

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 LIMARÍ

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.....	8
2.2.4	Geomorfología.....	9
2.2.5	Suelos	10
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Río Limarí.....	11
2.3.1	Flora terrestre y acuática	11
2.3.2	Fauna acuática	12
2.4	Sistemas Humanos.....	13
2.4.1	Asentamientos humanos	13
2.4.2	Actividades económicas	14
2.5	Usos del Suelo	14
2.5.1	Uso agrícola.....	15
2.5.2	Uso forestal.....	16
2.5.3	Uso urbano.....	16
2.5.4	Áreas silvestres Protegidas y Conservación de la Biodiversidad.....	17
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	19
3.1	Información Fluviométrica.....	19
3.2	Usos del Agua.....	22
3.2.1	Usos in – situ	22
3.2.2	Usos extractivos.....	23
3.2.3	Biodiversidad.....	25
3.2.4	Usos ancestrales.....	26
3.2.5	Conclusiones.....	26

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	29
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	29
3.3.2	Residuos industriales líquidos	33
3.3.3	Contaminación Difusa	37
3.4	Datos de Calidad de Aguas	38
3.4.1	Fuentes de Información	38
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	41
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	43
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	43
4.1.1	Análisis por estación	43
4.1.2	Conclusiones	62
4.2	Análisis de la Calidad del Agua	63
4.2.1	Selección de parámetros	64
4.2.2	Análisis de tendencia central	67
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE	70
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	71
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	72
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	82
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES	89
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	89
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua	97
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	100
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	108
5.4.1	Conductividad eléctrica	110
5.4.2	RAS	111
5.4.3	Cloruros	111
5.4.4	Sulfatos	111
5.4.5	Boro	111

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.6	Cobre	112
5.4.7	Hierro.....	112
5.4.8	Manganeso.....	113
5.4.9	Selenio	113
5.4.10	Aluminio.....	114
5.4.11	Falencias de información.....	114
5.4.12	Conclusiones.....	115
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS	117
6.1	Establecimiento de Tramos	117
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	119
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	124
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES	125
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	125
7.1.1	Antecedentes.....	125
7.1.2	Estimación del ICAS	126
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo.....	126
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	127
7.3	Sistema de Información Geográfico.....	131
7.4	Referencias	131

ANEXOS

Anexo 3.1 :	Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Limarí
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 de Clase Actual y Objetivo de la Cuenca del Río Limarí
Anexo 7.1:	Indice de Calidad Actual Cuenca del Río Limarí

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca hidrográfica del río Limarí está ubicada en la IV Región de Coquimbo, se sitúa entre los valles de los ríos Elqui por el norte y Choapa por el sur. Se extiende aproximadamente entre los 30°15' y 31°20' de latitud sur, abarcando una superficie aproximada de 11.800 km².

El río Limarí se forma por la unión de los ríos Grande y Hurtado, de los cuales el primero tiene una hoya hidrográfica mayor. En efecto, el río Grande, que drena la parte sur de la cuenca hidrográfica del Limarí, tiene una hoya más de dos veces superior a la del Hurtado.

Ambos ríos nacen en partes de la cordillera donde las cumbres alcanzan en promedio hasta los 4.500 m s.n.m. y reciben una abundante precipitación nival.

El río Hurtado no tiene afluentes de importancia y constituye el único y gran dren de la parte norte de la cuenca del Limarí. En su curso inferior está emplazado el embalse Recoleta, con capacidad útil de 100 millones m³.

El río Grande recibe una serie de afluentes de importancia, entre los cuales cabe mencionar: el río Rapel (con sus afluentes Palomo y Molles), el río Mostazal y el río Guatulame (con sus afluentes Cambarbalá, Pama y Cogotí). El escurrimiento del Guatulame está regulado por el embalse Cogotí de 150 millones m³ de capacidad.

En la confluencia del río Guatulame con el río Grande se encuentra el embalse La Paloma, con un volumen de regulación de 750 millones m³.

Los ríos Grande y Hurtado se juntan aproximadamente 4 km, aguas arriba de la ciudad de Ovalle. A partir de la confluencia de ambos toma el nombre de río Limarí, el que luego de recorrer alrededor de 60 kms desemboca al mar en la localidad denominada Punta Limarí.

Entre la ciudad de Ovalle y su desembocadura, el río Limarí recibe dos afluentes de escasa importancia, ellos son los esteros Ingenio por el norte y Punitaqui por el sur, teniendo ambos sus orígenes en la cordillera de la Costa.

Limarí

2.

Desde Ovalle hacia el mar, el río Limarí corre por valles muy abiertos, fuerte y repetidamente aterrizados, en donde se presentan muy buenas tierras de cultivo. Al acercarse al mar, el valle se estrecha notablemente y entrega sus aguas por un cauce de más o menos 500 m de ancho.

Los cauces incluidos en el estudio son los siguientes:

- Río Limarí
- Río Cogotí
- Río Grande
- Río Mostazal
- Río Hurtado
- Estero Punitaqui
- Río Rapel
- Río Guatulame
- Río Tascadero
- Río Molles
- Río Pama
- Río Combarbalá

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 Limarí 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 de Bocatoma 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 Limarí es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en la lámina 1940-LIM-02.

Limarí

4.

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

CUENCA RIO LIMARÍ					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Termina en:
0450	RÍO HURTADO	HU	1	0450 -HU -10	NACIENTE RIO HURTADO	EST. CALIDAD RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN
0450	RÍO HURTADO	HU	2	0450 -HU -20	EST. CALIDAD RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	EST. CALIDAD RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE
0450	RÍO HURTADO	HU	3	0450 -HU -30	EST. CALIDAD RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	ENTRADA EMBALSE RECOLETA
0450	RÍO HURTADO	HU	4	0450 -HU -40	SALIDA EMBALSE RECOLETA	CONFLUENCIA RIO GRANDE
0451	RÍO GRANDE	GR	1	0451 -GR -10	NACIENTE RIO GRANDE	EST. CALIDAD RIO GRANDE EN LAS RAMADAS
0451	RÍO GRANDE	GR	2	0451 -GR -20	EST. CALIDAD RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	CONFLUENCIA RIO TASCADERO
0451	RÍO GRANDE	GR	3	0451 -GR -30	CONFLUENCIA RIO TASCADERO	CONFLUENCIA RIO MOSTAZAL
0451	RÍO GRANDE	GR	4	0451 -GR -40	CONFLUENCIA RIO MOSTAZAL	CONFLUENCIA RIO RAPEL
0451	RÍO TASCADERO	TA	1	0451 -TA -10	NACIENTE RIO TASCADERO	CONFLUENCIA RIO GRANDE
0451	RÍO MOSTAZAL	MO	1	0451 -MO -10	NACIENTE RIO MOSTAZAL	EST. CALIDAD RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA
0451	RÍO MOSTAZAL	MO	2	0451 -MO -20	EST. CALIDAD RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	CONFLUENCIA RIO GRANDE
0452	RÍO LOS MOLLES	LM	1	0452 -LM -10	NACIENTE RIO LOS MOLLES	EST. FLUVIOMETRICA RIO LOS MOLLES EN OJOS DEL AGUA
0452	RÍO LOS MOLLES	LM	2	0452 -LM -20	EST. FLUVIOMETRICA RIO LOS MOLLES EN OJOS DEL AGUA	EST. CALIDAD RIO RAPEL EN EL PALOMO
0452	RÍO RAPEL	RA	1	0452 -RA -10	EST. CALIDAD RIO RAPEL EN EL PALOMO	CONFLUENCIA RIO GRANDE
0452	RÍO GRANDE	GR	1	0452 -GR -10	CONFLUENCIA RIO RAPEL	ENTRADA EMBALSE LA PALOMA EN RIO GRANDE
0453	RÍO COMBARBALA	CB	1	0453 -CB -10	NACIENTE RIO COMBARBALA	EST. CALIDAD RIO COMBARBALA EN RAMADILLA
0453	RÍO COMBARBALA	CB	2	0453 -CB -20	EST. CALIDAD RIO COMBARBALA EN RAMADILLA	CONFLUENCIA RIO PAMA
0453	RÍO PAMA	PA	1	0453 -PA -10	NACIENTE RIO PAMA	CONFLUENCIA RIO COMBARBALA
0453	RÍO PAMA	PA	2	0453 -PA -20	CONFLUENCIA RIO COMBARBALA	ENTRADA EMBALSE COGOTIEN RIO PAMA
0453	RÍO COGOTI	CO	1	0453 -CO -10	NACIENTE RIO COGOTI	EST. CALIDAD RIO COGOTIEN FRAGUITA
0453	RÍO COGOTI	CO	2	0453 -CO -20	EST. CALIDAD RIO COGOTI EN FRAGUITA	ENTRADA EMBALSE COGOTI
0453	RÍO COGOTI	CO	3	0453 -CO -30	SALIDA EMBALSE COGOTI	JUNTA QUEBRADA CARCAMO
0453	RÍO GUATULAME	GU	1	0453 -GU -10	JUNTA QUEBRADA CARCAMO	ENTRADA EMBALSE LA PALOMA
0454	RÍO GRANDE	GR	1	0454 -GR -10	SALIDA EMBALSE LA PALOMA	CONFLUENCIA RIO HURTADO
0455	RÍO LMARI	LI	1	0455 -LI -10	CONFLUENCIA RIO HURTADO Y RIO GRANDE	CONFLUENCIA ESTERO PUNITAQUI
0455	RÍO LMARI	LI	2	0455 -LI -20	CONFLUENCIA ESTERO PUNITAQUI	DESEMBOLCADURA
0455	Estero PUNITAQUI	PU	1	0455 -PU -10	NACIENTE ESTERO PUNITAQUI	EST. CALIDAD ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI
0455	Estero PUNITAQUI	PU	2	0455 -PU -20	EST. CALIDAD ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	CONFLUENCIA CON RIO LMARI

2.2 Sistema Físico - Natural

2.2.1 Clima

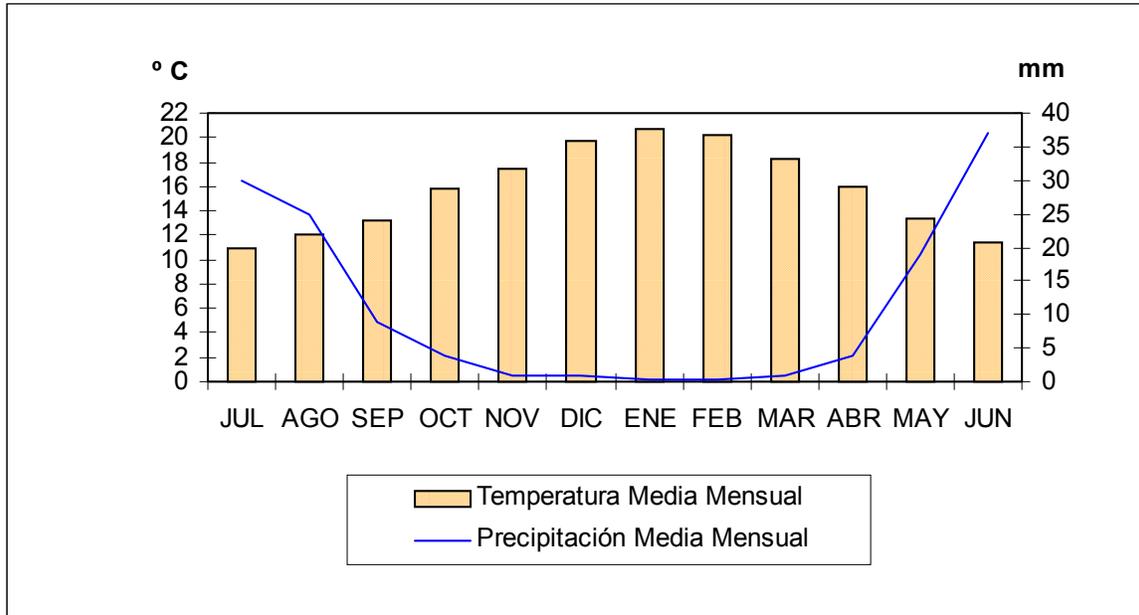
La cuenca del río Limarí, presenta tres tipos climáticos, el Semiárido con nublados abundantes, Semiárido templado con lluvias invernales y Semiárido Frío con lluvias invernales.

- a) Clima Semiárido con nublados abundantes: se presenta a lo largo de toda la costa. Su influencia llega hasta el interior hasta 40km, por medio de los valles transversales y quebradas. Su mayor característica es la abundante nubosidad; humedad, temperaturas moderadas, con un promedio de precipitaciones de 130 mm anuales con un período seco de 8 a 9 meses.
- b) Clima Semiárido templado con lluvias invernales: este clima se sitúa en el valle del río Limarí, caracterizándose por ser un clima seco en el cual la evaporación es superior a la precipitación y donde no hay excedentes hídricos. Sus temperaturas medias anuales son inferiores a 18°C.
- c) Clima Semiárido Frío con lluvias invernales: este clima se localiza en la Cordillera de Los Andes sobre los 3.000 metros de altitud con características de altas precipitaciones, temperaturas bajas y nieves permanentes que constituyen un aporte significativo de agua en el período estival.

En general, esta cuenca se encuentra bajo la influencia de un bioclima con escasez de precipitaciones y durante nueve meses del año presenta déficit hídrico.

La estación agroclimática Ovalle registra una temperatura media anual de 16,6°C, con una mínima de 9,4°C y una máxima de 23,8°C. La precipitación media anual es de 10,5 mm y el total de agua caída por año alcanza a 125,7 mm. [Ref. 2.1] [Ref. 2.2]

En el siguiente diagrama climático (Figura 2.1), se presentan los montos de precipitación y temperaturas medias mensuales del río Limarí en el sector de Embalse La Paloma.



[Ref. 2.3]

Figura 2.1: Diagrama Ombrotérmico, sector Embalse La Paloma río Limarí

2.2.2 Geología y volcanismo

Todos los cauces se encuentran sobre formaciones geológicas constituida por depósitos no consolidados y rellenos de depósitos fluviales; gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Los alrededores de los cauces presentan una amplia variedad de formaciones geológicas, siendo las más importantes desde el punto de vista de calidad de agua, las siguientes [Ref. 2.4]:

- Subcuenca del río Guatulame

Rocas Kibg de tipo intrusivas del Cretácico Inferior bajo. Monzodioritas y dioritas de piroxeno, hornenda y biotita, granodioritas y tonalitas. Mineralizaciones de Fe.

- Zona Central de la Cuenca

Rocas JK3 de tipo Volcánicas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Secuencias volcánica, lavas, basálticas a riolíticos, domos brechas y aglomerados andesíticos a dacíticos con intercalaciones clásticas continentales y marinas.

- Subcuencas de río Grande Alto y Medio

Rocas Kiag de tipo Intrusivas del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzodioritas de hornblenda y biotita. Asociados a mineralización de Fe, Cu, Au.

- Quebrada Chacacos

Rocas Ki2c de tipo Volcano-Sedimentarias del Cretácico Inferior -Cretácico Superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, conglomerados de areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil.

- Sector río Ponio

Rocas Ki2c de tipo Volcano-Sedimentarias del Cretácico Inferior -Cretácico Superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, conglomerados de areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil.

- Parte Alta río Hurtado

Rocas PEG de tipo Intrusivas del Paleoceno- Eoceno. Monzodioritas de piroxeno y biotita, granodioritas y monzodioritas de hornblenda y biotita, dioritas, grabos y pórfidos riolíticos y dacíticos, asociados a mineralización de Cu-Au.

- Quebrada Flamenco

Rocas PEG de tipo Intrusivas del Paleoceno- Eoceno. Monzodioritas de piroxeno y biotita, granodioritas y monzodioritas de hornblenda y biotita, dioritas, grabos y pórfidos riolíticos y dacíticos, asociados a mineralización de Cu-Au.

No existe influencia volcánica en esta cuenca.

Limarí

8.

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrográfica del río Limarí se extiende desde la latitud 30°09' por el norte hasta la latitud 31°22' por el sur.

En la parte alta destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de rocas plutónicas e hipabisales del Paleozoico Plutónico, de muy baja permeabilidad hidráulica. En la sección media, predominan las rocas volcánico – sedimentarias del cretácico – Terciario con algunas intrusiones de Terciarias plutónicas de muy baja permeabilidad. Las características de impermeabilidad de las rocas origina que el acuífero escurra paralelo a los cursos de agua.

Destacan claramente tres escurrimientos: uno en dirección SW que escurre paralelo al río Hurtado con profundidades freáticas que van de los 2 a los 3,6 m, hasta las cercanías de la localidad de Ovalle.

En dirección NWW (por un lecho de rocas sedimentario – volcánicas del Cretácico Terciario mixto y Plutónicas del Terciario) escurre un acuífero paralelo al río Grande hasta la confluencia con el río Hurtado en Ovalle. Destacan los bajos niveles freáticos de los acuíferos que van desde lo 17 a lo 4,5 m.

En dirección SN escurre el último acuífero paralelo al río Combarbalá hasta el Embalse La Paloma por un lecho de rocas impermeable constituido de rocas sedimento – volcánicas con profundidades freáticas de 3 a 1,5.

Desde la confluencia del Limarí con el Hurtado a la altura de Ovalle hasta la desembocadura el acuífero escurre en dirección SWW por un lecho de depósitos no consolidadas y rellenos hasta el sector de Barraza, lugar donde atraviesa un lecho de rocas plutónicas del Jurásico hasta la desembocadura al mar con profundidades que van desde los 3,1 a 1,21 m. [Ref. 2.5]

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

Limarí

10.

De esta forma, dentro de la unidad de Las Sierras Transversales del Tronco Maestro Andino, se encuentran los afluentes de este valle que son el río Hurtado por el nor – oriente. Este río se encuentra regulado por el Embalse Recoleta en su curso medio y a pocos kilómetros de la unión de éste con el río Grande para formar el río Limarí, en las cercanías de la ciudad de Ovalle.

El segundo río es el río Grande que recibe la afluencia de numerosos cauces menores; es así como el río Mostazal, prolongación oriental de éste, orienta su cauce en eje EW, es el primer valle que se puede llamar con propiedad como transversal, ya que mantiene tal disposición geométrica desde sus nacientes hasta la salida al mar, recibiendo en su curso interior el nombre de Limarí. Al norte del río Mostazal se desplaza en el mismo eje, la cordillera Doña Rosa con alturas superiores a lo 4.000 m.

Más al sur los pequeños afluentes que bajan de la cordillera troncal hacia el río Grande orientan cordones de alturas en el sentido EW; tal es el caso de los cerros de Las Vegas Negras, divisoria entre los río Colorado y Tulahuencillo.

El afluente meridional del río Grande es el río Cogotí, en donde el macizo cordillerano se restringe a su menor ancho, donde desaparecen los cordones transversales altos bien constituidos que se presentaban en la región al interior de Ovalle. [Ref . 2.1]

2.2.5 Suelos

En la parte central de la Provincia del Limarí predominan los suelos pardocalcálicos de pH neutro o ligeramente alcalino. En el fondo de los valles y sus terrazas aledañas se desarrollan suelos donde la salinidad no tiene carácter restrictivo, representando un buen potencial desde el punto de vista agrícola. Predominan los limos y sedimentos recientes en contraposición a los suelos de las terrazas superiores, que son más arcillosos.

Los suelos que se han formado en las terrazas más bajas y en la caja del río Limarí, son poco evolucionados, de reducida profundidad y presentan limitaciones para el cultivo a causa de su baja fertilidad natural, siendo el nitrógeno el elemento crítico.

Aquellos suelos formados a partir de los depósitos antiguos de las terrazas altas, han alcanzado un mayor grado de evolución y sus características presentan una gran diversidad espacial. Sin embargo, tienen como característica general un alto contenido de arcilla, lo que les hace aparecer como densos y por lo tanto con limitaciones para su manejo.

Estos suelos tienen profundidades variables, pero pueden ser definidos como moderadamente profundos, en general. Su fertilidad natural varía de baja a media y presentan problemas para la penetración de las raíces, por la presencia de lentes de arcilla y de un hardpan calcáreo. Esta capa endurecida aparece a profundidades que varían entre los 30 y los 70 cm. La misma textura fina impone condiciones de drenaje interno deficiente en la mayoría de los casos. [Ref. 2.1]

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Río Limarí

2.3.1 Flora terrestre y acuática

Al interior de esta cuenca se pueden diferenciar cinco formaciones vegetacionales que representan a tres regiones ecológicas:

- **Desierto Florido de las Serranías (Región del Desierto):** Encuentra su límite de distribución sur al norte de La Serena, adquiere en esta zona su máximo desarrollo, debido al efecto del aumento latitudinal de las precipitaciones. La comunidad representativa sigue siendo la de *Bulnesia chilensis*, *Adesmia argentea* y *Balsamocarpon brevifolium*, con sus elementos acompañantes característicos.
- **Matorral Estepario Costero (Región del Matorral y Bosque Esclerófilo):** Presenta fuerte influencia de neblinas; dominan los matorrales de *Ademia micorphylla*, *Cassia coquimbensis*, *Heliotropum stenophyllum* y *Fuchsia lycioides*, con presencia ocasional de especies amenazadas como *Myrcianthes coquimbensis* (en Peligro), *Porlieria chilensis* (Vulnerable), *Carica chilensis* (Vulnerable) *Aextoxicon punctatum* (Vulnerable) y *Myrceugenia correifolia* (Rara).
- **Matorral Estepario Interior (Región del Matorral y Bosque Esclerófilo):** Es característico por la presencia de comunidades dominadas por *Flourensia thurifera* y *Bridgesia incisaefolia*, que ocupan los llanos y las serranías interiores, sin influencia directa de las neblinas costeras y por lo tanto con un carácter más xerofítico de la vegetación, penetrando aquí algunos elementos del desierto en categoría de amenaza (e.g. *Cordia decandra*, *Krameria cistoidea*, *Prosopis chilensis*). Las formaciones anteriormente

Limarí

12.

descritas se encuentran bajo la influencia de un bioclima de tipo mediterráneo desértico oceánico.

- Estepa Arbustiva de la Precordillera y Estepa Altoandina de Coquimbo (Región de la Estepa Altoandina): Se encuentran en un bioclima mediterráneo xérico continental, siendo la fisionomía dominante de la vegetación, la de un matorral bajo y abierto, donde son representativas las comunidades con *Adesmia hystrix* y *Stipa chrysophylla* en los pisos bajos (Estepa Arbustiva de la Precordillera) y con *Adesmia echinus* y *Adesmia aegiceras* en los pisos superiores (Estepa Altoandina de Coquimbo) (Squeo et al. 1994). Esta última formación es característica por la presencia de plantas en cojín, entre las cuales se encuentra *Laretia acaulis* (Vulnerable).

La flora acuática presente en la cuenca del río Limarí, se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 2.2: Flora acuática presente en la cuenca del río Limarí

SUBCUENCA	ESPECIE
Río Hurtado	Clorófitas en forma escasa, <i>Zannichellia</i> y <i>Cladophora</i> .
Río Grande	<i>Zannichellia</i> , clorófitas, <i>Myriophyllum</i> y <i>Jussiaea</i> (baja abundancia).
Río Cogotí	<i>Jussiaea</i> y <i>Cladophora</i> .
Combarbalá	Clorófitas.
Río Guatulame	Clorófitas y <i>Jussiaea</i>
Esteros Punitaqui	Clorófitas, <i>Jussiaea</i> y <i>Zannichellia</i> .
Río Limarí (desde junta río Grande y río Hurtado hasta Salala)	<i>Myriophyllum</i> <i>Zannichellia</i> <i>Cladophora</i> .

[Ref. 2.6]

La flora acuática pese a que se conoce su presencia en este sistema, ésta no ha sido descrita en forma sistemática.

2.3.2 Fauna acuática

Sólo dos especies de peces nativos han sido citados para esta cuenca, ambas en categorías con problemas de conservación. La Tabla 2.3 señala los peces y su estado de conservación.

Tabla 2.3: Fauna Íctica presente en el río Limarí

ESPECIE	ORIGEN	Estado de Conservación
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Endémico	P
<i>Trichomyterus areolatus</i>	Endémico	V

P: peligro de extinción; V: vulnerable.

[Ref. 2.1]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca del río Limarí forma parte de la IV Región de Coquimbo, abarcando la provincia de Limarí y las comunas de Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, Punitaqui y Río Hurtado. La cuenca posee una superficie de 1.176.000 Ha equivalentes al 3% de la Región.

La ciudad emplazada en la cuenca corresponde a Ovalle, capital de la provincia de Limarí y entre las principales localidades según el número de habitantes que se emplazan en la cuenca, se pueden mencionar las siguientes:

Tabla 2.4: Población Total de la cuenca del río Limarí

Nombre Asentamiento	Población Total 2002	Población Total Urbana 2002	Cauce asociado a Localidad
Ovalle	98.089	73.790	Río Limarí
Monte Patria	30.276	13.340	Río Mostazal
Combarbalá	13.483	5.494	Río Cogoti
Punitaqui	9.539	3.615	Estero Punitaqui

[Ref 2.7]

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

Limarí

14.

2.4.2 Actividades económicas

El sistema hidrográfico formado por el río Limarí y sus afluentes es el más importante del norte chico desde el punto de vista de la agricultura, ya que con sus aguas se riegan más de 70.000 ha, incluyendo aquellas que se sirven con los embalses La Paloma, Cogotí y Recoleta.

El Valle del Limarí, debido a su disponibilidad de suelos y aguas de riego, cuenta con una amplia diversidad de cultivos. En este valle se presentan importantes superficies de praderas bajo riego, específicamente establecidas en las terrazas altas, que permiten la existencia de ganadería mayor. Además, existe una abundante actividad hortícola, con alta especialización en cultivos de tomate y pimentón para primores, entre los más destacados, a los que se incorpora alta tecnología de riego y de manejo, mediante el empleo de goteo, invernaderos y otros.

Este valle también presenta una importante superficie de viñas, orientada principalmente a la elaboración de pisco; y recientemente se ha producido una notable incorporación de vides para uva de mesa.

Las terrazas señaladas se encuentran en su mayor parte bajo riego artificial y se practican en ellas cultivos extensivos, especialmente empastadas y gramíneas. En el fondo de la caja, en cambio, entre Ovalle y la Carretera Panamericana, se encuentran los mejores suelos de migajón, aprovechados en cultivos más intensivos como hortalizas, frutales y chacras.

Entre las explotaciones mineras de mayor valor se pueden mencionar algunas explotaciones de plata y cobre, además de yacimientos no metálicos entre los que destaca el de lapislázuli.

2.5 Usos del Suelo

La información referente a los Usos del Suelo en la cuenca se presenta en la lámina 1940-LIM-01 y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2.5: Clasificación Usos del suelo Cuenca del río Limarí

Cuenca del río Limarí (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
1.180.000	Praderas	93	0,01
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	80.011	7
	Plantaciones forestales	0	0
	Áreas urbanas e industriales	396	0,03
	Minería Industrial	< 156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	115	0,01
	Otros Usos*	883.777	75
	Áreas sin vegetación	215.608	18

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. [Ref. 2.8]

De acuerdo a los límites y escalas para las distintas Macroregiones consideradas en el Catastro del Bosque Nativo, se tienen que para la Macroregión I (regiones administrativas I, II, III IV), la mínima unidad cartografiada corresponde a 156,25 há. Por ello, no es posible cartográficamente representar en la lámina 1940-LIM-01 el uso de suelo minero.

2.5.1 Uso agrícola

El uso del suelo de tipo agrícola en la cuenca comprende 80.011 Ha equivalentes al 7% de la superficie total.

Los terrenos agrícolas se presentan principalmente en el valle del río Limarí en el sector de la ciudad de Ovalle y aguas abajo de esta la localidad hasta el Estero Punitaqui, donde alcanzan las mayores superficies.

En la subcuenca del río Hurtado aguas abajo del embalse Recoleta hasta la confluencia con el río Grande, también se presentan superficies de terrenos agrícolas siendo éstas muy reducidas en comparación a las existentes en el valle del cauce principal de la cuenca. Estas superficies agrícolas se encuentran únicamente en los sectores aledaños a las terrazas fluviales del cauce del río Hurtado.

Limarí

16.

Al igual que en el río Hurtado, en las subcuencas del río Mostazal y río Grande aguas arriba del Embalse La Paloma, también se presentan superficies de terrenos muy reducidos.

Según los antecedentes existentes al año 1997 (VI Censo Nacional Agropecuario), la provincia del Limarí posee terrenos agrícolas destinados principalmente a cultivos de forrajeras anuales y permanentes, frutales, hortalizas, viñas y parronales viníferos.

El sector agrícola más extenso e importante según los tipos de cultivos anteriores, se localiza en las comunas de Ovalle, Monte Patria y Combarbalá, destacando las superficies de cultivos de forrajeras anuales y permanentes en la comuna de Ovalle; la superficie cultivada de frutales, viñas y parronales viníferos en la comuna de Monte Patria y los cultivos de frutales en Combarbalá. [Ref. 2.8] [Ref. 2.9].

2.5.2 Uso forestal

Este tipo de uso del suelo, no se presenta en la cuenca. [Ref. 2.8]

2.5.3 Uso urbano

El uso del suelo de tipo urbano en la cuenca, alcanza las 396 Ha equivalentes al 0,03% de la superficie total. La población urbana, se concentra mayoritariamente en la ciudad de Ovalle y en la localidad de Monte Patria. La población urbana total estimada de la cuenca emplazada en los principales centros urbanos, es de 96.239 habitantes según censo del año 2002.

El centro urbano más importante de la zona, está representado por la ciudad de Ovalle que posee un total urbano de 73.790 habitantes, equivalentes al 77% de la población total urbana de la cuenca (según censo 2002). La ciudad se emplaza en la ribera norte del río Limarí, próximo a la confluencia de este con los ríos Hurtado y Grande. La actividad económica principal en la ciudad es la agricultura y fruticultura.

La superficie de la cuenca destinada a la actividad minera, es reducida (menor a 156,25 ha) pero de gran importancia económica. Esta actividad, se concentra principalmente en las subcuencas de los ríos Combarbalá y río Hurtado donde los principales minerales explotados corresponden al cobre y plata. La minera Panulcillo jilial de la Empresa Nacional

de Minería, opera la planta la cocinera. Es la última es una planta de flotación de cobre, oro y plata ubicada cerca de la ciudad de Ovalle.

Entre las explotaciones mineras de mayor valor se pueden mencionar algunas explotaciones de plata y cobre, además de yacimientos no metálicos entre los que destaca el de lapislázuli.

2.5.4 Áreas silvestres Protegidas y Conservación de la Biodiversidad

Las Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE) que se emplazan en la cuenca, corresponden al Parque Nacional Fray Jorge y Monumento Natural Pichasca. La superficie total abarcada por estos sitios es de 10.087 Ha.

Tabla 2.6: Áreas Silvestres bajo Protección Oficial

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
P.N. Fray Jorge	9.959	Localizado al norte de la desembocadura del río Limarí. Es uno de los más importantes del país, debido a que protege uno de los fenómenos vegetacionales más interesantes de Chile: la existencia de un bosque Higrófilo (de gran humedad) rodeado por una zona semidesértica. Especies de formación boscosa de carácter relictivo: olivillo, naranjillo, canelo y arrayán.
M.N. Pichasca	128	Ubicado al noreste de Ovalle. Protege en una superficie de bosques petrificados a lo largo del río Hurtado que tienen una antigüedad de más de 70 millones de años (formados durante el período Cretácico Superior). También existen hallazgos de huesos de dinosaurios vertebrados en conjunto con corazas de tortugas.

[Ref. 2.10]

Otros sitios de interés en la cuenca del río Limarí son presentados en la tabla

2.7

Tabla 2.7: Otros sitios de Interés

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
El Durazno – El Quillay – Valle Hermoso	1.907	<p>Se trata de un área que incluye a tres sitios interesantes, las cuales se localizan en la precordillera al este de Combarbalá, en un ámbito que combina ambientes de interfluvio, valles fluviales y media montaña.</p> <p>Zona con alto endemismo pero con una baja densidad de especies. Flora en peligro de extinción (Pulpica y Snadillón) y vulnerable (Maitén, Guayacán, Quillay, Senecio y Talhuena). Zona de pristinidad media.</p>
Cuesta El Espino	221,1	<p>Zona con presencia de Canelo Chequen que es una especie en peligro de extinción y de distribución restringida. Flora en peligro de extinción (Canelo, Lun, Cebollin) y vulnerable (Sandillón, Bío Bío, Haplopapus, Quillay, Guayacán, Algarrobo y Talhuena). Zona de pristinidad media.</p>

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 río Limarí es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Limarí

Nombre	Período de Registro
RÍO MOSTAZAL EN CUESTECITA	1969 - 2002
RÍO LOS MOLLES EN OJOS DE AGUA	1970 - 2002
RÍO TASCADERO EN DESEMBOCADURA	1962 - 2002
RÍO COGOTÍ EN FRAGUITA	1971 - 2002
RÍO COMBARBALÁ EN RAMADILLA	1976 - 2002
RÍO HURTADO EN SAN AGUSTÍN	1963 - 2002
RÍO GRANDE EN CUYANO	1960 - 2002
RÍO GRANDE EN LAS RAMADAS	1961 - 2000
RÍO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	1960 - 2001
RÍO COGOTÍ EN ENTRADA EMBALSE COGOTÍ	1960 - 2001
RÍO RAPEL EN JUNTA	1960 - 2001
RÍO GRANDE EN PUNTILLA DE SAN JUAN	1960 - 2002
RÍO MOSTAZAL EN CARÉN	1972 - 2001
RÍO LIMARÍ EN PANAMERICANA	1960 - 2001
RÍO PAMA EN VALLE HERMOSO	1987 - 2001
RÍO GUATULAME EN EL TOME	1963 - 2002
ESTERO PUNITAQUI ANTES JUNTA RÍO LIMARÍ	1963 – 1977 y 1994 - 2001

El río Limarí se forma de la reunión de los ríos Grande y Hurtado 3 km al oriente de la ciudad de Ovalle, a 260 m s.n.m. El río Hurtado proviene desde el norte y drena una hoya de 2230 km², en cambio el río Grande, el más importante afluente del Limarí, proviene desde el suroriente, drenando una hoya de 7461 km². El río Grande recibe importantes tributarios, como los ríos Tascadero, Mostazal, Rapel y Guatulame, donde en la

Limarí

20.

unión con éste último se ubica el Embalse La Paloma, que tiene una capacidad de 750 millones de metros cúbicos.

El régimen del río Limarí es nivo – pluvial, ya que, sin embargo en sus afluentes de cabecera se aprecia un claro régimen nival, en la parte baja de algunos la influencia pluvial se hace importante, hasta el punto que el último afluente de importancia del Limarí antes de su desembocadura, el estero Punitaqui, presenta un claro régimen pluvial. El régimen nival se puede apreciar en la mayoría de sus afluentes y subafluentes de importancia, como los ríos Hurtado, Los Molles, Grande, Mostazal, Tascadero, Cogotí, Combarbalá y Pama. El régimen nivo – pluvial se observa en la parte baja del río Grande, del Cogotí y del Limarí. Se aprecia un régimen mixto en la parte baja del río Guatulame.

Para el análisis hidrológico se han considerado cuatro grupos de estaciones fluviométricas, ya que se aprecian cuatro regímenes de importancia. El primer grupo es el de régimen nival, el segundo es de régimen nivo – pluvial, el tercero es mixto y el cuarto es pluvial, donde los dos últimos sólo cuentan con una estación.

- Grupo1; Régimen Nival: Este grupo está compuesto por la mayoría de las estaciones fluviométricas de esta cuenca. Estas estaciones se ubican en los principales afluentes y subafluentes de río Limarí, tanto en la subcuenca del Hurtado como en la del Grande. Contiene las estaciones fluviométricas ubicadas en los ríos Hurtado, Los Molles, Mostazal, Grande, Tascadero, Cogotí, Combarbalá y Pama.
- Grupo2; Régimen Nivo – Pluvial: Este grupo está formado por las estaciones fluviométricas ubicadas en la baja de los ríos Grande, Cogotí y Limarí. Estas estaciones muestran influencia nival y pluvial, aunque los aportes nivales son más importantes.
- Grupo3; Régimen Mixto: Este grupo lo forma sólo una estación fluviométrica, ya que presenta un régimen claramente distinto al resto de las estaciones. Esta estación se ubica en la parte baja del río Guatulame, inmediatamente antes de su desembocadura en el embalse La Paloma.
- Grupo4; Régimen Pluvial: Este grupo lo conforma sólo una estación, estero Punitaqui antes junta Río Limarí. Esta estación muestra un claro régimen pluvial, ya que al estar ubicada en este estero, el que drena una

superficie ubicada en la parte baja de la cuenca del Limarí, sólo recibe aportes pluviales.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Nival	RÍO MOSTAZAL EN CUESTECITA
2		RÍO LOS MOLLES EN OJOS DE AGUA
3		RÍO TASCADERO EN DESEMBOCADURA
4		RÍO COGOTÍ EN FRAGUITA
5		RÍO COMBARBALÁ EN RAMADILLA
6		RÍO HURTADO EN SAN AGUSTÍN
7		RÍO GRANDE EN CUYANO
8		RÍO GRANDE EN LAS RAMADAS
9		RÍO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE
10		RÍO RAPEL EN JUNTA
11		RÍO MOSTAZAL EN CARÉN
12		RÍO PAMA EN VALLE HERMOSO
13	Nivo – Pluvial	RÍO COGOTÍ EN ENTRADA EMBALSE COGOTÍ
14		RÍO GRANDE EN PUNTILLA DE SAN JUAN
15		RÍO LIMARÍ EN PANAMERICANA
16	Mixto	RÍO GUATULAME EN EL TOME
17	Pluvial	ESTERO PUNITAQUI ANTES JUNTA RÍO LIMARÍ

Para poder completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas incompletas se utilizó principalmente una estación patrón, Río Grande en Cuyano, la cual contaba con una estadística extensa y muy completa. Para algunas estaciones en particular se usaron estaciones cercanas o del mismo cauce como estaciones patrones, Río Combarbalá en Ramadilla, Cogotí en Fragueta y Hurtado en San Agustín.

Para el caso particular de la estación estero Punitaqui antes junta Río Limarí, por ser una estación con un comportamiento hidrológico muy distinto al resto de las estaciones de esta cuenca, se debió correlacionar con una estación fluviométrica de una cuenca vecina, la estación Estero Camisas en desembocadura de la cuenca del Choapa, la cual presenta un comportamiento similar.

La estadística completada y extendida utilizada para el análisis de frecuencia de esta cuenca se encuentra en el anexo 3.1, indicándose los valores que corresponden a estimaciones realizadas 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.
- Catastro Bosque Nativo CONAF – CONAMA.
- “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad IV Región de Coquimbo”, 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.

En esta cuenca no existen zonas donde se desarrolle esta práctica.

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 Limarí cuenta con 466 canales y 3 embalses mayores dentro de su infraestructura de riego. De 7.398 usuarios, 1.679 están organizados en 3 asociaciones de Canalistas y 15 comunidades de aguas. Existen en la cuenca 3 juntas de vigilancia para los ríos Grande, Rapel y Cogotí.

Las demandas brutas y netas de agua destinada a riego en la cuenca correspondiente en 1997 a 790.840.000 m³/año y 724.402.000 m³/año.

Considerando que en el futuro se proyecta un aumento en la tecnología y eficiencia de los sistemas de riego de frutales y viñas pisqueras, se puede estimar que para el

Limarí

24.

año 2017 la demanda bruta alcanzaría los 647.601.000 m³/año y la Neta mantendría el valor actual. [Ref. 3.1]

Los cultivos más relevantes de la cuenca son las praderas artificiales, frutales y cereales.

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.

Las demandas brutas y netas de agua potable al año 1997 alcanzaban los 163.4 /(l/s) y 114.8 (l/s) respectivamente. [Ref. 3.1]

En términos de ubicación, sólo se han detectado dos fuentes superficiales de agua potable: Una en el río Combarbalá y otra en la parte alta del río Limarí.

c) Generación de energía eléctrica

En esta cuenca se ubica la central Los Molles, que aprovecha las aguas del río del mismo nombre, y tiene un caudal de diseño de 1,86 m³/s.

d) Actividad industrial

Las actuales demandas de agua para uso industrial, principalmente para la producción de pisco, alcanzan aproximadamente a 31 l/s en el año 1996 [Ref. 3.2]

La planta más importante se ubica a un lado del río Grande entre el embalse La Paloma y la confluencia con el río Hurtado.

No se dispone de más antecedentes que permitan asignar estos usos cauces específicos, por lo que no se incluye en la tabla 3.4.

e) Actividad minera

En la actualidad un 3% de la demanda de agua por la minería se realiza sobre recursos hídricos superficiales. En la siguiente tabla se indican los derechos de agua otorgados al sector minero:

Tabla 3.3: Demandas mineras de la cuenca del río Limarí (l/s)

Nombre	Año	Fuente	Derechos (l/s)
Soc. Legal Minero Montes Grandes	1970	Río Mostazal	2
Cía. Minera Punitaqui	1942	Estero Punitaqui	15

[Ref. 3.2]

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 Limarí existen dos áreas contempladas por el SNASPE:

- Monumento Natural Pichasca: Es una importante zona arqueológica y paleontológica, donde se destacan los fósiles y restos de vegetales, la cual fue antiguo asiento de la población incaica.
- Parque Nacional Bosque Fray Jorge: Presenta un fenómeno natural extraordinario; un bosque, tipo valdiviano, en una zona desértica costera.

En cuanto a la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad IV Región de Coquimbo”, los sitios prioritarios de conservación de biodiversidad son:

- El Durazno – El Quillay – Valle Hermoso: Área que destaca por la combinación de ambientes de interfluvio, valles fluviales y media montaña.
- Cuesta El Espino: Zona que destaca por la presencia de Canelo Chequen, especie en peligro de extinción.

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-LIM-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 3.4, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

La tabla 3.4 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 3.4: Usos de agua por Segmento en la Cuenca del Limarí

Cauce	Segmento	Usos in situ			Extractivos				Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Hurtado	0450HU10			•						
	0450HU20			•					•	
	0450HU30			•						
	0450HU40			•						
Río Los Molles	0452LM10			•						
	0452LM20			•		•				
Río Rapel	0452RA10			•						
Río Mostazal	0451MO10			•				+		
	0451MO20			•						
Río Grande	0451GR10			•						
	0451GR20			•						
	0451GR30			•						
	0451GR40			•						
	0452GR10			•						
	0454GR10			•				•		
Río Tascadero	0451TA10			•						
Río Cogotí	0453CO10			•					•	
	0453CO20			•					•	
	0453CO30			•						

Tabla 3.4 (Continuación): Usos por Segmento en la Cuenca del Limarí

+ Con los antecedentes disponibles no es posible asignar los usos a un segmentos específico.

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

Limarí

28.

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Combarbala	0453CB10			•	•				•	
	0453CB20			•					•	
Río Pama	0453PA10			•						
	0453PA20									
Río Guatulame	0453GU10			•						
Estero Punitaqui	0455PU10			•				+		
	0455PU20			•						
Río Limarí	0455LI10			•	•					
	0455LI20								•	

[Ref 3.2], [Ref. 3.3]

+ Con los antecedentes disponibles no es posible asignar los usos a un segmentos específico.

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

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del río Limarí posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 110.035 habitantes. Esta población incluye a la ciudad de Ovalle, así como los poblados de Combarbalá, Monte Patria, El Palqui, Chañaral Alto, Punitaqui y Sotaqui.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 92% (101.121 habitantes) posee servicios de agua potable y alcantarillado. Esto refleja que un grupo importante de población urbana es atendida con estos servicios por la empresa sanitaria ESSCO.

La empresa sanitaria además de los servicios anteriores, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. Según estimaciones al año 2002 (SISS), la ciudad de Ovalle posee 99,5% de cobertura en el tratamiento de aguas servidas. Las localidades de Combarbalá, Punitaqui y Chañaral Alto poseen coberturas superiores al 86%, mientras que Monte Patria, Sotaqui y El Palqui poseen coberturas que no superan el 79%.

Se estima que al año 2005, en la ciudad de Ovalle no se incrementará la cobertura de tratamiento de las aguas servidas, mientras que en los poblados menores como El Palqui, Monte Patria y Sotaqui, se proyectan incrementos que varían entre 10 y 19% en la cobertura de tratamiento. Las proyecciones para las localidades de Combarbalá, Chañaral Alto y Punitaqui, estiman incrementos variables entre 0,1 y 3,2%.

A continuación, en la tabla 3.5 se incluye información referente a la empresa de servicios sanitarios que opera 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.

Limari

30.

Tabla 3.5: Descargas de Aguas Servidas

Localidad Atendida	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	Nombre Planta	Caudal (L/S)	DBO ₅ (mg/l)	pH	Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Fe disuelto (mg/l)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)
Chañaral Alto	0453CO30	Río Cogotí	ESCCO	86	3.776	3.238	SI	Lodos Activados Chñaral Alto	6,0	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Combarbalá	0453CB20	río Combarbalá	ESCCO	98	7.773	7.616	SI	Laguna Aireada Combarbala	14,1	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
El Palqui	0452GR10	río Grande	ESCCO	56,5	4.866	2.128	SI	Laguna Aireada El Palqui	3,9	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	2.400
Monte Patria	0452GR10	río Grande	ESCCO	78,5	6.741	4.730	SI	Laguna Aireada Monte Patria	8,8	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	>1.600
Ovalle	0455LI10	río Limarí	ESCCO	99,5	80.547	78.790	SI	Laguna de Estabilización Ovalle	145,9	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Punitaqui	0455PU10	Estero Punitaqui	ESCCO	86,8	3.609	2.930	SI	Laguna de Estabilización Punitaqui	5,4	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	96
Sotaqui	0454GR10	río Grande	ESCCO	75	2.723	1.689	SI	Lodos Activados Sotaqui	3,1	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03

NOTAS:

- La información de población Total y saneada, corresponde a una estimación al año 2001 realizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Las concentraciones de los parámetros característicos de las aguas servidas debe ser proporcionada por la empresa sanitaria ESSCO. 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 la empresa de servicios sanitarios, 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 información asociada a coberturas, población y plantas de tratamiento, ha sido proporcionada por la SISS.
- Los datos de coniformes fecales para las localidades de El Palqui, Monte Patria y Punitaqui han sido proporcionadas por el Servicio Agrícola Ganadero. Esta información está disponible en el informe Estadística Anual de Muestras Hídricas período 1999.

Limarí

32.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

En la cuenca del río Limarí la principal actividad económica corresponde a la actividad agrícola (industrial – pisquera). El valle del Limarí presenta una superficie importante de viñas, orientada principalmente a la elaboración de pisco; y recientemente se ha producido una notable incorporación de vides para uva de mesa.

Una industria relacionada a la actividad anterior, es la planta Capel Serón Río Hurtado, que se encuentra ubicada en la comuna de Río Hurtado, provincia de Limarí. Esta corresponde a una planta vendimiadora y destiladora de pisco, por lo tanto se puede asumir que sus efluentes tienen un importante componente orgánico.

La minería, es una actividad económica menor en la cuenca, pero que se logra desarrollar en el sector precordillerano. Este sector es un área pobre en recursos mineros, registrando sólo pequeños yacimientos de cobre, plata y polimetálicos explotados principalmente por la pequeña y mediana minería.

En la tabla siguiente, se incluye información acerca de las industrias que se localizan en la cuenca, sus cargas contaminantes, la localización del establecimiento industrial, entre otros.

Limari

34.

Tabla 3.6: Residuos Industriales Líquidos

INDUSTRIA	COMUNA	DESCARGA	SEGMENTO ASOCIADO A LA DESCARGA	CUERPO RECEPTOR	CIU	Caudal (L/s)	pH	T (°C)	SS	S. Totales	Aceites y Grasas	HC	DBO ₅	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH ₄	Pb	SO ₄	Zn	PE	B	Al	Mn	CE (mS/cm)	
Capel Serón, Río Hurtado	Río Hurtado	Nd	Nd	Nd	31321	Nd	7,9		*	1.468		*						<10						118,6							1.780
Capel Punitaqui	Punitaqui	Nd	Nd	Nd	31321	Nd	*		*			*																			
Capel Sotaqui	Ovalle	Nd	Nd	Nd	31321	Nd	*		*			*																			
Control Sotaqui	Ovalle	Nd	Nd	Nd	31321	Nd	*		*			*																			
Control Monte Patria	Monte Patria	Nd	Nd	Nd	31321	Nd	*		*			*																			

NOTAS:

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

Limari

36.

3.3.3 Contaminación Difusa

Aplicando la metodología de la contaminación difusa para las subcuencas 0450, 0451, 0452, 0453, 0454 y 0455 del río Limarí, se puede concluir que potencialmente existen algunos compuestos activos que podrían estar sobre el valor establecido de clase 1 en el IP. Estos serían: Aldicarb, Carbofurano, Dimetoato, Captán, Simazina, Trifluralina, Clorotalonil, 2,4-D, Dicoflop-Metil y Atrazina. Dado que la agricultura de la zona es realizada por pequeños agricultores, se estima que la aplicación de este tipo de productos es mucho menor. En el anexo 3.2 se encuentra un estudio de estimación de contaminantes.

Se realizó un muestreo puntual de plaguicidas en el río Guatulame en el Tomé (Octubre 2003), cuyos valores se encuentran contenidos en el capítulo 4.2.4 y sus análisis posteriormente en el capítulo 5.2.

Dada la naturaleza de ser una muestra puntual, estos resultados por tanto no son concluyentes, pero si pueden entregar una orientación o permiten tener un orden de magnitud de la contaminación por plaguicidas en el río Limarí.

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 Limarí son las siguientes:

- a) Monitoreo de Calidad de aguas de la DGA, periodo de registro desde 1981-2002.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Limarí				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Limarí					
Después Embalse Paloma (*)	NO	11	7	1981	2
En Barraza (*)	NO	14	8	1982-1983	5
En Panamericana	SI	33	21	1981-2002	52
En Peñones Bajos (*)	NO	32	21	1983-2000	12
En Puntilla de Ovalle (*)	NO	13	8	1981-1982	2
En San Julián (*)	NO	19	11	1985-1989	11
Río Hurtado					
En Angostura de Pangué	SI	33	21	1985-2002	42
En entrada Embalse Recoleta (*)	NO	12	7	1983	1
En salida Embalse Recoleta (*)	NO	12	7	1982	1
En San Agustín	SI	33	21	1985-2002	41
Río Combarbalá					
Después Planta Enami (*)	NO	15	9	1981-1983	6
En Camino Punitaqui (*)	NO	19	13	1985-1989	6
En Combarbalá (*)	NO	16	10	1981-1983	5
En Ramadillas	SI	33	21	1982-2002	40

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Limarí				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Grande					
En Las Ramadas	SI	33	21	1985-2002	44
En Paloma 1 (*)	NO	12	7	1986	1
En Puntilla San Juan	NO	31	21	1982-2002	48
Río Cogote					
En entrada Embalse Cogoti	SI	33	21	1981-2002	45
En Fragueta	SI	32	21	1985-2002	44
Río Rapel					
Antes junta Río Grande (*)	NO	14	8	1982-1983	5
En Palomo	NO	33	21	1985-2002	40
Estero Punitaqui					
En Punitaqui	NO	33	21	1993-2002	19
Río Mostazal					
En Huestecita	SI	33	21	1985-2002	44
Río Guatulame					
En El Tome	SI	33	21	1981-2002	48
Río Pama					
Antes Embalse Cogoti (*)	NO	30	19	1982-2000	6
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

Limarí

40.

b) Programa de Muestreos del SAG

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO SAG					
Cuenca		Río Limarí			
Cauces monitoreados		N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Hurtado					
Minera Panulcillo (aguas arriba descarga)		7	7	2001-2002	5
Minera Panulcillo (aguas abajo descarga)		7	7	2001-2002	5
Capel Río Hurtado (aguas arriba descarga)		4	4	1999	1
Capel Río Hurtado (aguas abajo descarga)		4	4	1999	1
Guatulame					
Essco El Palqui (aguas abajo descarga)		1	1	1999	1
Río Grande					
Essco Montepatria (aguas abajo descarga)		1	1	1999	1
Estero Punitaqui					
Essco Punitaqui (aguas abajo descarga)		1	1	1999	1
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores fisico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas	NO		
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos	SI		
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	NO		
• Metales no esenciales	NO	• Otros parámetros no normados	NO		

c) 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 Limarí, se llegó a eliminar un porcentaje inferior al 0,1 % de los datos. Todo esto permite confirmar la validez de los datos contenidos en la red de monitoreo de la DGA para esta cuenca.

- 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.

- 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 Limarí se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: cromo (<10 μ g/l), molibdeno (<0.01 mg/l), mercurio (<1 μ g/l) y plomo (<0.01 mg/l) y. Por lo tanto, estos parámetros no son posibles de considerar en posteriores análisis de la calidad del agua de la cuenca.

Limarí

42.

La Base de Datos Depurada que contiene la información disponible para análisis de la cuenca del río Limarí, se presenta en la forma de un archivo digital en el anexo 3.3.

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca del Hurtado

- Hurtado en San Agustín

Se ubica en la cabecera del río Hurtado, a 2035 m s.n.m. Se encuentra aguas arriba de los primeros canales de riego del valle, por lo que sus registros representan fielmente el régimen natural del río.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se presentan los caudales medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia, es posible observar que esta estación muestra un régimen netamente nival, con sus mayores caudales entre octubre y enero, producto de deshielos. Muestra muy poca influencia pluvial, salvo en el caso de años muy secos, en los cuales los caudales son muy uniformes a lo largo del año, presentándose los mayores entre julio y septiembre, producto de lluvias invernales

Tabla 4.1: Río Hurtado en San Agustín (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	4.474	3.844	3.303	2.891	3.412	4.236	10.194	16.846	24.323	16.419	7.451	5.269
10	3.567	3.142	2.802	2.538	2.916	3.620	6.727	10.296	13.420	9.741	5.466	4.079
20	2.710	2.462	2.295	2.160	2.410	2.978	4.154	5.766	6.647	5.272	3.756	2.991
50	1.604	1.544	1.568	1.563	1.674	2.008	1.843	2.102	1.965	1.826	1.833	1.653
85	0.840	0.869	0.981	1.010	1.069	1.147	0.924	0.862	0.723	0.744	0.758	0.796
95	0.575	0.620	0.745	0.757	0.821	0.756	0.736	0.646	0.554	0.569	0.451	0.519
Dist	L2	L2	L2	L3	L2	G	L3	L3	L3	L3	L2	L2

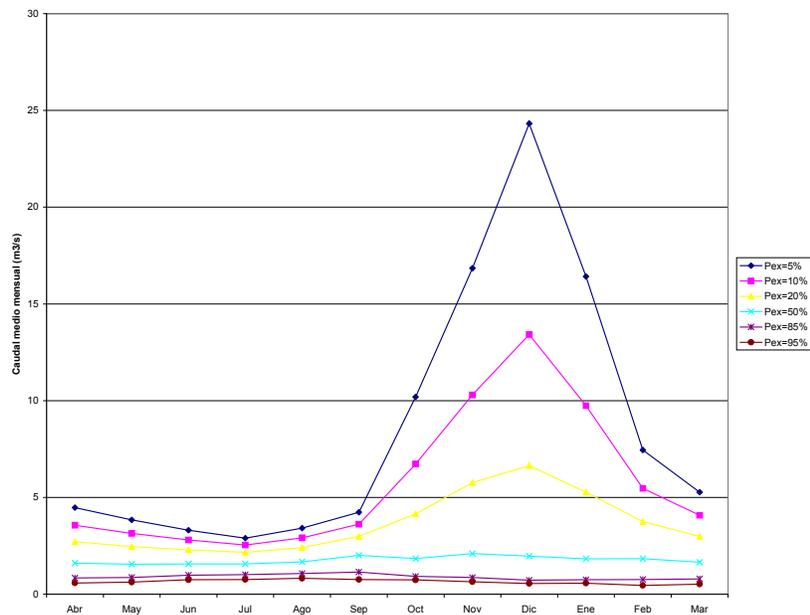


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Hurtado en San Agustín

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

- **Hurtado en Angostura de Pangué**

Esta estación se encuentra en el río Hurtado, 25 km aguas abajo de La Cortadera y 10 km aguas arriba de la entrada al embalse Recoleta, a 485 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se muestra que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera y verano, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y enero, mientras que los menores lo hacen entre abril y septiembre.

En años secos se hacen más importantes los aportes pluviales, ya que los mayores caudales ocurren entre junio y agosto, producto de lluvias invernales.

Tabla 4.2: Río Hurtado en Angostura de Pangué (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	6.806	6.573	4.844	8.274	7.005	6.876	13.022	23.666	31.733	17.380	9.852	8.980
10	4.449	4.801	3.993	6.204	5.379	5.015	7.381	11.634	14.349	8.346	5.084	4.648
20	2.659	3.282	3.144	4.378	3.905	3.422	3.747	4.922	5.490	3.444	2.287	2.109
50	0.994	1.586	1.951	2.248	2.118	1.649	1.098	0.951	0.881	0.656	0.507	0.495
85	0.296	0.648	1.016	0.989	0.997	0.671	0.336	0.126	0.100	0.112	0.092	0.120
95	0.145	0.383	0.651	0.611	0.641	0.395	0.222	0.038	0.033	0.058	0.042	0.076
Dist	L2	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L2	L3	L3	L3	L3

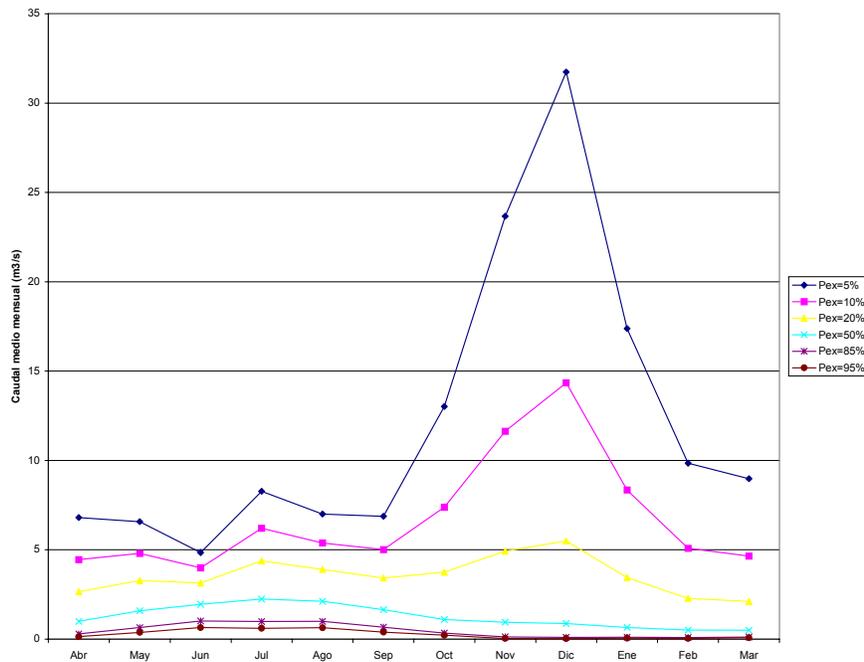


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río Hurtado en San Agustín

- b) Subcuenca del Grande
 - Los Molles en Ojos de Agua

Esta estación se encuentra en el río Los Molles, aguas arriba de la confluencia del río Claro, y unos 3 km aguas abajo de la bocatoma del canal de aducción de la Central Los Molles. La estación está a una elevación de 2355 m s.n.m.

Debido a que los caudales captados por el Canal Central Los Molles son bastante mayores a los que se registran en el río, es necesario naturalizar los caudales de esta estación, de manera de poder obtener el régimen natural del río. Para realizar esto se suman los caudales medios mensuales registrados en esta estación con los de la estación ubicada en el Canal Central Los Molles.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se observa que el régimen natural de esta estación es nival, ya que los mayores caudales se producen en meses de primavera y verano, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre octubre y febrero, mientras que los menores lo hacen entre abril y septiembre.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores que no superan los 450 l/s.

Tabla 4.3: Río Los Molles en Ojos de Agua (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.669	1.235	1.023	0.752	0.975	1.253	3.156	4.612	5.637	4.228	2.843	1.926
10	1.191	0.941	0.834	0.671	0.860	1.108	2.160	2.918	3.411	2.612	1.899	1.360
20	0.812	0.693	0.663	0.587	0.741	0.946	1.399	1.713	1.892	1.492	1.192	0.915
50	0.438	0.427	0.453	0.460	0.561	0.680	0.686	0.697	0.689	0.583	0.548	0.480
85	0.265	0.286	0.320	0.347	0.401	0.428	0.383	0.330	0.294	0.274	0.286	0.284
95	0.225	0.248	0.277	0.296	0.328	0.315	0.317	0.261	0.227	0.220	0.231	0.238
Dist	L3	L3	L3	G	G	G2	L3	L3	L3	L3	L3	L3

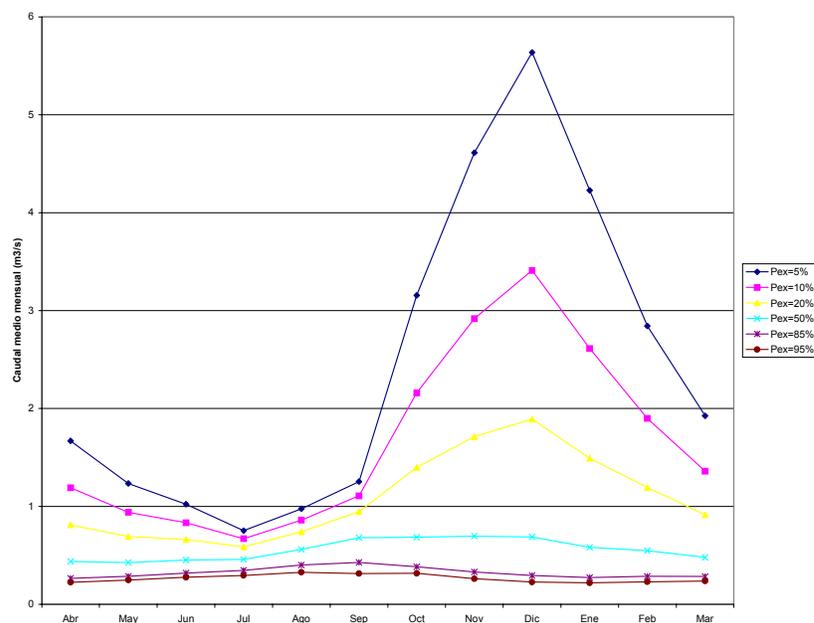


Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Los Molles en Ojos de Agua

- Rapel en Junta

Se ubica en el río Rapel, poco antes de su desembocadura en el río Grande, a 485 m s.n.m.

En la tabla 4.4 y figura 4.4 es posible observar que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y diciembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y octubre.

En años secos los caudales permanecen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores inferiores a 100 l/s, salvo entre los meses de junio y agosto, cuando se observan leves aumentos que no superan los 700 l/s.

Tabla 4.4: Río Rapel en Junta (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	8.098	7.387	4.836	4.525	5.940	7.424	8.231	25.735	29.523	13.407	6.390	5.900
10	3.484	3.926	3.549	3.755	4.174	4.126	4.014	8.562	9.324	4.248	2.266	2.325
20	1.258	1.826	2.422	2.953	2.710	2.025	1.682	2.262	2.313	1.060	0.650	0.756
50	0.186	0.423	1.123	1.741	1.158	0.518	0.319	0.185	0.169	0.082	0.067	0.095
85	0.025	0.070	0.368	0.665	0.364	0.095	0.041	0.017	0.015	0.012	0.012	0.015
95	0.013	0.024	0.145	0.177	0.156	0.034	0.012	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010
Dist	L3	L2	L3	G	L3	L3	L2	L3	L3	L3	L3	L3

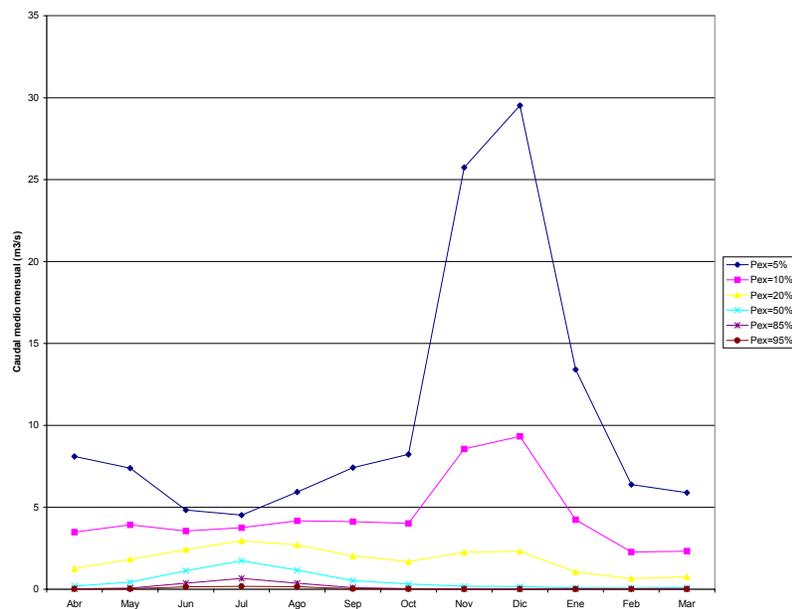


Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Río Rapel en Junta

- Mostazal en Cuestecita

Se ubica en el río Mostazal, aguas abajo de la junta con el río San Miguel, a 1250 m s.n.m.

En la tabla 4.5 y figura 4.5 se presentan las curvas de variación estacional, las que muestran un régimen netamente nival, con los mayores caudales producto de aportes nivales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y enero, producto de los deshielos, mientras que los menores se presentan entre mayo y julio.

En años secos los caudales se presentan muy bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a 600 l/s.

Tabla 4.5: Río Mostazal en Cuestecita (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.926	1.973	1.752	2.018	3.410	4.215	8.748	14.625	18.569	7.811	3.537	3.096
10	1.936	1.586	1.498	1.676	2.461	3.211	5.946	9.192	10.131	4.736	2.513	2.084
20	1.204	1.217	1.233	1.338	1.688	2.310	3.725	5.238	4.879	2.614	1.662	1.312
50	0.552	0.734	0.833	0.870	0.890	1.231	1.524	1.786	1.240	0.903	0.754	0.590
85	0.296	0.394	0.478	0.512	0.497	0.567	0.507	0.475	0.270	0.326	0.285	0.284
95	0.244	0.273	0.317	0.375	0.398	0.360	0.265	0.218	0.138	0.226	0.161	0.218
Dist	L3	L2	G	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L3

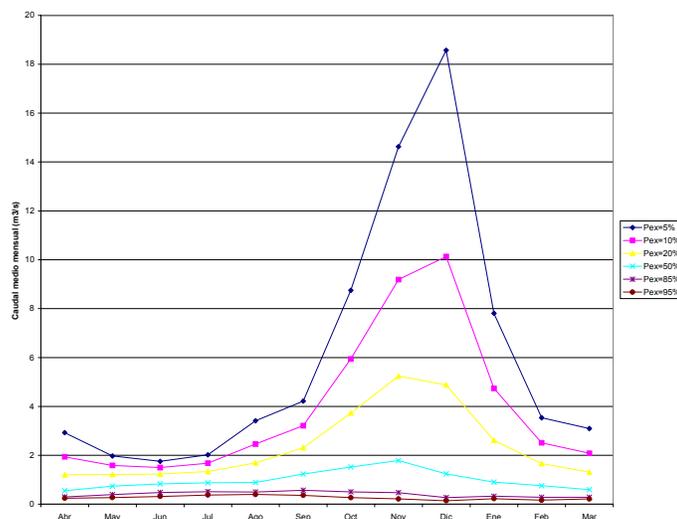


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Río Mostazal en Cuestecita

- Mostazal en Carén

Se ubica en el río Mostazal, inmediatamente antes de su desembocadura en el río Grande, a 1250 m s.n.m.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se puede observar que esta estación presenta un régimen nival, con los mayores caudales en primavera, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y diciembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y junio.

En años secos los caudales se presentan bajísimos a lo largo del año, con valores menores a 50 l/s, salvo leves aumentos entre junio y agosto que no superan los 350 l/s.

Tabla 4.6: Río Mostazal en Carén (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.467	4.770	3.801	6.324	11.639	10.071	18.575	27.747	22.755	12.441	4.127	2.796
10	1.299	2.377	2.540	4.328	6.319	5.175	8.228	11.607	9.259	4.940	1.950	1.426
20	0.597	1.022	1.549	2.722	3.015	2.310	3.070	4.040	3.117	1.618	0.786	0.631
50	0.135	0.204	0.581	1.093	0.733	0.494	0.465	0.536	0.388	0.198	0.139	0.133
85	0.022	0.028	0.143	0.314	0.128	0.074	0.046	0.045	0.030	0.023	0.016	0.020
95	0.007	0.009	0.041	0.123	0.046	0.024	0.012	0.010	0.007	0.012	0.005	0.006
Dist	L2	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L2	L3	L2	L2

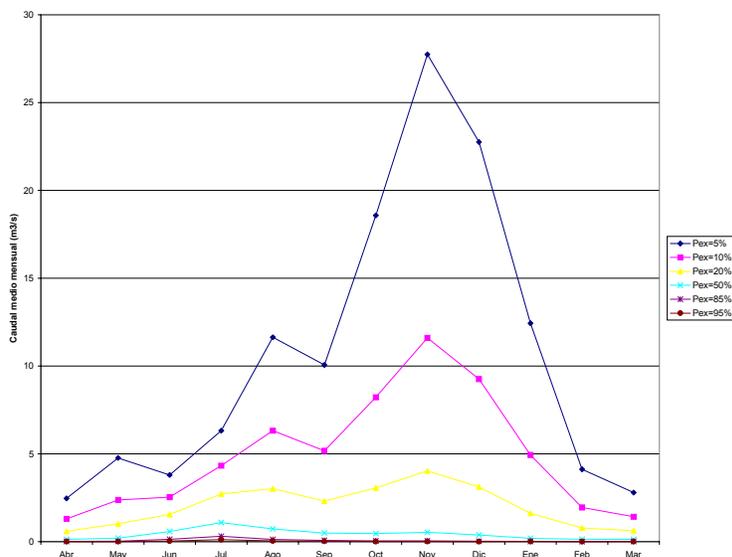


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Río Mostazal en Carén

- Tascadero en Desembocadura

Esta estación se ubica en el río Tascadero, justo antes de la junta con el río Grande, a 1370 m s.n.m.

En la tabla 4.7 y figura 4.7 es posible observar que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera y verano, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y enero, mientras que los menores lo hacen entre febrero y agosto.

En años secos los caudales se presentan muy bajos a lo largo de todo el año, con valores que no superan los 350 l/s.

Tabla 4.7: Río Tascadero en Desembocadura (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.347	1.484	1.621	2.326	2.960	6.469	10.064	20.704	24.991	7.452	1.951	1.412
10	0.970	1.096	1.250	1.764	2.177	3.957	6.210	11.357	11.379	3.785	1.339	0.981
20	0.651	0.755	0.912	1.262	1.500	2.207	3.461	5.488	4.407	1.677	0.848	0.632
50	0.304	0.360	0.500	0.665	0.737	0.774	1.132	1.365	0.754	0.374	0.352	0.272
85	0.119	0.128	0.238	0.302	0.307	0.280	0.286	0.246	0.128	0.084	0.116	0.096
95	0.069	0.059	0.154	0.190	0.183	0.192	0.127	0.090	0.074	0.051	0.058	0.052
Dist	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L2	L2	L3	L3	L3	L2

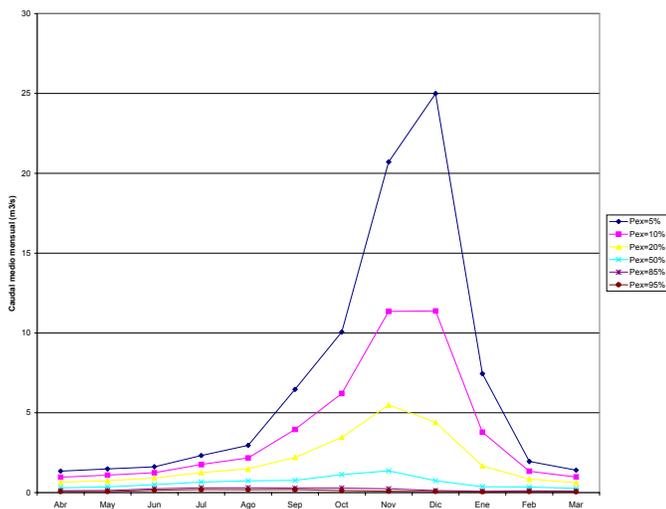


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Río Tascadero en Desembocadura

- Grande en Las Ramadas

Se ubica en el río Grande, inmediatamente aguas arriba de la confluencia del río Turbio, a 1380 m s.n.m.

En la tabla 4.8 y figura 4.8 se observa que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre octubre y diciembre, producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre febrero y junio.

En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.8: Río Grande en Las Ramadas (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	4.298	3.728	3.920	9.612	12.768	10.774	24.994	40.984	39.309	15.433	6.736	5.888
10	3.558	3.176	3.393	6.647	8.617	8.259	17.480	26.465	22.241	9.929	5.196	4.292
20	2.830	2.616	2.848	4.370	5.434	5.985	11.336	15.581	11.288	5.896	3.795	2.982
50	1.827	1.805	2.038	2.217	2.433	3.234	4.954	5.661	3.351	2.341	2.081	1.612
85	1.065	1.143	1.349	1.291	1.148	1.515	1.787	1.627	1.084	0.969	0.993	0.925
95	0.776	0.874	1.059	1.086	0.865	0.971	0.982	0.782	0.751	0.696	0.643	0.749
Dist	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L3

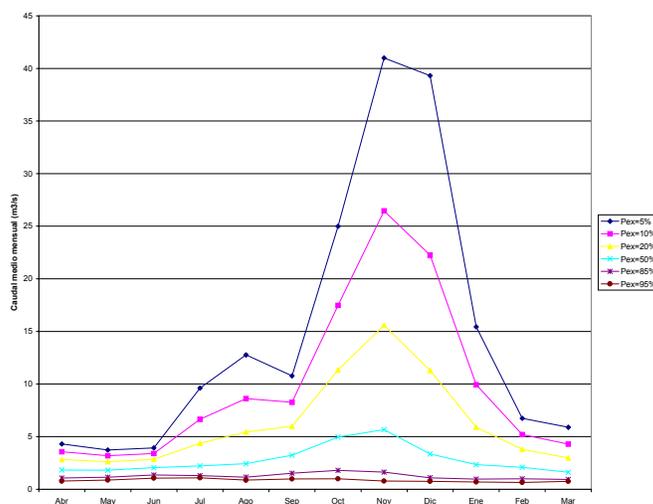


Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Río Grande en Las Ramadas

- Grande en el Cuyano

Esta estación se encuentra en el río Grande, unos 26 km aguas abajo de la estación en Las Ramadas, a 870 m s.n.m.

En la tabla 4.9 y figura 4.9 se muestra que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y diciembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y mayo.

En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme a lo largo del año, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.9: Río Grande en el Cuyano (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	9.160	8.655	19.918	17.901	23.217	34.745	50.280	80.268	76.966	24.202	11.967	8.987
10	6.689	6.756	13.504	12.451	15.794	22.130	32.751	47.767	40.335	15.311	8.300	6.417
20	4.571	5.005	8.435	8.181	10.049	12.983	19.485	25.478	18.578	8.775	5.308	4.266
50	2.208	2.820	3.429	4.022	4.557	5.049	7.223	7.655	4.486	2.988	2.211	1.956
85	0.901	1.392	1.131	2.151	2.154	2.059	2.127	1.741	1.109	0.737	0.681	0.748
95	0.532	0.919	0.590	1.718	1.613	1.478	1.038	0.730	0.695	0.286	0.295	0.426
Dist	L2	L2	L2	L3	L3	L3	L2	L2	L3	L3	L3	L2

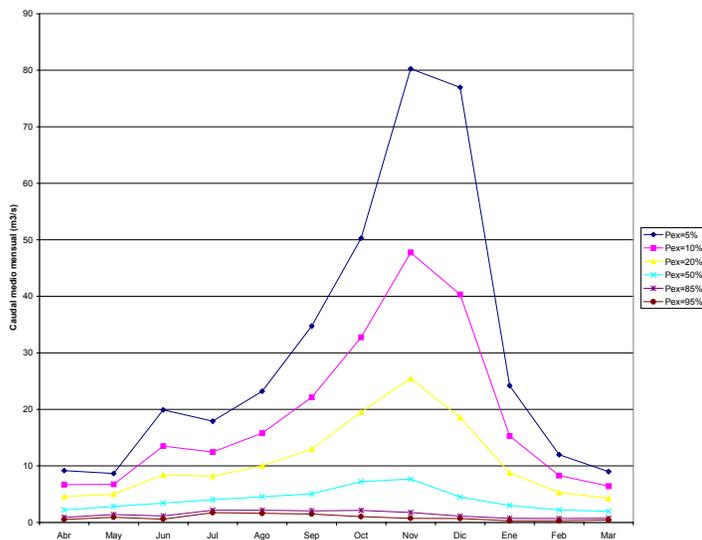


Figura 4.9: Curva de Variación Estacional Río Grande en el Cuyano

- Grande en Puntilla de San Juan

Esta estación se ubica en el río Grande, inmediatamente aguas arriba del Embalse La Paloma, a 420 m s.n.m.

En la tabla 4.10 y figura 4.10 se observa que esta estación presenta un régimen nivo – pluvial, ya que aunque los mayores caudales son producto de aportes nivales, los aportes pluviales son importantes.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y enero, producto de deshielos, mientras que los menores lo hacen entre marzo y junio. Entre julio y agosto se presentan aumentos considerables producto de lluvias invernales.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos durante el año, con valores menores a 500 l/s, salvo leves aumentos entre mayo y octubre.

Tabla 4.10: Río Grande en Puntilla de San Juan (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	20.848	14.828	18.877	33.955	47.022	43.967	77.491	96.300	108.127	61.470	24.510	17.263
10	11.905	10.484	15.131	23.724	29.059	28.745	44.802	78.200	50.077	26.807	12.321	9.432
20	6.068	6.888	11.275	15.367	16.387	17.179	23.038	39.100	19.717	9.838	5.356	4.536
50	1.733	3.087	5.807	6.701	5.832	6.423	6.393	4.200	3.315	1.497	1.090	1.119
85	0.447	1.149	2.000	2.411	2.095	1.912	1.226	0.420	0.369	0.205	0.153	0.200
95	0.251	0.643	0.899	1.322	1.413	0.938	0.400	0.230	0.102	0.105	0.048	0.073
Dist	L3	L2	G2	L2	L3	L2	L3	LP3	L2	L3	L2	L2

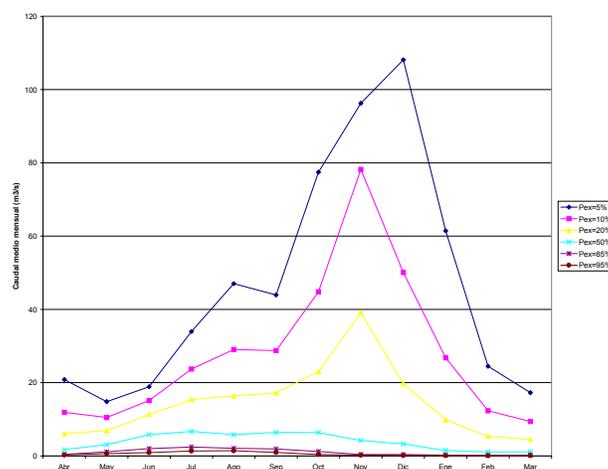


Figura 4.10: Curva de Variación Estacional Río Grande en Puntilla de San Juan

c) Subcuenca de Guatulame

- Cogotí en Fragueta

Se encuentra en el río Cogotí, unos 21 km aguas arriba del embalse Cogotí, a 1065 m s.n.m.

En la tabla 4.11 y figura 4.11 se observa que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera, producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y diciembre, producto de importantes deshielos, mientras que los menores lo hacen entre febrero y junio.

En años secos los caudales permanecen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores que no superan los 450 l/s.

Tabla 4.11: Río Cogotí en Fragueta (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	3.238	3.091	3.749	7.432	9.952	13.270	30.204	41.550	33.840	11.383	3.216	2.963
10	2.067	2.108	2.889	5.202	6.480	8.358	16.432	21.375	16.377	6.282	2.318	1.920
20	1.215	1.326	2.028	3.362	3.854	4.765	7.886	9.555	6.799	3.074	1.559	1.147
50	0.473	0.547	0.885	1.424	1.428	1.607	1.990	2.051	1.267	0.815	0.731	0.453
85	0.192	0.184	0.214	0.441	0.420	0.392	0.430	0.308	0.160	0.199	0.287	0.178
95	0.137	0.097	0.070	0.186	0.205	0.151	0.218	0.101	0.047	0.113	0.166	0.122
Dist	L3	L2	G2	L3	L2	L3	L3	N	L2	L3	G	L3

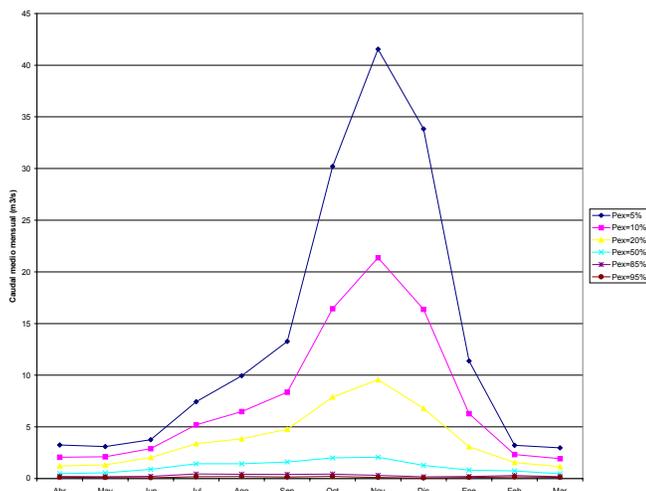


Figura 4.11: Curva de Variación Estacional Río Cogotí en Fragueta

- Cogotí en entrada Embalse Cogotí

Se encuentra en el río Cogotí, inmediatamente aguas arriba del embalse Cogotí, a 670 m s.n.m.

En la tabla 4.12 y figura 4.12 se observa que esta estación muestra un régimen nivo – pluvial, con importantes caudales en invierno y primavera, producto de lluvias y deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre octubre y diciembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y mayo.

En años secos los caudales permanecen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a 250 l/s.

Tabla 4.12: Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.504	3.332	8.691	15.644	26.806	15.887	28.813	50.840	39.092	11.884	4.150	1.893
10	1.270	1.937	4.954	8.768	12.844	9.027	15.045	21.739	16.632	5.194	1.834	0.978
20	0.558	1.003	2.504	4.349	5.290	4.551	6.849	7.769	5.907	1.906	0.686	0.440
50	0.116	0.283	0.672	1.138	1.009	1.230	1.520	1.087	0.817	0.281	0.111	0.095
85	0.017	0.057	0.123	0.218	0.178	0.245	0.238	0.096	0.071	0.026	0.019	0.015
95	0.005	0.020	0.038	0.083	0.096	0.095	0.080	0.023	0.017	0.007	0.011	0.005
Dist	L2	L3	L3	L2	L3	L2	L3	L2	L2	L2	L2	L2

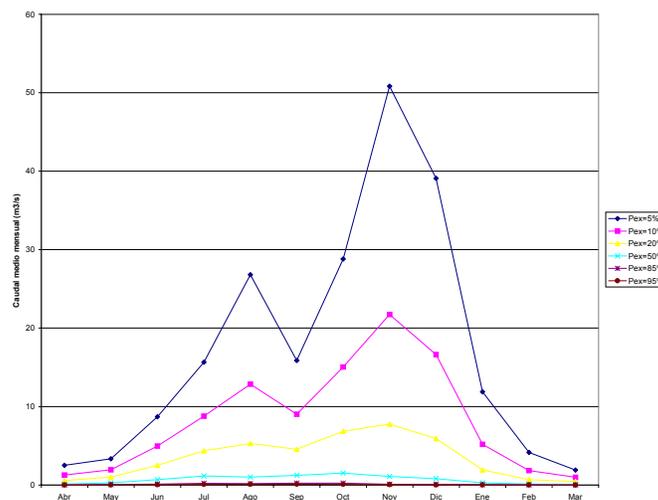


Figura 4.12: Curva de Variación Estacional Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí

- Combarbalá en Ramadilla

Esta estación se encuentra en el río Combarbalá, afluente del río Pama, a 1430 m s.n.m.

En la tabla 4.13 y figura 4.13 es posible observar que esta estación muestra un régimen netamente nival, con caudales importantes sólo en el período de deshielo.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre octubre y enero, mientras que los menores se prolongan desde febrero a septiembre.

En años secos los caudales se presentan muy bajos a lo largo del año, con valores menores a 160 l/s.

Tabla 4.13: Río Combarbalá en Ramadilla (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.738	1.304	0.888	1.311	2.009	3.100	8.593	21.298	17.672	5.018	1.239	0.487
10	0.450	0.680	0.628	0.922	1.331	1.980	4.978	10.496	7.654	2.378	0.701	0.316
20	0.247	0.311	0.410	0.600	0.808	1.148	2.570	4.455	2.779	0.962	0.351	0.188
50	0.079	0.075	0.173	0.257	0.311	0.400	0.726	0.866	0.399	0.171	0.094	0.069
85	0.019	0.019	0.049	0.082	0.096	0.103	0.153	0.115	0.037	0.020	0.018	0.020
95	0.008	0.012	0.015	0.035	0.048	0.042	0.061	0.035	0.009	0.006	0.007	0.010
Dist	L2	L3	L3	L3	L2	L3	L2	L2	L2	L2	G	L2

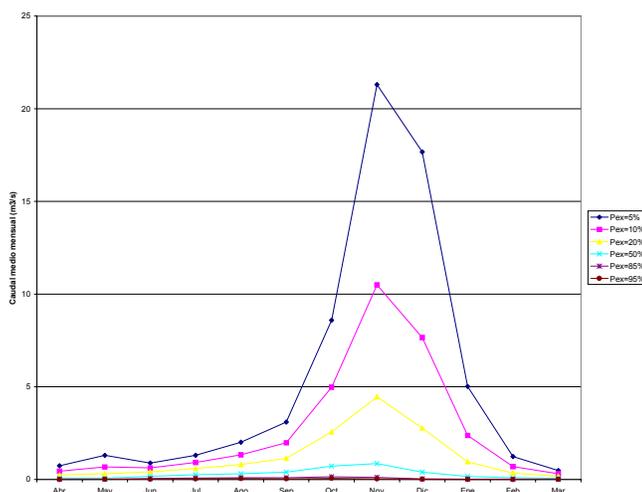


Figura 4.13: Curva de Variación Estacional Río Combarbalá en Ramadilla

- Pama en Valle Hermoso

Se encuentra en el río Pama a 850 m s.n.m.

En la tabla 4.14 y figura 4.14 se observa que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en meses de primavera, producto de aportes nivales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre septiembre y diciembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y junio.

En años secos los caudales se mantienen bajísimos durante todo el año, con valores que no superan los 70 l/s.

Tabla 4.14: Río Pama en Valle Hermoso (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.235	0.470	0.753	1.223	1.388	2.737	3.210	4.145	6.195	1.094	0.400	0.195
10	0.154	0.292	0.455	0.784	0.882	1.283	1.892	2.051	2.133	0.464	0.232	0.150
20	0.092	0.164	0.246	0.457	0.509	0.515	0.997	0.875	0.591	0.168	0.120	0.105
50	0.034	0.055	0.077	0.161	0.178	0.096	0.293	0.172	0.058	0.030	0.034	0.045
85	0.010	0.014	0.018	0.043	0.049	0.019	0.065	0.023	0.011	0.011	0.007	0.011
95	0.005	0.006	0.008	0.018	0.023	0.012	0.027	0.007	0.009	0.009	0.003	0.003
Dist	L2	L2	L2	L3	L2	L3	L2	L2	L3	L3	L2	G2

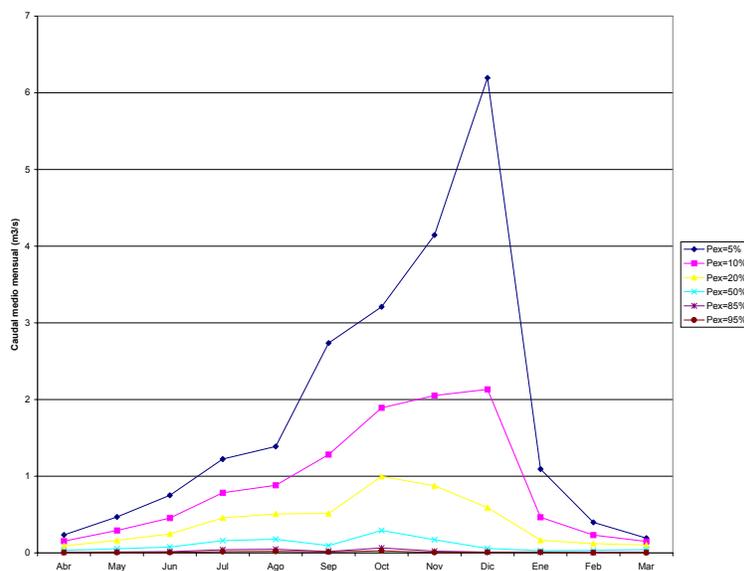


Figura 4.14: Curva de Variación Estacional Río Pama en Valle Hermoso

- Guatulame en el Tome

Se encuentra en el río Guatulame, inmediatamente aguas arriba del Embalse La Paloma, a 410 m s.n.m.

En la tabla 4.15 y figura 4.15 es posible observar que esta estación muestra un régimen mixto, ya que presenta una superposición de regímenes pluviales y nivales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre junio y agosto, y entre noviembre y diciembre, producto de lluvias invernales y deshielos primaverales, respectivamente. Los menores caudales se observan entre enero y mayo.

En años secos los caudales medios mensuales permanecen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores que no superan los 50 l/s, salvo en julio que llega a 140 l/s.

Tabla 4.15: Río Guatulame en el Tome (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.055	2.484	16.941	18.568	25.272	12.576	7.228	29.331	26.149	3.704	1.915	0.770
10	0.636	1.437	7.699	9.586	9.939	5.248	3.399	9.574	8.431	1.750	0.874	0.449
20	0.346	0.741	2.962	4.304	3.214	1.825	1.363	2.472	2.145	0.709	0.342	0.236
50	0.112	0.209	0.477	0.932	0.378	0.249	0.238	0.193	0.164	0.132	0.062	0.073
85	0.033	0.044	0.050	0.141	0.035	0.029	0.028	0.017	0.015	0.023	0.015	0.022
95	0.019	0.018	0.013	0.047	0.014	0.014	0.008	0.010	0.010	0.013	0.011	0.014
Dist	L3	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L3	L3	L3	L3	L3

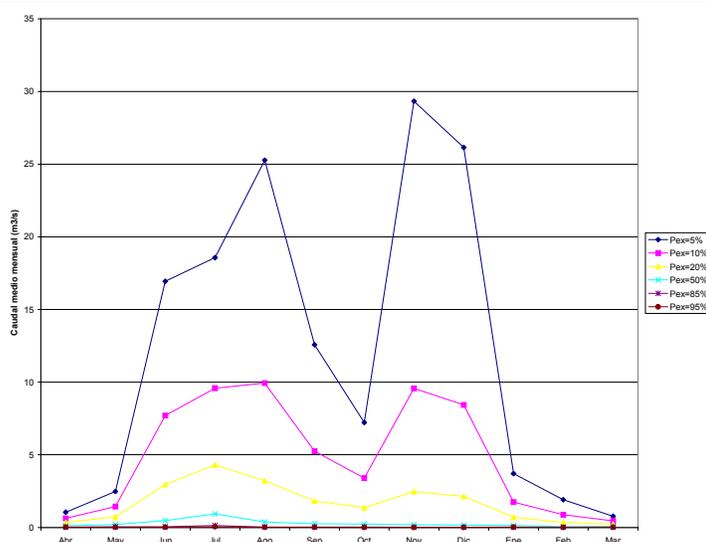


Figura 4.15: Curva de Variación Estacional Río Guatulame en el Tome

Limarí

60.

d) Subcuenca del Limarí

- Limarí en Panamericana

Se ubica en el río Limarí, aguas abajo de la junta del estero Punitaqui, a 165 m s.n.m.

En la tabla 4.16 y figura 4.16 se observa que esta estación muestra un régimen nivo – pluvial, con importantes caudales en invierno y primavera, siendo estos últimos los mayores del año.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre noviembre y diciembre, producto de los aportes nivales, mientras que los menores lo hacen entre febrero y junio.

En años secos los caudales se mantienen bajos durante todo el año, con valores menores a 450 l/s, salvo leves aumentos entre junio y agosto.

Tabla 4.16: Río Limarí en Panamericana (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	22.348	31.774	33.262	54.240	56.172	57.189	50.410	96.817	94.946	36.300	19.663	14.715
10	11.976	17.728	21.361	31.732	31.419	28.882	25.115	42.308	39.750	16.406	10.119	8.105
20	5.625	8.744	12.441	16.573	15.547	12.623	10.800	15.542	13.860	6.283	4.526	3.936
50	1.327	2.265	4.311	4.783	4.047	2.590	2.153	2.329	1.876	1.027	0.972	0.990
85	0.224	0.429	1.006	1.027	0.771	0.361	0.295	0.268	0.189	0.139	0.146	0.181
95	0.079	0.161	0.314	0.410	0.292	0.109	0.092	0.107	0.072	0.063	0.048	0.067
Dist	L2	L2	L3	L3	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L2	L2

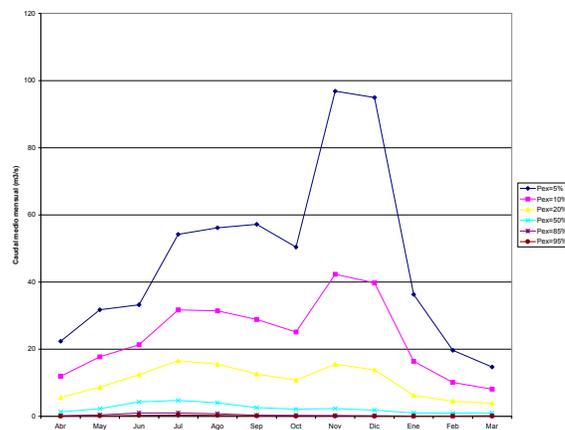


Figura 4.16: Curva de Variación Estacional Río Limarí en Panamericana

- Estero Punitaqui antes junta Río Limarí

Se ubica en el estero Punitaqui, justo antes de su junta con el río Limarí, a 170 m s.n.m.

En la tabla 4.17 y figura 4.17 se observa el claro régimen pluvial de esta estación, ya que sólo muestra caudales importantes en el período de lluvias invernales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre julio y septiembre, producto de lluvias invernales, mientras que los menores lo hacen entre octubre y abril.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos a lo largo del año, con valores menores a 90 l/s, salvo los de junio y julio, que no superan los 270 l/s.

Tabla 4.17: Estero Punitaqui antes junta Río Limarí (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.919	1.486	2.164	6.552	4.418	6.205	0.869	0.490	0.263	0.216	0.276	0.244
10	0.576	0.974	1.627	4.418	2.593	3.353	0.658	0.395	0.194	0.160	0.223	0.174
20	0.327	0.583	1.141	2.725	1.360	1.591	0.467	0.296	0.135	0.111	0.168	0.115
50	0.111	0.219	0.555	1.045	0.396	0.383	0.235	0.155	0.067	0.055	0.089	0.053
85	0.029	0.066	0.190	0.268	0.087	0.066	0.088	0.055	0.028	0.023	0.033	0.020
95	0.013	0.032	0.074	0.083	0.036	0.024	0.041	0.026	0.017	0.014	0.015	0.011
Dist	L2	L2	L3	L3	L2	L2	L3	G2	L2	L2	G2	L2

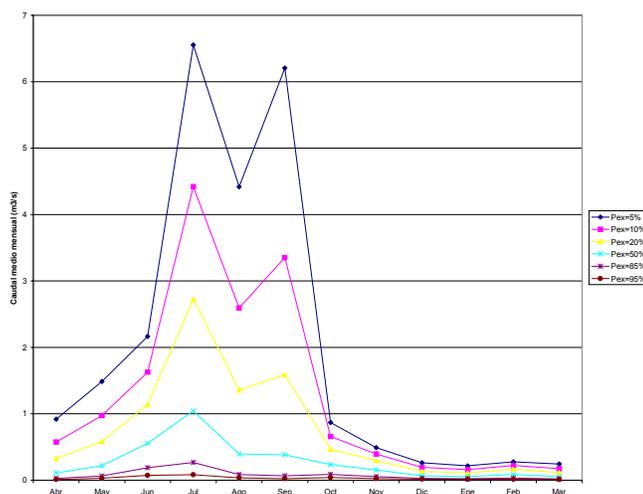


Figura 4.17: Curva de Variación Estacional Estero Punitaqui antes junta Río Limarí

4.1.2 Conclusiones

A partir de las curvas de variación estacional de cada estación fluviométrica presentadas en el acápite anterior, se caracterizará hidrológicamente la cuenca del río Limarí, determinando el período de estiaje de cada subcuenca.

a) Subcuenca del Hurtado

Corresponde a la hoya hidrográfica del río Hurtado, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su junta con el río Grande, dando origen al Limarí. En este cauce se aprecia un régimen nival con pequeña influencia pluvial en años muy secos. Los mayores caudales en años húmedos se observan entre noviembre y enero, producto de importantes deshielos, mientras que en años secos los caudales son muy bajos y se distribuyen de manera bastante regular a lo largo del año. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de junio, julio y agosto.

b) Subcuenca del Rapel

Esta subcuenca está formada por la hoya hidrográfica del río Rapel y su tributario Los Molles. Presenta un régimen nival con sus mayores caudales entre noviembre y enero, producto de los deshielos cordilleranos. Los menores caudales se presentan entre junio y agosto debido a la baja influencia pluvial.

c) Subcuenca del Grande y Guatulame

Corresponde a las hoyas hidrográficas del río Grande, incluyendo sus afluentes Mostazal y Tascadero, y la del río Guatulame, incluyendo sus tributarios Cogotí, Combarbalá y Pama. Presenta un régimen nival, con influencias pluviales de consideración en la parte más baja de la subcuenca, tanto en el Grande como en el Guatulame. Los mayores caudales se presentan entre octubre y diciembre, debido a los importantes aportes nivales, salvo en la estación Guatulame en el Tome, ubicada en la desembocadura del río homónimo en el embalse La Paloma, que muestra importantes caudales tanto en invierno y primavera. El período de estiaje es común a toda la subcuenca y ocurre en el trimestre dado por los meses de marzo, abril y mayo.

d) Subcuenca del Limarí

Abarca la hoya hidrográfica del río Limarí, desde su origen en la junta del río Hurtado con el Grande, hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Muestra un régimen nivo – pluvial, con grandes caudales entre noviembre y diciembre, producto de los deshielos cordilleranos, y con caudales de consideración en julio y agosto, debido a lluvias invernales. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de febrero, marzo y abril.

e) Subcuenca del Punitaqui

Corresponde al área drenada del estero Punitaqui, desde su nacimiento hasta su junta con el río Limarí. Muestra un régimen claramente pluvial, ya que su hoya hidrográfica se encuentra a muy baja elevación, de manera que no recibe aportes nivales. Los mayores caudales ocurren entre julio y septiembre. Entre diciembre y marzo se presentan caudales muy bajos debido a la inexistente influencia nival, los que no superan los 100 l/s en años normales. El trimestre que determina el período de estiaje está dado por los meses de diciembre, enero y febrero.

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

Tabla 4.18: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Limarí

Nº	Subcuenca	Período Estiaje
1	Hurtado	Junio – Julio – Agosto
2	Rapel	Junio – Julio – Agosto
3	Grande y Guatulame	Marzo – Abril – Mayo
4	Limarí	Febrero – Marzo – Abril
5	Punitaqui	Diciembre – Enero – Febrero

4.2 Análisis de la Calidad del 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 son: conductividad, DBO₅, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos y coliformes fecales.

Para DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, la base de datos de la DGA no contiene registros.

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 4.19 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 4.19: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Limarí

PARÁMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	μS/cm	DGA	32	2670	<600	Obligatorio
DBO5	mg/L	-	s/í	s/í	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	-	s/í	s/í	<16	No
Oxígeno Disuelto	mg/L	DGA	4.4	14.9	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	DGA	6.1	9.7	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	DGA	0.3	25.2	<2.4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	SAG	678	1750	<400	Si
Sólidos suspendidos	mg/L	-	s/l	s/í	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	-	<0.5	No
INORGÁNICOS						
Amonio	mg/L	-	s/l	s/í	<0.5	No
Cianuro	μg/L	-	s/l	s/í	<4	No
Cloruro	mg/L	DGA	0.4	550.3	<80	Si
Fluoruro	mg/L	-	s/l	s/í	<0.8	No
Nitrito	mg/L	-	s/í	s/í	<0.05	No
Sulfato	mg/L	DGA	0.1	300.0	<120	Si
Sulfuro	mg/L	-	s/í	s/í	<0.04	No
ORGANICOS		-	s/í	s/í		No
ORGANICOS PLAGUICIDAS		-	s/í	s/í		No
METALES ESENCIALES						
Boro	mg/l	DGA	<0.01	2.35	<0.4	Si
Cobre	μg/L	DGA	1	160	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	DGA	<10	<10	<8	No
Hierro	mg/L	DGA	0.01	5.4	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	DGA	0.001	0.54	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.008	No
Níquel	μg/L	DGA	<10	20	<42	No
Selenio	μg/L	DGA	<1	80	<4	Si
Zinc	mg/L	DGA	0.001	0.08	<0.096	No
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	mg/L	DGA	0.01	4.40	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	DGA	<0.001	0.034	<0.04	No
Cadmio	μg/L	DGA	1	<10	<1.8	No
Estaño	μg/L	-	s/í	s/í	<4	No
Mercurio	μg/L	DGA	<1	<1	<0.04	No
Plomo	mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.002	No
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	SAG	12	512	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	-	s/í	s/í	<200	No

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

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

- Parámetros Principales
 - RAS
 - Sólidos Disueltos
 - Cloruro
 - Sulfato
 - Boro
 - Cobre
 - Hierro
 - Manganeseo
 - Selenio
 - Aluminio

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.

- Estaño

Los parámetros cuyo valor máximo registrado en la BDD no excede el límite de la clase 0 se consideran que siempre pertenecen a dicha clase. Estos parámetros son: níquel, zinc, arsénico, amonio, cianuro, fluoruro, nitrito, sulfuro, coliformes totales.

No es posible realizar un análisis para los siguientes parámetros: cromo, molibdeno, cadmio, mercurio y plomo, ya que su valor corresponde al límite de detección (LD) y es superior 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 abscisa 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 Limarí: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, RAS, cloruro, sulfato, boro, cobre, hierro, manganeso, selenio y aluminio.

No se incluye para ningún parámetro la representación en la estación de río Limarí en Peñones Bajos, por contar con muy pocos registros.

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

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.20.

Tabla 4.20: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO LIMARI
Conductividad Eléctrica
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones río Hurtado en Angostura de Pangué y San Agustín se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana con un valor de 500 y 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente en una serie de tiempo de quince años.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana se observa un comportamiento que ha variado en la serie de tiempo de un valor de 2000 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una tendencia central creciente en la serie de veinte años.</p>
Oxígeno Disuelto:
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones río Hurtado en Angostura de Pangué la tendencia central en la serie de tiempo de quince años es 9,0 mg/L y en estación San Agustín, en la misma serie de tiempo, la tendencia central permanece constante oscilando en un rango con un valor central de 8.8 mg/L.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana se observa un comportamiento que ha variado en la serie de tiempo quince años con una tendencia central en un valor de 9.6 mg/L.</p>

Tabla 4.20 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO LIMARI
pH:
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones río Hurtado en Angostura de Pangué la tendencia central en la serie de tiempo de quince años es 8,0 y 7.5 en estación San Agustín, en la misma serie de tiempo.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de quince años se observan dos comportamientos, aumenta hasta 1990 para observar una tendencia central plana en un valor de 7.9 hasta el final de la serie de tiempo en el año 2002, con una tendencia a la basicidad.</p>
RAS:
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de catorce años la tendencia central es plana con valores de 3 y 1,8 respectivamente.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de quince años con un valor de 18.</p>
Cloruro:
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de dieciocho años la tendencia central es plana con valores de 18 y 10 mg/L respectivamente. A lo largo del río la tendencia es decreciente.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de veinte años se observan los siguientes comportamientos decreciente-constante-creciente con una tendencia central creciente desde el año 1998 en adelante que tiende a un valor de 300 mg/L.</p>
Sulfato:
<p><u>Río Hurtado</u>: A lo largo del río la tendencia es decreciente. Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de dieciséis años la tendencia central crece levemente en los últimos años con valores de 90 y 60 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de veinte años se observan dos comportamientos decreciente hasta 1988 para aumentar en el resto de la serie de tiempo con un valor de la tendencia de 170 mg/L.</p>
Boro
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de dieciséis años se observan un comportamiento fuertemente decreciente hasta el año 1991 y permanecer constante hasta 1990 y en los últimos años de la serie tiende a crecer con un valor de la tendencia central de 0.5 mg/L para ambas estaciones.</p>

Tabla 4.20 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO LIMARI
<p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de veinte años se observan dos comportamientos decreciente hasta 1998 y en los últimos años de la serie aumenta con un valor de la tendencia central de 0.6 mg/L.</p>
<p>Cobre :</p>
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de dieciséis años se observa un aumento aguas abajo. En la estación Angostura de Pangué la tendencia central es plana en un valor de 18 µg/L, en la estación San Agustín la tendencia central es decreciente en un valor de 35 µg/L.</p> <p><u>Río Limarí</u> : Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de veinte años se observan un comportamiento decreciente fuertemente con diferencial de 40 µg/L y una tendencia central decreciente en un valor de 20 µg/L .</p>
<p>Hierro</p>
<p><u>Río Hurtado</u>: Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de tres años se observa un aumento a lo largo del río. En la estación Angostura la tendencia es levemente creciente con un valor de 0.03 mg/L, en la estación San Agustín la tendencia es decreciente en el año 2000 tiende a un aumento en un valor de 0.12 mg/L.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de cuatro años se observan un aumento en 1990 con una tendencia central creciente en un valor de 0.03 mg/L se mantienen el valor del río Hurtado.</p>
<p>Manganeso:</p>
<p><u>Río Hurtado</u>: En la estación Angostura de Pangué presenta una tendencia plana que desde 1998 y por un período de 4 años se mantiene en un valor aproximado de 0,02 mg/L. En la estación San Agustín la tendencia es creciente desde el año 1994 hasta el 1999, en los años siguientes presenta un comportamiento levemente decreciente con un valor aproximado de 0,12 mg/L.</p> <p><u>Río Limarí</u>: En la estación Limarí en Panamericana presenta una tendencia plana que desde 1998 y por un período de 4 años se mantiene en un valor aproximado de 0,03 mg/L.</p>
<p>Selenio:</p>
<p><u>Río Hurtado</u> : Para las estaciones de Angostura de Pangué y San Agustín en la serie de tiempo de cinco años se observan una fuerte disminución hasta el año 2000. En la estación Angostura de Pangué la tendencia es plana con un valor de 5 µg/L. En la estación San Agustín la tendencia es decreciente en un valor de 15 µg/L.</p> <p><u>Río Limarí</u>: Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de tres años se observan una disminución en el año 2000 y una tendencia central plana en un valor de 5 µg/L.</p>

Tabla 4.20 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO LIMARI
Aluminio:
<u>Río Hurtado</u> : En la estación Angostura de Pangué el aluminio disminuye hasta el año 2000 para presentar un aumento hasta el fin de la serie de tiempo de cuatro años, con un valor de la tendencia central de 0.3 mg/L. En la estación San Agustín la tendencia central es decreciente en un valor de 0.7 mg/L
<u>Río Limarí</u> : Para la estación de Limarí en Panamericana en una serie de tiempo de cuatro años se observan un comportamiento plano con un peak decreciente en el año 2000 y una tendencia central en un valor de 0.5 mg/L.

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 en aquellos puntos donde existen factores incidentes relevantes donde podrían ocurrir cambios importantes en la calidad del cuerpo de agua superficial, como por ejemplo, ciudades o existencia de compañías mineras o afloramiento de aguas subterráneas.

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 ambos aspectos en octubre 2003 se llevó a cabo el siguiente programa de muestreo:

Tabla 4.21: Programa de Muestreo

Segmento	Puntos de muestreo	Información Previa	Parámetros a medir en todos los puntos
0450HU50	Río Hurtado a/j río Limarí	--	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0455LI20	Río Limarí en Panamericana	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0453GU10	Río Guatulame en el Tomé	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT Plaguicidas*
0455PU20	Estero Punitaqui	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT

(*): Plaguicidas : 2,4 D, Aldicarb, Atrazina+N-dealkyl metabolitos, Captan, Carbofurano, Clorothalonil, Cyanazina, Demetón, Diclofop-metil, Dimetoato, Paratión, Pentaclorofenol, Simazina y Trifluralina.

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 en las tablas de calidad del agua por el valor entre paréntesis. (ejemplo OD = (10,5))

Limarí

72.

- 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 en las tablas de calidad del agua por el valor entre dos paréntesis. (ejemplo OD = ((10,5)))

La información que contiene la *Base de Datos Integrada* BDI para la cuenca del río Limarí es la siguiente:

- Información DGA:

Nivel 1, 2 y 3 para los períodos estacionales de invierno, verano, primavera y otoño.

- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4

- Información Estimada por el Consultor: Nivel 5

- Información de Otras Fuentes:

- Programa de Monitoreo del SAG (1999). Información nivel 3.

Para la cuenca del río Limarí, la Base de Datos Integrada (BDI) se presenta en la forma de un 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 4.22 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Limarí, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

**Tabla 4.22: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Limarí.
Información DGA**

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	252,9	0	261,6	0	(163,1)	0	236,8	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	394,2	0	407,8	0	313,1	0	454,3	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	325,3	0	346,8	0	(240,7)	0	342,0	0
RIO RAPEL EN PALOMO	308,2	0	370,0	0	(226,6)	0	(323,5)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	275,4	0	255,4	0	(196,4)	0	(236,0)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	453,0	0	493,6	0	422,8	0	(466,0)	0
RIO LIMARI EN PENONES BAJOS	((607,2))	1	((475,3))	0	((444,6))	0	((375,7))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	1638,4	3	2190,1	3	1446,0	2	1824,6	3
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	126,6	0	(162,6)	0	113,8	0	102,9	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	160,0	0	172,6	0	(98,2)	0	151,3	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	271,5	0	319,6	0	182,2	0	261,2	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	379,2	0	447,0	0	367,8	0	406,3	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	(765,0)	2	((788,0))	2	(754,5)	2	((743,2))	1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	(9,5)	0	(8,4)	0	(9,0)	0	(7,6)	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	(9,7)	0	(8,9)	0	(8,7)	0	(9,1)	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	(9,6)	0	(8,6)	0	(9,1)	0	8,5	0
RIO RAPEL EN PALOMO	(9,3)	0	(8,9)	0	(8,8)	0	(8,1)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	(9,8)	0	(9,0)	0	(8,8)	0	(7,4)	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(9,9)	0	(8,9)	0	(9,0)	0	(7,9)	0
RIO LIMARI EN PENONES BAJOS	((10,1))	0	((11,4))	0	((12,0))	0	((7,8))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	(10,4)	0	(10,1)	0	(9,9)	0	8,7	0
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(9,6)	0	(8,5)	0	(9,1)	0	(8,6)	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	(9,4)	0	(8,1)	0	(8,5)	0	8,2	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	(9,8)	0	(8,1)	0	(8,9)	0	(8,0)	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	(9,8)	0	(8,1)	0	(9,8)	0	(9,2)	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	(8,7)	0	(9,6)	0	(9,9)	0	((10,0))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	7,9	0	8,2	0	(7,5)	0	8,0	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	8,2	0	8,4	0	8,1	0	8,3	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	7,8	0	8,0	0	(7,6)	0	8,1	0
RIO RAPEL EN PALOMO	7,8	0	8,0	0	(7,4)	0	(7,8)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	7,7	0	7,9	0	(7,4)	0	(7,6)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	8,0	0	8,2	0	8,3	0	(8,0)	0
RIO LIMARI EN PENONES BAJOS	((8,0))	0	((8,0))	0	((8,3))	0	((7,7))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	8,2	0	8,1	0	8,0	0	8,1	0
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	7,7	0	(7,8)	0	7,7	0	7,8	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	7,9	0	8,1	0	(7,4)	0	8,2	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	8,0	0	8,1	0	7,9	0	8,2	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	8,2	0	8,3	0	8,2	0	8,3	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	(8,0)	0	(8,2)	0	(8,0)	0	((8,5))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	RAS							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	3,4	2	2,8	1	(2,6)	1	(2,7)	1
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	3,4	2	3,4	2	(2,1)	0	3,2	2
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	1,7	0	1,8	0	(1,4)	0	(1,3)	0
RIO RAPEL EN PALOMO	(1,7)	0	1,5	0	(1,4)	0	(1,4)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	1,9	0	1,6	0	(1,7)	0	(1,7)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(3,1)	2	3,6	2	2,8	1	(3,1)	2
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	((7,1))	3	((6,3))	3	((5,2))	2	((4,7))	2
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	19,5	4	19,6	4	19,7	4	21,0	4
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(2,2)	0	(2,3)	0	(2,1)	0	(1,9)	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	2,6	1	2,3	0	(1,8)	0	(2,0)	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	3,0	1	(2,4)	1	2,1	0	2,6	1
RIO GUATULAME EN EL TOME	3,8	2	4,0	2	4,0	2	3,8	2
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((9,4))	4	((7,2))	3	((8,8))	3	((9,0))	3

Tabla 4.22 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Limarí. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	21,4	0	19,8	0	(11,3)	0	(13,1)	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	12,5	0	13,8	0	(8,5)	0	13,8	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	9,1	0	10,0	0	(6,0)	0	(6,6)	0
RIO RAPEL EN PALOMO	(6,7)	0	(6,7)	0	(5,8)	0	(5,7)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	9,3	0	9,2	0	(8,0)	0	(6,4)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(13,0)	0	16,2	0	14,5	0	(12,4)	0
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	((30,9))	0	((23,4))	0	((25,2))	0	((14,9))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	305,4	4	457,5	4	318,4	4	391,7	4
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(5,5)	0	(4,6)	0	(3,4)	0	(3,5)	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	4,9	0	5,4	0	(3,6)	0	(4,0)	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	9,4	0	(7,5)	0	4,6	0	6,3	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	14,8	0	16,7	0	13,7	0	13,5	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((55,2))	0	((55,0))	0	((55,3))	0	((54,9))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	31,4	0	28,8	0	(20,8)	0	(24,8)	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	48,0	0	53,0	0	(29,8)	0	52,5	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	48,9	0	55,0	0	(42,7)	0	(43,6)	0
RIO RAPEL EN PALOMO	(57,2)	0	73,0	0	(43,5)	0	(68,7)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	76,7	0	74,2	0	(50,7)	0	(68,6)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(88,0)	0	104,7	0	92,2	0	(94,0)	0
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	((60,0))	0	((52,7))	0	((61,5))	0	((35,4))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	173,6	2	218,0	2	205,1	2	200,3	2
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(1,3)	0	(2,4)	0	(3,6)	0	(1,7)	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	10,6	0	8,5	0	(3,9)	0	(6,1)	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	16,9	0	(13,4)	0	12,8	0	14,9	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	42,7	0	59,6	0	42,2	0	55,4	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((103,0))	0	((90,0))	0	((117,3))	0	((116,0))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	(0,48)	1	(0,48)	1	((0,45))	1	((0,67))	2
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	(0,44)	1	(0,46)	1	(0,35)	0	(0,74)	2
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	(0,47)	1	(0,38)	0	(0,60)	2	(0,44)	1
RIO RAPEL EN PALOMO	(0,34)	0	(0,31)	0	(0,51)	2	((0,54))	2
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	(0,39)	0	(0,42)	1	(0,71)	2	((0,65))	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	((0,35))	0	(0,43)	1	(0,62)	2	((0,64))	2
RIO LIMARÍ EN PENONES BAJOS			((1,00))	4			((1,00))	4
RIO LIMARÍ EN PANAMERICANA	(0,41)	1	(0,46)	1	(0,72)	2	(0,69)	2
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(0,31)	0	((0,15))	0	(0,43)	1	((0,36))	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	(0,33)	0	(0,40)	1	(0,51)	2	(0,48)	1
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	(0,28)	0	(0,43)	1	(0,75)	2	(0,88)	4
RIO GUATULAME EN EL TOME	(0,34)	0	(0,30)	0	(0,62)	2	((0,78))	4
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((0,14))	0	((0,48))	1	((0,62))	2	((1,00))	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	10	2	<10	<2	(16)	2	(9)	2
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	(19)	2	<10	<2	(19)	2	(17)	2
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	20	2	<10	<2	(32)	2	(17)	2
RIO RAPEL EN PALOMO	(14)	2	19	2	(13)	2	(11)	2
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	56	2	39	2	(31)	2	(28)	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(17)	2	<10	<2	(19)	2	(17)	2
RIO LIMARÍ EN PENONES BAJOS	((<10))	<2	((17))	2	((10))	2	((30))	2
RIO LIMARÍ EN PANAMERICANA	(22)	2	16	2	(20)	2	28	2
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(24)	2	(13)	2	(17)	2	(12)	2
RIO COGOTI EN FRAGUITA	(17)	2	<10	<2	(20)	2	(14)	2
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	(19)	2	(13)	2	(21)	2	(17)	2
RIO GUATULAME EN EL TOME	40	2	(11)	2	(19)	2	(17)	2
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	(19)	2	((30))	2	(8)	1	((12))	2

Obs.: Donde se indica Clase <2, se debe entender “menor o igual” a 2

Tabla 4.22 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca de Limarí. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	0,32	0	0,18	0	(0,94)	1	(0,23)	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	0,41	0	0,20	0	(1,59)	2	0,20	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	0,50	0	0,19	0	(0,66)	0	(0,30)	0
RIO RAPEL EN PALOMO	(0,17)	0	0,12	0	(0,49)	0	(0,23)	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	0,36	0	0,33	0	(0,31)	0	(0,23)	0
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(0,23)	0	0,09	0	0,42	0	(0,23)	0
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	((0,04))	0	((0,15))	0	((0,08))	0	((0,15))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	0,12	0	0,13	0	(0,35)	0	0,71	0
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	(0,55)	0	(0,65)	0	(0,68)	0	(0,61)	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	(0,41)	0	0,17	0	(0,58)	0	(0,48)	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	0,43	0	(0,14)	0	0,74	0	0,26	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	0,16	0	0,08	0	(0,11)	0	0,44	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((0,05))	0	((0,16))	0	((0,14))	0	((0,17))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	((<0,01))	0	(0,04)	1	((0,08))	2	(<0,01)	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	((0,03))	0	((0,05))	1	((0,07))	2	(0,02)	0
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	((<0,01))	0	(<0,01)	0	((0,06))	2	(0,04)	1
RIO RAPEL EN PALOMO	((<0,01))	0	(0,02)	0	((0,04))	1	(0,05)	1
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	(0,15)	2	((0,10))	2	((0,11))	2	(0,11)	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	(<0,01)	0	((0,03))	0	((0,03))	0	((0,02))	0
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	((0,03))	0	((<0,01))	0	((0,03))	0	((<0,01))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	((0,02))	0	(0,03)	0	((0,06))	2	(0,04)	1
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	((0,02))	0	((<0,01))	0	((0,03))	0	((<0,01))	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	((0,02))	0	(<0,01)	0	((0,04))	1	(<0,01)	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	((0,03))	0	((0,02))	0	((0,03))	0	((0,02))	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	((<0,01))	0	((0,02))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((<0,01))	0	((0,05))	1	((0,02))	0	((<0,01))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Selenio (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	((6))	2	((4))	1	((<1))	0	((3))	0
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	((6))	2	((<1))	0	((6))	2	((16))	2
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	((6))	2	((4))	1	((<1))	0	((3))	0
RIO RAPEL EN PALOMO	((6))	2	((<1))	0	((<1))	0	((2))	0
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	((30))	3	((<1))	0	((<1))	0	((16))	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	((7))	2	((<1))	0	((<1))	0	((3))	0
RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS			((<1))	0			((<1))	0
RIO LIMARI EN PANAMERICANA	((6))	2	((<1))	0	((<1))	0	((3))	0
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	((6))	2	((80))	4	((<1))	0	((<1))	0
RIO COGOTI EN FRAGUITA	((6))	2	((4))	1	((<1))	0	((3))	0
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	((6))	2	((4))	1	((<1))	0	((3))	0
RIO GUATULAME EN EL TOME	((<1))	0	((6))	2	((<1))	0	((4))	1
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((10))	2			((6))	2	((<1))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	((0,50))	2	((0,89))	2	((1,62))	3	((0,36))	2
RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	((1,05))	3	((0,60))	2	((2,19))	3	((0,18))	2
RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	((0,86))	2	((0,13))	2	((0,66))	2	((0,15))	2
RIO RAPEL EN PALOMO	((0,61))	2	((0,14))	2	((0,42))	2	((0,34))	2
RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	((1,25))	3	((0,53))	2	((0,65))	2	((0,56))	2
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	((0,46))	2	((0,23))	2	((0,36))	2	((0,28))	2
RIO LIMARÍ EN PENONES BAJOS	((0,10))	2	((0,01))	0	((0,07))	1	((0,26))	2
RIO LIMARÍ EN PANAMERICANA	((0,41))	2	((0,24))	2	((1,66))	3	((0,15))	2
RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	((1,09))	3	((0,22))	2	((0,46))	2	((0,11))	2
RIO COGOTI EN FRAGUITA	((0,75))	2	((0,23))	2	((0,90))	2	((0,21))	2
RIO COGOTI EN ENTRADA EMBALSE COGOTI	((0,96))	2	((0,28))	2	((0,66))	2	((0,19))	2
RIO GUATULAME EN EL TOME	((1,77))	3	((0,14))	2	((0,18))	2	((0,14))	2
ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI	((0,43))	2	((0,09))	1	((0,31))	2	((0,37))	2

Respecto de los datos contenidos en el Programa de Muestreo del SAG, es posible señalar que muestrea aguas arriba y abajo de la descarga de la Minera Panulcillo y sólo aguas abajo de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas siguientes: Essco El Palqui, Essco Montepatria y Essco Punitaqui.

A continuación se presenta la información entregada por el muestreo del SAG aguas arriba y aguas abajo de la descarga de la Minera Panulcillo (Planta La Cocinera).

**Tabla 4.23: Calidad de Agua Cuenca de Limarí.
Información SAG Minera Panulcillo 1999**

Punto de Muestreo	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((1983))	3	((2505))	4

Punto de Muestreo	pH			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((6.7))	0	((6.0))	4

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/l)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((979))	2	((1216))	3

Punto de Muestreo	Sulfato (mg/l)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((200))	2	((645))	3

Punto de Muestreo	Cobre ($\mu\text{g}/\text{l}$)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((180))	2	((530))	3

Limarí

78.

Punto de Muestreo	Hierro (mg/l)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((0.53))	0	((0.48))	0

Punto de Muestreo	Zinc (mg/l)			
	Aguas Arriba	Clase	Aguas Abajo	Clase
Minera Panulcillo	((0.02))	0	((0.02))	0

En el caso de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, el punto de muestreo corresponde a aguas abajo de su descarga, analizando sólo Coliformes Fecales tal como a continuación se presenta en la tabla 4.24.

Tabla 4.24: Calidad de Agua Cuenca de Limarí. Información SAG Plantas Tratamiento Aguas Servidas 1999

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	Clase
Essco El Palqui (aguas abajo descarga de efluente)	((31))	1
Essco Monte Patria (aguas abajo descarga de efluente)	((512))	1
Essco Punitaqui (aguas abajo descarga de efluente)	((12))	1

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 río Kimarí.

Tabla 4.25: Calidad de Agua Cuenca del río Limarí Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	<1.5	0
Río Limarí en Panamericana	<1.5	0
Río Guatulame en El Tomé	<1.5	0
Esterio Punitaqui en Punitaqui	<1.5	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	10	0
Río Limarí en Panamericana	5	0
Río Guatulame en El Tomé	5	0
Esterio Punitaqui en Punitaqui	10	0

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	246	0
Río Limarí en Panamericana	864	2
Río Guatulame en El Tomé	245	0
Esterio Punitaqui en Punitaqui	405	1

**Tabla 4.25 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Limarí
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	<10	0
Río Limarí en Panamericana	<10	0
Río Guatulame en El Tomé	<10	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	<10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	0.08	0
Río Limarí en Panamericana	0.02	0
Río Guatulame en El Tomé	0.03	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	0.04	0

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	<3	0
Río Limarí en Panamericana	<3	0
Río Guatulame en El Tomé	<3	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	<3	0

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	0.2	0
Río Limarí en Panamericana	<0.1	0
Río Guatulame en El Tomé	0.2	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	0.3	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	<0.01	0
Río Limarí en Panamericana	<0.01	0
Río Guatulame en El Tomé	<0.01	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	<0.01	0
Río Limarí en Panamericana	<0.01	0
Río Guatulame en El Tomé	<0.01	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	<0.01	0

**Tabla 4.25 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Limarí
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Estaño ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	130	4
Río Limarí en Panamericana	<10	<2
Río Guatulame en El Tomé	180	4
Estero Punitaqui en Punitaqui	<10	<2

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	2	0
Río Limarí en Panamericana	8	0
Río Guatulame en El Tomé	4	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	49	1

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Hurtado a/j río Limarí	13	0
Río Limarí en Panamericana	49	0
Río Guatulame en El Tomé	27	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	130	0

Para los Plaguicidas se tiene lo siguiente:

Parámetro	Río Guatulame en El Tomé	
	Valor	Clase
2,4 D ($\mu\text{g/L}$)	<1	0
Aldicarb ($\mu\text{g/L}$)	<0.8	0
Atrazina + N-dealkyl metabolitos ($\mu\text{g/L}$)	<0.5	0
Captan ($\mu\text{g/L}$)	<1	0
Carbofurano ($\mu\text{g/L}$)	<1	0
Clorothalonil ($\mu\text{g/L}$)	<0.1	0
Cyanazina ($\mu\text{g/L}$)	<0.2	0
Demetón ($\mu\text{g/L}$)	<0.08	0
Diclofop-metil ($\mu\text{g/L}$)	<0.1	0
Dimetoato ($\mu\text{g/L}$)	<1	0
Paration ($\mu\text{g/L}$)	<1	0
Pentaclorofenol ($\mu\text{g/L}$)	<0.2	0
Simazina (mg/L)	<0.001	0
Trifluralina ($\mu\text{g/L}$)	<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 del 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 4.26 explica los factores incidentes en la cuenca del río Limarí.

Tabla 4.26: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Grande en Ramadas 0451GR10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Contaminación difusa por ganadería.	Fe, RAS, B, Cu, Mn, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-11 • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas plutónicas e hipoabisales del paleozoico • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Ganadería: Veranadas a la cordillera consistente en caprinos y bobinos
Río Grande en Puntilla de San Juan 0452GR10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por aguas servidas. Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas por depósitos de estériles. Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas	RAS, B, Cu, Fe, Mn, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geología: Rellenos lacustres • Hidrología: Confluencia ríos Grande y Rapel • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Minería: Mina (Au) :Puerto nuevo, San José, Mantos Grandes, Bola de Oro. Plantas de beneficio de mineral: El Pingo, San Miguel, Semita • Descargas: Descarga de ESSCO • Centros poblados: Ciudad de Monte Patria cobertura de 78,5% de aguas servidas • Ganadería: Veranadas a la cordillera consistente en caprinos y bobinos • Agricultura: Viñas, parronales y hortalizas existente sólo en las planicies del valle • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.26 (Continuación) : Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Mostazal en Cuestecita 0451MO10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería Contaminación difusa por aguas servidas	B, Cu, Mn, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas plutónicas e hipoabisales del paleozoico • Litología.: Franja metalogénica F-11 • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Centros Poblados: El Maitén, El Maqui • Agricultura: Viñas, parronales y hortalizas existente sólo en las planicies del valle • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales • Ganadería: Veranadas de caprinos y bovinos
Río Rapel en Palomo 0452RA10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería	B, Cu, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-11 • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas plutónicas e hipoabisales del paleozoico • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Industrias: Central Hidroeléctrica Los Molles • Ganadería: Veranadas de caprinos y bobinos
Río Hurtado en San Agustín 0450HU10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería Contaminación difusa por aguas servidas	OD, B, Cu, Mn, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-11 • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas plutónicas e hipoabisales del paleozoico • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Centros Poblados: Poblado de Quebraditas

Tabla 4.26 (Continuación) : Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
				<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería: Veranadas de caprinos y bobinos
Río Hurtado en Angostura de Pangué 0450HU20	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Descargas difusas por depósitos de estériles y de drenajes de minas Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas de aguas servidas	RAS, B, Cu, Se, Al, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Minería: Minas: El Rumpo Plantas de beneficios: San Jorge, El Algarrobo y Las Palmas • Centros Poblados: Samo Alto, Chañar
Río Combarbalá en Ramadillas 0453CB10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Contaminación difusa por ganadería	B, Cu, Al, Se Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas plutónicas e hipoabisales del paleozoico y rocas sedimento-volcánicas • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Ganadería: Ganado caprino y veranadas
Río Cogotí en Fragueta 0453CO10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería	RAS, Mn, B, Cu, Se, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-11 • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Minería: Plantas de beneficio de mineral: Rosario 1 y 2

Tabla 4.26 (Continuación) : Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
	aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros		<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: Viñedos, parronales y hortalizas • Ganadería: Ganado caprino
Río Cogotí en entrada embalse Cogotí 0453CO20	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos Yacimientos de Mn	Descargas difusas por depósitos de estériles RILES mineros Contaminación difusa por ganadería	RAS, Cu, Se, Al, B Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Minería: Minas: Mostaza y Consuelo, C.M. Minera Loma Negra (Mn)
Río Guatulame en el Tomé 0453GU10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos Estratificación del embalse	Contaminación difusa por aguas servidas Descargas difusas por depósitos de estériles RILES mineros Eutrofización	RAS, Cu, Se, Al, B, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Centros poblados: Poblado Chañaral Alto con 86 % cobertura aguas servidas • Hidrología: Embalse Cogotí (150 millones m3) • Minería: Mina La Escondida
Estero Punitaqui en Punitaqui 0455PU10	Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos Aportes importantes de agua subterráneas	Contaminación difusa aguas servidas Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas de	Mn, CE, Cu, Se, Al, RAS, B, SD, Sn, CF Posiblemente CF, CT, DBO ₅ , NO ₂ y NH ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas constituidas por rocas del Cretácico de origen sedimento volcánicos • Ganadería: Ganado caprino • Centros Poblados: Ciudad de Punitaqui 87% cobertura de a.s.

Tabla 4.26 (Continuación) : Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
		plaguicidas y fertilizantes Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros.		<ul style="list-style-type: none"> • Minería: Minas: Milagro, La estrella, La Delirio • Agricultura: Viñas parronales y hortalizas
Río Limarí en Peñones bajos 0455LI10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de franja metalogénica. Recarga del río por aporte de acuífero. Estratificación del embalse. Sedimentación de las aguas del embalse	Actividad minera Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros Eutrofización	CE, Cu, Al, RAS, B Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geología: Formaciones geológicas consistentes en rocas sedimentarias - volcánicas con intercalaciones lacustres y marinas • Hidrogeología: Afloramiento de aguas subterráneas. Pozo DGA (1,2 m) • Minería: Minas: Huyca, Carolina, Delta, San Gregorio, Ñisñiles, Inagotable. Planta de beneficio minerales: Canelilla • Hidrología: Embalse Recoleta 100 millones de m³. Trasvasije de cuencas desde el río Grande al Embalse Recoleta • Agricultura: Viñas y parronales y hortalizas • Ganadería: Ganado caprino
Río Limarí en Panamericana 0455LI20	Recarga del río por aporte de acuífero Existencia de metareniscas, mármoles, etc. Filtraciones subterráneas del embalse La Paloma	Contaminación difusa por aguas servidas Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería	SO ₄ ⁻² , B, Cu, Mn, Se, CE, Al, RAS, Cl, SD, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅ NO ₂ y NH ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Embalse La Paloma de 750 millones de m³ • Minería: Mina de Hierro el Dorado. Minas : La Cocinera de Ovalle, Quiroga, Aurora Mollacas, Aurora sur y Lusitania Planta de beneficio de minerales: Barraza Alto • Centros Poblados: Ciudad de Ovalle (99% de cobertura de a.s). Poblados de Limarí y La Torre

Tabla 4.26 (Continuación) : Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Limarí

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
	Sedimentación de las aguas del embalse Estratificación del embalse	Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros Eutrofización		<ul style="list-style-type: none"> • Descargas de aguas servidas ESCO • Ganadería: Ganado caprino

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 Hurtado y Limarí, se cuenta con cuatro estaciones de monitoreo, que son:

- Hurtado en San Agustín
- Hurtado en Angostura de Pangué
- Limarí en Peñones Bajos
- Limarí en Panamericana

En la Figura 5.1 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, RAS, cloruro, sulfato, boro, cobre, hierro, manganeso, selenio y aluminio.

Debido al reducido número de registros con que se cuenta por período estacional, en esta cuenca se grafican valores medios de cada uno de los parámetros antes mencionados.

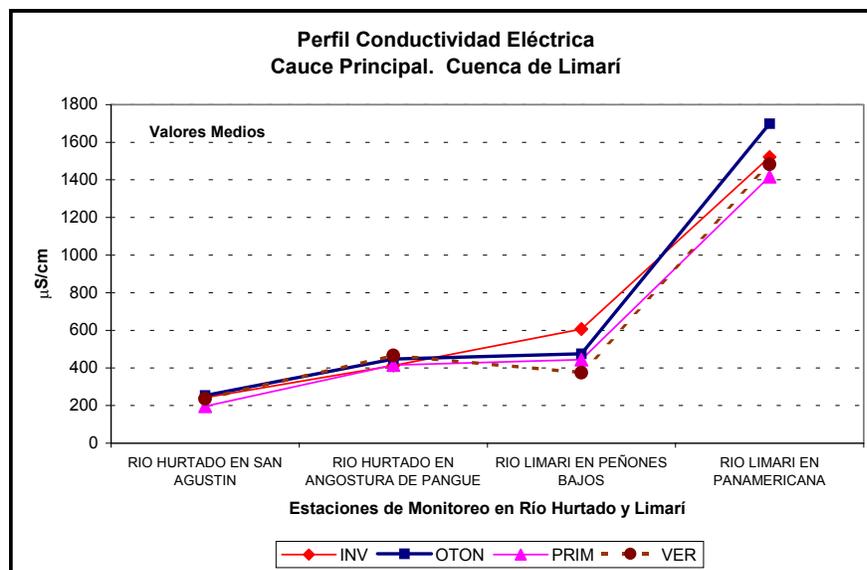


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río de Limarí

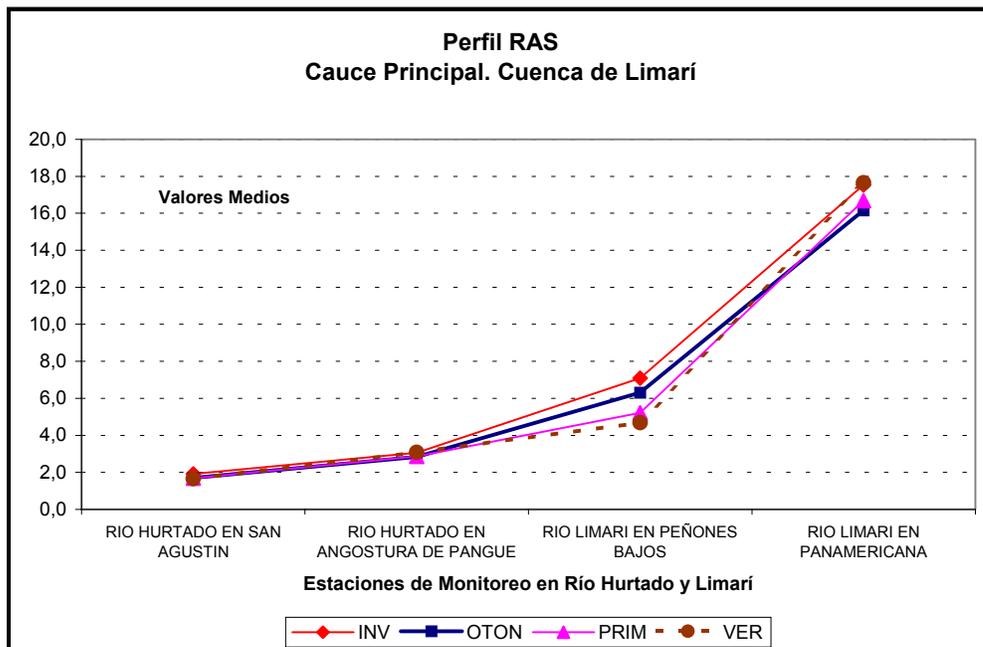
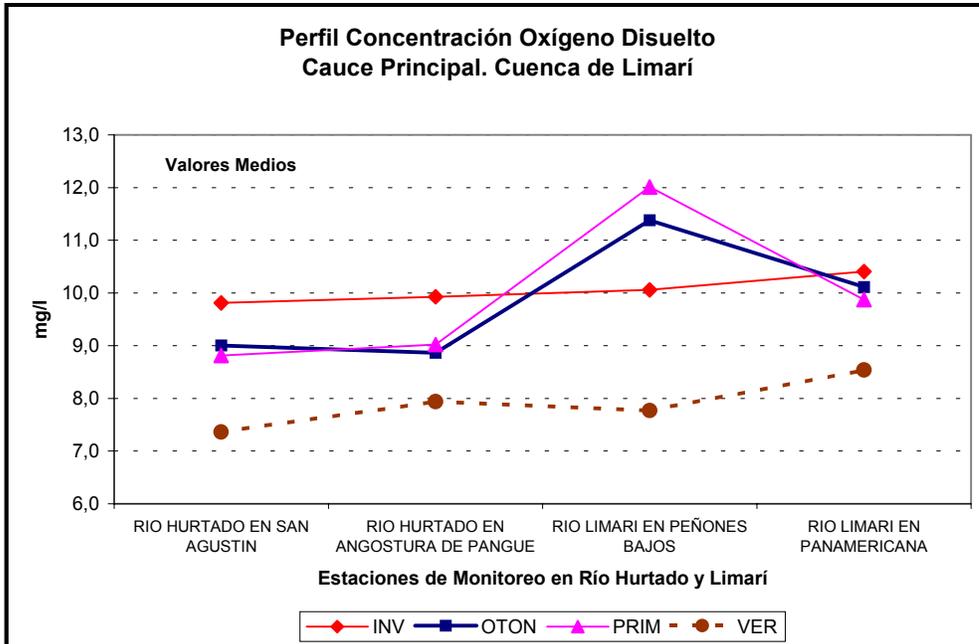


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Limarí

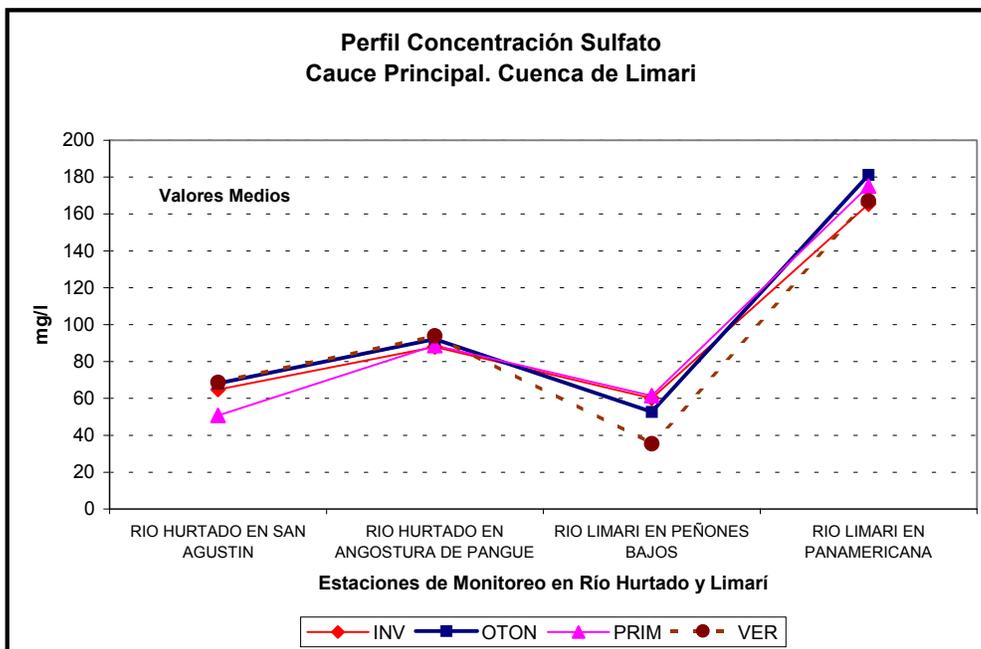
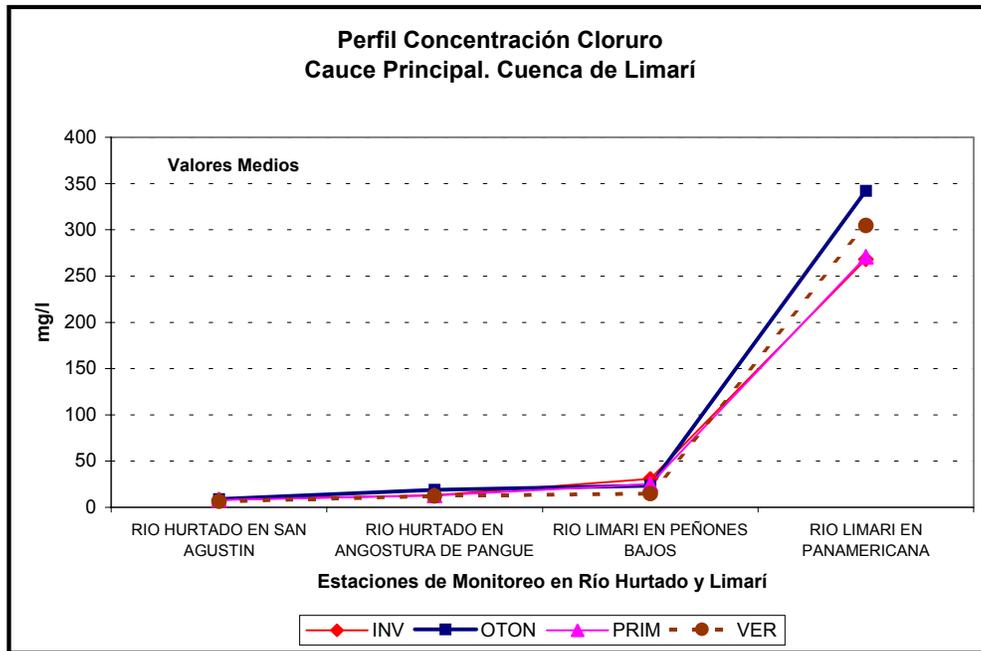


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Limarí

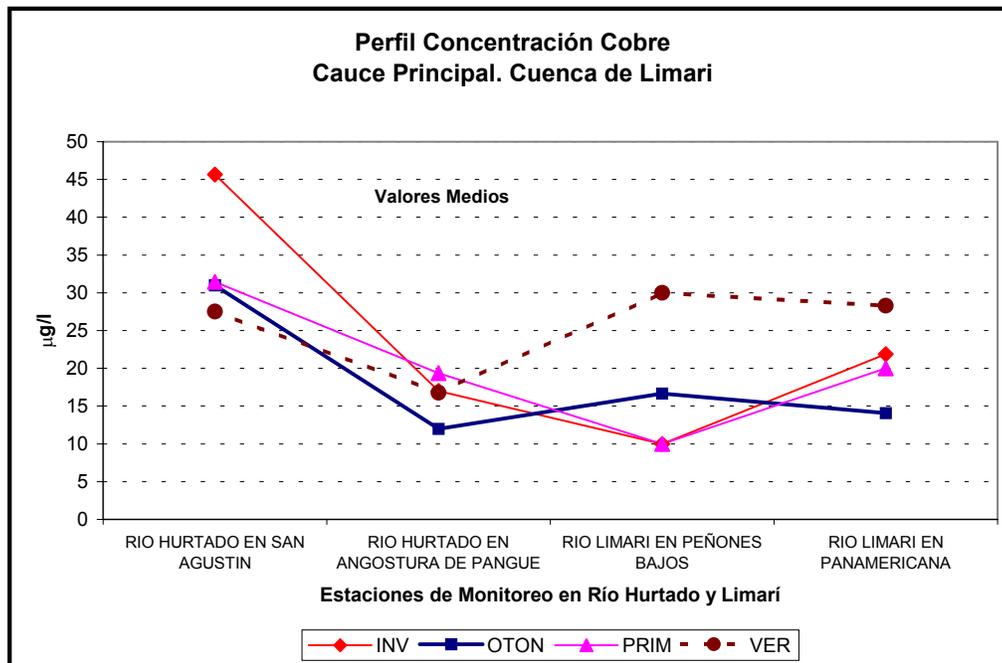
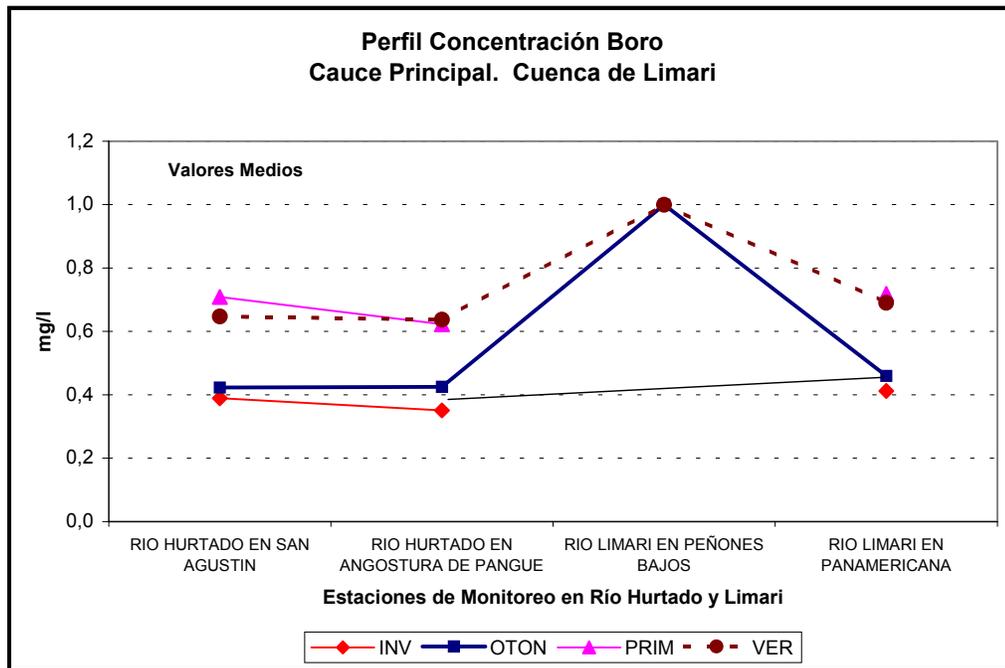


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Limarí

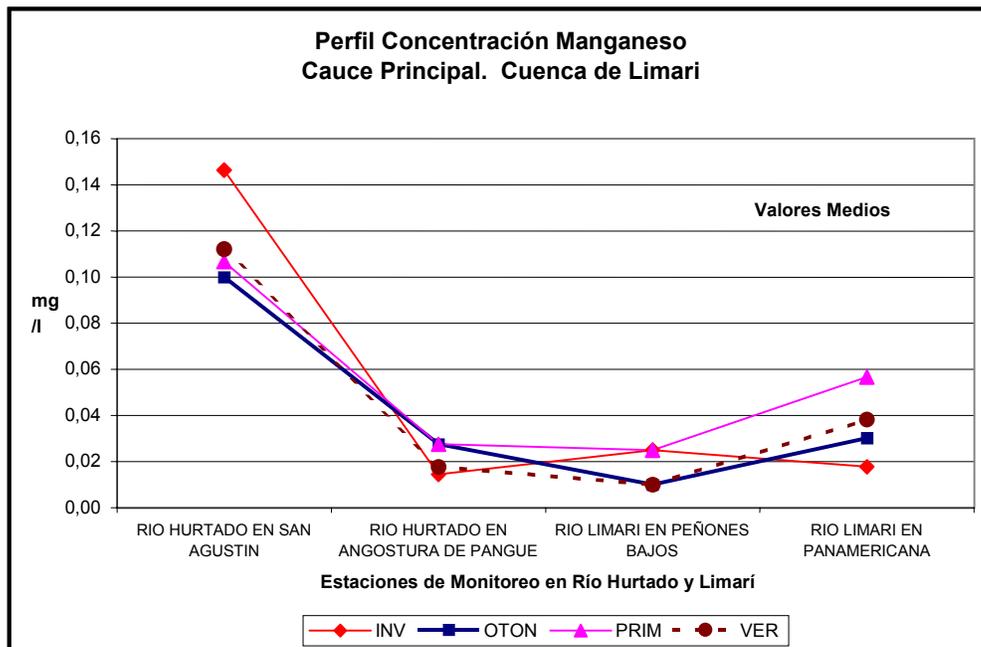
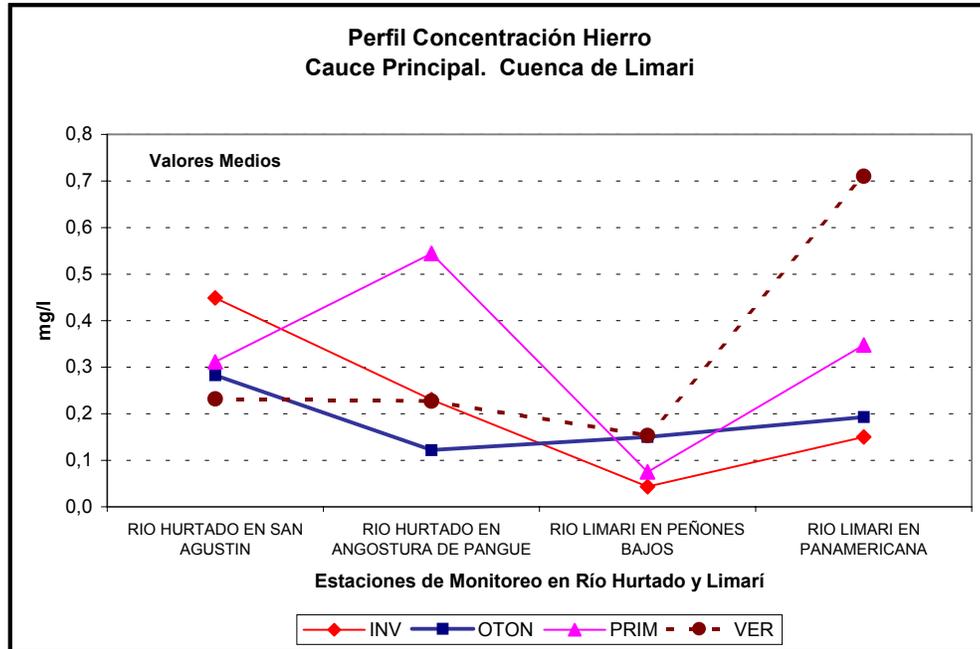


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Limarí

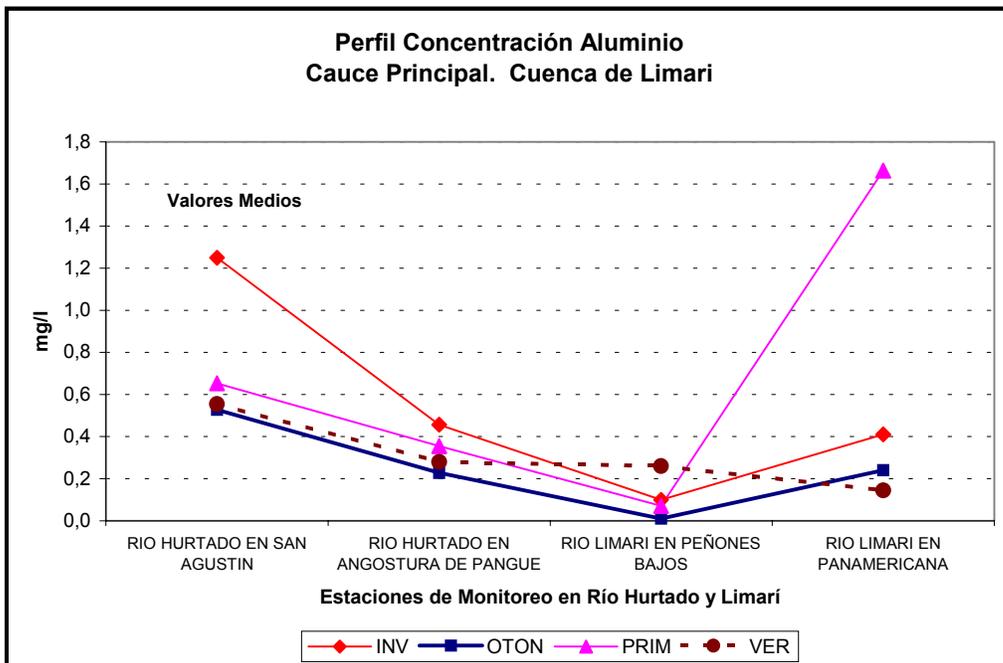
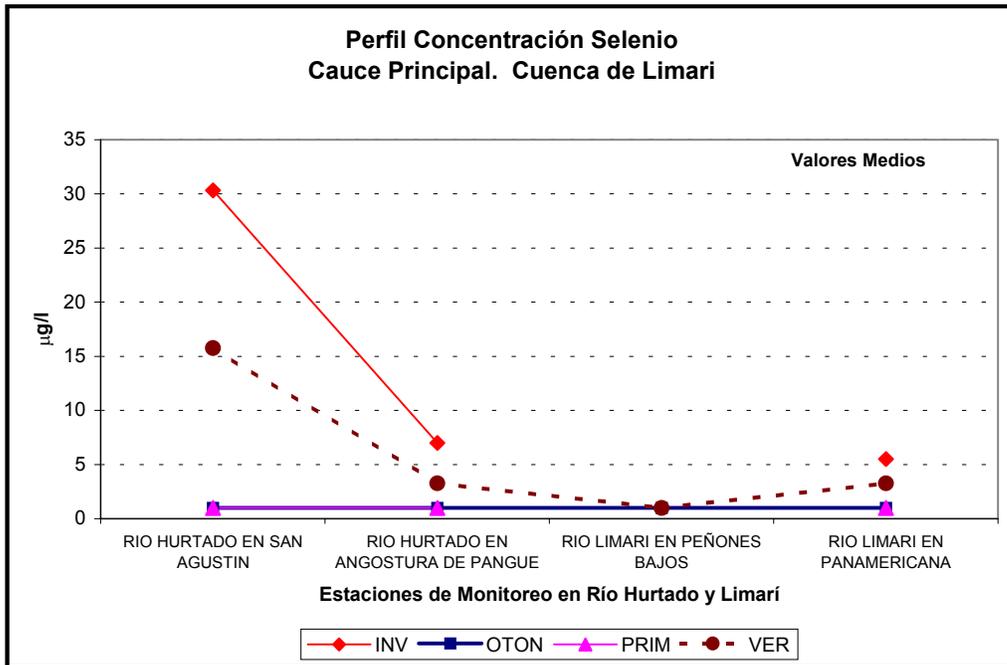


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Limarí

De las figuras 5.1 se pueden extraer lo siguiente:

- CE: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en verano-otoño e invierno con valores que tienden a aumentar hacia el río Limarí hasta la estación Panamericana clasificados en clase 3. La envolvente inferior corresponde a primavera y verano con valores en clase 0 y 1. Desde la parte alta en el río Hurtado la conductividad tiende a crecer fuertemente hasta el río Limarí hasta la estación de Panamericana. El punto de mayor concentración es el río Limarí es en la estación Panamericana con valores en clase 3 (envolvente superior) y clase 1 (envolvente inferior).
- OD: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en invierno excepto en Peñones Bajos en primavera con todos los valores en clase 0, el perfil de concentración aumenta aguas abajo de la estación San Agustín a Peñones Bajos para disminuir hacia la estación Panamericana. La envolvente inferior se observa en verano, con todos los valores en clase 0 presentando el mismo comportamiento que la envolvente superior.
- RAS: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en invierno y verano con un aumento de la concentración a lo largo del río con valores que van desde la clase 0 en la parte alta, clase 3 en Peñones Bajos y clase 4 en Panamericana. La envolvente inferior se observa en primavera y otoño con valores en clase 0 hasta la estación Angostura de Pangue en el río Hurtado, aumentando a clase 3 en el río Limarí en Peñones Bajos y clase 4 en el río Limari en Panamericana.
- Cloruro: Los perfiles longitudinales del cloruro permiten observar que no existe una variación estacional a lo largo del río, con los valores máximos en la estación río Limarí en Panamericana en clase 4. La concentración se mantiene constante a lo largo del río observándose un fuerte aumento en Panamericana. La envolvente superior se presenta en otoño excepto en Peñones Bajos en invierno con valores asignados a la clase 0 y clase 4 en Panamericana. La envolvente inferior se observa en otoño-verano con todos los valores en clase 0.

- Sulfato: Los perfiles longitudinales del sulfato permiten observar que la envolvente superior se presenta en verano-invierno y otoño, con una tendencia decreciente desde el río Hurtado a Peñones Bajos en el río Limarí y aumentar en Panamericana con todos los valores en clase 0. La envolvente inferior se observa en primavera y verano con todos los valores en clase 0 presentando el mismo comportamiento de la envolvente superior.
- Boro: Los perfiles longitudinales del boro permiten observar que la concentración del boro se mantiene relativamente constante hasta la estación Panamericana para aumentar hacia la estación Peñones Bajos. La envolvente superior se observa en primavera y verano con valores en clase 3 y clase 4 en la estación Peñones Bajos. La envolvente inferior se observa en otoño con una tendencia plana con todos los valores en clase 0.
- Cobre: El comportamiento del cobre tiende a disminuir en el río Hurtado de la parte alta a la estación Angostura en Pangue aumentando en unos 10 µg/L en el río Limarí hacia Peñones Bajos y mantenerse en el rango de 30 µg/L en la estación de Panamericana. La envolvente superior se observa en invierno-primavera-verano con todos los valores en clase 2. La envolvente inferior se observa en verano-otoño- primavera con todos los valores en clase 2. A lo largo del río se observa un comportamiento disímil en cada periodo estacional presentando un comportamiento similar entre otoño y verano.
- Hierro: La envolvente superior se observa en los períodos de primavera-invierno-verano se observa una fuerte disminución en la estación Peñones Bajos con todos los valores en clase 0. El valor más alto que se observa es en el periodo de verano en la estación de Panamericana, en clase 0. La envolvente inferior se observa en verano-otoño-invierno con todos los valores en clase 0. El comportamiento de la concentración del hierro a lo largo del río es disímil.
- Manganeso: La envolvente superior se observa en primavera a lo largo de todo el río con valores en clase 0 excepto en la parte alta del río Hurtado estación San Agustín en clase 2. La envolvente inferior se observa en otoño e invierno con todos los valores en clase 0, excepto en la estación San Agustín en clase 2. El comportamiento del manganeso a lo largo del río se observa una fuerte disminución de la parte alta del río Hurtado hacia la

estación Angostura en Pangué para mantenerse en un rango de concentración hasta la estación panamericana en todos los periodos estacionales excepto en verano en Panamericana que el valor de la concentración aumenta de dicho rango.

- Selenio: La envolvente inferior se observa en primavera con valores en clase 0. La envolvente superior es observada en invierno con valores en clase 3.
- Aluminio: Los perfiles longitudinales del aluminio permiten observar que la envolvente superior se encuentra en invierno-verano-primavera con valores asignados a la clase 3. La mayor concentración corresponde al punto de la estación río Limarí en Panamericana con valores en clase 3. La envolvente inferior se observa en los períodos de otoño y verano con valores en clase 2.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua

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

Tabla 5.1: Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO LIMARÍ
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica , DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.
<u>CE</u> : En los ríos Grande, Mostazal, Rapel, Hurtado, Combarbala, Cogotí y Guatulame todos los valores se asignan a la clase 0. En el río Limarí no se observa variación estacional en invierno-otoño-verano en Panamericana (clase 3) y otoño-primavera-verano en Peñones Bajos (clase 0). En esta última estación el mayor valor se presenta en invierno en clase 1. En el estero Punitaqui tampoco se observa variación estacional con valores en clase 2, excepto en verano (clase 1).
<u>DBO₅, Color Aparente</u> : Muestreo puntual en primavera con valores asignados a Clase 0 en los ríos Hurtado, Guatalame y estero Punitaqui.
<u>SD</u> : Muestreo puntual en primavera, en los ríos Hurtado y Guatulame en Clase 0, río Limarí en Clase 2 y estero Punitaqui en Clase 1.
<u>SST</u> : Muestreo puntual en primavera en Clase 0 en los ríos Hurtado, Limaría, Guatulame y estero Punitaqui.
<u>OD</u> : Todos los valores están asignados a la clase 0, excepto río Hurtado en San Agustín en verano (clase 2).
<u>pH</u> : Todos los valores están asignados a la clase 0.

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

CUENCA RIO LIMARÍ
<p>RAS: Los ríos Mostazal, Rapel y Combarbala tienen todos sus valores asignados a la clase 0. En el río Grande no se observa variación estacional en otoño-primavera-verano en Las Ramadas (clase 1) e invierno-otoño-verano en Puntilla San Juan (clase 2). En Las Ramadas el valor máximo se presenta en invierno en clase 2. En el río Hurtado no se observa variación durante el año, excepto en primavera en Angostura de Pangué (clase 1). En San Agustín los valores se asignan a la clase 0, mientras que en Puntilla San Juan los valores se clasifican en clase 2. En el río Limarí se observa un descenso de los valores desde la parte alta del río. En Panamericana no se observa variación estacional con valores en clase 4. En Peñones Bajos no hay variación entre invierno-otoño y primavera-verano, con valores asignados a las clases 3 y 2 respectivamente. El río Cogotí no presenta variación estacional en otoño-primavera-verano en Fragueta (clase 0) e invierno-otoño-verano en entrada embalse Cogotí (clase 1). En Fragueta el valor más alto se observa en invierno en clase 1. El río Guatulame y el estero Punitaqui no presentan variación durante el año, a excepción del estero Punitaqui en invierno (clase 4). El resto del año el estero presenta valores en clase 3 y en el río Guatulame los valores están en clase 2.</p>
<p>Inorgánicos (IN): NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p>
<p>Cl⁻: Los ríos Grande, Mostazal, Rapel, Hurtado, Combarbala, Cogotí, Guatulame y el estero Punitaqui presentan valores en clase 0 durante todo el año. El río Limarí no presenta variación estacional. En la estación Peñones Bajos se presentan valores en clase 0, observándose valores muy altos del río en la estación Panamericana en clase 4.</p> <p>SO₄²⁻: Los ríos Grande, Mostazal, Rapel, Hurtado Combarbala, Cogotí, Guatulame y el estero Punitaqui presentan valores en clase 0 durante todo el año. El río Limarí no presenta variación estacional. En la estación Peñones Bajos se presentan valores en clase 0, mientras en Panamericana en clase 2.</p> <p>NH₄⁺, CN⁻, F⁻, NO₂⁻, S²⁻: Muestreo puntual en primavera en los ríos Hurtado, Limarí, Guatulame y estero Punitaqui con valores asignados a la Clase 0.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tetracloroetano, tolueno</p>
<p>No se dispone de información para los parámetros orgánicos.</p>
<p>Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demeton, DDT, diclofop-metil, dieldrin, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina.</p>
<p>Ácido 2,4-D, aldicarb, atrazina, captán, carbofurano, clorotalonil, Cyanazina, demeton, diclofop-metil, dimetoato, Paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina: Muestreo puntual primavera con valores asignados a la Clase 0 en el río Huatalame.</p> <p>Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Heptaclor y Lindano: No se dispone de información para estos parámetros orgánico plaguicidas.</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p>
<p>B: En el río Grande no hay variación en invierno-otoño-primavera en estación Las Ramadas (clase 1). Aguas abajo de esta estación, en puntilla San Juan, no se observa variación estacional entre invierno y otoño con valores clasificados en clase 1.</p>

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

CUENCA RIO LIMARÍ
<p>Los valores máximos para ambas estaciones se presenta en verano en clase 2. En el río Mostazal no hay variación entre invierno y verano con valores en clase 1. En primavera los niveles de concentración se clasifican en clase 2. El río Rapel tampoco presenta variación entre invierno-otoño y primavera-verano con valores en clase 0 y 2 respectivamente. En el río Hurtado no se observa variación estacional entre primavera y verano para ambas estaciones con valores asignados a la clase 2. En el río Limarí los niveles de concentración son semejantes entre invierno-otoño y primavera-verano en Panamericana y otoño-verano en Peñones Bajos, con valores que disminuyen desde el río pasando de clase 4 a clase 2. En el río Combarbalá no se observa variación estacional entre invierno, otoño y verano con valores asignados a la clase 0. En primavera los niveles de concentración se clasifican en clase 1. En general, el río Cogotí presenta valores asignados a diferentes clases en ambas estaciones, con valores máximos asignados a la clase 2 en Fragueta y a la clase 4 en entrada embalse Cogotí. El río Guatulame y el estero Punitaqui presentan niveles de concentración con bastantes variaciones a lo largo del año, observándose los máximos en verano en clase 4.</p> <p><u>Cu</u>: Los ríos Grande, Mostazal, Rapel, Hurtado, Limarí, Combarbalá, Cogotí y Guatulame tienen sus valores asignados a la clase 2, excepto en otoño en los ríos Grande, Mostazal, Hurtado en Angostura de Pangué y Cogotí en Fragueta, y en invierno en el río Limarí en Peñones Bajos, cuyos valores están en límite de detección. En el estero Punitaqui no se observa variación durante el año con valores en clase 2, excepto en primavera en clase 1.</p> <p><u>Cr_{total}, Mo</u>: Límite de detección superior al de la clase 0 no permite análisis.</p> <p><u>Fe</u>: Los ríos Mostazal, Rapel, Hurtado, Limarí, Combarbala, Cogotí y Guatulame, y el estero Punitaqui tienen sus valores asignados a la clase 0. En el río Grande no se observa variación estacional con valores en clase 0, a excepción de la primavera con valores en clase 1 en Las Ramadas y clase 2 en puntilla San Juan.</p> <p><u>Mn</u>: En el río Grande no se observa variación estacional entre invierno-verano (clase 0) y el valor máximo se presenta en primavera en clase 2. El río Mostazal no presenta variación entre invierno y otoño (clase 0) y el máximo se presenta en primavera en clase 2. En el río Rapel no se observa variación estacional entre invierno-otoño y primavera-verano con valores en clase 0 y 1 respectivamente. El río Hurtado no presenta variación estacional en ambas estaciones de monitoreo. Los niveles de concentración disminuyen desde la parte alta del río, pasando de clase 2 en San Agustín a clase 0 en Angostura de Pangué. El río Limarí tiene sus valores asignados a la clase 0, a excepción de primavera y verano en Panamericana, donde sus valores se clasifican en clase 2 y 1 respectivamente. En los ríos Combarbalá, Cogotí y Guatulame, y en el estero Punitaqui se observan todos los valores en clase 0, excepto en primavera en el río Cogotí en Fragueta y en otoño en el estero Punitaqui con valores en clase 1.</p> <p><u>Ni, Zn</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>Se</u>: En el río Grande no se observa variación estacional entre primavera-verano en Las Ramadas e invierno-primavera-verano en puntilla San Juan, con los valores máximos clasificados en clase 2 en ambas estaciones. El río Mostazal no presenta variación entre primavera y verano con valores en clase 0. El máximo se observa en invierno en clase 2. El río Rapel no presenta variación estacional entre otoño, primavera y verano con valores en clase 0. En invierno los valores se clasifican en clase 2. El río Hurtado presenta niveles de concentración semejantes entre otoño-primavera en San Agustín y otoño-primavera-verano en Angostura de Pangué con valores en clase 0. Los máximos se observan en ambas estaciones en invierno en clase 3 y 2 respectivamente. El río Limarí no presenta variación entre otoño-primavera-verano en Panamericana y otoño-verano en Peñones Bajos con valores en clase 0. En invierno en Panamericana se alcanzan valores clasificados en clase 2 en invierno. Los ríos Combarbala y Cogotí presentan niveles similares de concentración entre primavera y verano. Los valores máximos se observan en otoño e invierno en clase 4 y 2 respectivamente. En el río Guatulame y el estero</p>

Limarí

100.

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

CUENCA RIO LIMARÍ
Punitaqui no se observa variación entre invierno y primavera con valores en clase 0 y 2 respectivamente. En el río Guatulame los valores máximos se clasifican en clase 2 en otoño.
Metales no Esenciales (MN): Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb
<p><u>Al</u>: El río Grande no presenta variación estacional en Las Ramadas con valores en clase 2, excepto en primavera en clase 3. En puntilla San Juan los niveles de concentración son semejantes entre invierno-primavera con valores en clase 3 y otoño-verano en clase 2. Los ríos Mostazal, Rapel, Hurtado y Cogotí tienen todos sus valores asignados a la clase 2, excepto el río Hurtado en San Agustín en invierno en clase 3. En el río Limarí no se observa variación entre invierno-otoño-verano en Panamericana e invierno-verano en Peñones Bajos con valores clasificados en clase 2. En Panamericana el valor máximo se presenta en primavera en clase 3. Los ríos Combarbalá y Guatulame no presentan variación estacional con valores en clase 2, excepto en invierno en clase 3. En el estero Punitaqui se observan valores similares de concentración para todo el año con valores clasificados en clase 2, excepto en otoño en clase 1.</p> <p><u>As</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>Cd, Hg y Pb</u>: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al límite de detección superior a la clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: Muestreo puntual en primavera en los ríos Hurtado y Guatulame, valores en Clase 4.</p>
Indicadores Microbiológicos (IM): CF, CT
<p><u>CF</u>: En los Hurtado y Guatulame en el Tomé consignados a Clase 0. El río Guatulame en el Palqui, río Grande en Monte Patria y Estero Punitaqui en Punitaqui con valores asignados a la Clase 1.</p> <p><u>CT</u>: Todos los valores, del muestreo puntual en primavera, asignados a Clase 0.</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 5.2, 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 Lauca, estos parámetros son: DBO₅, color, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S²⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT 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).

Limarí

102.

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual
Tabla 5.2a: Cauce Principal - Río Hurtado y Río Limarí

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Hurtado en San Agustín	0450HU10	CE, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF		OD, B, Cu, Mn	Se, Al		Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Hurtado en Angostura de Pangué	0450HU20	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Mn, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF		RAS, B, Cu, Se, Al			Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Hurtado a/j río Limarí	0450HU40	DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT				Sn		Otros parámetros seleccionados	Muestreo puntual-primavera. Información nivel 4: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT
Minera Panulcillo	0450HU40	Fe, Zn			SD, Cu, SO ₄ ⁻²	CE, pH		Otros parámetros seleccionados	Información muestreo SAG, antes y después descarga Planta La Cocinera de la Minera Panulcillo.
Río Limarí en Peñones Bajo	0455LI10	OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Mn, Se, Ni, Zn, As, SST	DBO ₅ , CE, CF	Cu, Al	RAS	B	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Limarí en Panamericana	0455LI20	OD, pH, Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT		SO ₄ ⁻² , B, Cu, Mn, Se, SD	CE, Al	RAS, Cl	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Muestreo puntual-primavera. Información nivel 4: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Limarí: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales, RAS, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeseo, Selenio, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales.

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río Grande

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Grande en Las Ramadas	0451GR10	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , DBO ₅ , SST, CF	Fe	RAS, B, Cu, Mn, Se	Al		Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Grande en puntilla San Juan	0452GR10	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF		RAS, B, Cu, Fe, Mn, Se	Al			Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Grande aguas abajo descarga de efluente ESSCO Monte Patria	0452GR10		CF					Otros parámetros seleccionados	Información SAG nivel 3.

Tabla 5.2c: Cauce Secundario: Río Mostazal

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Mostazal en Cuestecita	0451MO10	CE, OD, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF		B, Cu, Mn, Se, Al			Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2d: Cauce Secundario: Río Rapel

Limarí

104.

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Rapel en Palomo	0452RA10	CE, OD, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF	Mn	B, Cu, Se, Al			Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2e: Cauce Secundario: Río Combarbalá

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Combarbala en Ramadillas	0453CB10	CE, OD, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Mn, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF	B	Cu	Al	Se	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2f: Cauce Secundario: Río Cogotí

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cogotí en Fragueta	0453CO10	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF	RAS, Mn	B, Cu, Se, Al			Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Cogotí en entrada embalse Cogotí	0453CO20	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Mn, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF	RAS	Cu, Se, Al		B	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2g: Cauce Secundario: Río Guatulame

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Guatulame en El Tome	0453GU10	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Mn, Ni, Zn, As, DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CF, CT, CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , orgánicos plaguicidas		RAS, Cu, Se	Al	B, Sn	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Muestreo puntual- primavera. Información nivel 4. DBO ₅ , SST, SD, color, NH ₄ ⁺ , CF, CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Sn, CT y orgánicos plaguicidas indicados en el muestreo.
Río Guatulame aguas abajo descarga de efluente ESSCO El Palqui	0453GU10		CF					Otros parámetros seleccionados	Información SAG nivel 3.

Tabla 5.2h: Cauce Secundario: Estero Punitaqui

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Punitaqui aguas abajo descarga de efluente ESSCO Punitaqui	0455PU10		CF					Otros parámetros seleccionados	Información SAG nivel 3.
Estero Punitaqui en Punitaqui	0455PU10	OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT	Mn, CF	CE, Cu, Se, Al, SD		RAS, B	Cr, Mo, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información SAG: Sólidos disueltos nivel 3. Muestreo puntual-primavera . Información nivel 4: DBO ₅ , SST, CF, CT, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT

Los ríos seleccionados sin información en la cuenca del río Limarí son:

- Río Los Molles
- Río Pama
- Río Tascadero

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

En la Tabla 5.3 se identifican los parámetros que exceden la clase de excepción en los diferentes cursos de agua de la cuenca del río Limarí, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la tabla 4.22.

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

Estación	Segmento	CE (µS/cm)	RAS	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	B (mg/L)	Cu (µg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Se (µg/L)	Al (mg/L)
Río grande en las Ramadas	0451GR10	Clase 0	3,4	Clase 0	Clase 0	((0,67))	(16)	(0,94)	((0,08))	((6))	((1,62))
Río Grande en puntilla de San Juan	0452GR10	Clase 0	3,4	Clase 0	Clase 0	(0,74)	(19)	(1,59)	((0,07))	((16))	((2,19))
Río Mostazal en Huestecita	0451MO10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(0,6)	(32)	Clase 0	((0,06))	((6))	((0,86))
Río Rapel en Palomo	0452RA10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((0,54))	19	Clase 0	(0,05)	((6))	((0,61))
Río Hurtado en San Agustín	0450HU10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(0,71)	56	Clase 0	(0,15)	((30))	((1,25))
Río Hurtado en Angostura de Pangué	0450HU20	Clase 0	3,6	Clase 0	Clase 0	((0,64))	(19)	Clase 0	Clase 0	((7))	((0,46))
Río Limarí en Peñones bajos	0455LI10	((607,2))	((7,1))	Clase 0	Clase 0	((1))	((30))	Clase 0	Clase 0	((<1))	((0,26))
Río Limarí en Panamericana	0455LI20	2190,1	21	457,5	218	(0,72)	28	Clase 0	((0,06))	((6))	((1,66))
Río Combarbalá en Ramadillas	0453CB10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(0,43)	(24)	Clase 0	Clase 0	((80))	((1,09))
Río Cogotí en Fragueta	0453CO10	Clase 0	2,6	Clase 0	Clase 0	(0,51)	(20)	Clase 0	((0,04))	((6))	((0,9))
Río Cogotí antes Embalse	0453CO20	Clase 0	3	Clase 0	Clase 0	(0,88)	(21)	Clase 0	Clase 0	((6))	((0,96))
Río Huatulame en el Tome	0453GU10	Clase 0	4	Clase 0	Clase 0	((0,78))	40	Clase 0	Clase 0	((6))	((1,77))
Estero Punitaqui en Punitaqui	0455PU10	((788))	((9,4))	Clase 0	Clase 0	((1))	((30))	Clase 0	((0,05))	((10))	((0,43))

Fuente: Elaboración propia

s/i: sin información

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

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

- El río con la mejor calidad natural es el Combarbalá
- Los ríos con buena calidad son: Mostazal, Rapel, Hurtado, Cogotí y Huetulame.
- Los ríos Punitaqui y Limarí en Panamericana son los que presentan la calidad más desmedrada.
- Los metales en solución son gravitantes en la calidad del agua.
- El boro, cobre, selenio y aluminio están presentes en toda la cuenca.
- El manganeso es un elemento abundante en la cuenca del Limarí.
- Los cauces río Grande, Hurtado, Cogotí, Huatulame, Limarí y estero Punitaqui presentan alto contenido de iones calcio, magnesio y sodio, lo que indica alta concentración de sales en un amplio territorio de la cuenca

5.4.1 Conductividad eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 607 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Río Limarí en Peñones Bajos) a 2.190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Río Limarí en Panamericana - otoño).

La conductividad eléctrica va incrementándose a medida que los cursos de agua van descendiendo hacia el mar. Debido a que se trata de terrenos áridos, con escasas precipitaciones y alta radiación solar, todos los parámetros tienden a concentrarse, además desde El Embalse La Paloma hacia abajo no existen nuevos aportes al río.

Adicionalmente, la litología de la cuenca del Limarí es variada en sus edades geológicas sin embargo, presenta una continuidad en el tipo de roca sedimentaria, formaciones que presentan naturalmente compuestos que fácilmente se disocian en iones con el agua. Este efecto es muy fuerte, sobretodo en las aguas subterráneas, pues de acuerdo a la hidrogeología del Limarí se sabe que existe un fuerte intercambio acuífero río desde el embalse La Paloma hasta la parte baja del Limarí.

5.4.2 RAS

Los valores de RAS procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 2,6 (Est. DGA Río Cogotí en Fragueta) a 21 (Est. DGA Río Limarí en Panamericana - verano).

El Basamento de formaciones rocosas, principalmente del período cretácico de rocas sedimento-volcánicas constituidas por rocas clásticas volcánicas, calizas y yesos, hacen que exista gran cantidad de iones (calcio, sodio y magnesio) en solución que llegan a las aguas superficiales y subterráneas, que se manifiestan en el incremento del RAS en un amplio sector de la cuenca.

5.4.3 Cloruros

Los valores de cloruros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores sobre los 458 mg/L (Est. DGA Río Limarí en Panamericana - otoño).

Los cloruros exceden la clase de excepción sólo en la parte más baja de la cuenca, donde el efecto de las aguas subterráneas sobre la calidad del Limarí se manifiesta en la aparición de aguas de contenido salino, producto de las lixiviaciones volumétricas.

5.4.4 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores inferiores a 218 mg/L (Est. DGA Río Limarí en Panamericana - otoño), este valor sobrepasa la clase de excepción en aproximadamente 81%.

Los sulfatos exceden la clase de excepción sólo en la parte más baja de la cuenca, donde efecto de las aguas subterráneas sobre la calidad del Limarí, es producto de las lixiviaciones volumétricas.

5.4.5 Boro

Los valores de boro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,43 mg/L (Est. DGA Río Combarbalá en

Limarí

112.

Ramadillas - otoño) a 1 mg/L (Est. DGA Río Limarí en Panamericana - otoño), este valor sobrepasa la clase excepción en aproximadamente 81%.

El origen del boro se encuentra en las co-precipitaciones de boratos que ocurren entre los estratos sedimentarios de la cuenca. Estos estratos son lixiviados volumétricamente por las aguas subterráneas, las que emergen desde el Embalse La Paloma hacia abajo, o por las vertientes cordilleranas originadas por el derretimiento nival.

La otra fuente de origen se debe a evaporitas o pequeños salares, que concentran boro permitiendo que éste escurra especialmente durante el período estival en que ocurren los derretimientos nivales.

5.4.6 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 16 µg/L (Est DGA río Grande en las Ramadas - otoño) a 56 µg/L (Est. DGA Río Hurtado en San Agustín -invierno).

La aparición de cobre se debería esencialmente a la existencia de la franja metalogénicas (F11 – Ver Mapa de Potencial de Generación Acida en Anexo 4.3), las cuales por procesos de lixiviación de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada adicionan cobre a los tributarios cordilleranos los cuales contaminan todos los cauces. Esta lixiviación se manifiesta mayormente en las aguas superficiales debido a los efectos de todas las pequeñas y medianas minas existentes especialmente en la parte céntrica de la cuenca.

Adicionalmente, los depósitos de material de descarte procedentes de la minería del cobre, específicamente los tranques de relave y los drenajes de aguas de minas, constituyen hasta el momento, fuentes irreversibles de contaminación de las aguas superficiales, se espera que esto se revierta mediante las acciones a tomar por los acuerdos de producción limpia.

5.4.7 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,94 mg/L (Est. DGA Río Grande en Ramadas) a

1,59 mg/L (Est. DGA Río Grande en Puntilla de San Juan - primavera), este valor supera la clase excepción en aproximadamente 98%.

La aparición de hierro se debería esencialmente a la litología de la corteza terrestre la cual por procesos de lixiviación de los minerales – andesitas ricas en pirita, de la franja metalogénica F-10 - adiciona hierro 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 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 cuales toman su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones. La minería asociada a la cuenca presenta fuentes de contaminación irreversibles hasta la fecha, dadas por los drenajes de aguas de minas y el depósito de los materiales de descarte los cuales 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, pero por los acuerdos de producción limpia se espera poder revertir esta situación.

5.4.8 Manganeseo

Los valores de manganeso procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,04 mg/L (Est. DGA Río Cogotí) a 0,08 mg/L (Est. DGA Río Hurtado en San Agustín -invierno), esto supera la clase excepción en aproximadamente 100%.

La presencia de rocas de origen sedimento – volcánicas mixtas del período Cretácico adicionan el contenido de manganeso existente en la litología de las formaciones rocosas, las cuales por procesos de lixiviación superficial y percolación a las aguas subterráneas adicionan manganeso a las aguas superficiales, especialmente en el río Hurtado en su sección media.

5.4.9 Selenio

Los valores de selenio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los <1 µg/L (Est. DGA Río Limarí en Peñones bajos - otoño) a 30 µg/L (Est. DGA Río Hurtado en San Agustín - invierno).

Limarí

114.

La presencia del Selenio se encuentra asociada a minerales de cobre de origen porfirico, que se encuentran en las franjas metalogénicas F-10 y F-4.

5.4.10 Aluminio

Los valores de aluminio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,01 mg/L (Est. DGA Río Limarí en Peñones bajos - otoño) a 2,19 mg/L (Est. DGA Río Grande en Puntilla de San Juan - primavera).

La aparición del aluminio disuelto se debe a dos factores combinados, las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminio silicatos (arcillas) y el pH medio (4,5 a 10,1), 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.

5.4.11 Falencias de información

Para realizar un estudio más detallado de la calidad natural de la cuenca del Limarí se hace imprescindible continuar con el programa de monitoreo de la Dirección General de Aguas, así como con los que posee el Servicio Agrícola y Ganadero, los cuales se deben complementar con los que posean actualmente o tengan proyectados las compañías mineras del sector.

El muestreo realizado demostró que el estaño se encuentra presente en los cinco cursos muestreados. Para poder valorar su presencia en todos los cursos se deberá agregar en el 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 Limarí y sus tributarios:

- En general, la calidad natural del río es clasificada como de buena calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, selenio, boro y aluminio.
- El río Limarí es un curso de agua fuertemente regulado por tres embalses: la Paloma, Recoleta y Cogotí, los cuales influyen en la calidad natural bajo dos factores: Modificar parámetros como el oxígeno disuelto y la carga de sólidos y son receptores de los metales que drenan las cuencas andinas en forma de sedimentos.
- La cuenca del Limarí, se caracteriza por la abundancia de metales, que son los parámetros que más influyen en la calidad natural, debido a la combinación de los siguientes factores: clima semiárido, franjas metalogénicas F 11 y F 4 y actividades mineras que provocan efectos irreversibles.
- Los río Punitaqui y Limarí –parte baja- son los de condición más desmejorada dentro de la cuenca.
- El río Combarbalá es el de mejor calidad natural en la cuenca del Limarí.
- La mayor variación de la calidad se observa en los lugares en donde se ubican aguas subterráneas a menos de 3 metros de profundidad, las que recargan el cauce superficial, haciendo cambios en su calidad.
- A lo largo de la cuenca existen varias plantas de beneficio minero – trapiches – con depósitos asociados de materiales estériles, los cuales, modifican la calidad natural del agua, especialmente cuando ocurren precipitaciones.

- Se sabe que gran parte de los metales presentes en las aguas tienen su origen mixto, ya sea por litología y por aportes antrópico que hasta este momento es irreversible, sin embargo por los acuerdos de producción limpia esto podría ser mejorado.
- Un importante deterioro han experimentado las cuencas del Norte Chico, debido al efecto nocivo que ha tenido la depredación del ganado caprino, la tala de matorral y leña, en donde las escorrentías han lavado los suelos dejando gran cantidad de sedimento y roca desnudas a los chubascos e intemperización. Datos de sólidos suspendidos serían importantes para evaluar el deterioro de la calidad que experimentan estas cuencas.

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 Limarí 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 calidad de los cauces de la cuenca.

Tabla 6.1: Tramos de la Cuenca Limarí

Cauce	Código Segmento	Tramo	Limites Tramos
Río Pama	0453PA10	PA-TR-10	De: Naciente río Pama Hasta: Entrada Embalse Cogotí en río Pama
	0453PA20		
Río Guatulame	0453GU10	GU-TR-10	De: Junta Quebrada Cárcamo Hasta: Entrada Embalse La Paloma en río Guatulame
Río Combarbalá	0453CB10	CB-TR-10	De: Naciente Río Combarbalá Hasta: Confluencia río Pama
	0453CB20		
Río Cogotí	0453CO10	CO-TR-10	De: Naciente río Cogotí Hasta: Naciente río Guatulame (Quebrada Cárcamo)
	0453CO20		
	0453CO30		
Río Tascadero	0451TA10	TA-TR-10	De: Naciente río Tascadero Hasta: Confluencia río Grande

Tabla 6.1 (Continuación): Tramos de la Cuenca Limarí

Cauce	Código Segmento	Tramo	Limites Tramos
Río Grande	0451GR10	GR-TR-10	De: Naciente río Grande Hasta: Confluencia río Rapel
	0451GR20		
	0451GR30		
	0451GR40		
Río Mostazal	0451MO10	MO-TR-10	De: Naciente río Mostazal Hasta: Confluencia río Grande
	0451MO20		
Río Los Molles	0452LM10	LM-TR-10	De: Naciente río Los Molles Hasta: Estación calidad DGA río Rapel en el Palomo
	0452LM20		
Río Rapel	0452RA10	RA-TR-10	De: Estación calidad DGA río Rapel en el Palomo Hasta: Confluencia río Grande
Río Grande	0452GR10	GR-TR-20	De: Confluencia río Rapel Hasta: Confluencia río Hurtado
	0454GR10		
Río Hurtado	0450HU10	HU-TR-10	De: Naciente río Hurtado Hasta: Confluencia río Grande
	0450HU20		
	0450HU30		
	0450HU40		
Río Limarí	0455LI10	LI-TR-10	De: Confluencia río Hurtado y Grande Hasta: Desembocadura
	0455LI20		
Estero Punitaqui	0455PU10	PU-TR-10	De: Naciente estero Punitaqui Hasta: Confluencia río Limarí
	0455PU20		

En la lámina 1940-LIM-02 se ilustra la ubicación de los segmentos que dan origen a los tramos y en la lámina 1940-LIM-03 se presenta la calidad objetivo por tramo.

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 Limarí

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 Grande	GR-TR-10	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , DBO ₅ , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
								2	RAS, B, Cu, Mn, Se	
								3	Al	
								4	--	
	GR-TR-20	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
								2	RAS, B, Cu, Mn, Fe, Se	
								3	Al	
								4	--	
Río Mostazal	MO-TR-10	Clase 1 a 3	0	1	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
								2	B, Cu, Mn, Se, Al	
								3	--	
								4	--	
Río Rapel	RA-TR-10	Clase 1 a 3	0	1	0	1	Mn	Otros parámetros seleccionados
								2	B, Cu, Se, Al	
								3	--	
								4	--	

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Limarí: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales, RAS, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeso, Selenio, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales.

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

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 Hurtado	HU-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	2	2	2	0	Cl, Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , SST, CF, CT, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								3	SD, SO ₄ ⁻² , Cu, Se, Al	
								4	CE, pH, Sn	
Río Limarí	LI-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	2	2	2	0	OD, pH, Fe, Ni, Zn, As, color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados
								1		
								3	CE, Al	
								4	B, RAS, Cl	
Río Combarbalá	CB-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	0	1	0	1	B	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu	
								3	Al	
								4	Se	
Río Cogote	CO-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	0	1	0	1	RAS, Mn	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Se, Al	
								3	--	
								4	B	

(*) 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 Limarí

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 Guatulame	GU-TR-10			Clase 1 a 3	0	1	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
								2	RAS, Cu, Se	
								3	Al	
								4	B, Sn	
Estero Punitaqui	PU-TR-10			Clase 1 a 3	1	1	1	0	OD, pH, Cl, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT	Otros parámetros seleccionados
								2	CE, Cu, Se, Al, SD	
								3	--	
								4	RAS, B	
Río Pama	PA-TR-10		(*)	Clase 1 a 3	s/i	1	0(Nota 1)		s/i	Todos los parámetros seleccionados
Río Tascadero	TA-TR-10			Clase 1 a 3	s/i	1	1(Nota 2)		s/i	Todos los parámetros seleccionados
Río Los Molles	LM-TR-10			Clase 1 a 3	s/i	1	0(Nota 3)		s/i	Todos los parámetros seleccionados

Nota 1: Se le asigna clase objetivo igual a aquella del río Cogotí, aplicando el principio de continuidad y solidaridad. Nota 2: Se le asigna clase objetivo igual a la del tramo GR-TR-10 del río Grande, aplicando el principio de continuidad y solidaridad. Nota 3: Se le asigna igual clase objetivo del río Rapel que está aguas abajo del río Los Molles.

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 Limarí se presentan en el anexo 6.1.

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 río Limarí, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 10 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- RAS
- Sólidos Disueltos
- Cloruro
- Sulfato
- Boro
- Cobre
- Hierro
- Manganeso
- Selenio
- Aluminio

Debido a que uno de los parámetros seleccionados (Sólidos disueltos), ha sido estudiado 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
Río Grande en las Ramadas	98
Río Grande en Puntilla de San Juan	97
Río Mostazal en Huestecita	99
Río Rapel en el Palomo	98
Río Hurtado en San Agustín	97
Río Hurtado en Angostura de Pangué	98
Río Limarí en Peñones Bajos	93
Río Limarí en Panamericana	87
Río Combarbalá en Ramadillas	95
Río Cogotí en Fragueta	99
Río Cogotí en entrada embalse cogotí	98
Río en el Tomé	98
Estero Punitaqui en Punitaqui	95

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Limarí posee tributarios de muy buena calidad. El cauce principal, calidad buena. 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
Río Grande en las Ramadas	1
Río Grande en Puntilla de San Juan	1
Río Mostazal en Cuestecita	0
Río Rapel en el Palomo	0
Río Hurtado en San Agustín	2
Río Hurtado en Angostura de Pangué	2
Río Limarí en Peñones Bajos	2
Río Limarí en Panamericana	2
Río Combarbalá en Ramadillas	0
Río Cogotí en Fragueta	0
Río Cogotí en entrada embalse cogotí	0
Río en el Tomé	0
Estero Punitaqui en Punitaqui	1

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 y el conocimiento de la cuenca, se sabe que el índice calidad actual es igual al índice de calidad objetivo, debido a esto no se recalcula.

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 periodos 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

Limarí

128.

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 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: RAS, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeso, Selenio, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Cromo Total, Molibdeno, Cadmio, Mercurio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Color Aparente, Amonio, Cianuro, Fluoruro, Nitrito, Sulfuro
- 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 7.3: Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo	Río Grande en Ramadas	Río Grande en Puntilla de San Juan	Río Mostazal en Cuestecita	Río Rapel en Palomo	Río Hurtado en San Agustín	Río Hurtado en Angostura de Pangue	Río Combarbalá en Ramadillas
	COD_SEG	0451GR10	0452GR10	0451MO10	0452RA10	0450HU10	0450HU20	0453CB10
INDICADOR	UNIDAD	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
DBO5	mg/l	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
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O	O	O	O
INORGANICOS								
Amonio	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cianuro	µg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Nitrito	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES								
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l							
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Níquel	µg/l							
Selenio	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Zinc	mg/l							
METALES NO ESCENCIALES								
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l							
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS								
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL

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

Tabla 7.3 (Continuación): Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo	Río Cogotí en Fragueta	Río Cogotí en entrada embalse Cogotí	Río Guatulame en el Tomé	Estero Punitaqui en Punitaqui	Río Limarí en Peñones Bajos	Río Limarí en Panamericana
	COD_SEG	0453CO10	0453CO10	0453GU10	0455PU10	0455LI10	0455LI20
INDICADOR	UNIDAD	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
DBO5	mg/l	O	O	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O	O	O
INORGÁNICOS							
Amonio	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cianuro	µg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Nitrito	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES							
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l						
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Níquel	µg/l						
Selenio	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Zinc	mg/l						
METALES NO ESCENCIALES							
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l						
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS							
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	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-LIM-01: Usos del suelo
- 1940-LIM-02: Estaciones de medición y usos del agua
- 1940-LIM-03: Calidad objetivo

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	MOP, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Perfiles Ecológicos de las cuencas de los ríos Lluta, San José, Huasco, Elqui, Limarí, Petorca, La Ligua, Mataquito, Itata, Imperial y del Lago Budi. Documento Final. 2001.
2.2	APICULTURA.CL, 2003 http://www.apicultura.cl
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	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.6	R&Q INGENIERÍA LTDA. Caudales Ecológicos en Regiones IV, V y Metropolitana, Informe Final. Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Ministerio de Obras Públicas. Tomo 4. Agosto 1993.
2.7	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.8	CONAF-CONAMA Catastro de Bosque Nativo
2.9	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.10	SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental http://www.sinia.cl
3.1	RICARDO EDWARDS-INGENIEROS LTDA. Estudio de Síntesis de Catastros de Usuarios de Agua e Infraestructura de Aprovechamiento. Octubre 1991.
3.2	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile, 1996.
3.3	ARRAU Carominas, Fernando. Distribución y Comercialización de las Aguas en Chile. Enero 1998. www.bcn.cl