

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero La Cadena en Desembocadura	0601-LC-10	CE, pH, Cl ⁻ , As, SD Ni, Se, RAS, F ⁻ , SAAM, color aparente, CN ⁻ , NO ₂ ⁻ , Sn, (*) plaguicidas	SO ₄ ²⁻ , Zn	Mo, NH ₄ ⁺	Cu, HC	OD, Mn, Al, DBO ₅ , SS, Aceites y grasas, CF, CT, S ⁻² , Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 2 y 3 datos DGA Información nivel 3 SD, SS, DBO ₅ , CF, CT, Detergentes (SAAM), F ⁻ , Aceites y grasas, S ⁻² , HC, datos Arcadis. Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: color aparente, SD corrobora clase 0, SS corrobora clase 4, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ corrobora clase 0, NO ₂ ⁻ , Sn, CF corrobora clase 4, CT corrobora clase 4, (*) plaguicidas.
Estero La Cadena en Panamericana	0601-LC-10	CE, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , As, Ni, Se, RAS	CF	Cu		OD, DBO ₅ , Fe	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Mn, Mo, Zn, Al	Información nivel 2 y 3 datos DGA. Información nivel 5 DBO ₅ , Cl, estimación CADE-IDEPE

(*)plaguicidas= Acido 2,4 D., Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclofop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina.

Tabla 5.2g: Cauce Secundario –Estero Zamorano

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Zamorano en San Vicente T-T	0601-ZA-10	CE, pH, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , As, Ni Se, RAS	DBO ₅	Fe	CF	Cu	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	SS, Mo, OD, Mn, Zn, Al	Datos nivel 5 : DBO ₅ =2,9 mg/L , CF= 3720 NMP/100ml estimación CADE IDEPE . Los demás datos son de la DGA niveles de información 2 y 3.
Estero Zamorano en Pencahue	0601-ZA-20	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, As, Ni Se, SD , RAS, F ⁻ , detergentes (SAAM), color aparente, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , NO ₂ ⁻	DBO ₅	Fe, Mn, Mo, HC	Cu, Al, CF	SS, Aceites y grasas, CT, S ²⁻	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 3 datos Arcadis (estación Estero Zamorano enPuente Niche) : SD, SS, DBO ₅ , CF , CT, Detergentes (SAAM), F ⁻ , aceites y grasas, S ²⁻ , HC. Información nivel 1 y 2 DGA. Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: color aparente, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ SD corrobora clase 0, DBO ₅ corrobora clase 1, F ⁻ corrobora clase 0, NO ₂ ⁻

Tabla 5.2h: Cauce Secundario –Estero Alhue

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Alhué a/j estero Carén	0604-AL-10	CE, OD, pH, Cl ⁻ , Fe, Zn, As, Ni Se, RAS	Mn, DBO ₅ , CF	SO ₄ ²⁻ , Cu, Al	Mo	SST	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Niveles de información 1y 2, datos DGA Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST estimación CADE IDEPE
Estero Alhué en Quilamuta	0604-AL-20	OD, pH, Cl ⁻ , Fe, Zn, As, Ni Se, RAS, S ⁻² , SS, NH ₄ ⁺ , color aparente, DBO ₅ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻	CF, CT		Cu	CE, SO ₄ ²⁻ , Mn, Mo, Al, SD, Sn		Otros parámetros seleccionados	Niveles de información 1y 2, datos DGA Información nivel 4 muestreo puntual en primavera 2003: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , Sn, S ²⁻ , CF, CT

Tabla 5.2i: Cauce Secundario –Estero Chimbarongo

Estaciones de calidad	Código Segmento	Clases según <i>Instructivo</i>					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Chimbarongo en Puente Huemul	0603-CH-10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn, As, Ni, Se, RAS, CF, SS	Mo	Fe, Mn	Cu , Al	DBO ₅	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	DGA Niveles de información 1 y 2 Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST estimación CADE IDEPE
Estero Chimbarongo en Panamericana	0603-CH-20	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , As, Ni, Se, RAS, DBO ₅	CF	Fe, Cu , Zn		SS	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Mo, Al, Mn	DGA Niveles de información 1y 2 Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST estimación CADE IDEPE
Estero Chimbarongo en Los Maquis	0603-CH-40	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , As, Zn, Ni, Se, RAS, SD, DBO ₅	CT, CF	Fe , Mn, Mo	Cu, Al		B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Datos Dames & Moore: DBO ₅ , SD, CF, CT nivel de información 3 . DGA Niveles de información 2 y 3

Tabla 5.2j: Cauce Secundario –Estero Carén

Estaciones de calidad	Código segmento	Clases según Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionado sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Carén antes Estero Alhué	0604-CR-20	OD, pH, Cl ⁻ , Fe , Zn, As, Ni Se, RAS, DBO ₅ , CF, SS		Mn , Al	Cu	CE, SO ₄ ²⁻ , Mo	B, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	DGA Niveles de información 1, 2 y 3 Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST estimación CADE IDEPE

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

En la Tabla 5.3 que sigue a continuación se identifican los parámetros que exceden la clase de excepción en los cursos de agua constituyentes de la red del río Rapel, basada en la información estadística generada con anterioridad que se presentó en la Tabla 4.17 (estaciones de calidad DGA).

Tabla 5.3: Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca del río Rapel

Estación DGA de monitoreo	Segmento	CE (µS/cm)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Cu (µg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)
Río Cachapoal en Chacales	0600-CA-10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((650))	(10.8)	(0.33)	(0.02)	Clase 0	((8.0))	Clase 0
Río Cachapoal en T. de Cauquenes	0600-CA-40	Clase 0	(171.1)	Clase 0	(80)	(15.8)	s/l	s/l	s/i	s/l	Clase 0
Río Cachapoal en Ribera Sur	0601-CA-10	Clase 0	(188.5)	Clase 0	(570)	11.1	(0.66)	(0.03)	Clase 0	((10.7))	Clase 0
Río Cachapoal en Pte. Cónico	0601-CA-30	Clase 0	120.9	Clase 0	60	20.7	(0.64)	(0.02)	Clase 0	((33.1))	Clase 0
Río Cachapoal en Pte. Codao	0601-CA-60	Clase 0	112.0	Clase 0	50	7.2	s/l	s/l	Clase 0	s/i	Clase 0
Río Cachapoal en Pte. Arqueado	0601-CA-60	Clase 0	(124.6)	Clase 0	(810)	((7.3))	(0.49)	(0.02)	Clase 0	((10.8))	Clase 0
Estero Coya a/j río Cachapoal	0600-CO-10	1005.0	491.0	Clase 0	160	51.1	(3.50)	(0.35)	((1.44))	((76.5))	0.77
Est. La Cadena en Desembocadura	0601-LC-10	Clase 0	(121.1)	Clase 0	(890)	(14.4)	(0.40)	(0.03)	(0.12)	(16.1)	Clase 0
Río Claro de Rengo en Hac. Las Nieves	0601-CL-10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(370)	Clase 0		(0.02)	Clase 0	((0.8))	Clase 0
Río Claro de Rengo en Pte. Zúñiga	0601-CL-30	614.4	130.5	Clase 0	80	5.0	(0.31)	(0.02)	Clase 0	((17.8))	Clase 0
Est. Zamorano en San Vicente	0601-ZA-10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((6760))	(1.2)	s/i	s/i	s/i	s/i	Clase 0
Río Rapel en Navidad	0605-RA-10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((590))	(1.1)	((0.17))	(0.02)	Clase 0	((2.6))	((0.066))
Embalse Rapel	0605-RA-10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	40	Clase 0	s/i	s/l	s/l	s/l	Clase 0
Est. Alhué en Quilamuta	0604-AL-10	3143.1	1644.0	Clase 0	460	Clase 0	(0.36)	2.2	Clase 0	((13.0))	Clase 0
Est. Carén a/j estero Alhué	0604-CR-10	2994.6	1752.2	Clase 0	380	Clase 0	((0.15))	1.8	Clase 0	((0.5))	Clase 0
Río Tinguiririca bajo Los Briones	0602-TI-30	Clase 0	Clase 0	Clase 0	50	5.4	(0.44)	(0.02)	Clase 0	(11.9)	Clase 0
Río Tinguiririca en Los Olmos	0603-TI-30	Clase 0	Clase 0	Clase 0	30	3.4	(0.22)	(0.02)	Clase 0	((12.8))	Clase 0
Est. Chimbarongo en Los Maquis	0603-CH-50	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(940)	(1.9)	((0.09))	(0.02)	Clase 0	(3.4)	Clase 0

Valores sin paréntesis: Percentil 66% (información nivel 1); Valores con 1 paréntesis: Promedios (información nivel 2); Valores con 2 paréntesis: Promedios (información nivel 3)
Fuente: Elaboración propia

De la inspección de la tabla, se infieren las siguientes conclusiones:

- El Cobre, aluminio, hierro y molibdeno son parámetros que se encuentran presentes en la casi totalidad de los cauces de la cuenca.
- Los sulfatos, sulfuros y el manganeso se encuentran ampliamente distribuido en la Cuenca del Rapel.
- El río Claro de Rengo de la subcuenca del Cachapoal, es el de mejor calidad natural.
- Los esteros con peor calidad natural son el Coya, Alhué y Carén.

5.4.1 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 40 y 6.760 µg/L (Est. Zamorano en San Vicente).

La aparición de cobre es atribuible esencialmente a la existencia de la franja metalogénica (F11 – Ver Mapa de Potencial de Generación Acida en anexo 4.3), la cual por procesos de lixiviación de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada adiciona cobre al estero Coya el cual contamina todo el Cachapoal y Rapel hasta su desembocadura. Esta lixiviación se manifiesta mayormente en las aguas superficiales debido a los efectos irreversibles de la Mina Teniente de Codelco, lo cual queda ratificado porque en el tramo más bajo del río la concentración es mayor, además coinciden con la fuerte aparición de aguas subterráneas.

Adicionalmente a lo anterior, los depósitos de material de descarte procedentes de la minería del cobre, específicamente los tranques de relave como Las Juntas en Caletones, Barahona, Colihues y Embalse Carén constituyen fuentes irreversibles de contaminación de las aguas superficiales.

La fuerte presencia de cobre en Estero Zamorano como en el estero Chimbarongo son de origen antrópico, que puede deberse a la aplicación de oxiclورو de cobre como compuesto plaguicida en los campos.

5.4.2 Aluminio

El aluminio detectado presenta valores comprendidos entre 0,5 y 76,5 mg/L.

La aparición del aluminio disuelto se debe a dos factores combinados, las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminico silicatos y el pH medio (6,7 a 8,2), los cuales forman naturalmente complejos de aluminio en solución.

Los aumentos puntuales de la concentración de aluminio se producen generalmente durante el derretimiento de nieves ácidas. Por otra parte dado que la cantidad de aluminio insoluble en suelos es grande, cambios muy pequeños en las condiciones del suelo (lluvias levemente ácidas) pueden llevar a incrementos relativamente grandes en aguas naturales cercanas.

5.4.3 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 1,2 y 51,1 mg/L (Est. DGA - Estero Coya a/j río Cachapoal).

La aparición de hierro es atribuible esencialmente a la litología de la corteza terrestre la que por procesos de lixiviación de los minerales – pirita principalmente - adiciona hierro a las corrientes de agua. Esta lixiviación se manifiesta tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales, lo que queda ratificado por la existencia de hierro disuelto en todos los tributarios y curso principal.

Adicionalmente, los depósitos de material de descarte procedentes de la minería constituyen fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales, las que toman su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones. La minería asociada a la cuenca presenta fuentes de contaminación irreversible hasta la fecha, dadas por los drenajes de aguas de minas y el depósito de materiales de descarte los que en su mayor parte no cuentan con el diseño de un sistema de disposición que permita la contención o tratamiento de la escorrentía de estos.

5.4.4 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,02 y 2,20 mg/L (estación DGA Alhué en Quilamuta - Verano).

La aparición de molibdeno en los cursos de agua es atribuible esencialmente a la existencia de molibdeno asociado al cobre en las franja metalogénica F11 (ver anexo 4.3) que le adiciona molibdeno a las corrientes de agua. Esta lixiviación se manifiesta tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales, lo cual queda ratificado por la existencia de molibdeno disuelto en todos los tributarios y curso principal. La aparición de un alto valor de molibdeno en el estero Carén, se debería a filtraciones difusas procedentes del tranque de relaves Carén de Codelco y es de origen netamente antrópico.

5.4.5 Manganeso

El manganeso detectado presenta valores comprendidos entre 0,09 a 1,50 mg/L (Estación DGA Estero Coya a/j río Cachapoal – Otoño).

La aparición del manganeso se debe a dos fenómenos independientes: las actividades mineras desarrolladas en la subcuenca del estero Coya y el afloramiento de napas subterráneas en la sección más baja del Cachapoal y Tinguiririca, en la cual los acuíferos asociados a las subcuencas recargan los cursos superficiales.

La presencia de la franja metalogénica F11, añade el contenido de manganeso existente en la litología de las formaciones rocosas, las cuales por procesos de lixiviación superficial y percolación de las aguas subterráneas adicionan manganeso a las aguas superficiales, especialmente en el estero Coya.

El manganeso presente naturalmente en los suelos y en rocas sedimentarias es lixiviado por las aguas subterráneas hasta que emergen desde el sector de Doñihue – Coinco en el Cachapoal y desde San Fernando el Tinguiririca y el Claro incrementando el contenido de manganeso en la calidad del agua.

5.4.6 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica detectada presenta valores comprendidos entre 614 y 3.143 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores sin embargo no presentan problemas para que el agua sea utilizada para riego irrestricto.

La aparición de los iones se debe al afloramiento de napas subterráneas en la sección más baja del Cachapoal y Tinguiririca, en la cual el acuífero recarga el curso superficial. Las iones presentes en los suelos y rocas, son lixiviadas por las aguas subterráneas las que afloran desde la junta del estero La Cadena hacia abajo en el Cachapoal.

5.4.7 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 87,6 a 1.752 mg/L (Est. DGA - Estero Carén antes junta Alhué). Sin embargo esto no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada para riego.

Los sulfatos presentes en los tributarios y cursos principales se deberían a los procesos mineros que utilizan ácido sulfúrico y a la lixiviación de piritas presentes en las rocas volcánicas Andesitas y además a las aguas de drenajes de minas y depósitos de materiales de descarte minero (tortas).

Los sulfatos de los esteros Alhué y Carén se deben a los tranques de relaves que mantiene Codelco Teniente en el sector, los que contaminan las aguas de ambos esteros.

5.4.8 Sulfuros

Los valores de sulfuros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 0,01 a 0,9 mg/L (Est. DGA – Estero Coya antes junta Cachapoal). Sin embargo esto no constituye ningún obstáculo para que el agua sea utilizada para riego.

Los sulfuros presentes en los tributarios y cursos principales son atribuibles a los procesos mineros que liberan piritas presentes en las rocas volcánicas Andesitas y por otra parte de las aguas de drenajes de minas y depósitos de materiales de descarte minero (tortas).

Rapel

158.

Los resultados del muestreo realizado en Noviembre del 2003, no detectó presencia de sulfuros en ninguna de las ocho estaciones muestreadas, lo que se puede atribuir principalmente al período estacional (primavera) en que fueron realizados, debido al efecto nival de los cauces con altas crecidas.

5.4.9 Zinc

Los valores de zinc procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 0,01 y 1,44 mg/L (Est. DGA Estero Coya a/j río Cachapoal – Otoño). Sin embargo esto no constituye ningún obstáculo para que el agua sea utilizado para riego.

El zinc se encuentra excediendo la clase de excepción sólo en dos cauces: Coya y Estero Chimbarongo. En el estero Coya es aportado por las actividades mineras irreversibles de la mina Teniente, tanto en las descargas de aguas industriales como en la lixiviación de las pilas de materiales inertes, lo que irreversiblemente adiciona zinc a los cursos de agua superficiales y subterráneos.

La existencia de zinc en el estero Chimbarongo en Panamericana, sólo puede ser explicada por factores antrópicos, puesto que este no es detectado en la estación Huemules ubicada inmediatamente aguas arriba.

5.4.10 Arsénico

Los valores de arsénico procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 0,001 y 0,773 mg/L (Estación DGA - Estero Coya antes junta Cachapoal).

El zinc se encuentra excediendo la clase de excepción sólo en el estero Coya, debido a las actividades mineras de la mina Teniente de Codelco, tanto en las descargas de aguas industriales como en la lixiviación de las pilas de materiales inertes (relaves y botaderos).

5.4.11 Falencias de información

Para realizar un estudio más detallado de la calidad natural de la cuenca del Rapel se hace imprescindible continuar con el programa de monitoreo de la Dirección General de Aguas, el que se debe complementar con los que posea actualmente o tenga proyectados las compañías Mineras existentes en la cuenca.

El muestreo realizado en Noviembre del 2003 (ocho puntos de muestreo), demostró que el estaño se encuentra presente en los todos cursos muestreados. Para poder valorar su presencia en todos los cursos se deberá agregar al programa de monitoreo futuro.

El mismo muestreo demostró la fuerte presencia de sólidos sedimentables en la cuenca del Cachapoal encontrándose los mayores valores en el estero Coya y estero La Cadena, ambos con una gran presión antrópica. Para poder valorar su presencia en todos los cursos se deberá agregar al programa de monitoreo futuro.

5.4.12 Conclusiones

La calidad natural del agua superficial de la cuenca está influenciada fuertemente por las siguientes características que explican la calidad actual del río Rapel y sus tributarios:

- La presencia del mineral de cobre de El Teniente en la subcuenca del estero Coya, es el gran factor incidente de la cuenca del Rapel pues adiciona una gran cantidad de metales pesados en solución que irreversiblemente seguirán afectando la cuenca.
- La calidad del estero Coya se debe a las actividades mineras de la Mina El Teniente, las que provocan efectos irreversibles. Los esteros Carén y el Alhue presentan también efectos irreversibles producto del tranque de relave minero de El Teniente en el estero Carén.
- En la calidad natural del río Rapel se observa la última influencia hacia el sur de las franjas metalogénicas existentes en el país. El cambio es muy notorio entre El Cachapoal (río con alto contenido de metales y iones) y el Tinguiririca, que en contraposición, es un río que contiene una cantidad mucho menor de metales y iones, muy usual de todas las cuencas de esta latitud hacia el sur.

Rapel

160.

- La calidad natural se caracteriza por encontrarse Cobre, Aluminio, Manganeso y Molibdeno en la casi totalidad de los cursos de agua de la cuenca.
- La existencia de conductividad eléctrica y sulfatos en el Claro de Rengo en Pte. Zúñiga se debe a factores antrópicos, producto de descarga de RILES y aguas servidas.
- El cauce principal como sus tributarios tienen cualidades neutras (pH: 6,7 – 8,2).
- La Cuenca del río Rapel se caracteriza por presentar muchos afloramientos de acuíferos en el río, los que recargan las aguas superficiales a ciertos intervalos de distancia, por lo cual la calidad de las aguas en la parte alta de la cuenca, que está dominada por fenómenos superficiales, no tiene relación directa con la calidad del río desde Doñihue, Coinco hacia abajo está dominada por la calidad de las aguas subterráneas.

Existen diferencias muy notorias en la calidad de los tributarios principales del Rapel: El Cachapoal, el estero Alhué y el Tinguiririca. En los dos primeros predominan los efectos irreversibles de la minería del Cobre, en tanto que el Tinguiririca es un río que en la parte alta predominan fenómenos de aguas superficiales, en tanto que de la panamericana al poniente, se hacen más patentes los efectos de las aguas subterráneas.

6. PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS

6.1 Establecimiento de Tramos

Como se definió en la Metodología, la unidad básica para la definición de la red fluvial es el segmento. De esta manera, toda la Base de Datos de la cuenca está referenciada a los segmentos.

La segmentación preliminar de la cuenca del río Rapel fue presentada en el capítulo 2. En este capítulo se presentan los tramos, los cuales se forman por la sumatoria de segmentos adyacentes. El tramo se caracteriza por tener una misma clase de calidad objetivo a lo largo de toda su extensión.

En la siguiente tabla se presentan los tramos utilizados en la caracterización de los cauces de la cuenca.

Tabla 6.1: Tramos de la Cuenca del Rapel

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Río Cachapoal	0600 - CA - 10	CA-TR-10	Desde: Naciente río Cachapoal Hasta: Confluencia estero Coya
	0600 - CA - 20		
	0600 - CA - 30		
	0600 - CA - 40	CA-TR-20	Desde: Confluencia estero Coya Hasta: Límite subcuenca
	0601 - CA - 10	CA-TR-30	Desde: Límite subcuenca Hasta: Est. DGA río Cachapoal en bocatoma canales Ribera Sur
	0601 - CA - 20	CA-TR-40	Desde: Est. DGA río Cachapoal en bocatoma canales Ribera Sur Hasta: Est. DGA río Cachapoal en Puente Coinco
	0601 - CA - 30		
	0601 - CA - 40	CA-TR-50	Desde: Est. DGA río Cachapoal en Puente Coinco Hasta: Confluencia río Claro de Rengo
	0601 - CA - 50	CA-TR-60	Desde: Confluencia río Claro de Rengo Hasta: Entrada Embalse Rapel rama Cachapoal
	0601 - CA - 60		

Tabla 6.1 (Continuación): Tramos de la Cuenca del Rapel

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Río Tinguiririca	0602 - TI - 10	TI-TR-10	Desde: Naciente río Tinguiririca Hasta: Confluencia río Claro del Tinguiririca
	0603 - TI - 10	TI-TR-20	Desde: Confluencia río Claro del Tinguiririca Hasta: Confluencia estero Chimbarongo
	0603 - TI - 20		
	0603 - TI - 30	TI-TR-30	Desde: Confluencia estero Chimbarongo Hasta: Entrada Embalse Rapel Rama Tinguiririca
Río Rapel	0605 - RA - 10	RA-TR-10	Desde: Salida Embalse Rapel Hasta: Desembocadura
Estero Coya	0600 - CO - 10	CO-TR-10	Desde: Naciente estero Coya Hasta: Confluencia río Cachapoal
Estero La Cadena	0601 - LC - 10	LC-TR-10	Desde: Naciente estero La Cadena Hasta: Confluencia río Cachapoal
Río Claro de Rengo	0601 - CL - 10	CL-TR-10	Desde: Naciente río Claro de Rengo (río Tapado) Hasta: Estación DGA río Claro de Rengo en Panamericana
	0601 - CL - 20		
	0601 - CL - 30	CL-TR-20	Desde: Estación DGA río Claro de Rengo en Panamerican Hasta: Confluencia río Cachapoal
Río Claro del Tinguiririca	0602 - CL - 10	CL-TR-30	Desde: Naciente río Claro (Qda.el Roble) Hasta: Confluencia río Tinguiririca
Estero Zamorano	0601 - ZA - 10	ZA-TR-10	Desde: Naciente estero Zamorano Hasta: Confluencia río Cachapoal
	0601 - ZA - 20		
Estero Alhue	0604 - AL - 10	AL-TR-10	Desde: Naciente estero Alhué (estero El Membrillo) Hasta: Confluencia estero Carén
	0604 - AL - 20	AL-TR-20	Desde: Confluencia estero Carén Hasta: Entrada Embalse Rapel (Rama Alhue)

Tabla 6.1 (Continuación): Tramos de la Cuenca del Rapel

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Estero Chimbarongo	0603 – CH - 10	CH-TR-10	Desde: Naciente estero Chimbarongo Hasta: Entrada Embalse Convento Viejo
	0603 – CH - 20		
	0603 – CH - 30		
	0603 – CH - 40	CH-TR-20	Desde: Salida Embalse Convento Viejo Hasta: Confluencia río Tinguiririca
Estero Carén	0604 – CR - 10	CR-TR-10	Desde: Naciente estero Carén Hasta: Confluencia estero Alhué
	0604 - CR - 20		
Río Pangal	0600 - PA - 10	PA-TR-10	Desde: Naciente río Pangal (río Paredones) Hasta: Confluencia río Cachapoal

En la lámina 1940-RAP-02 se ilustra la ubicación de los segmentos que dan origen a los tramos.

6.2 Requerimientos de Calidad según Usos del Agua

En la tabla 6.2 se identifican los tramos de los cauces seleccionados con la siguiente información:

- *Usos de agua:* se reservan tres columnas para indicar los usos de agua en el tramo especificado.
- *Clase actual más característica:* corresponde a la clase de calidad de agua del *Instructivo* que agrupa la mayor parte de los valores de los parámetros representados por sus estadígrafos. Para este efecto se selecciona la clase de tal modo que aproximadamente no más del 10% de los parámetros quede con valores excedidos de la clase seleccionada (no más de 8 parámetros).

- *Clase de uso a preservar:* en función de los usos del agua en el tramo, en esta columna se trata de identificar la clase que es necesario preservar. Esta determinación no es automática, sino que requiere de un análisis en profundidad, el cual se explica detalladamente en la sección destinada a la Metodología (Volumen 1, Sección II).
- *Clase Objetivo del tramo:* es una proposición que toma en cuenta diversos aspectos, como son: usos del agua, calidad natural, calidad actual de los parámetros, y valores a lograr en un futuro cercano, entendido como el plazo de validez de la calidad objetivo propuesta. En principio esta proposición considera que hay parámetros determinados por las características naturales de la cuenca o subcuenca, mientras que otros están condicionados, en distintos grados, por las acciones antrópicas. En particular, los parámetros afectados por aguas servidas son corregidos y asignados a clase 0, ya que ellos corresponden a acciones que se espera corregir dentro del plazo de validez de la calidad objetivo propuesta en este informe. En otros casos, se analiza el comportamiento del parámetro en función del conocimiento de la cuenca o subcuenca, ya sea a través de los factores incidentes o por evidentes acciones perturbadoras, a fin de dilucidar si es mejorable o no la calidad respecto de dicho parámetro. Aún así, cabe señalar que en la mayoría de los parámetros ajenos a las aguas servidas no existe suficiente información para establecer qué parte del valor medido corresponde a efectos antrópicos y cual a situaciones naturales, de tal modo que no se modifica su asignación de la clase actual. Para aquellos parámetros en que no existe información, se establece que la Calidad Objetivo será la definida para el tramo. Para el grueso de los parámetros, se trata de mejorar o al menos mantener la calidad natural del agua.
- *Excepciones en el tramo,* corresponde a los parámetros cuyos estadígrafos muestran que sus valores corresponden a clases de calidad distinta de la objetivo, ya sea con calidades mejores o peores. En cada situación se indican los parámetros con la clase correspondiente. Se ha considerado que estos parámetros tendrán las clases que por condiciones naturales le corresponden.
- *Parámetros seleccionados que requieren más estudios,* donde se incluyen los que tengan escasa o nula información, como asimismo los que por límites de detección de las mediciones existentes presentan problemas para

su asignación de clases. Algunos de ellos no disponen de información de tal modo que la asignación de clase objetivo deberá ser ratificada con monitoreos posteriores.

Tabla 6.2: Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Rapel	RA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE , OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Zn , Ni, Se, RAS, color, SD, DBO ₅ , CF, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT, plaguicidas	Otros parámetros seleccionados
								2	Fe, Mn, Mo, As	
								3	Cu, Al	
								4	Sn	

Plaguicidas: Acido 2,4 D, Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclófop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Rapel: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coniformes Fecales, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Sulfuro, Aceites y Grasas, Hidrocarburos, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Amonio, Cianuro, Nitrito, Estaño, Coniformes, Totales.

(*) No se asignan clases de calidad a la biodiversidad por falta de antecedentes respecto de la relación biodiversidad-habitat en los segmentos correspondientes.

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios	
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo		
Río Cachapoal	CA-TR-10	--	(*)	--	3	No hay	3	0	CE, OD, pH, SO ₄ ⁻² , Cl, DBO ₅ , CE, CT, Ni, Se, RAS, SAAM, F ⁻ , NO ₂ ⁻	Otros parámetros seleccionados	
								1	--		
								2	Mo, Zn		
								4	SST, Aceites y grasas, CF, S ²⁻ , Fe, Mn, Al		
	CA-TR-20	--	--	--	--	2	No hay	2	0	CE, pH, Cl, Ni, Se, RAS, SAAM, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , DBO ₅ , CF, CT	Otros de parámetros seleccionados
									1	--	
									3	HC	
									4	SST, Aceites y grasas, S ²⁻	
	CA-TR-30	--	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	CE, OD, pH, Cl, Zn, As, DBO ₅ , CF, SD, Ni, Se, RAS	Otros de parámetros seleccionados
									1	--	
									3	Cu	
									4	Mn, Al, SST, Fe	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Cachapoal (continuación)	CA-TR-40	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	CE, OD, pH, Cl, Zn, As, Ni, Se, RAS, SAAM, F ⁻ , color, CN ⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	SD, SO ₄ ⁻² , NH ₄ ⁺	
								2	Cu, Mo, NO ₂ ⁻	
								4	SST, Aceites y grasas, S ²⁻ , HC, Sn, Mn, Al, Fe	
	CA-TR-50	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	SAAM, NO ₂ ⁻ , F ⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	SD	
								2	--	
								4	SST, Aceites y grasas, S ²⁻ , HC	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Cachapoal (continuación)	CA-TR-60	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	DBO5, CF, CT, SAAM, F-, NO2-, CE, OD, pH, Cl, Zn, As, Ni, Se, RAS	Otros parámetros seleccionados
								1	SO ₄ ⁻²	
								2	SD, Mo	
								4	SST, Aceites y grasas, S ²⁻ , HC, Al, Fe, Mn	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios	
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo		
Río Tinguiririca	TI-TR-10	--	(*)	Clase 1 a 3	0	1	0	1	--	Otros parámetros seleccionados	
								2	Cu, Mo		
								3	--		
								4	Mn, Al, SST, Fe		
	TI-TR-20	--	--	--	Clase 1 a 3	0	1	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
									2	Fe	
									3	--	
									4	Cu	
	TI-TR-30	--	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, SO ₄ ⁻² , Cl, Zn, As, Ni, Se, RAS, color, SD, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	Otros parámetros seleccionados
									2	Cu, Fe, Mo	
									3	--	
									4	Mn, Al	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Estero Coya	CO-TR-10	--	--	--	3	No hay	3	0	Cl, Ni, Se, RAS, SAAM, CT, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , color, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , DBO ₅	Resto de parámetros seleccionados
								1	--	
								2	CE, OD, SO ₄ ⁻² , Cu	
								4	pH, Mn, Al, SST, Aceites y grasas, S ²⁻ , HC, Sn, Fe	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Estero La Cadena	LC-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	DBO ₅ , CF, CT, CE, pH, Cl, As, Ni, Se, SD, RAS, color, SAAM, CN ⁻ , F ⁻ , plaguicidas	Otros parámetros seleccionados
								1	SO ₄ ⁻² , Zn	
								2	Mo, NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺	
								4	OD, Mn, Al, SST, Sn, S ²⁻ , Aceites y grasas, Fe	
Río Claro de Rengo	CL-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	0	1	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
								2	Mo, Al	
								3	--	
								4	Cu	

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Claro de Rengo	CL-TR-20	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	DBO ₅ , CF, CT, OD, pH, Cl, Zn, As, Ni, Se, RAS, NO ₂ ⁻ , SAAM, F ⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	CE, SO ₄ ⁻² , SD	
								3	HC	
								4	Mn, Al, SST, Aceites y grasas, S ²⁻	
Río Claro del Tinguiririca	CL-TR-30	--	(*)	Clase 1 a 3	--	1	1 (ver nota)	Otras clases	s/í	Todos parámetros seleccionados
Estero Zamorano	ZA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	DBO ₅ , CF, CT, NH ₄ ⁺ , CE, OD, pH, Cl, Zn, As, Ni, Se, SD, RAS, F ⁻ , SAAM, color, CN ⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								3	Al	
								4	Cu, SST, Aceites y grasas, S ²⁻	

Plaguicidas: Acido 2,4 D., Aldicarb, Atrazina + N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclofop-metil, Dimetoato, Paration, Pentaclorofenol, Simazina, Trifluralina

Nota: Se le asigna la clase de uso más exigente en el tramo, por no disponer de información de calidad de agua.

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Estero Alhué	AL-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	0	1	0	1	Mn	Otros parámetros seleccionados
								2	SO ₄ ⁻² , Cu, Al	
								3	Mo	
								4	SST	
	AL-TR-20	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	DBO ₅ , CF, CT, OD, pH, Cl, Fe, Zn, As, Ni, Se, RAS, SST, NH ₄ ⁺ , color, CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								3	Cu	
								4	CE, SO ₄ ⁻² , Mn, Mo, Al, SD, Sn	

Nota: Se le asigna la misma clase objetivo que la del tramo AL-TR-20 (tramo anterior), por el principio de solidaridad y continuidad.

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios	
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo		
Estero Chimbarongo	CH-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	DBO ₅ , CF, CT, CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , As, Ni, Se, RAS	Otros parámetros seleccionados	
								2	Fe, Zn, Mn		
								3	Cu, Al		
								4	SST		
	CH-TR-20	--	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	DBO ₅ , CF, CT, CE, OD, PH, SO ₄ ⁻² , Cl, As, Zn, Ni, Se, RAS, SD	Otros parámetros seleccionados
									2	Fe, Mn, Mo	
									3	Cu, Al	
									4	--	
									2	Mn, Al	
									3	Cu	
4	CE, SO ₄ ⁻² , Mo										

Rapel
176.

Tabla 6.2 (Continuación): Requerimientos de Calidad según Usos del Agua en la Cuenca del río Rapel

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Estero Carén	CR-TR-10	--	(*)	Clase 1 a 3	1	1	1	0	OD, pH, Cl ⁻ , Fe, Zn, As, Ni, Se, RAS, DBO ₅ , CF, SST	Otros parámetros seleccionados
Río Pangal	PA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	No hay	1	(ver nota)	Otras clases	s/í	Todos los parámetros seleccionados

Nota: Se le asigna la clase de uso más exigente en el tramo, por no disponer de información de calidad de agua.

6.3 Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo

Con el fin de presentar el Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo, se elabora para todos los parámetros obligatorios y para aquellos parámetros principales que poseen información que permite hacer una distinción estacional, una tabla que contiene la siguiente información:

- Nombre de la Estación de Monitoreo
- Valor estacional del parámetro
- Clase asignada estacionalmente
- Tramo en el que se ubica la estación de monitoreo
- Clase Objetivo del Tramo (obtenida desde Tabla 6.2)
- Valor del parámetro según el Instructivo para la Clase Objetivo del Tramo

Las tablas generadas en éste punto, para la cuenca del río Rapel se presentan en el anexo 6.1.

Rapel

178.

7. OTROS ASPECTOS RELEVANTES

7.1 Indice de Calidad de Agua Superficial

7.1.1 Antecedentes

La aplicación del ICAS para esta cuenca, se realiza según lo propuesto en la metodología.

El ICAS de la cuenca del Rapel, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos y Coliformes Fecales) y 8 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- Sólidos Disueltos
- Cloruro
- Sulfato
- Sulfuro
- Aceites y Grasas
- Hidrocarburos
- Cobre
- Hierro
- Manganeseo
- Molibdeno
- Zinc
- Aluminio
- Arsénico
- Coliformes Totales

Debido a que 5 de los parámetros seleccionados (Sólidos disueltos, sulfuro, aceites y grasas, hidrocarburos y coliformes totales), han sido estudiados en monitoreos realizados a zonas específicas de la cuenca por lo que sería de gran utilidad incorporarlos en el futuro al ICAS, en este momento no se considerarán, debido a la escasez de información para el resto de la cuenca.

7.1.2 Estimación del ICAS

Los resultados que se muestran en la tabla adjunta, son una estimación basada en la información de calidad de agua que se presenta en éste documento. Para aquellos parámetros obligatorios de los cuales no se dispone de información se utiliza para ciertas estaciones críticas de la cuenca información nivel 4 (muestreo descrito en el punto 4.2.3) y para las restantes, información nivel 5 (estimaciones realizadas por el consultor).

Tabla 7.1: Índice de Calidad de Aguas Superficiales para Calidad Actual

Estación de Muestreo	ICAS
Cachapoal en bocatoma Chacayes	82
Cachapoal en ribera sur	82
Cachapoal en pte Coinco	85
Cachapoal en pte Arqueado	86
Tinguiririca en los Olmos	92
Tinguiririca bajo los Briones	94
Rapel en Navidad	98
Cachapoal a/j Coya	80
Cachapoal en pte Codao	75
Cachapoal en pte Termas de Cauquenes	80
Coya a/j Cachapoal	67
La Cadena en desembocadura	58
La Cadena en pte Panamericana	66
Claro de Rengo en hacienda las Nieves	92
Claro de Rengo en pte Zúñiga	80
Claro de Rengo en Panamericana	88
Zamorano en Pencahue	91
Zamorano en Sn Vicente de T-T	84
Alhué a/j Carén	88
Alhué en Quilamuta	79
Chimbarongo en los Maquis	97
Chimabrongo en pte Huemul	90
Chimbarongo en Panamericana	91
Tinguiririca en Panamericana	88
Carén a/j Alhué	84
Embalse Rapel en el muro	96

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Rapel presenta variaciones de su calidad, debido a la fuerte influencia antrópica existente en la cuenca, sin embargo todos los cauces presentan calidades que varían entre Buena y Muy Buena, excepto

Rapel

180.

el estero Coya, debido a la existencia de la minera El Teniente que deteriora la calidad de este río, siendo de calidad Regular. La memoria de cálculo de la tabla se encuentra en anexo 7.1.

7.1.3 Estimación del ICAS objetivo

El Índice de Cumplimiento se basa en la estimación de un ICAS para la calidad objetivo asignada a cada tramo del río. La clase objetivo asignada a los segmentos donde se ubican las estaciones de muestreo aparece en la siguiente tabla:

Tabla 7.2: Clases Objetivos para cada Estación de Muestreo

Estación de Muestreo	Clase Objetivo
Cachapoal en bocatoma Chacayes	2
Cachapoal en ribera sur	2
Cachapoal en pte Cónico	2
Cachapoal en pte Arqueado	3
Tinguiririca en los Olmos	1
Tinguiririca bajo los Briones	0
Rapel en Navidad	1
Cachapoal a/j Coya	2
Cachapoal en pte Codao	3
Cachapoal en pte Termas de Cauquenes	2
Coya a/j Cachapoal	3
La Cadena en desembocadura	3
La Cadena en pte Panamericana	3
Claro de Rengo en hacienda las Nieves	0
Claro de Rengo en pte Zúñiga	2
Claro de Rengo en Panamericana	2
Zamorano en Pencahue	2
Zamorano en Sn Vicente de T-T	2
Alhué a/j Carén	0
Alhué en Quilamuta	2
Chimbarongo en los Maquis	1
Chimbarongo en pte Huemul	1
Chimbarongo en Panamericana	1
Tinguiririca en Panamericana	0
Carén a/j Alhué	1
Embalse Rapel en el muro	0

El cumplimiento de los valores de la clase objetivo por todos los parámetros permite el cálculo de un nuevo ICAS. Para ello, se consideran todos los parámetros que exceden el valor correspondiente a la clase objetivo y que son de origen antrópico. Partiendo de la premisa que es factible lograr el cumplimiento de la clase objetivo, se recalcula el ICAS tal como se muestra en la tabla 7.3.

Tabla 7.3: Índice de Calidad de Aguas Superficiales para Calidad Objetivo

Estación de Muestreo	ICAS
Est La Cadena en Desembocadura	61
Est La Cadena en pte Panamericana	69
Claro de Rengo en pte Zúñiga	81
Est Alhué a/j est Carén	89
Embalse Rapel en el Muro	97

Sólo se realizaron las estimaciones correspondientes a las estaciones de muestreo en que será necesario implementar una estrategia de cumplimiento. Las memorias de cálculo para el ICAS de calidad objetivo se encuentran en el anexo 7.2.

7.2 Programa de Monitoreo Futuro

La base del programa de monitoreo futuro (estándar) considera que su objetivo es la verificación de la norma secundaria y que las mediciones se efectuarán como complemento de la actual red de monitoreo de la DGA, situación que se materializa en definir los parámetros adicionales en cada estación existente y en agregar otras estaciones, si es estrictamente necesario. La metodología se encuentra descrita en la sección correspondiente y abarca desde la toma de muestras hasta el tratamiento de la información.

En conformidad a lo dispuesto en el Instructivo la frecuencia mínima de muestreo corresponderá a los cuatro períodos estacionales: Verano, Otoño, Invierno y Primavera.

El programa de monitoreo considera una primera fase, cuya duración es de tres años, en la frecuencia mínima, destinada a completar la Base de Datos Integrada (BDI), en aquellos parámetros que no disponen de suficiente información, midiendo simultáneamente parámetros seleccionados en todos los puntos de la red. Es decir, los parámetros incluyen a los seleccionados, los que no tienen datos y los que están condicionados por los límites de

Rapel

182.

detección analíticos. En particular, el alto costo de los análisis de compuestos orgánicos y orgánicos plaguicidas, obliga a plantear un monitoreo algo más restringido. Se proponen medir Grasas y Aceites, Detergentes e Hidrocarburos, y respecto de los plaguicidas cumplir con las recomendaciones del Anexo A9, sección 6.5.

Sobre la base de estos criterios esta cuenca incluye un monitoreo inicial con los siguientes parámetros:

- Parámetros Obligatorios: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos; Coliformes Fecales
- Parámetros Principales: Sólidos Disueltos, Amonio, Cianuro, Cloruro, Nitrito, Sulfato, Sulfuro, Aceite y Grasa, Hidrocarburos, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Estaño, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Boro, Cromo Total, Cadmio, Mercurio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Color Aparente
- Parámetros Orgánicos: Grasas y Aceites, Detergentes, Hidrocarburos
- Parámetros Orgánico Plaguicidas: Los del Instructivo, según Anexo A.9, Sección 6.5 (sólo dos años)

Para los parámetros con límites de detección se deberá tomar especial cuidado de utilizar métodos analíticos compatibles con los límites de la clase excepcional del Instructivo.

Dependiendo de los resultados de esta fase inicial, se procederá a actualizar la lista de parámetros seleccionados, que ya cuentan con una proposición basada en la información que el estudio ha analizado, continuando el monitoreo con estos parámetros en la frecuencia mínima en las estaciones de la siguiente tabla.

Tabla 7.4: Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo	Estero Coya a/ Cachapoal	Cachapoal en Pte. Coinco	Estero La Cadena a/ Cachapoal	Estero Zamorano en Pencahue	Cachapoal en Pte. Arqueado	Estero Alhué en Quillamuta	Tinguiririca en Los Olmos	Rapel en Navidad
	COD_SEG	0600CO20	0601CA40	0601LC10	0601ZA10	0601CA60	0604AL30	0603TI40	0605RA30
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS									
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O	O	O	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O	O	O
RAS									
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendedos	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
INORGANICOS									
Amonio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cianuro	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Nitrito	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
ORGANICOS									
A y G	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Bifenilos policlorados (PCBs)	µg/l								
Detergentes (SAAM)	mg/l								
I de Fenol	µg/l								
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	µg/l								
Hidrocarburos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Tetracloroetano	mg/l								
Tolueno	mg/l								
METALES ESCENCIALES									
Boro	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Níquel	µg/l								
Selenio	µg/l								
Zinc	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
METALES NO ESCENCIALES									
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS									
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL

Parámetro	Simbología
Obligatorio	O
Principal	PPL
Sin información	S/I
En límite de detección	LD

7.3 Sistema de Información Geográfico

La Base de Datos que ha sido integrada al SIG es representada en las siguientes láminas:

- 1940-RAP-01: Usos del suelo
- 1940-RAP-02: Estaciones de medición y usos del agua
- 1940-RAP-03: Calidad objetivo

7.4 Referencias Bibliográficas

Referencia	Título del Informe
2.1	BCN, Biblioteca del Congreso Nacional http://www.bcn.cl
2.2	UNIVERSIDAD de CHILE.. Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile; Ediciones Lom. 1999
2.3	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile. 1987.
2.4	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.
2.5	VOLCANES Activos de Chile http://povi.org/chile.htm
2.6	MOP; Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.7	DAMES & MOORE. Análisis de la Información Histórica, Hidrológica y de la calidad del Agua para la Evaluación de Descargas de Aguas Residuales e Industriales en la cuenca del río Rapel. 1993.
2.8	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria 1994.
2.9	CADE-IDEPE. Estudio de Impacto Ambiental Ruta 66 Camino de la Fruta. Informe de Avance N° 5 y 6. Febrero 2001.
2.10	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.11	ARCADIS GEOTECNICA. Diagnóstico de Calidad del Agua del río Cachapoal. Informe Final Etapa I. 2001.
2.12	CONAF - CONAMA. Catastro de Bosque Nativo.
2.13	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.14	CONAMA, Comisión Nacional del medio Ambiente http://www.conama.cl
3.1	RICARDO EDWARDS- INGENIEROS LTDA. Estudio de Síntesis de Catastros de usuarios de agua e infraestructura de aprovechamiento, Octubre 1991.
3.2	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. Estadísticas del Medio Ambiente 1998-2002
3.3	IPLA Ltda. Análisis uso actual y futuro de los recursos hídricos de Chile, 1996.