

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 CHOAPA

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 Choapa.....	11
2.3.1	Flora Terrestre y Acuática	11
2.3.2	Fauna acuática	13
2.4	Sistemas Humanos.....	14
2.4.1	Asentamientos humanos	14
2.4.2	Actividades económicas	15
2.5	Usos del Suelo	16
2.5.1	Uso agrícola.....	16
2.5.2	Uso forestal.....	17
2.5.3	Uso urbano.....	17
2.5.4	Áreas bajo protección oficial y conservación de la biodiversidad	18
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	19
3.1	Información Fluviométrica.....	19
3.2	Usos del Agua.....	21
3.2.1	Usos in – situ	21
3.2.2	Usos extractivos.....	22
3.2.3	Biodiversidad.....	24
3.2.4	Usos ancestrales.....	24
3.2.5	Conclusiones.....	24

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	27
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	27
3.3.2	Residuos industriales líquidos	31
3.4	Datos de Calidad de Aguas	35
3.4.1	Fuentes de Información	35
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	38
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	40
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	40
4.1.1	Análisis por estación	40
4.1.2	Conclusiones	53
4.2	Análisis de la Calidad del Agua	55
4.2.1	Selección de parámetros	55
4.2.2	Análisis de tendencia central	59
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE	63
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	64
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	65
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	76
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES .	84
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	84
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua	90
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	93
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	100
5.4.1	Conductividad Eléctrica (CE)	102
5.4.2	Sulfatos	102
5.4.3	Boro	103
5.4.4	Cobre	103
5.4.5	Hierro	103
5.4.6	Manganeso	104
5.4.7	Molibdeno	104

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.8	Aluminio.....	105
5.4.9	Sólidos Disueltos	106
5.4.10	Sólidos Suspendidos.....	106
5.4.11	Falencias de información.....	106
5.4.12	Conclusiones.....	107
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS	109
6.1	Establecimiento de Tramos	109
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	110
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	118
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES	119
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	119
7.1.1	Antecedentes.....	119
7.1.2	Estimación del ICAS	120
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	120
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	121
7.3	Sistema de Información Geográfico.....	125
7.4	Referencias	125

ANEXOS

- Anexo 3.1 : Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Choapa
- Anexo 3.2 : 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 Choapa
- Anexo 7.1: Indice de Calidad Actual Cuenca del Río Choapa

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca hidrográfica del río Choapa pertenece a la IV Región de Coquimbo situándose en la parte sur de la provincia entre las latitudes 31°10' sur y 32°15' sur aproximadamente, abarcando una superficie de 8.124 km².

El río Choapa nace en plena cordillera de Los Andes a unos 140 km del mar y se forma por la confluencia de los tributarios Totoral, Leiva y del Valle. Aguas abajo y aún dentro de la cordillera, el río Choapa recibe como afluentes al Cuncumén y al Chalinga, y sin recibir otro afluente de importancia abandona el ámbito andino. Es solamente en su curso medio cuando recibe un afluente importante; el río Illapel, que le entrega sus aguas por el norte. Desemboca al mar junto a la Caleta de Huentelauquén, a unos 35 kms al norte del puerto de Los Vilos.

En su curso superior y medio el Choapa recibe varios afluentes de importancia. Por su derecha, se le juntan los ríos Chalinga e Illapel. Por su izquierda, en cambio, recibe esteros de poca significación, y el estero Camisas, que es el afluente principal de esa ribera.

El río Illapel drena una extensión de 2.100 km² con un desarrollo de 85 km hasta su junta con el Choapa. Poco más abajo de dicha confluencia se inicia la angostura-desfiladero de Canelillo, abierta en roca granítica, apta para la construcción de un gran embalse que ha sido explorado y cuya capacidad sería de unos 200 millones de m³.

El segundo río tributario del curso superior-medio del Choapa es el Chalinga, que drena una superficie de 600 km² y presenta un módulo de 0,84 m³/s. Se genera por la junta del río Los Helados con el estero Fuentecillas en el faldeo oeste del cordón limitáneo y afluye al Choapa inmediatamente aguas debajo de la ciudad de Salamanca.

El estero Camisas es el principal aportante del curso medio del Choapa por el sur. Se trata de un cauce de precordillera que nace en la línea de despluvio con la cuenca del Petorca; se forma con las quebradas Guayongo y León Muerto, y desarrolla curso al N de unos 20 km. sufre severos estiajes.

Choapa

2.

Los efluentes más importantes del curso interior del Choapa, debido a su mayor desarrollo, aunque de escaso o nulo caudal en época normal, son los esteros La Canela, que proviene del N, y Millaje, que llega del SW casi justo en su desembocadura en el mar, en cuyas proximidades se explotaba el oro de sus arenas; el nombre aborigen del estero lo confirma, ya que significa “lugar de oro”.

Los cauces incluidos en el estudio son:

- Río Choapa
- Río Illapel
- Río Chalinga
- Río Cuncumén
- Estero Camisas
- Estero Auco

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 Choapa 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 Choapa es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en la lámina 1940-CHO-02.

Choapa

4.

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

CUENCA RIO CHOAPA					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0470	RIO CHOAPA	CH	1	0470 - CH - 10	NACIENTE RIO CHOAPA	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN CUNCUMEN
0470	RIO CHOAPA	CH	2	0470 - CH - 20	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	CONFLUENCIA RIO CUNCUMEN
0470	RIO CUNCUMEN	CU	1	0470 - CU - 10	NACIENTE RIO CUNCUMEN	CONFLUENCIA RIO CHOAPA
0471	ESTERO CAMISAS	CA	1	0471 - CA - 10	SALIDA EMBALSE CORRALES	CONFLUENCIA RIO CHOAPA
0471	RIO CHOAPA	CH	1	0471 - CH - 10	CONFLUENCIA RIO CUNCUMEN	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN SALAMANCA
0471	RIO CHOAPA	CH	2	0471 - CH - 20	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN SALAMANCA	CONFLUENCIA RIO CHALINGA
0471	RIO CHOAPA	CH	3	0471 - CH - 30	CONFLUENCIA RIO CHALINGA	CONFLUENCIA ESTERO CAMISAS
0471	RIO CHOAPA	CH	4	0471 - CH - 40	CONFLUENCIA ESTERO CAMISAS	CONFLUENCIA RIO ILLAPEL
0471	RIO CHALINGA	CL	1	0471 - CL - 10	NACIENTE RIO CHALINGA	EST. CALIDAD RIO CHALINGA EN PALMILLA
0471	RIO CHALINGA	CL	2	0471 - CL - 20	EST. CALIDAD RIO CHALINGA EN PALMILLA	EST. CALIDAD RIO CHALINGA EN CHALINGA
0471	RIO CHALINGA	CL	3	0471 - CL - 30	EST. CALIDAD RIO CHALINGA EN CHALINGA	CONFLUENCIA RIO CHOAPA
0472	RIO ILLAPEL	IL	1	0472 - IL - 10	NACIENTE RIO ILLAPEL	EST. CALIDAD RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS
0472	RIO ILLAPEL	IL	2	0472 - IL - 20	EST. CALIDAD RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	CONFLUENCIA ESTERO AUCO
0472	RIO ILLAPEL	IL	3	0472 - IL - 30	CONFLUENCIA ESTERO AUCO	CONFLUENCIA RIO CHOAPA
0472	ESTERO AUCO	AU	1	0472 - AU - 10	NACIENTE ESTERO AUCA	CONFLUENCIA RIO ILLAPEL
0473	RIO CHOAPA	CH	1	0473 - CH - 10	CONFLUENCIA RIO ILLAPEL	EST.FLUVIOMETRICA RIO CHOAPA ANTES ESTERO LA CANELA
0473	RIO CHOAPA	CH	2	0473 - CH - 20	EST.FLUVIOMETRICA RIO CHOAPA ANTES ESTERO LA CANELA	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN
0473	RIO CHOAPA	CH	3	0473 - CH - 30	EST. CALIDAD RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	DESEMBOCADURA

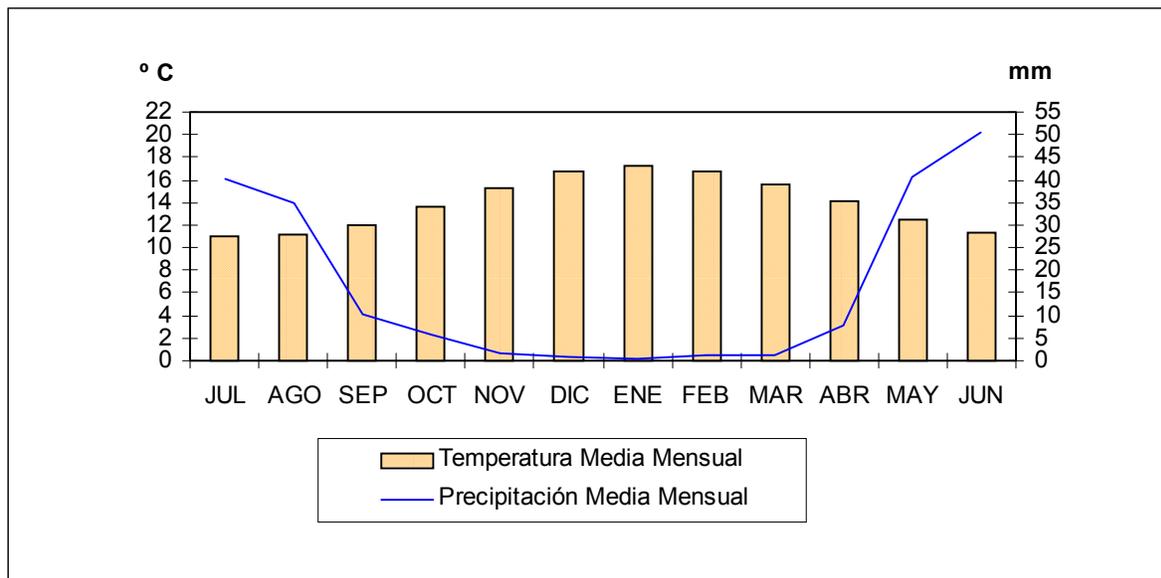
2.2 Sistema Físico - Natural

2.2.1 Clima

La cuenca del río Choapa, presenta tres tipos climáticos, estos son Clima Templado Frío de Altura, Clima de Estepa Cálido con precipitaciones Invernales y Clima Estepárico Costero o Nuboso.

- a) Clima Templado Frío de Altura: 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.
- b) Clima de Estepa Cálido con precipitaciones Invernales: este tipo climático se ubica en la parte interior de la cuenca, por sobre los 800m. Se caracteriza por ausencia de nubosidad y sequedad del aire, sus temperaturas son mayores que en la costa, las precipitaciones no son tan abundantes y los períodos de sequía son característicos.
- c) Clima Estepárico costero o Nuboso: 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 [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 Choapa en el sector de confluencia con el río Illapel y Desembocadura.



[Ref. 2.3]

Figura 2.1: Diagrama Climático Ombrotérmico, sector río Choapa entre junta con río Illapel y Desembocadura

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:

- Quebrada Atelcura

Rocas CP1 de tipo Sedimentarias del Carbonífero Superior-Pérmico. Secuencias sedimentarias continentales y marinas, areniscas, conglomerados, lutitas, calizas y mármoles.

- Sector estero Limahuida

Rocas CP1 de tipo Sedimentarias del Carbonífero Superior-Pérmico. Secuencias sedimentarias continentales y marinas, areniscas, conglomerados, lutitas, calizas y mármoles.

- Zona Central de la Cuenca

Rocas Tr1m de tipo Sedimentarias del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas; franja de ancho pequeño.

- Río Illapel

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; ubicadas en la parte media del río.

- Zona Media-Alta de la Cuenca

Rocas Kia3 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; forma una franja con intercalaciones de espesor considerable.

- Estero Quelén

Rocas Kia3 de tipo Volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolíticas.

- Zona Alta de la Cuenca

Rocas Ks2c de tipo Volcano-Sedimentarias del Cretácico superior. Secuencias volcanosedimentarias continentales: Rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas; presenta pequeñas intercalaciones de otras formaciones que no inciden en la calidad de las aguas.

Choapa

8.

No existe influencia volcánica en esta cuenca.

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrográfica del río Choapa se extiende desde la latitud 31°07' hasta la latitud 32°14' Sur.

En la parte alta destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de formaciones rocosas sedimento – volcánicas del período cretácico – terciario mixto, formadas por coladas, brechas, tobas e ignimbritas con intercambio de lutitas calizas, areniscas y conglomerados. Las características de baja permeabilidad origina que estas rocas sean basamento de los rellenos acuíferos.

Destacan claramente tres acuíferos uno en dirección NS que escurre hasta la ciudad de Illapel con una profundidad freática de 5 m en las cercanías de Illapel.

En dirección NWW por un lecho de rocas de depósitos no consolidados o rellenos escurre un acuífero paralelo al río Illapel hasta la confluencia con el río Choapa.

En dirección EW escurre un acuífero paralelo al estero Canela por un lecho de rocas sedimento – volcánicas hasta que cambia su rumbo en sentido NS al interceptar rocas plutónicas e hipabisales de la cordillera de la costa hasta llegar a confluir con el acuífero asociado al río Choapa, el cual emerge a la llegada al mar hasta una profundidad de 0,4 m.

En 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 Choapa.

Choapa

10.

El cauce del río Choapa desemboca en el mar en el sector de Huentelauquén, después de recibir las aguas aportadas por un ancho árbol de escurrimientos cordilleranos, que conforman dos ejes, uno en sentido NE dado por el río Illapel, y el otro en sentido EW que corresponde al río Choapa, los que se unen al oeste de la ciudad de Illapel, para formar un río caudaloso y encajonado aguas abajo.

El río Choapa aguas arriba de la junta con el río Illapel, se caracteriza por presentar un cauce encajonado por cerros del ambiente netamente andino, los que se presentan con laderas escarpadas, con afloramientos de roca, que aportan material derrubial al cauce a través de conos y quebradas. Desde la junta con el río Illapel hasta su desembocadura, el río se presenta rodeado por cadenas de cerros de la costa, a tal punto que sólo en algunos sectores se establecen pequeñas terrazas de sedimentación fluvial, las que son aprovechadas para la actividad agrícola y el asentamiento de pequeños poblados.

En el sector alto del río Illapel (antes de la junta con el río Choapa) presenta características similares en su morfología al sector alto del río Choapa, debido a su carácter netamente andino donde se encuentra rodeado por cerros redondeados con intrusiones de granito en los afloramientos rocosos. La caja del río se encuentra compuesta por ripios y suelos arcillosos, en terrazas discontinuas a lo largo del cauce. [Ref. 2.1]

Las Planicies Litorales en esta cuenca se presentan con amplio desarrollo y su modelado penetra hacia el interior, formando franjas de hasta 40 kilómetros de ancho, su altura varía hacia el nivel del mar y 200 m s.n.m.

2.2.5 Suelos

Los suelos de la cuenca del río Choapa, se describirán en función de las series de suelo y sus características de Drenaje, Capacidad de Uso y Aptitud Frutal.

Las series de suelo más importantes de acuerdo a la superficie que abarcan en la cuenca, corresponden a Guatulame y las subseries de Guatulame Paloma y Guatulame Terrazas Marinas. También destacan la serie Mollaca y las subseries Mollaca Canela y Mollaca Paloma, así como la serie Misceláneo (Quebrada, Duna, Coluvial, Cerro, Caja de río y Aluvial).

La serie Guatulame y sus subseries (Paloma y Terrazas Marinas), así como Mollaca, poseen características similares. Ambas abarcan la mayor extensión en la zona baja

del cauce principal, su capacidad de drenaje es alta, caracterizándose como *Excesivamente Drenada*. Su capacidad de Uso, se clasifica dentro de aquellas que presenta limitaciones para el uso agrícola y por ende, posee aptitud frutal clasificada como *inadecuada*.

Por último la serie Misceláneo y sus subseries, se localizan en las terrazas fluviales del sector bajo del río Choapa con las mismas características de las series de suelo anteriores: alta capacidad de drenaje, limitación del suelo para el uso agrícola y aptitud frutal inadecuada.

Las características de los suelos de la cuenca en el sector alto, poseen aptitudes distintas a las descritas anteriormente. En el valle (localidad de Choapa) y sector alto de la cuenca (localidades de Salamanca y El Tambo), los suelos presentan aptitudes frutales clasificadas como *Condiciones adecuadas para cultivo de frutales* y su capacidad de uso como *Sin limitaciones para uso agrícola*. [Ref. 2.6]

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del río Choapa

2.3.1 Flora Terrestre y Acuática

Para esta cuenca se han identificado cuatro formaciones vegetales:

- Matorral estepario boscoso: Formación vegetal de distribución exclusivamente costera, constituida por un matorral heterogéneo, generalmente bajo y con densidad irregular. Entre los arbustos y en extensos claros, se desarrolla una pradera anual rica en especies. En pequeñas cuencas protegidas y en las laderas de exposición al sur que presentan condiciones favorables se desarrollan bosques que aún cuando su extensión es reducida, son intrincados y a menudo complejos en su estructura y composición. Las asociaciones más características son: Lilén – Molle (*Azara celastrina-schinus latifolius*); Litre – Guayacán (*Litrea caustica – porlieria chilensis*); Chamiza – Puya (Bahía ambrosiodes – Puya chilensis); Póquil-Sagina (*Helenium aromaticum-Sagina apetala*); Vautro-zarzaparrilla (*Baccharis cóncava-Ribes punctatum*); Adesmia-Alfilerillo (*Adesmia tebella-Erodium cicutarium*); Chagual (*Puya chilensis*); Quinchihue – Grama salada (*ambrosia chamissonis – Distichlis spicata*).

- Matorral estepario del interior: Formación vegetacional que ocupa los llanos y serranías que no reciben influencia directa del océano, con lo cual las características xéricas de los ambientes son más acentuados. El carácter original de esta vegetación ha sido muy alterado, persistiendo sólo restos de comunidades o distintos estrados sucesionales. Las asociaciones más características son: Incienso- Montenegro (*Flourensia thurifera* – *Heliotropium stenophyllum*); Piche negro – Verbena (*Fabiana barriossi*-*Junellia selaginoides*); Brea – Cola de ratón (*Tessaria absinthioides*-*Pleocarphus revolutus*); Rumpiato – Incienso (*Bridgesia incisaefolia*-*Flourensia thurifera*); Pichanilla-Pasto salado (*Gutierrezia resinosa* – *Atriplex semibaccata*); Litre-Colliguay (*Lithrea caustica* – *Colliguaja odorifera*).
- Matorral andino esclerófico: Responde a un patrón de distribución que está determinado esencialmente por el relieve, en el cual se fijan pisos altitudinales muy estrechos, siendo importante la influencia de la exposición. Penetra profundamente en la cordillera de los andes por los cajones de los grandes ríos, con lo cual se establece un complejo mosaico de comunidades locales. Como su ubicación está próxima a las zonas del país con más alta población humana, se encuentra muy alterada tanto en su estructura como en su composición de especies. Las asociaciones más características son: Lun- Maitén (*Escallonia myrtoidea*-*Maytenus boaria*); Ciprés-Litrecillo (*Austrocedrus chilensis* – *Schinus montanus*); Franjel – Guindillo (*Kageneckia angustifolia* – *Valenzuelia trinervis*); Duraznillo – Horizonte (*Colliguaja integerrima* – *Tetraglochin alatum*).
- Estepa Altoandina de Santiago: Representa el nivel altitudinal superior de la vegetación en la cordillera de los Andes de la zona central. Por la naturaleza del relieve montañoso, de carácter muy abrupto, su distribución es discontinua, tomando en ciertos lugares el aspecto de un desierto en altitud. En las especies vegetales predomina la fisionomía xerófito, con arbustos y hierbas pulvinadas y gramíneas de crecimiento en mechón. Las asociaciones más características son: Neneo – Chuquiraga (*Mulinum spinosum* – *Chuquiraga oppositifolia*); Llaretta – Llaretilla (*Azorella madreporica* – *Laretia acaulis*); Paja chica (*Stipa lachnophylla*); Chuquiraga – Guindillo (*Chuquiraga oppositifolia* - *Valenzuelia trinervis*); Coirón de vega – junquillo (*Patosia clandestina* – *Juncus balticus*). [Ref. 2.7]

Con respecto a la flora acuática, el incremento y permanencia del recurso agua se refleja en la riqueza de especies de flora y fauna. En la Tabla siguiente se señalan las especies de plantas acuáticas, las cuales alcanzan a 40, con 87,5% de especies nativas y 37,5% de ellas endémicas de la región.

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

FAMILIA	ESPECIE	% DE COBERTURA
<i>ZONA ALTA – Ribereñas</i>		
<i>Brassicaceae</i>	<i>Rorippa nasturtium acuatica</i>	9
<i>Onagraceae</i>	<i>Epilobium chilense</i>	1
<i>Gramineae</i>		20
<i>Hydrocotylaceae</i>	<i>Hydrocotyle modestus</i>	70
<i>ZONA ALTA – Acuáticas</i>		
<i>Zannichelliaceae</i>	<i>Zannichellia palustris</i>	20
<i>Halagraceae</i>	<i>Myriophyllum aquatium</i>	60
<i>Cladophoraceae</i>	<i>Cladophora sp.</i>	10
<i>ZONA MEDIA Y BAJA – Ribereñas</i>		
<i>Hydrocotylaceae</i>	<i>Hydrocotyle modestus</i>	40
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Veronica anagallis aquatica</i>	20
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus sp.</i>	30
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantado</i>	10
<i>ZONA MEDIA Y BAJA – Acuática</i>		
<i>Halagraceae</i>	<i>Myriophyllum sp.</i>	50
<i>Zannichelliaceae</i>	<i>Zannichellia palustris</i>	40
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Cladophora sp.</i>	10

[Ref. 2.1]

2.3.2 Fauna acuática

En la siguiente tabla se incluye la fauna íctica caracterizada según especie, origen y estado de conservación presente en el cauce del río Choapa.

Tabla 2.3: Fauna íctica presente en el río Choapa

TRAMO	ESPECIE	
	Nombre común	Nombre Científico
Naciente hasta río Chalinga	Trucha arcoiris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	Trucha café	<i>Salmo trutta</i>
	Pejerrey chileno	<i>Basilichtys sp.</i>
	Bagre chico	<i>Trichomycterus aerolatus</i>
	Pocha	<i>Cheirodon pisciculum</i>
	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>
Chalinga hasta río Illapel	Trucha arcoiris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	Trucha café	<i>Salmo trutta</i>
Illapel hasta Desembocadura	Pejerrey chileno	<i>Basilichtys sp.</i>
	Bagre chico	<i>Trichomycterus aerolatus</i>
	Pocha	<i>Cheirodon pisciculum</i>
	Lisa	<i>Mugil cephalus</i>
Río Illapel	Trucha arcoiris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	Trucha café	<i>Salmo trutta</i>
	Bagre chico	<i>Trichomycterus aerolatus</i>
	Pocha	<i>Cheirodon pisciculum</i>
	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>

[Ref. 2.1]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político- administrativo, la cuenca del río Choapa abarca la provincia de Choapa y las comunas de Illapel, Salamanca y Canela. Geográficamente la superficie de la cuenca equivale al 18% de la superficie total de la IV Región de Coquimbo.

En la cuenca existen 10 localidades pobladas, de las cuales dos son ciudades y el resto, corresponden a entidades rurales (aldeas). Las ciudades emplazadas en la cuenca corresponden a Illapel con 30.355 habitantes y Salamanca con 24.494 habitantes, según censo 2002.

Las localidades pobladas de mayor importancia en la cuenca, según el número de habitantes, son las siguientes:

Tabla 2.4: Población Total de la Cuenca del Río Choapa

Nombre Asentamiento	Nº Total de Habitantes	Población Urbana Total	Cauces asociados
Illapel	30.355	21.826	Río Illapel
Salamanca	24.494	12.689	Río Choapa
Canela Alta y Canela Baja	9.379	1.744	Estero La Canela
Cuncumén*	916	Nd	Río Cuncumén

*Cifra corresponde a una estimación realizada para el año 2002 según datos del censo de 1992.

Nd: cifra no disponible.

[Ref.2.8]

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

2.4.2 Actividades económicas

La actividad económica en la cuenca, se basa principalmente en la actividad minera dada por la minera cuprífera y en segundo lugar la actividad agrícola.

La actividad minera se desarrolla principalmente en las cercanías de la ciudad de Illapel donde se han identificado numerosas faenas en las cuales los principales minerales extraídos son el cobre y en menor proporción el oro. La mayor parte de estas mineras, se emplazan próximas al estero Auco (sector alto). En el sector de la junta del río Illapel con el estero Auco se han identificado también, un número importantes de faenas mineras.

Sin duda la actividad minera de mayor importancia en la cuenca, ha sido la explotación cuprífera de Minera los Pelambres, con su faena minera emplazada en el sector alto de la cuenca específicamente en el sector de nacimiento del río Cuncumén, comuna de Salamanca. En proyecto se encuentra la construcción de la planta Los Pelambres, donde se realizarán procesos de chancado y lixiviación del mineral de cobre.

La actividad agrícola de la cuenca se caracteriza principalmente por la presencia de cultivos de rubros extensivos y poco rentables tales como chacras y praderas naturales debido a la baja seguridad de riego de la zona, en especial durante los meses críticos de enero a marzo. Sin embargo, el clima y el suelo permiten el cultivo de rubros agrícolas intensivos y permanentes tales como frutales y viñas (sector alto del cauce principal de la cuenca).

2.5 Usos del Suelo

La información referente a los usos de suelo en la cuenca, se presenta en la lámina 1940-CHO-01 y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2.5: Clasificación Usos del Suelo Cuenca del Río Choapa

Cuenca del río Choapa (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
812.400	Praderas	0	0
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	31.152	4
	Plantaciones forestales	< 156,25	0
	Áreas urbanas e industriales	172	0,02
	Minería Industrial	< 156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	0	0
	Otros Usos*	608.282	75
Áreas sin vegetación	172.794	21	

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. Ref [2.9]

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

2.5.1 Uso agrícola

La superficie total destinada a este tipo de uso en la cuenca, es la más extensa. Su superficie estimada alcanza las 31.152 Ha, equivalentes al 4% de la superficie total. Los terrenos destinados al uso agrícola, se encuentran ubicadas principalmente en el valle del río Illapel y río Choapa. En los valles del río Chalinga y Estero Camisas, esta superficie es muy reducida.

Según antecedentes existentes al año 1997, la principal superficie plantada en la cuenca según grupo de cultivo, se presenta en la comuna de Canela con un total aproximado

de 14.437,6 Ha, siendo sus principales cultivos las plantas forrajeras (14.438 Ha), cereales (577 Ha) y frutales (226 Ha).

La comuna de Salamanca posee una superficie cultivada estimada de 3.436 Ha, siendo en su mayoría destinada a viñas, parronales viníferos y frutales, mientras que en la localidad de Illapel (5.444 Ha), sus principales cultivos corresponden a las plantas forrajeras y cereales. [Ref. 2.9] [Ref. 2.10].

En la cuenca del río Choapa se encuentra el Embalse Corrales, ubicándose entre los paralelos 31°30' y 32° Sur y los meridianos 70°40' y 71°30' oeste. El objetivo de este embalse de 50 millones de m³ de capacidad, es incrementar la seguridad de riego desde un 50% a un 85% de terrenos agrícolas insertos en la cuenca.

Este embalse constituye la primera gran obra de regulación de agua de riego para la cuenca del río Choapa y es producto de la búsqueda de soluciones para la mejor utilización de los recursos hídricos de la cuenca.

2.5.2 Uso forestal

La superficie total de la cuenca destinada a este tipo de uso es reducida. Las plantaciones de bosque en la cuenca, no superan las 156,25 Ha.

Pese a la reducida superficie de plantaciones forestales en esta zona, se logran desarrollar en el sector alto (nacimiento del cauce principal), bosques y montes con plantaciones forestales principalmente de Eucaliptus. [Ref. 2.9] [Ref. 2.10]

2.5.3 Uso urbano

Si bien el uso del suelo de tipo urbano no es uno de las más importantes en la cuenca del Choapa, se logra desarrollar en algunas zonas. Esta superficie es reducida, alcanzando sólo las 172 Ha equivalentes al 0,02% de la superficie total. Este tipo de uso comprende a ciudades, pueblos y zonas industriales.

La provincia de Choapa posee una población urbana total de 49.118 habitantes según el censo del año 2002. Los principales centros urbanos de la provincia son las ciudades de Illapel con una población de 21.826 habitantes y Salamanca con 12.689 habitantes. La

Choapa

18.

localidad de Canela, posee una población urbana de 1.744 dejando en evidencia su alto grado de ruralidad (población total igual a 9.379 habitantes).

Considerando la población urbana total aproximada de la cuenca, esta alcanza los 36.259 habitantes.

Cabe destacar que los datos de población dada por el censo 2002 corresponden a datos a nivel comunal y no ciudad,

La superficie de la cuenca destinada a la actividad minera, es reducida (menor a 156,25 ha) pero de gran importancia económica. Esta actividad, concentrada principalmente en los alrededores de la ciudad de Illapel y comuna de Salamanca, posee importantes faenas mineras de explotación de cobre como es el caso de Minera Los Pelambres la cual constituye el principal yacimiento cuprífero de la zona. [Ref. 2.9] [Ref. 2.11].

2.5.4 Áreas bajo protección oficial y conservación de la biodiversidad

La cuenca del río Choapa posee sólo un Área bajo Protección Oficial perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE. Este sitio bajo protección corresponde a la Reserva Nacional Las Chinchillas.

Los sitios de conservación de la biodiversidad existentes en la cuenca, incluidos en el documento “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad IV Región de Coquimbo”, se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 2.6: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Cerro. La Virgen	10.407,8	Zona bien conservada y poco impactada. Especies de hábitat sujetos a condiciones climáticas extremas. Alto grado de pristinidad.
Cuesta El Espino	3.830,3	Zona con presencia de Canelo Chequen especie en peligro de extinción y de distribución restringida. Pristinidad Media.

[Ref 2.12][Ref 2.13]

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 Choapa es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del Choapa

Nombre	Período de Registro
RÍO ILLAPEL EN LAS BURRAS	1962 – 2002
RÍO ILLAPEL EN HUINTIL	1947 – 2002
RÍO CUNCUMÉN ANTES BOCATOMA DE CANALES	1965 – 2002
RÍO CHOAPA EN CUNCUMÉN	1965 – 2002
RÍO CHOAPA EN SALAMANCA	1947 – 2002
RÍO ILLAPEL AGUAS ABAJO DE QUEBRADA EL PERAL	1983 – 2002
RÍO CHALINGA EN LA PALMILLA	1991 – 2002
RÍO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	1960 – 2002
RÍO CHOAPA AGUAS ARRIBA ESTERO LA CANELA	1962 – 2002
ESTERO CAMISAS EN DESEMBOCADURA	1965 – 2001

El río Choapa nace en la cordillera de Los Andes a 1000 m s.n.m. y luego de un recorrido casi lineal sureste – noroeste desemboca en el océano Pacífico. Los principales afluentes del Choapa son los ríos Illapel, Cuncumén y Chalinga, por el norte, y por el sur el único afluente de importancia es el estero Camisas.

El régimen del río Choapa es principalmente nival, ya que la mayoría de las estaciones fluviométricas de esta cuenca presenta una marcada influencia nival, salvo la estación ubicada en el estero Camisas, la cual tiene un régimen claramente pluvial.

Para el análisis hidrológico se han considerado tres grupos, el primero es nival, el segundo nivo – pluvial, ya que muestra pequeñas influencias pluviales, y el tercero es pluvial, el cual sólo tiene una estación, ubicada en el estero Camisas.

- Grupo1; Régimen Nival: Este grupo está compuesto por las estaciones fluviométricas ubicadas en la parte alta de los ríos Illapel, Cuncumén, Chalinga y Choapa. Todas estas estaciones muestran un claro régimen nival.
- Grupo2; Régimen Nivo – Pluvial: Este grupo está formado por las estaciones fluviométricas ubicadas en la parte baja de los ríos Illapel y Choapa. Todas muestran un importante carácter nival y una menor influencia pluvial.
- Grupo3; Régimen Pluvial: Este grupo lo forma sólo una estación, estero Camisas en desembocadura, la cual presenta un claro régimen pluvial, ya que la cuenca del estero se ubica en una zona baja del valle, de manera que sólo recibe aportes pluviales.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Nival	RÍO ILLAPEL EN LAS BURRAS
2		RÍO ILLAPEL EN HUINTIL
3		RÍO CUNCUMÉN ANTES BOCATOMA DE CANALES
4		RÍO CHOAPA EN CUNCUMÉN
5		RÍO CHOAPA EN SALAMANCA
6		RÍO CHALINGA EN LA PALMILLA
7	Nivo – Pluvial	RÍO ILLAPEL AGUAS ABAJO DE QUEBRADA EL PERAL
8		RÍO CHOAPA EN PUENTE NEGRO
9		RÍO CHOAPA AGUAS ARRIBA ESTERO LA CANELA
10	Pluvial	ESTERO CAMISAS EN DESEMBOCADURA

Para poder completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas incompletas se realizaron correlaciones lineales con dos estaciones patrones, las cuales contaban con estadísticas bastante extensas y completas. La primera, Illapel en Huintil, se correlacionó con Illapel en Las Burras, y la segunda, Choapa en Salamanca, lo hizo con Illapel en Huintil. Para completar y extender la estadística de la estación estero Camisas en desembocadura, se realizaron correlaciones con la estación Cuncumén antes bocatoma de canales.

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.

Choapa

22.

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.

En total, la cuenca del río Choapa cuenta con 6.599 usuarios, de los cuales 4.318 se organizan en comunidades de agua y 17.732 hás regadas. [Ref. 3.1].

Las demandas brutas al año 1997 alcanzan las 343.181.000 m³/año y las demandas netas a 124.314.000 m³/año. [Ref. 3.2]

Para el futuro se estima un aumento de la superficie regada de 3.580 ha, lo que significaría una demandas bruta de 236.978.000 m³/año y una demanda bruta disminuye a

pesar del aumento del consumo neto, como consecuencia de una mayor tecnificación predial y una modernización de la agricultura del valle del Choapa. [Ref. 3.2]

b) Captación para agua potable

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

Las demandas bruta y neta de agua potable al año 1997, alcanzaban para la cuenca del río Choapa los 65,04 l/s y 40,06 l/s, respectivamente. [Ref. 3.2]

En esta cuenca las ciudades que presentan una mayor demanda de agua potable son Illapel y Salamanca, la que alcanza a 29,37 y 7,84 l/s, respectivamente.

Sólo se ha detectado una fuente superficial de agua potable en el río Illapel antes de la junta con el estero Auco. Para la ciudad de Salamanca no es posible, de acuerdo a los antecedentes, localizar la fuente de abastecimiento.

c) Generación de energía eléctrica

No existen actualmente demandas para la producción de energía eléctrica.

d) Actividad industrial

Al año 1997 se tienen una demanda bruta de agua de 14 (l/s) y neta de 10 (l/s). Se estima, de acuerdo al crecimiento de la actividad industrial de la región que, para el año 2017, la demanda bruta sería de 60 (l/s) y la neta 43 (l/s). [Ref. 3.2].

e) Actividad minera

En la cuenca del río Choapa hay presencia de actividad minera. La mayor parte de las mineras se encuentran próximas al estero Auco (sector alto). También existen otras minas localizadas en el sector de la junta del río Illapel con el estero Auco. La Mina más importante de la cuenca es la Minera Los Pelambres ubicada en el sector alto de la cuenca específicamente en el sector del nacimiento del río Cuncumén, comuna de Salamanca.

Los derechos concedidos al año 1997 alcanzan las 7 (l/s) y de acuerdo al crecimiento de la actividad minera de la región la demanda, para el año 2017 se estima en 10 (l/s). [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 Choapa existe un sitio que conforma el SNASPE:

- Reserva Nacional Las Chinchillas: Este parque se creó especialmente para la protección de algunas de las últimas chinchillas lanígenas, endémicas de esta región en su ambiente natural.

En cuanto a la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad IV Región de Coquimbo”, los sitios prioritarios de conservación de biodiversidad aparecen identificados en el capítulo 2.5.4 “Áreas de Conservación de la Biodiversidad”.



3.2.4 Usos ancestrales

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

3.2.5 Conclusiones

En la lámina 1940-CHO-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 3.3, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

La tabla 3.3 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 el Instructivo, permiten tener una visión más global de la cuenca.

Choapa

26.

Tabla 3.3: Usos de Agua por Segmento en la Cuenca del Choapa

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Illapel	0472IL10			•						
	0472IL20			•	•			•		
	0472IL30			•						
Estero Auco	0472AU10							•	•	
Río Chalinga	0471CL10			•						
	0471CL20			•						
	0471CL30			•						
Estero Camisas	0471CA10			•						
Río Cuncumén	0470CU10			•				•		
Río Choapa	0470CH10			•					•	
	0470CH20			•				•		
	0471CH10			•						
	0471CH20			•						
	0471CH30			•						
	0471CH40			•						
	0473CH10			•						
	0473CH20			•						
	0473CH30			•						

[Ref 3.1],[Ref 3.3]

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

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del río Choapa posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 41.855 habitantes. Esta población incluye a las ciudades de Illapel y Salamanca, así como los poblados de Canela Alta y Canela Baja.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 89% (37.433 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 Illapel posee 94% de cobertura en el tratamiento de aguas servidas y Salamanca un 93%. Las localidades de Canela Alta y Canela Baja, poseen coberturas de 46 y 64,1%.

Se estima que al año 2005, en la ciudad de Illapel se incrementará la cobertura de tratamiento de las aguas servidas en 3% y Salamanca en 1%, mientras que en los poblados de Canela Alta y Canela Baja, se proyectan incrementos de 24 y 6% respectivamente.

A continuación, en la tabla 3.4 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.

Choapa

28.

Tabla 3.4: 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 Suspendidos Totales (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Cu Total (mg/L)	Fe disuelto (mg/L)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)
Canela Alta	no asociado a segmento	Estero la Canela	ESCCO	46	1.072	203	SI	Lodos Activados C. Alta	0,4	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Canela Baja	no asociado a segmento	Estero la Canela	ESCCO	64,1	1.807	1.128	SI	Lodos Activados C. Baja	2,1	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Illapel	0472IL30	Río Illapel	ESCCO	94	25.372	23.483	SI	Laguna Aireada Cuz Cuz	43,5	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Salamanca	0471CH20	Río Choapa	ESCCO	93	13.604	12.619	SI	Laguna Aireada Salamanca	23,4	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.
- Las localidades de Canela Alta y Canela Baja, no tienen segmento asociado ya que el Estero La Canela no es un cauce seleccionado.

Choapa

30.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

La principal actividad económica en la cuenca es la minería, donde se extrae principalmente cobre y en menor cantidad oro. En la comuna de Salamanca, se encuentra la faena minera Los Pelambres dedicada a la explotación cuprífera, que no descarga aguas a ningún cauce ya que las recircula a las faenas mineras. Mientras que en la comuna de Illapel, próximo al estero Auco, se han identificado también numerosas faenas mineras (cobre y oro).

Debido principalmente a la gran actividad minera que presenta esta cuenca y por las características de su explotación, las que corresponden a amalgación y concentración de cobre y oro, se han identificado los altos niveles de cobre y sulfatos en las aguas del río Choapa, superiores a los permitidos por norma (Decreto N° 90/00), así como bajos niveles de pH. Las plantas y relaves mineros emplazados en la cuenca, constituyen una importante fuente contaminante.

Otra fuente de contaminación son los depósitos de antiguas actividades mineras (actualmente paralizadas) como son la planta minera Kattia, El Almendro, San Jorge y planta La Fortuna, localizadas próximas al estero Auco y río Illapel.

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

Choapa

32.

Tabla 3.5: Residuos Industriales Líquidos

Industria	Comuna	Descarga	Segmento Asociado a la Descarga	Cuerpo Receptor	CIU	Caudal (L/s)	pH	T	S. Totales	SD	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 (umhos/cm)
Cía. Minera Sindicato de Quierbas (Planta el Almendro)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	8.1	*	1.464	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	791,1	*				*	1.300
Cía. Minera S.C.M. La Fortuna (Planta la Fortuna)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	7.9	*	2.210	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	1283,3	*				*	1.890
Cía. Minera Fernando Guerra (Planta el Canelillo)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23041	Nd	8.3	*	2.438	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	1352,4	*				*	1.970
Cía. Minera Jaime Pérez (Planta el Romero)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	8.2	*	748	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	335	*				*	820
Cía. Minera S.L.M. Dabed Posa (Planta San Jorge)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	8.5	*	242	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	51,9	*				*	370
Cía. Minera Miguel Aguirre B. (Planta Pluma de Oro)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	8.5	*	328	*				*	*	*	0.02	<0,01		<0.001	*		*	21	*				*	380
Cía. Minera Rigoberto Vazquez V. (Planta Santa Teresa)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	4.5	*	1.044	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	521,1	*				*	890
Cía. Minera La Presidenta (Planta Kattia)	Illapel	Nd	Nd	Nd	23033	Nd	4.4	*	1.006	*				*	*	*	*	<0,01		*	*		*	523,5	*				*	910
Capel Salamanca	Salamanca	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 asteriscos, representan los parámetros típicos que se deberían encontrar en efluentes de cada industria de acuerdo a su clasificación CIU según Decreto N°90/00.

Choapa

34.

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 Choapa son las siguientes:

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

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Choapa				
Cuerpos de agua	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Choapa					
En Cuncumén	SI	30	21	1980-2002	60
En Huentelauquén	NO	33	21	1998-2002	10
En La Canela (*)	SI	10	5	1980	3
En Limahuida (*)	NO	13	8	1980-1982	10
En Puente Negro	SI	30	21	1980-2002	70
En Salamanca	SI	30	21	1980-2002	57
Río Illapel					
En Huintil (*)	SI	18	11	1980-1989	11
En Las Burras	SI	30	21	1980-2002	58
En Puente El Peral	SI	31	21	1986-2002	51
Río Cuncumén					
Antes Bocatoma Canales (*)	SI	32	21	1986-2000	31
Antes Quebrada El Chinche (*)	NO	17	10	1992-1993	3
Antes Río Choapa	NO	31	21	1992-2002	11
Río Chalinga					
En La Palmilla	SI	32	21	1992-2002	39
En Chalinga (*)	NO	29	20	1984-1999	28

Choapa

36.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Choapa				
Cuerpos de agua	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
En San Agustín (*)	NO	12	7	1980-1981	4
Estero Auco					
Antes Río Illapel	NO	31	20	1984-2002	47
Estero Camisas					
En Desembocadura (*)	SI	18	11	1980-1992	11
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

- b) Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres 85 ktp. Geotécnica Consultores. (Mayo 1996-Julio 1997)

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO GEOTECNICA CONSULTORES				
Cuenca	Río Choapa			
Cuerpos de agua	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Choapa				
En Chillepin	29	21	mayo 1996	1
En Coirón	47	25	mayo 1996-julio 1997	2
En Panguessillo	47	25	mayo 1997-julio 1997	2
En Salamanca	47	25	mayo1996-julio 1997	2
Río Cuncumén				
Antes Río Choapa	47	25	mayo1996-julio 1997	3

Cuerpos de agua	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Cerro Blanco				
En Cerro Blanco	47	25	mayo1997-julio 1997	2
Esteros				
Estero Chacay	47	23	mayo1997	1
Parámetros medidos Instructivo				
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas	NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos	SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados	SI	

c) Programa de Monitoreo del SAG

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO SAG				
Cuenca	Río Choapa			
Cuerpos de Agua	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Choapa				
Cía.Minera Los Pelambres (aguas arriba descarga)	3	3	2001-2002	3
Cía.Minera Los Pelambres (aguas abajo descarga)	3	3	2001-2002	3
Río Illapel				
Minera El Maitén (aguas arriba descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera El Maitén (aguas abajo descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Pluma de Oro (aguas arriba descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Pluma de Oro (aguas abajo descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Millaray (aguas arriba descarga)	4	4	2001-2002	2

Cuerpos de Agua	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Minera Millaray (aguas abajo descarga)	4	4	2001-2002	2
Minera Asiento Viejo (aguas arriba descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Asiento Viejo (aguas abajo descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Kattia (aguas arriba descarga)	4	4	1999	2
Minera Kattia (aguas abajo descarga)	4	4	1999	2
Estero Auco				
Minera Portezuelo (aguas arriba descarga)	4	4	2001-2002	4
Minera Portezuelo (aguas abajo descarga)	4	4	2001-2002	4
Parámetros medidos Instructivo				
• Indicadores físico-químicos	NO	• Orgánicos plaguicidas	NO	NO
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos	NO	NO
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	NO	NO
• Metales no esenciales	NO	• Otros parámetros no normados	NO	NO

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

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

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca del Illapel

- Illapel en Las Burras

Esta estación se ubica en el curso alto del río Illapel, afluente del río Choapa, a 1079 m s.n.m.

En la tabla 4.1 y figura 4.1 se observa que esta estación muestra un régimen netamente nival, con sus mayores caudales en primavera y principios de verano.

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

En años secos los caudales se presentan bastante bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a 750 l/s, salvo leves aumentos entre julio y noviembre.

Tabla 4.1: Río Illapel en Las Burras (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	3.670	3.259	2.968	2.557	3.890	7.378	8.961	22.082	24.195	10.571	6.412	4.049
10	2.843	2.596	2.443	2.216	3.199	5.180	6.737	14.390	14.912	7.075	4.585	3.065
20	2.086	1.972	1.930	1.860	2.524	3.443	4.769	8.566	8.297	4.350	3.054	2.188
50	1.155	1.165	1.230	1.324	1.605	1.730	2.464	3.179	2.706	1.717	1.405	1.149
85	0.557	0.610	0.706	0.847	0.919	0.944	1.092	0.937	0.681	0.546	0.540	0.519
95	0.363	0.417	0.510	0.630	0.662	0.759	0.677	0.458	0.303	0.279	0.308	0.326
Dist	L2	L2	L2	G	L2	L3	L2	L2	L2	L2	L2	L2

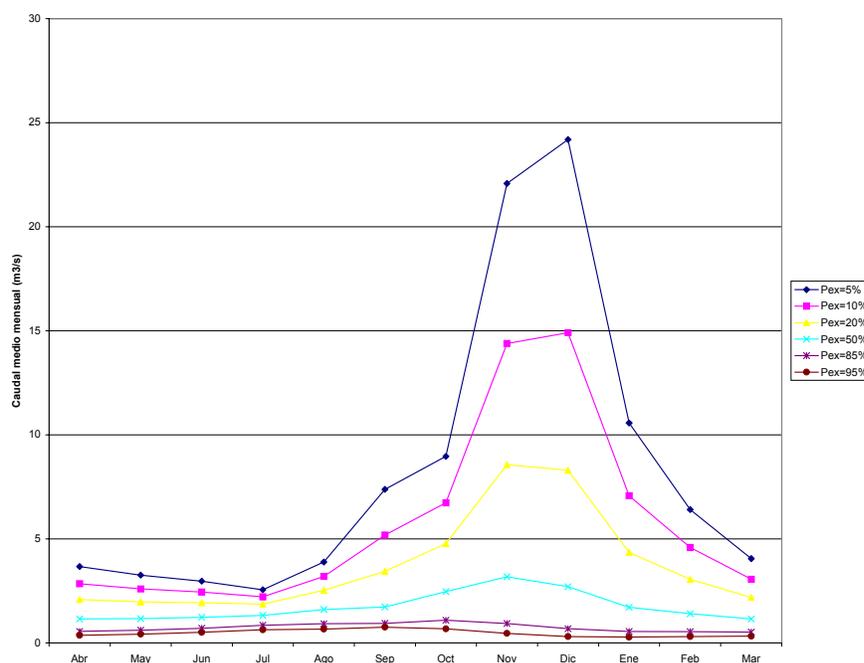


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Illapel en Las Burras

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

- Illapel en Huintil

Se ubica en el río Illapel, aguas abajo de la junta del río Carén, a 775 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se aprecia que esta estación muestra un régimen nival, con importantes caudales en los meses de deshielo.

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

En años secos los caudales se observan bastante bajos durante todo el año, con valores que llegan a 700 l/s, salvo leves aumentos entre julio y noviembre que no superan 1 m³/s.

Tabla 4.2: Río Illapel en Huintil (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	4.834	4.660	5.119	5.490	6.408	8.638	12.99	24.253	26.284	15.786	6.926	5.178
10	3.543	3.519	3.922	4.344	4.900	6.405	9.172	15.662	15.982	9.413	4.839	3.703
20	2.432	2.503	2.839	3.259	3.541	4.459	6.018	9.221	8.748	5.077	3.134	2.466
50	1.184	1.306	1.526	1.853	1.903	2.231	2.689	3.351	2.765	1.653	1.366	1.135
85	0.488	0.586	0.704	0.877	0.885	0.951	0.997	0.963	0.669	0.536	0.491	0.436
95	0.290	0.366	0.443	0.536	0.565	0.576	0.557	0.463	0.291	0.349	0.270	0.249
Dist	L2	L2	L3	L3	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L2	L2

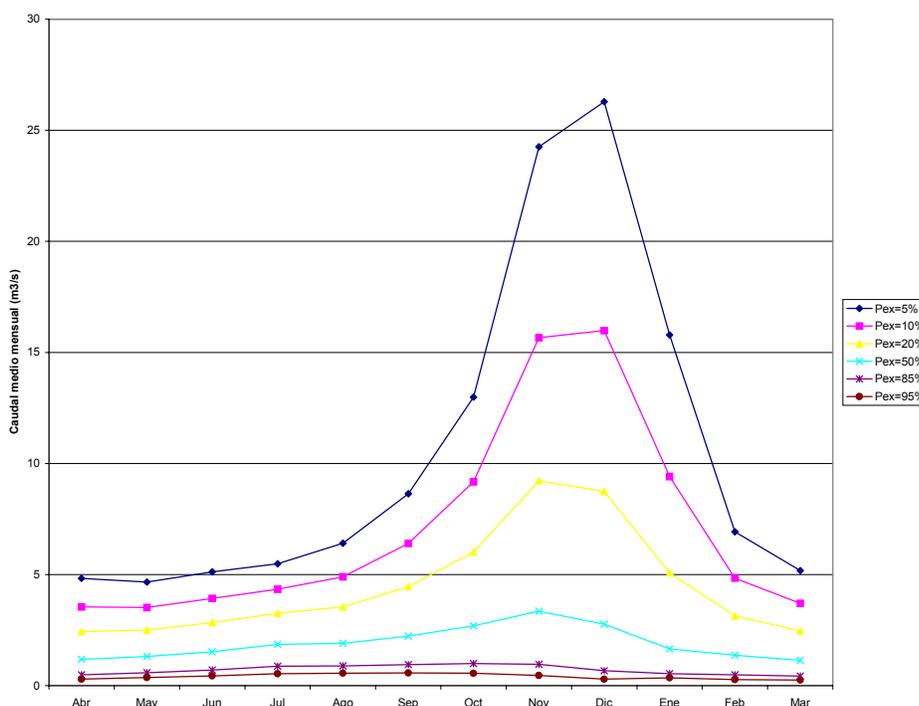


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río Illapel en Huintil

- Illapel aguas abajo quebrada El Peral

Se ubica en el río Illapel, unos 4 Km aguas arriba de la junta con el río Choapa.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se observa que esta estación muestra una mayor influencia pluvial que las estaciones ubicadas aguas arriba en este río, sin embargo la influencia nival sigue siendo la más importante. De acuerdo a lo anterior, el régimen de esta estación se define como nivo – pluvial.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre noviembre y enero, producto de los deshielos, sin embargo en agosto se observan caudales de importancia, producto de lluvias invernales. Los menores caudales ocurren entre marzo y julio.

En años secos los caudales se presentan bajísimos durante todo el año, con valores menores a 250 l/s, salvo leves aumentos entre junio y septiembre, que no superan los 750 l/s.

Tabla 4.3: Río Illapel aguas abajo quebrada El Peral (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	7.010	4.116	6.937	5.322	17.584	9.694	14.241	50.031	60.338	30.737	10.705	5.752
10	3.515	2.817	5.073	4.344	10.420	6.478	8.283	21.946	23.597	12.518	4.955	2.848
20	1.524	1.769	3.440	3.325	5.529	3.965	4.288	8.088	7.568	4.217	1.949	1.215
50	0.308	0.704	1.555	1.837	1.645	1.529	1.202	1.201	0.861	0.527	0.328	0.239
85	0.043	0.193	0.459	0.727	0.370	0.439	0.228	0.115	0.059	0.041	0.036	0.032
95	0.014	0.067	0.135	0.369	0.154	0.189	0.070	0.029	0.012	0.009	0.010	0.010
Dist	L2	L3	L3	G2	L2	L3	L3	L2	L3	L2	L2	L2

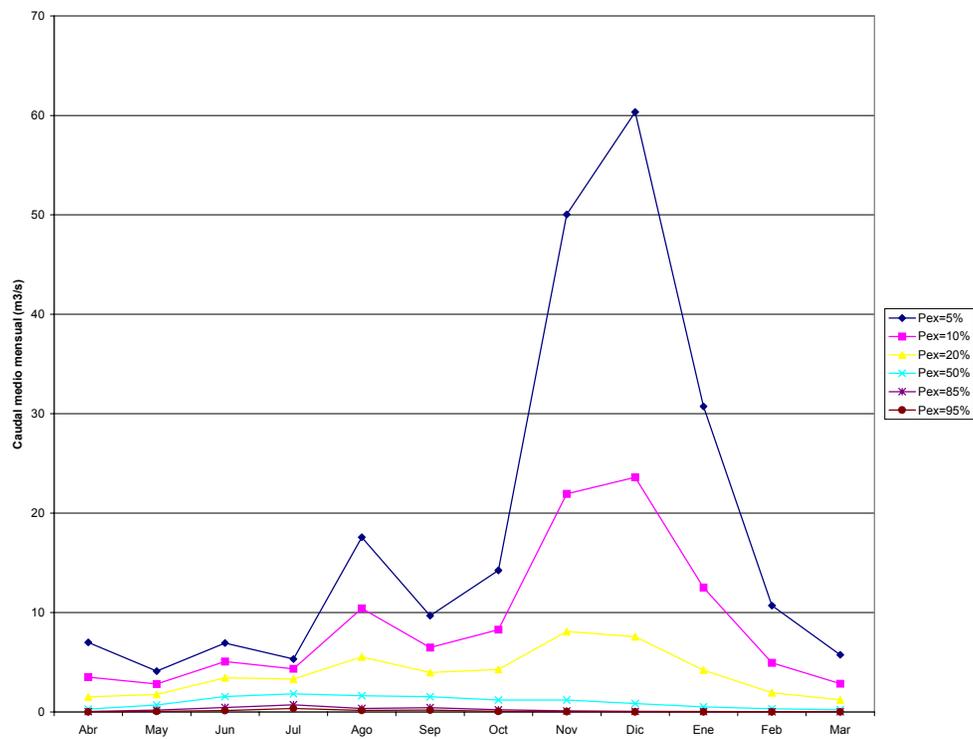


Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Illapel aguas abajo quebrada El Peral

- b) Subcuenca del Choapa
- Cuncumén antes bocatoma de canales

Se encuentra en el río Cuncumén, en la parte alta de este río, a 1360 m s.n.m.

En la tabla 4.4 y figura 4.4 es posible observar que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales producto de aportes nivales.

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

En años secos los caudales se presentan muy bajos durante todo el año, con valores que no superan los 500 l/s.

Tabla 4.4: Río Cuncumén antes bocatoma de canales (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.430	1.386	1.543	1.488	1.498	2.137	2.838	3.480	5.797	3.038	2.492	1.820
10	1.173	1.144	1.314	1.287	1.283	1.715	2.200	2.651	3.779	2.234	1.858	1.406
20	0.918	0.901	1.076	1.068	1.059	1.314	1.616	1.904	2.263	1.539	1.302	1.028
50	0.558	0.553	0.716	0.720	0.721	0.790	0.896	1.007	0.877	0.755	0.660	0.566
85	0.277	0.274	0.396	0.407	0.421	0.422	0.433	0.452	0.311	0.314	0.286	0.271
95	0.167	0.163	0.251	0.277	0.284	0.292	0.283	0.278	0.192	0.187	0.175	0.176
Dist	L3	L3	G	G2	G	L2	L2	L3	L3	L2	L2	L2

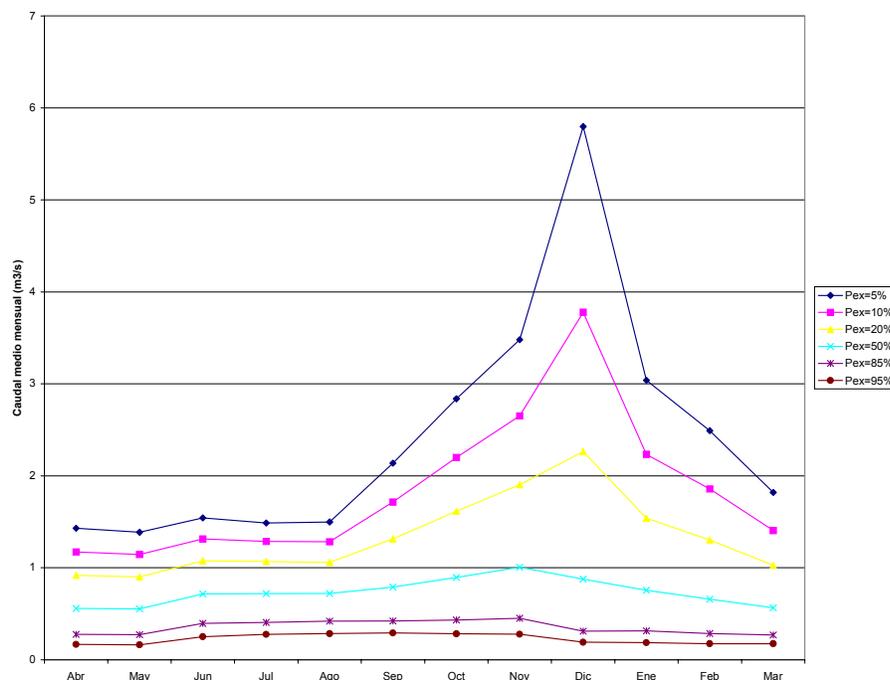


Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Río Cuncumén antes bocatoma de canales

- Chalinga en la Palmilla

Esta estación se encuentra en el río Chalinga a 800 m s.n.m.

En la tabla 4.5 y figura 4.5 se observa que esta estación muestra caudales bastante uniformes durante el año, con aumentos no tan marcados entre septiembre y febrero, producto de su régimen nival.

En años húmedos los caudales no muestran grandes variaciones, con sus mayores caudales entre septiembre y enero, producto de los deshielos.

En años secos los caudales se mantienen bajos durante todo el año, con valores menores a 500 l/s, salvo leves aumentos entre octubre y noviembre que no superan los 550 l/s.

Tabla 4.5: Río Chalinga en la Palmilla (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.297	1.825	1.653	1.609	1.485	2.834	2.947	3.401	3.696	2.409	2.414	1.682
10	1.066	1.421	1.293	1.353	1.273	2.203	2.234	2.506	2.622	1.797	1.726	1.329
20	0.841	1.049	0.980	1.097	1.056	1.624	1.621	1.753	1.755	1.282	1.177	1.000
50	0.534	0.588	0.626	0.734	0.740	0.906	0.932	0.935	0.871	0.724	0.630	0.580
85	0.305	0.288	0.424	0.448	0.477	0.442	0.548	0.501	0.445	0.430	0.373	0.297
95	0.220	0.189	0.366	0.335	0.369	0.290	0.439	0.384	0.339	0.350	0.312	0.200
Dist	L2	L2	L3	L2	L2	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L2

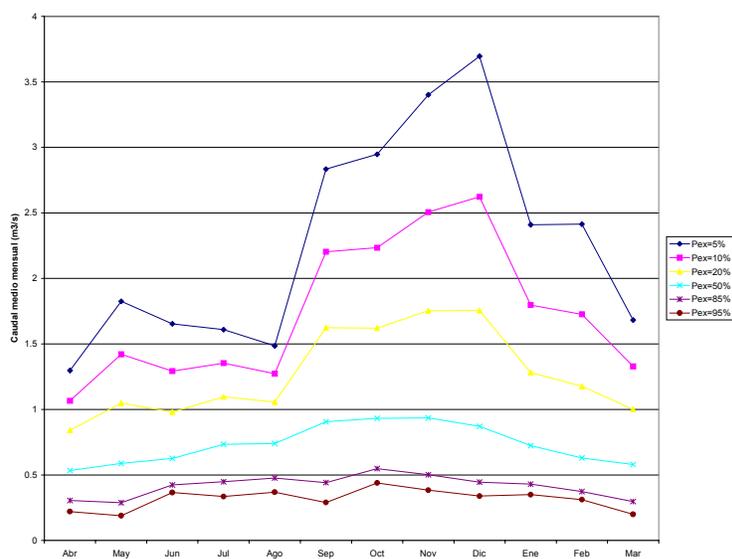


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Río Chalinga en la Palmilla

- Estero Camisas en desembocadura

Esta estación se encuentra en el estero Camisas, poco antes de la junta con el río Choapa, a 400 m s.n.m.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se aprecia que esta estación presenta un marcado régimen pluvial, con sus mayores caudales en invierno.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre junio y agosto, producto de lluvias invernales, mientras que desde octubre a mayo se mantienen prácticamente constantes.

En años secos los caudales se muestran muy bajos a lo largo de todo el año, con valores inferiores a 560 l/s.

Tabla 4.6: Estero Camisas en desembocadura (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.166	1.324	3.799	7.570	7.959	2.547	1.501	1.555	1.513	1.404	1.324	1.269
10	0.989	1.136	2.803	5.315	5.443	1.947	1.299	1.371	1.307	1.182	1.124	1.052
20	0.798	0.932	1.939	3.463	3.423	1.407	1.088	1.172	1.092	0.956	0.916	0.834
50	0.503	0.611	0.959	1.527	1.384	0.756	0.769	0.853	0.767	0.625	0.602	0.521
85	0.254	0.331	0.403	0.557	0.414	0.352	0.486	0.549	0.479	0.350	0.323	0.270
95	0.158	0.217	0.242	0.308	0.178	0.224	0.357	0.408	0.348	0.236	0.196	0.169
Dist	KG2	L2	L2	L2	L3	L2	G	L3	G	L3	G	L3

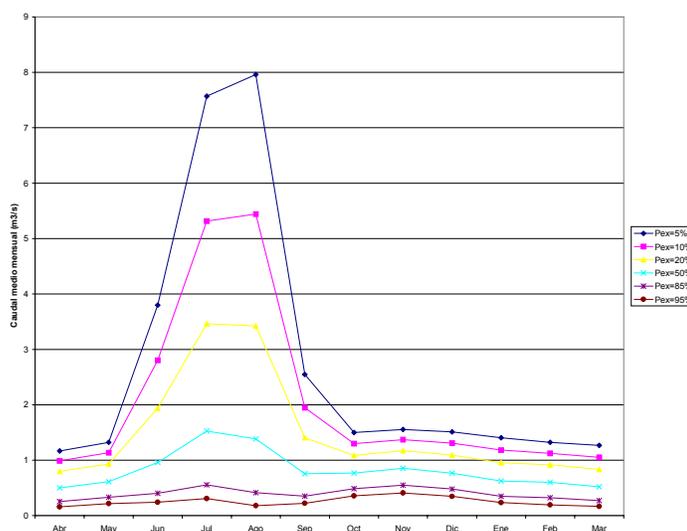


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Estero Camisas en desembocadura

- Choapa en Cuncumén

Se encuentra en el curso alto del río Choapa, aguas arriba de la mayor parte de las bocatomas de canales de riego, a 960 m s.n.m.

En la tabla 4.7 y figura 4.7 se aprecia que esta estación muestra un régimen netamente nival, con sus mayores caudales producto de los deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y enero, producto de importantes deshielos, mientras que los menores se extienden entre marzo y julio.

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

Tabla 4.7: Río Choapa en Cuncumén (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	9.975	7.477	7.516	7.867	11.576	16.594	26.723	53.783	85.927	43.260	18.249	9.766
10	7.709	6.353	6.508	6.924	9.580	13.137	21.916	44.489	56.135	28.626	12.996	7.966
20	5.718	5.215	5.467	5.879	7.618	10.027	17.237	34.69	33.759	17.564	8.734	6.224
50	3.412	3.577	3.918	4.171	4.915	6.293	10.892	20.085	13.305	7.353	4.359	3.883
85	2.064	2.248	2.599	2.569	2.865	3.985	6.188	8.692	4.950	3.120	2.227	2.172
95	1.662	1.711	2.042	1.862	2.087	3.262	4.439	4.761	3.193	2.216	1.695	1.544
Dist	L3	L2	L2	G2	L2	L3	L2	G2	L3	L3	L3	L2

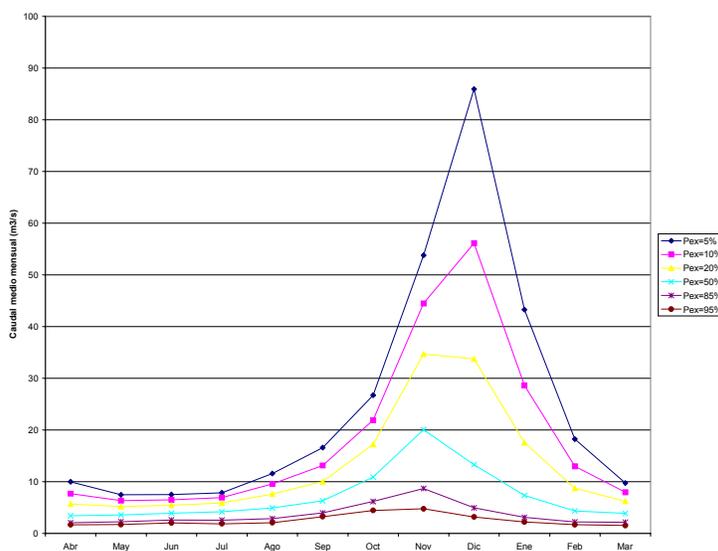


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Río Choapa en Cuncumén

- Choapa en Salamanca

Se encuentra en el curso medio del río Choapa, entre las juntas de los ríos Cuncumén y Chalinga, a 500 m s.n.m.

En la tabla 4.8 y figura 4.8 se observa que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en el período de deshielos.

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

En años secos los caudales se muestran más uniformes, sin mostrar variaciones considerables a lo largo del año, salvo leves aumentos entre junio y noviembre.

Tabla 4.8: Río Choapa en Salamanca (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	5.426	9.628	11.075	24.368	20.593	35.107	53.272	95.233	138.610	42.522	15.401	5.234
10	3.774	6.890	8.688	18.210	15.450	22.448	35.136	65.884	70.741	22.661	8.920	3.677
20	2.432	4.573	6.418	12.683	10.852	13.036	21.223	41.924	31.328	10.568	4.603	2.397
50	1.049	2.041	3.449	6.071	5.384	4.562	8.098	17.102	6.594	2.447	1.300	1.059
85	0.373	0.682	1.363	2.008	2.054	1.180	2.472	4.831	0.968	0.389	0.274	0.387
95	0.203	0.310	0.625	0.740	1.024	0.485	1.231	1.723	0.314	0.121	0.110	0.214
Dist	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L2	L3	L2	L3	L2	L2

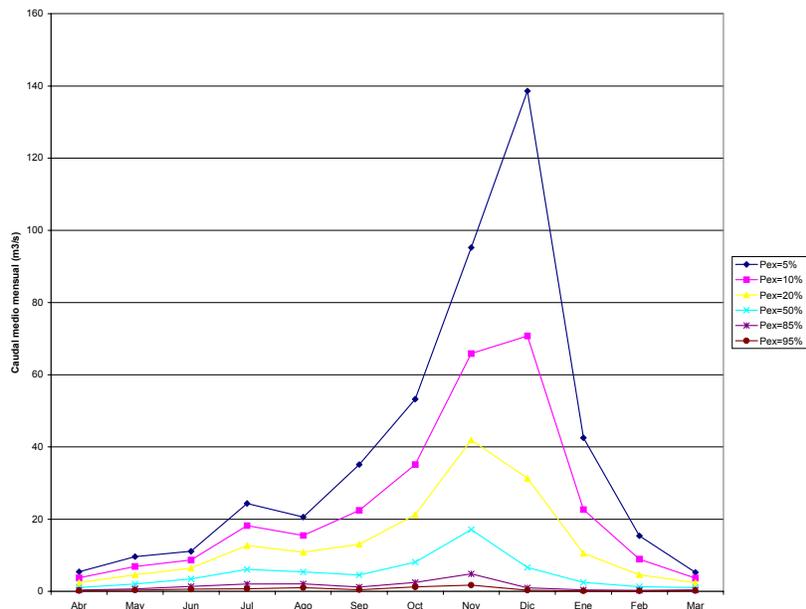


Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Río Choapa en Salamanca

- Choapa en puente Negro

Se ubica en el curso inferior del río Choapa, poco antes de la junta del río Illapel, a 200 m s.n.m.

En la tabla 4.9 y figura 4.9 se observa que esta estación muestra una mayor influencia pluvial que las estaciones fluviométricas ubicadas aguas arriba en este río, sin embargo la influencia nival sigue dominando el carácter de esta estación, de manera que el régimen de ésta corresponde a nivo – pluvial.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y enero, producto de los dehielos. Sin embargo, entre junio y julio se observan leves aumentos producto de lluvias invernales. Los menores caudales ocurren entre marzo y mayo.

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

Tabla 4.9: Río Choapa en puente Negro (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	21.619	13.855	24.480	31.114	27.414	49.871	56.510	72.640	107.973	69.186	21.970	16.086
10	11.908	10.210	18.698	24.012	20.747	31.231	37.295	56.133	62.234	32.307	11.445	8.838
20	5.799	7.006	13.430	17.363	14.803	17.805	22.545	39.581	31.929	12.844	5.195	4.279
50	1.497	3.290	6.979	8.875	7.765	6.273	8.615	17.491	8.917	2.203	1.148	1.070
85	0.323	1.112	2.873	3.125	3.508	1.990	2.634	4.346	1.853	0.251	0.179	0.194
95	0.158	0.462	1.550	1.159	2.199	1.171	1.313	1.448	0.736	0.070	0.060	0.071
Dist	L3	L3	L3	L3	L2	L3	L2	G2	L2	L2	L2	L2

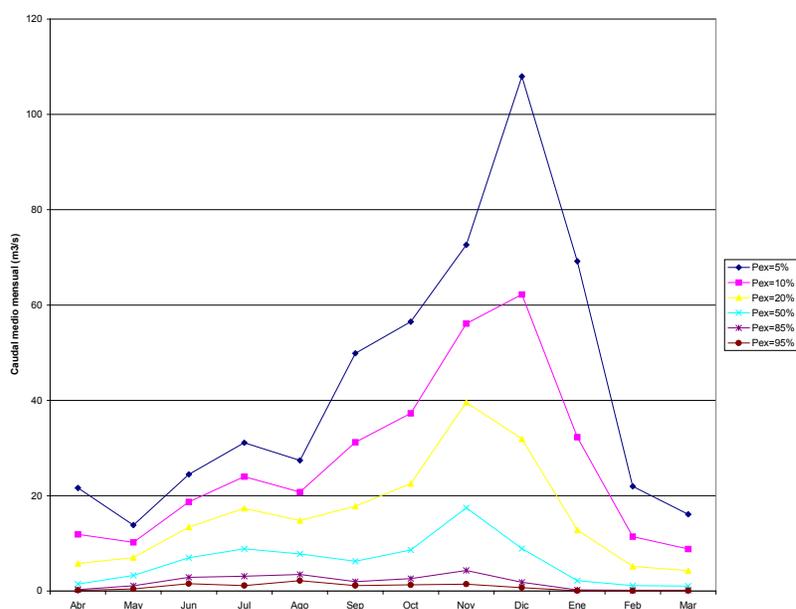


Figura 4.9: Curva de Variación Estacional Río Choapa en puente Negro

- Choapa aguas arriba estero Canela

Se encuentra cerca de la desembocadura del río Choapa, aguas arriba de la junta del estero Canela, tal como lo indica su nombre, a 40 m s.n.m.

En la tabla 4.10 y figura 4.10 se observa que el régimen de esta estación es muy similar al de la estación ubicada aguas arriba, con una importante influencia nival y una pluvial menor. Muestra un régimen nivo – pluvial.

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

En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin mostrar variaciones de consideración, salvo leves aumentos en julio y noviembre, producto de lluvias invernales y deshielos primaverales.

Tabla 4.10: Río Choapa aguas arriba estero La Canela (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	18.974	34.627	33.139	45.800	41.196	46.870	56.811	98.461	124.450	68.224	24.174	16.500
10	11.160	19.117	23.648	34.396	29.224	30.971	38.061	66.972	69.853	33.681	13.046	9.615
20	5.868	9.301	15.599	24.283	19.147	18.750	23.339	41.791	34.705	14.324	6.219	4.999
50	1.718	2.331	6.768	12.402	8.213	7.185	8.958	16.505	9.115	2.795	1.584	1.432
85	0.378	0.403	2.004	5.299	2.414	2.205	2.458	4.583	1.756	0.374	0.388	0.307
95	0.156	0.129	0.691	3.140	0.842	1.102	0.948	1.699	0.668	0.115	0.230	0.124
Dist	L2	L3	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L3	L2	L2

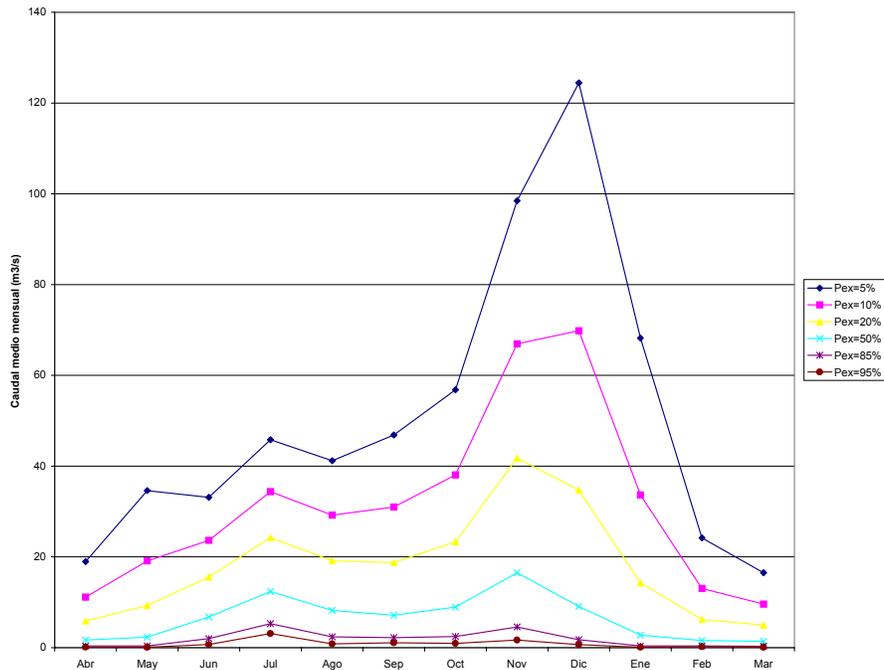


Figura 4.10: Curva de Variación Estacional Río Choapa aguas arriba estero La Canela

4.1.2 Conclusiones

De acuerdo a las curvas de variación estacional presentadas en el capítulo anterior se caracterizará hidrológicamente la cuenca del río Choapa, especificando el período de estiaje de cada subcuenca.

a) Subcuenca del Illapel

Corresponde al área drenada por el río Illapel, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su desembocadura en el río Choapa. A lo largo de todo el cauce principal se presenta un régimen nival, con una leve influencia pluvial en la parte baja del río. En años húmedos los mayores caudales se observan entre noviembre y diciembre, producto de deshielos cordilleranos.

En años secos los caudales se muestran sin variaciones de importancia a lo largo del año, presentando pequeños aumentos entre junio y octubre, producto de bajas precipitaciones invernales. En la parte baja del río Illapel se observan severos estiajes entre noviembre y abril, debido principalmente al uso del agua para el riego de zonas agrícolas ubicadas a orillas de este río.

El período de menores caudales para esta subcuenca ocurre en el trimestre dado por los meses de abril, mayo y junio.

b) Subcuencas del Chalinga y Cuncumén

Abarca las hoyas hidrográficas de los ríos Chalinga y Cuncumén, ambos afluentes del río Choapa. En las dos cuencas se aprecia un régimen nival, con sus mayores caudales entre noviembre y diciembre, producto de los deshielos. En años secos se observan caudales muy similares a lo largo del año, sin variaciones importantes. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de abril, mayo y junio, debido a la baja influencia pluvial en ambas cuencas.

c) Subcuenca del Camisas

Corresponde al área drenada por el estero Camisas. Muestra un claro régimen pluvial, ya que su hoya se emplaza en la parte baja del valle central, de manera que sólo

Choapa

54.

presenta influencia pluvial. Sus mayores caudales ocurren entre julio y agosto, producto de lluvias invernales, mientras que el período de estiaje está comprendido por los meses de febrero, marzo y abril.

d) Subcuenca Alta del Choapa

Corresponde a la parte alta de la cuenca del río Choapa, desde su origen en la cordillera de Los Andes hasta la junta con el río Cuncumén. El cauce principal muestra un claro régimen nival, sin influencia pluvial importante, con los mayores caudales entre noviembre y diciembre. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de mayo, junio y julio, debido a la baja influencia pluvial existente.

e) Subcuenca Media del Choapa

Corresponde al área drenada por la parte media del río Choapa, desde la junta del río Cuncumén hasta la junta del río Illapel. Muestra un régimen nival, con cierta influencia pluvial en la parte baja de la subcuenca. Los mayores caudales se presentan entre noviembre y diciembre, producto de los deshielos. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de marzo, abril y mayo.

f) Subcuenca Baja del Choapa

Corresponde a la hoya hidrográfica de la parte baja del río Choapa, desde la junta del río Illapel hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Muestra un régimen nivo – pluvial, con sus mayores caudales entre noviembre y diciembre, producto de los deshielos, y con aumentos menores en julio, producto de lluvias invernales. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de febrero, marzo y abril, debido al uso de agua para el riego de las zonas agrícolas ubicadas en la zona.

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

Tabla 4.11: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Choapa

N°	Subcuenca	Subsubcuenca	Período Estiaje
1	Illapel		Abril – Mayo – Junio
2	Chalinga y Cuncumén		Abril – Mayo – Junio
3	Camisas		Febrero – Marzo – Abril
4	Choapa	ALTA	Mayo – Junio – Julio
5		MEDIA	Marzo – Abril – Mayo
6		BAJA	Febrero – Marzo – Abril

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.

Choapa

56.

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 4.12 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 4.12: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Choapa

PARAMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	μS/cm	SAG	67	3370	<600	Obligatorio
DBO ₅	mg/L	-	s/i	s/i	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	GEOTEC	5	50	<16	Si
Oxígeno Disuelto	mg/L	DGA	4.8	14.6	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	DGA	6.1	9.5	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	DGA	0.2	2.2	<2.4	No
Sólidos disueltos	mg/L	GEOTEC	150	1110	<400	Si
Sólidos suspendidos	mg/L	GEOTEC	1.6	338.0	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	-	<0.5	No
INORGÁNICOS						
Amonio	mg/L	-	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	μg/L	-	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	mg/L	DGA	1.1	60.2	<80	No
Fluoruro	mg/L	GEOTEC	<0.2	0.7	<0.8	No
Nitrito	mg/L	GEOTEC	0.004	0.041	<0.05	No
Sulfato	mg/L	SAG	7.2	1352.4	<120	Si
Sulfuro	mg/L	-	s/i	s/i	<0.04	No
ORGANICOS	-	-	s/i	s/i	-	No
ORGANICOS PLAGUICIDAS	-	-	s/i	s/i	-	No

Tabla 4.12 (Continuación): Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Choapa

PARAMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
METALES ESENCIALES						
Boro	Mg/l	DGA	0.01	1.22	<0.4	Si
Cobre	µg/L	DGA	<1	1850	<7.2	Si
Cromo total	µg/L	DGA	<10	<10	<8	No
Hierro	Mg/L	DGA	0.01	12.00	<0.8	Si
Manganeso	Mg/L	DGA	0.001	0.840	<0.04	Si
Molibdeno	Mg/L	DGA	0.01	0.10	<0.008	Si
Níquel	µg/L	DGA	<10	<10	<42	No
Selenio	µg/L	DGA	<1	<1	<4	No
Zinc	Mg/L	DGA	0.01	0.11	<0.096	Si
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	Mg/L	DGA	0.01	4.30	<0.07	Si
Arsénico	Mg/L	DGA	0.001	0.101	<0.04	Si
Cadmio	µg/L	DGA	<10	<10	<1.8	No
Estaño	µg/L	-	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	µg/L	DGA	<1	<1	<0.04	No
Plomo	Mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.002	No
MICROBIOLOGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	GEOTEC	<2	240	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	-	s/i	s/i	<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
 - Color Aparente
 - Sólidos Disueltos
 - Sulfato
 - Boro
 - Cobre
 - Hierro
 - Manganeseo
 - Molibdeno
 - Zinc
 - Aluminio
 - Arsénico

De acuerdo al Programa Maestro 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
- Coliformes Totales

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 : RAS y cloruro. Para los parámetros fluoruro y nitrito, la información del estudio de Geotécnica indica que se encuentran en clase 0.

Además, los parámetros selenio y níquel también pueden ser clasificados en clase 0, ya que el valor del límite de detección es inferior al rango del valor de la clase 0.

Para los parámetros cromo total, cadmio, mercurio y plomo no es posible realizar un análisis, 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 abcisa se representa el período de tiempo expresado en años y en la ordenada el valor del parámetro.

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

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

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO CHOAPA	
Conductividad Eléctrica:	
<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y Puente Negro se observa un mismo comportamiento en la conductividad eléctrica, con una tendencia central plana en una serie de tiempo de veinte años con un valor de 250, 300 y 400 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente. Se puede señalar que a lo largo del río la tendencia es creciente. La estación en Huentelauquén posee registros en una serie de tiempo restringida, cinco años, con un comportamiento creciente para estabilizarse en un valor aproximado de 420 $\mu\text{S/cm}$.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante de la conductividad con una tendencia central plana con un valor de 150 $\mu\text{S/cm}$, en una serie de tiempo de dieciséis años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa una tendencia central decreciente en la misma serie de tiempo, con un valor de 520 $\mu\text{S/cm}$.</p>	
Oxígeno Disuelto:	
<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y Puente Negro se observa un mismo comportamiento en el oxígeno disuelto, con una tendencia central plana en una serie de tiempo de quince años con un valor de entre 10 a 9.5 mg/L. Se puede señalar que a lo largo del río la tendencia es plana, manteniendo el valor.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central levemente decreciente en un valor de 10 mg/L, en una serie de tiempo de quince años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa una tendencia central plana por diez años con una notoria disminución en 1998 y mantener posteriormente la tendencia plana en un valor de 9.0 mg/L.</p>	
pH:	
<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y Puente Negro se observa un comportamiento similar entre estaciones para el pH, con una tendencia central levemente creciente en una serie de tiempo de dieciséis años con valores de 7.7, 7.9 y 8.1 respectivamente. Se puede señalar que a lo largo río tiende a aumentar la basicidad. En la estación en Huentelauquén se observa un comportamiento disímil en una serie de tiempo restringida a cinco años.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central creciente con valor de 7.5, en una serie de tiempo de dieciséis años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa una tendencia central plana en los últimos cinco años de registro de la serie de tiempo de dieciséis años, con un valor de 8.2.</p>	

Tabla 4.13 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO CHOAPA	
Sulfato :	<p><u>Río Choapa:</u> En Cuncumén, se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de dieciséis años con un valor de 40 mg/L, para las estaciones Salamanca y Puente Negro se observa un comportamiento similar entre estaciones para el sulfato, con una tendencia central levemente creciente en la misma serie de tiempo con un valor de 55 mg/L en cada estación. Se puede señalar que a lo largo río la tendencia es a aumentar aguas debajo de la estación Cuncumén hacia Salamanca (de 40 a 55 mg/L) , se mantiene constante en puente Negro (55 mg/L) y finalmente aumenta en la estación Huentelauquén a un valor de 70 mg/L .</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 20 mg/L, en una serie de tiempo de dieciséis años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa una tendencia central decreciente en la serie de tiempo de dieciséis años con un valor de 90 mg/L.</p>
Boro:	<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y Puente Negro se observa un comportamiento similar entre las estaciones con una tendencia central creciente en los últimos años en una serie de tiempo de dieciséis años con valores de 0.39 mg/L para cada estación.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En las estaciones Las Burras y El Peral se observa un comportamiento heterogéneo con una tendencia central creciente en los últimos registros de la serie de tiempo de dieciséis años con un valor de 0.30 mg/L. A lo largo del río la tendencia es plana con un valor de 0.30 mg/L.</p>
Cobre:	<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén y Puente Negro se observa un comportamiento similar entre las estaciones con una tendencia central plana en una serie de tiempo de dieciséis años con valores de 25 µg/L para cada estación. Sin embargo es posible observar en la estación Cuncumén en los años 1999 y 1980 que la tendencia es decreciente a lo largo del año, para permanecer con una tendencia plana en la serie de tiempo registrada. En la estación Salamanca se observa un comportamiento heterogéneo en una serie de tiempo de dieciséis con un valor de 32 µg/L. En la estación Huentelauquén no se observa una tendencia central por poseer un registro restringido.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 15 µg/L, en una serie de tiempo de dieciséis años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa una tendencia central decreciente, en la misma serie de tiempo, con un valor de 22 µg/L.</p>
Hierro:	<p><u>Río Choapa:</u> Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y Puente Negro se observa un comportamiento similar entre las estaciones (decreciente-creciente), con una tendencia central creciente en cada estación en una serie de tiempo de quince años con valores de 0.8, 1.1 y 0.7 mg/L respectivamente. Es necesario hacer hincapié que en cada estación se observa claramente, a partir de 1997, una disminución de la concentración a lo largo del año la cuál aumenta de un año a otro.</p>

Tabla 4.13 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO CHOAPA	
<p>A lo largo del río no se observa una tendencia determinada esta es alterada de una estación a otra. El valor más alto de la tendencia se observa en Salamanca. La estación en Huentelauquén no permite análisis posee registros en una serie de tiempo restringida con un valor de 0.2 mg/L.</p> <p><u>Río Illapel</u>: En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 0.3 mg/L, en una serie de tiempo de dieciséis años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa un comportamiento disímil en la misma serie de tiempo, con una tendencia central plana, con un valor de 0.4 mg/L.</p>	
Manganeso:	
<p><u>Río Choapa</u>: En Cuncumén se observa un comportamiento escalonado creciente, entre los años 1998-1999 los valores se mantienen cercanos a 0,02 mg/L, entre 1999-2000 a 0,04 mg/L y entre 2000-2002 a 0,08 mg/L. En Puente Negro la tendencia central es escalonado creciente con su máximo valor cercano a 0,08 mg/L. En Salamanca la tendencia central es creciente con un valor máximo entre los años 2000-2002 de 0,16 mg/L</p> <p><u>Río Illapel</u>: En las Las Burras y El Peral la tendencia central es constante plana cercana a 0,02 mg/L desde el año 1998 al 2002.</p>	
Molibdeno:	
<p><u>Río Choapa</u>: Para las estaciones de Cuncumén y Salamanca se observan comportamientos similares entre las estaciones. Se observan dos comportamientos en la serie de tiempo de cuatro años, la primera con una tendencia central plana, la segunda con un notorio aumento en la concentración en el año 2000 en Cuncumén y 2002 en Salamanca con una tendencia central decreciente en cada estación con un valor de 0.012 mg/L y 0.014 mg/L respectivamente. Para las estaciones de puente Negro y Huentelauquén los registros corresponden a límites de detección, no es posible graficar la tendencia central.</p> <p><u>Río Illapel</u>: En la estación El Peral se observa una tendencia central creciente en la serie de tiempo de cuatro años y una decreciente a lo largo del año.</p>	
Zinc :	
<p><u>Río Choapa</u>: Para las estaciones de Cuncumén, Salamanca y puente Negro se observan comportamientos similares. Se distinguen dos comportamientos en la serie de tiempo de cuatro años, la primera con una tendencia central plana, la segunda con una tendencia central creciente en la serie de tiempo desde fines de 1998 en adelante y una tendencia decreciente a lo largo de periodo anual.</p> <p><u>Río Illapel</u>: En la estación El Peral se observa una tendencia central creciente en la serie de tiempo de cuatro años y una decreciente a lo largo del año. En la estación Illapel los valores registrados corresponden a límites de detección.</p>	
Aluminio:	
<p><u>Río Choapa</u>: En Cuncumén se observa un comportamiento heterogéneo con una tendencia central fuertemente creciente con un valor de 1.5 mg/L. En Salamanca la tendencia central es creciente con un valor de 0.7 mg/L. En las estaciones de puente Negro y Huentelauquén la tendencia central es plana con valores de 0.2 y 0.3 mg/L respectivamente. La serie de tiempo registrada para el río Choapa es de cuatro años.</p> <p><u>Río Illapel</u>: En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 0.4 mg/L, en una serie de tiempo de cuatro años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa un comportamiento disímil en la misma serie de tiempo, con una tendencia central plana, con un valor de 0.5 mg/L.</p>	

Tabla 4.13 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO CHOAPA
Arsénico:
<p><u>Río Choapa:</u> La serie de tiempo de once años está interrumpida desde 1998 en adelante. En los últimos registros se observa para Cuncumén, Salamanca y puente Negro un comportamiento homogéneo con una tendencia central plana con un valor de 0.014, 0.010 y 0.006 mg/L respectivamente. En Salamanca la tendencia central es decreciente con un valor de 0.010 mg/L. En las estaciones de puente Negro y Huentelauquén la tendencia central es plana con valores de 0.2 y 0.3 mg/L respectivamente. La serie de tiempo registrada para el río Choapa es de cuatro años.</p> <p><u>Río Illapel:</u> En la estación Las Burras se observa un comportamiento constante con una tendencia central decreciente leve con un valor de 0.004 mg/L, en una serie de tiempo de quince años. Aguas abajo en la estación puente El Peral se observa un comportamiento homogéneo en la misma serie de tiempo, con una tendencia central plana, con un valor de 0.4 mg/L.</p>

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 como Illapel, o existencia de compañías mineras como la C.M. Pelambres, 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 estos aspectos, en octubre 2003 se llevó a cabo el siguiente programa de muestreo:

Tabla 4.14: Programa de Muestreo

Segmento	Puntos de muestreo	Información Previa	Parámetros a medir en todos los puntos
0470CU10	Rio Cuncumén antes del rio Choapa	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color Aparente, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Sn, CF, CT
0471CH10	Rio Choapa en Salamanca	Estación de Monitoreo DGA	
0473CH20	Rio Choapa en Huentelauquén	Estación de Monitoreo DGA	
0472AU10	Estero Auco antes río Illapel	Estación de Monitoreo DGA	
0472IL30	Rio Illapel en Puente Peral	Estación de Monitoreo DGA	

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 de agua por el valor entre paréntesis. (ejemplo OD = (10,5))
- Si sólo se dispone de un número menor que 5 registros por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, que equivale a información de Nivel 3 y se representa en las tablas de calidad de 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 Choapa es la siguiente:

- Información DGA

Nivel 1, 2, 3 para los períodos estacionales de invierno, verano, primavera y otoño.
- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Información Estimada por el Consultor: Nivel 5
- Información de Otras Fuentes:
 - Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres 85 ktp. Geotécnica Consultores. Información nivel 3.
 - Programa de monitoreo del SAG (diciembre 2000). Información nivel 3.

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

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

En este acápite se realiza el análisis de los parámetros de calidad de agua por periodo 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 4.15 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Choapa, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

**Tabla 4.15: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Choapa.
Información DGA**

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica (µS/cm)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	260,1	0	281,2	0	235,6	0	214,6	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	364,4	0	373,5	0	315,0	0	323,2	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	482,0	0	497,7	0	365,1	0	427,0	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((437,2))	0	((493,5))	0	((394,7))	0	((399,4))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	(437,3)	0	(417,0)	0	(420,8)	0	416,0	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((401,0))	0	((563,0))	0	((260,0))	0	((384,0))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(181,7)	0	(168,8)	0	(159,7)	0	169,8	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(307,0)	0	(355,8)	0	(328,6)	0	381,8	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	150,6	0	162,7	0	159,0	0	156,9	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	452,8	0	712,3	1	594,5	0	514,7	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(1230,7)	2	1088,4	2	1070,8	2	1116,2	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	(10,6)	0	(10,1)	0	(10,0)	0	(9,8)	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	(10,2)	0	(9,6)	0	(8,9)	0	(8,9)	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	(11,0)	0	(10,1)	0	(9,4)	0	(8,2)	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((10,5))	0	((11,3))	0	((9,3))	0	((9,6))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((10,6))	0	((11,2))	0	(9,9)	0	((9,1))	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((8,9))	0	((8,5))	0	((8,0))	0	((7,4))	2
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(11,1)	0	((10,3))	0	(9,1)	0	(8,6)	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(9,5)	0	((9,0))	0	((7,9))	0	((8,4))	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	(10,8)	0	(9,6)	0	(10,3)	0	(9,8)	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	(10,5)	0	((9,7))	0	(9,1)	0	(9,7)	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(10,1)	0	((8,8))	0	(8,7)	0	(8,4)	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	8,0	0	8,1	0	8,0	0	7,9	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	7,8	0	8,3	0	8,1	0	8,1	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	8,4	0	8,3	0	8,2	0	8,3	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((8,8))	0	((8,5))	0	((8,4))	0	((8,1))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	(7,6)	0	(7,7)	0	(7,5)	0	7,6	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((7,7))	0	((8,0))	0	((7,8))	0	((7,7))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(7,5)	0	(7,5)	0	(7,4)	0	7,8	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(8,1)	0	(7,9)	0	(8,1)	0	7,7	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	7,8	0	7,8	0	7,5	0	7,7	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	8,4	0	8,3	0	8,4	0	8,2	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(7,9)	0	7,9	0	8,0	0	7,8	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	45,1	0	59,8	0	35,6	0	40,8	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	55,6	0	62,4	0	51,9	0	52,4	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	62,6	0	71,7	0	44,7	0	62,9	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((60,0))	0	((80,0))	0	((32,0))	0	((66,8))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((148,3))	1	(130,8)	1	(126,2)	1	99,8	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((83,4))	0	((160,0))	2	((83,8))	0	((123,8))	1
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(32,3)	0	(32,0)	0	(24,1)	0	32,7	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(43,7)	0	(40,1)	0	(39,9)	0	(35,9)	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	20,1	0	23,0	0	18,6	0	18,6	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	(89,9)	0	136,4	1	81,3	0	116,9	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(418,8)	2	383,1	2	373,5	2	372,4	2

Tabla 4.15 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Choapa. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	(0,34)	0	(0,30)	0	(0,20)	0	0,69	2
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	(0,32)	0	(0,28)	0	(0,14)	0	0,55	2
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	((0,18))	0	(0,36)	0	(0,22)	0	0,47	1
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((1,00))	4					((1,00))	4
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((0,02))	0	((0,38))	0	((0,11))	0	((0,29))	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((0,06))	0					((0,18))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	((0,32))	0	(0,72)	2	((0,10))	0	0,45	1
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((0,50))	1	((0,27))	0	((0,15))	0	((0,26))	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	((0,38))	0	(0,30)	0	(0,12)	0	0,46	1
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	((0,16))	0	(0,34)	0	(0,16)	0	0,40	1
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	((0,29))	0	((0,52))	2	((0,17))	0	(0,49)	1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	20	2	18	2	20	2	20	2
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	20	2	23	2	36	2	26	2
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	19	2	19	2	39	2	25	2
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((<10))	<2	((<10))	<2	((30))	2	((8))	1
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((602))	3	(371)	3	(611)	3	385	3
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((125))	2	(20)	2	((250))	3	((190))	2
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(<10)	<2	(16)	2	(11)	2	20	2
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(<10)	<2	(<10)	<2	(11)	2	(21)	2
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	(<10)	<2	19	2	(<10)	<2	20	2
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	(27)	2	19	2	30	2	29	2
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(43)	2	20	2	36	2	57	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	(0,26)	0	0,31	0	0,81	1	0,70	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	(0,49)	0	0,33	0	(2,83)	2	0,31	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	(0,17)	0	0,17	0	0,68	0	0,19	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((0,33))	0	((0,11))	0			0,18	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((1,07))	2	(1,05)	2	(1,32)	2	1,72	2
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((0,87))	1	((0,09))	0	((1,21))	2	((0,52))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(0,33)	0	(0,35)	0	(0,55)	0	0,26	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	(0,11)	0	((0,15))	0	(0,49)	0	(1,08)	2
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	(0,13)	0	0,21	0	0,38	0	0,30	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	(0,56)	0	0,24	0	0,37	0	0,53	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(1,48)	2	(0,14)	0	0,34	0	0,31	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	((<0,01))	0	((0,02))	0	(0,16)	2	((0,06))	2
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	((0,03))	0	((0,02))	0	(0,44)	4	((0,02))	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	((<0,01))	0	((0,02))	0	0,25	4	((0,03))	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN			((0,02))	0			((0,02))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((0,06))	2	((0,13))	2	((0,22))	4	((0,09))	2
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((0,05))	1	((0,02))	0	((0,08))	2	((0,09))	2
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	((0,02))	0	((0,02))	0	(0,06)	2	((<0,01))	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,12))	2	((0,10))	2
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,04)	1	((<0,01))	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	((0,03))	0	((0,05))	1	((0,06))	2	(0,03)	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	((0,04))	1	((0,04))	1	(0,03)	0	((0,03))	0

Obs.: Donde se indica Clase <2, debe entenderse como "menor o igual" a 2

Tabla 4.15 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Choapa. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Molibdeno (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	((<0,01))	<1	((0,02))	2	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	((0,03))	2	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((<0,01))	<1	((0,05))	2	((0,02))	2	((0,02))	2
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((0,02))	2	((<0,01))	<1
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	((0,02))	2	((0,03))	2	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Zinc (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,02)	0	((<0,01))	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,05)	0	((<0,01))	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,02)	0	((<0,01))	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,02)	0	((<0,01))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((0,03))	0	((0,06))	0	((0,06))	0	((<0,01))	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,02))	0	((0,02))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	((<0,01))	0	((0,04))	0	(0,05)	0	((<0,01))	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,01)	0	((<0,01))	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	((0,02))	0	((0,03))	0	(0,01)	0	((<0,01))	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,01)	0	((<0,01))	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,01)	0	((<0,01))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	((0,44))	2	((0,43))	2	((2,67))	3	((2,03))	3
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	((0,82))	2	((0,47))	2	((0,75))	2	((0,81))	2
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	((0,12))	2	((0,21))	2	((0,01))	0	((0,25))	2
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((0,40))	2	((0,20))	2			((0,28))	2
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((2,06))	3	((2,65))	3	((1,57))	3	((0,90))	2
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((0,75))	2	((0,35))	2	((1,87))	3	((0,47))	2
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	((0,46))	2	((0,22))	2	((1,20))	3	((0,24))	2
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((0,01))	0	((0,06))	0	((0,22))	2		
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	((0,19))	2	((0,24))	2	((0,56))	2	((0,43))	2
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	((0,42))	2	((0,26))	2	((0,83))	2	((0,34))	2
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	((0,20))	2	((0,12))	2	((0,28))	2	((0,34))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Arsénico (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	0,017	0	0,017	0	0,014	0	0,012	0
RIO CHOAPA EN SALAMANCA	(0,006)	0	0,007	0	0,017	0	0,007	0
RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	(0,004)	0	0,005	0	0,007	0	0,005	0
RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN	((0,006))	0	((0,004))	0	((0,009))	0	((0,004))	0
RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA CANALES	((0,011))	0	(0,011)	0	(0,009)	0	(0,007)	0
RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA RIO CHOAPA	((0,008))	0	((0,014))	0	((0,008))	0	((0,008))	0
RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	(0,007)	0	(0,009)	0	(0,009)	0	0,012	0
RIO CHALINGA EN CHALINGA	((0,005))	0	((0,005))	0	(0,009)	0	((0,007))	0
RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	(0,003)	0	0,006	0	0,005	0	0,005	0
RIO ILLAPEL EN PUENTE EL PERAL	(0,005)	0	(0,007)	0	0,008	0	0,007	0
ESTERO AUCO ANTES RIO ILLAPEL	(0,006)	0	(0,004)	0	(0,003)	0	0,007	0

Obs.: Donde se indica Clase <1, debe entenderse como "menor o igual" a 1

En el caso del monitoreo realizado en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres de Geotécnica Consultores, se cuenta con información adicional a la presentada por la DGA, en lo que respecta a: color aparente, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, fluoruro, nitritos y coliformes fecales. A continuación en la tabla 4.16 se presenta por período estacional la información de dichos parámetros.

Tabla 4.16: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Choapa. Información Geotécnica Consultores otoño-invierno años 1996-1997

ESTACIÓN DE MUESTREO	Color (Pt-Co)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cuncumén antes Río Choapa	((10))	0	((5))	0	-	-	-	-
Río Chopa en Chillepin	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Choapa en Coirón	((10))	0	-	-	-	-	-	-
Río Choapa en Panguesillo	((10))	0	((5))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Salamanca	((10))	0	-	-	-	-	-	-

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cuncumén antes Río Choapa	((340))	0	((400))	1	-	-	-	-
Río Chopa en Chillepin	-	-	((176))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Coirón	((330))	0	((260))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Panguesillo	((450))	1	((360))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Salamanca	((330))	0	((254))	0	-	-	-	-

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sólidos Suspendidos (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cuncumén antes Río Choapa	((16))	0	((90))	4	-	-	-	-
Río Chopa en Chillepin	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Choapa en Coirón	((54))	3	((83))	4	-	-	-	-
Río Choapa en Panguesillo	((87))	4	((113))	4	-	-	-	-
Río Choapa en Salamanca	((44))	2	-	-	-	-	-	-

ESTACIÓN DE MUESTREO	Fluoruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Estero Chacay	-	-	((<0,2))	0	-	-	-	-
Río Cuncumén antes Río Choapa	((0,2))	0	((0,3))	0	-	-	-	-
Río Chopa en Chillepin	-	-	((<0,2))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Coirón	((0,2))	0	((<0,2))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Panguesillo	((0,2))	0	((0,3))	0	-	-	-	-
Río Choapa en Salamanca	((0,7))	0	((<0,2))	0	-	-	-	-

Tabla 4.16 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca del Choapa. Información Geotécnica Consultores otoño-invierno años 1996 - 1997

ESTACIÓN DE MUESTREO	Nitritos (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cuncumén antes Río Choapa	((0,008))	0	((0,006))	0	-		-	
Río Choapa en Chillepin	-		-		-		-	
Río Choapa en Coirón	((0,004))	0	-		-		-	
Río Choapa en Panguessillo	((0,009))	0	((0,024))	0	-		-	
Río Choapa en Salamanca	((0,009))	0	-		-		-	

ESTACIÓN DE MUESTREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
Río Cuncumén antes Río Choapa	((<2))	0	((240))	1	-		-	
Río Choapa en Chillepin	-		((120))	1	-		-	
Río Choapa en Coirón	((11))	1	((22))	1	-		-	
Río Choapa en Panguessillo	((17))	1	-		-		-	
Río Choapa en Salamanca	((81))	1	((110))	1	-		-	

La información puntual del programa de muestreos del SAG de la que se dispone para esta cuenca, incluye análisis aguas arriba y abajo de la descarga de una serie de plantas mineras. A continuación se presentan los resultados obtenidos por el SAG para los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, sulfato y cobre.

**Tabla 4.17: Calidad de Agua Cuenca Río Choapa
Muestreo SAG, 1999**

a) Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
Río Choapa	Minera Los Pelambres				
Río Illapel	Planta Kattia	((2020))	3	((910))	2
	Planta Millaray	-		-	
	Planta Pluma de Oro	((370))	0	((380))	0
	Planta Asiento Viejo	-		-	
	Planta El Maitén	-		-	
Estero Auco	Planta Portezuelo	-		-	
	Planta El Almendro	((1380))	2	((1300))	2

**Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca Río Choapa
Muestreo SAG, 1999**

b) pH

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
Río Choapa	Minera Los Pelambres				
Río Illapel	Planta Kattia	((7.5))	0	((4.4))	4
	Planta Millaray	-		-	
	Planta Pluma de Oro	((8.6))	0	((8.5))	0
	Planta Asiento Viejo	-		-	
	Planta El Maitén	-		-	
Estero Auco	Planta Portezuelo	-		-	
	Planta El Almendro	((8.3))	0	((8.1))	0

c) Sulfato (mg/L)

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
Río Choapa	Minera Los Pelambres	((52.4))	0	((64.6))	0
Río Illapel	Planta Kattia	((1281.6))	4	((523.5))	3
	Planta Millaray	((504.5))	3	((562.6))	3
	Planta Pluma de Oro	((85.6))	0	((70.8))	0
	Planta Asiento Viejo	((64.3))	0	((60.0))	0
	Planta El Maitén	((67.2))	0	((66.7))	0
Estero Auco	Planta Portezuelo	((314.7))	2	((333.7))	2
	Planta El Almendro	((918.6))	3	((791.1))	3

d) Cobre ($\mu\text{g/l}$)

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
Río Choapa	Minera Los Pelambres	((130))		((80))	
Río Illapel	Planta Kattia	-		-	
	Planta Millaray	((30))	2	((30))	2
	Planta Pluma de Oro	((10))	2	((20))	2
	Planta Asiento Viejo	((<50))	<2	((<50))	<2
	Planta El Maitén	((<10))	<2	((<10))	<2
Estero Auco	Planta Portezuelo	((<50))	<2	((<50))	<2
	Planta El Almendro	-		-	

Para los puntos de muestreo cercanos a los efluentes de las mineras: Planta El Romero, La Fortuna, Canelillo, Santa Teresa y San Jorge, el SAG en sus informes no indica el punto exacto de muestreo, por lo cual los siguientes datos sólo tienen un carácter informativo.

**Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca Río Choapa
Muestreo SAG, 1999**

e) Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
--	Planta El Romero	((710))	1	((820))	2
	Planta La Fortuna	((1260))	2	((1890))	3
	Planta Canelillo	((1280))	2	((1970))	3
	Planta Santa Teresa	((1070))	2	((890))	2
	Planta San Jorge	((380))	0	((370))	0

f) pH

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
--	Planta El Romero	((8.3))	0	((8.2))	0
	Planta La Fortuna	((8.1))	0	((7.9))	0
	Planta Canelillo	((8.2))	0	((8.0))	0
	Planta Santa Teresa	((6.6))	0	((4.5))	4
	Planta San Jorge	((8.5))	0	((8.5))	0

g) Sulfato (mg/l)

Cuerpo de Agua Muestreado	Plantas Mineras	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Valor	Clase	Valor	Clase
--	Planta El Romero	((278.2))	2	((335.0))	2
	Planta La Fortuna	((703.8))	3	((1283.3))	4
	Planta Canelillo	((717.0))	3	((1352.4))	4
	Planta Santa Teresa	((680.0))	3	((521.1))	3
	Planta San Jorge	((66.7))	0	((51.9))	0

Durante el mes de octubre del presente año (primavera 2003), con el fin de completar la información existente de la cuenca y corroborar la asignación de clase propuesta, se llevó a cabo el Programa de Muestreo Puntual de 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 Choapa.

**Tabla 4.18: Calidad de Agua Cuenca del río Choapa
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	2	1
Río Choapa en Huentelauquén	<1.5	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	<1.5	0
Río Illapel en Puente Peral	<1.5	0
Estero Auco antes de Illapel	<1.5	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	20	1
Río Choapa en Huentelauquén	25	2
Río Cuncumén a/j río Choapa	10	0
Río Illapel en Puente Peral	15	0
Estero Auco antes de Illapel	5	0

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	160	0
Río Choapa en Huentelauquén	124	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	387	0
Río Illapel en Puente Peral	235	0
Estero Auco antes de Illapel	663	2

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	56	3
Río Choapa en Huentelauquén	28	1
Río Cuncumén a/j río Choapa	10	0
Río Illapel en Puente Peral	<10	0
Estero Auco antes de Illapel	<10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	0.04	0
Río Choapa en Huentelauquén	0.05	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	0.06	0
Río Illapel en Puente Peral	0.07	0
Estero Auco antes de Illapel	0.09	0

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Choapa
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	<3	0
Río Choapa en Huentelauquén	<3	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	<3	0
Río Illapel en Puente Peral	<3	0
Estero Auco antes de Illapel	<3	0

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	<0.1	0
Río Choapa en Huentelauquén	<0.1	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	<0.1	0
Río Illapel en Puente Peral	<0.1	0
Estero Auco antes de Illapel	<0.1	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	<0.01	0
Río Choapa en Huentelauquén	<0.01	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	<0.01	0
Río Illapel en Puente Peral	<0.01	0
Estero Auco antes de Illapel	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	<0.01	0
Río Choapa en Huentelauquén	<0.01	0
Río Cuncumén a/j río Choapa	<0.01	0
Río Illapel en Puente Peral	<0.01	0
Estero Auco antes de Illapel	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	30	3
Río Choapa en Huentelauquén	<10	<2
Río Cuncumén a/j río Choapa	30	3
Río Illapel en Puente Peral	170	4
Estero Auco antes de Illapel	140	4

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Choapa
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	220	1
Río Choapa en Huentelauquén	110	1
Río Cuncumén a/j río Choapa	<2	0
Río Illapel en Puente Peral	4450	3
Estero Auco antes de Illapel	49	1

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Choapa en Salamanca	1600	1
Río Choapa en Huentelauquén	350	1
Río Cuncumén a/j río Choapa	23	0
Río Illapel en Puente Peral	5400	3
Estero Auco antes de Illapel	170	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 µg/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.

Los fertilizantes no figuran en el Instructivo, como parámetros de calidad, sino que tan solo los plaguicidas, sobre los cuales no se realizaron estimaciones preliminares.

La Tabla 4.18 explica los factores incidentes en la cuenca del río Choapa.

Tabla 4.18: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Choapa en Cuncumén 0470CH10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusa por aguas servidas.	B, Fe, Cu, Mn, Mo, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones rocosas KT pertenecientes al periodo Cretácico terciario de origen sedimentario volcánico, compuestas por coladas, brechas, tobas e ignimbritas. • Litología: Franja metalogénica F 11 • Minería: Minera Las Rocas • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Centro Poblado: Poblado de Batuco
Río Choapa en Chillepin* 0471CH10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos Trasvasije de cuencas	Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas procedentes de tortas de estériles Descargas de RILES mineros Concentración de minerales debido a extracción de agua Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	B, Fe, Cu, Mn, Mo, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅ , color aparente, SST	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F 11 • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Veranadas de ganado caprino • Centros poblados: Poblado de Chillepin, Tranquilla y El Ajial • Hidrología. Trasvasije de cuencas desde El Choapa al estero Camisas • Minería: Plantas de beneficio de mineral (trapiches) • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

* Estación de muestreo Arcadis Geotécnica Consultores-1197

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Choapa en Coirón ² 0471CH10	Lixiviación superficial y volumétrica de minerales de formaciones rocosas Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos Trasvasije de cuencas	Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas procedentes de tortas de estériles Descarga de RILES mineros Concentración de minerales debido a extracción de agua Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	SST, B, Fe, Cu, Mn, Mo, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas constituidas por depósitos no consolidados o rellenos de origen coluvial y aluvial • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Veranada de ganado caprino • Minería: Plantas de beneficio de mineral (trapiches) • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Choapa en Panguecillo ² 0471CH10	Lixiviación superficial y volumétrica de minerales de formaciones rocosas Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Contaminación difusa por ganadería Actividades agrícolas Descargas difusas procedentes de tortas de estériles Descargas de RILES Concentración de minerales debido a extracción de agua Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	SD, SST, B, Fe, Cu, Mn, Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas constituida por depósitos no consolidados o rellenos de origen coluvial y aluvial • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Minería: Plantas de beneficio de mineral (trapiches) • Ganadería: Veranada de ganado caprino • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

² Estación de muestreo Arcadis Geotécnica Consultores-1197

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Choapa en Salamanca 0471CH10	Lixiviación superficial y volumétrica de minerales de formaciones rocosas Recarga del río por acuífero asociado	Contaminación difusa por aguas servidas Actividades agrícolas Descargas difusas procedentes de tortas de estériles Descargas de RLES Concentración de contaminantes debido a la extracción de agua Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por ganadería.	B, Cu, Fe, Mo, Al, Mn, SS, Color aparente y Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Trasvasije de agua desde río Choapa hacia Embalse Corrales • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales • Centros poblados: Poblados de Llimpo, Jorquera y Panguecillo. • Ganadería: Ganado caprino • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Hidrogeología: Pozo DGA en Salamanca a 3,9 metros • Minería: Planta de beneficio de minerales • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Choapa en puente Negro 0471CH40	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de la franja F-4 Lixiviación superficial y subterránea de minerales de formaciones rocosas	Concentración de minerales debido a extracción de agua Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por aguas servidas.	B, Cu, Al, Mn, color aparente Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja Metalogénica F-4 • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales • Centros poblados: Ciudad de Salamanca con Planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de 93% de cobertura. • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Ganado caprino • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Choapa en Huentelauquen 0473CH20	Recarga del río por aporte de aguas subterráneas Aporte de aguas desde el estero La Canela	Actividades agrícolas Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas procedentes de tortas de estériles. Descarga de RILES mineros. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusa por aguas servidas	B, Cu, Al, Color aparente, SS, Sn. Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología: Aporte del Estero La Canela de aguas de origen subterránea. • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales • Hidrogeología: Pozo DGA a 0.9 metros de profundidad • Ganadería: Ganadería Caprina • Minería: Plantas de beneficio de mineral (trapiches) en estero La Canela (2) • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Centros poblados: Poblados de Canela Alta y Canela Baja con 46 y 64% de cobertura de PTAS. • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Cuncumén antes bocATOMA canales 0470CU10	Lixiviación superficial y volumétrica de minerales de formaciones rocosas Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Faenas Mineras. Descarga de RILES. Contaminación difusa por aguas servidas. Relaves Mineros. Descargas difusas procedentes de tortas de estériles. Descarga de RILES mineros.	SO ₄ ⁻² , Cu, Fe, Al, Mn, Posiblemente CF CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales ▪ RILES: Descarga de RILES mineros (2 descargas) . ▪ Minería: Compañía Minera Los Pelambres, Relave “Los Quillayes” de Minera Los Pelambres ▪ Descargas: Aguas servidas Minera Los Pelambres con Planta de tratamiento de aguas servidas ▪ Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Cuncumén antes río Choapa 0470CU10	Lixiviación superficial y subterránea de minerales de formaciones rocosas Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Contaminación aguas servidas.	SDT, SS, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas sedimento volcánicas del Cretácico Superior. • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Chalinga en la Palmilla 0471CL10	Lixiviación de filones mineralizados de la franja F-11 Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos	Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	B, Cu, Mn, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F11 • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Chalinga en Chalinga 0471CL20	Lixiviación superficial y subterránea de minerales de formaciones rocosas Lixiviación de filones mineralizados de la franja F-11.	Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F11 • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Ganado caprino - veranadas • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Geología: Formaciones geológicas rocosas KT pertenecientes al periodo Cretácico terciario de origen sedimentario volcánico, compuestas por coladas, brechas, tobas e ignimbritas • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Illapel en las Burras 0472IL10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de la franja F-11.	Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes.	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones rocosas sedimentarias del período Cretácico Superior. • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Ganado caprino - veranadas • Litología: Franja metalogénica F11 • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Illapel en puente Peral 0472IL30	Lixiviación superficial y volumétrica de filones mineralizados de la franja F-4 Escorrentías de Aluminosilicatos Recarga del río por aporte de aguas subterráneas	Contaminación aguas servidas. Dos descargas de ESSCO Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusa por ganadería.	CE, OD, SO ₄ ⁻² , Cu, Mn, Mo, Al, B, Sn, CF y CT Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Secuencias volcánica, lavas, basálticas a riolíticos, domos brechas y aglomerados andesíticos a dacíticos con intercalaciones clásticas continentales y marinas; ubicadas en la parte media del río. • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Centros Poblados: Ciudad de Illapel (con 94 % de cobertura de PTAS) • Litología: Franja metalogénica F-4 • Agricultura: Cultivos de viñas parronales y frutales • Ganadería: Ganado caprino • Hidrogeología: Pozo de la DGA con nivel freático a 2,4 m • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.18 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del río Choapa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Auco a/j río Illapel 0472AU10	Recarga del río por aporte de aguas subterráneas Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de la franja F-4.	Contaminación difusa por ganadería.	Mn, CE, SO_4^{-2} , Cu, Fe, Al, B, SD, Sn,. Posiblemente CF , CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4 • Geomorfología: Valle transversal con laderas y plataformas constituidas por materiales coluviales • Hidrogeología: Pozo DGA con profundidad de 2,4 metros • Ganadería: Ganado caprino • Conservación de recursos naturales: Reserva Nacional Las Chinchillas • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

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, río Choapa, se cuenta con cuatro estaciones de monitoreo a lo largo del cauce principal que son:

- Choapa en Cuncumén
- Choapa en Salamanca
- Choapa en Puente Negro
- Choapa en Huentelauquén

En la Figura 5.1, con información de la DGA, se incluye el perfil longitudinal para los cuatro períodos estacionales de aquellos parámetros seleccionados que exceden, al menos una vez, la clase 0 en la cuenca (ver tabla 4.15). Dichos parámetros son: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sulfato, boro, cobre, hierro, manganeso y aluminio. No se presenta la gráfica para el molibdeno por presentar en su mayoría valores equivalentes al límite de detección (LD). Por otra parte, tampoco se presentan las gráficas de los parámetros: pH, Zn y As, por no exceder la clase de excepción en ninguno de los cuatro períodos estacionales (tabla 4.15). Debido al reducido número de registros con que se cuenta por período estacional, se grafican valores medios de cada uno de los parámetros antes mencionados.

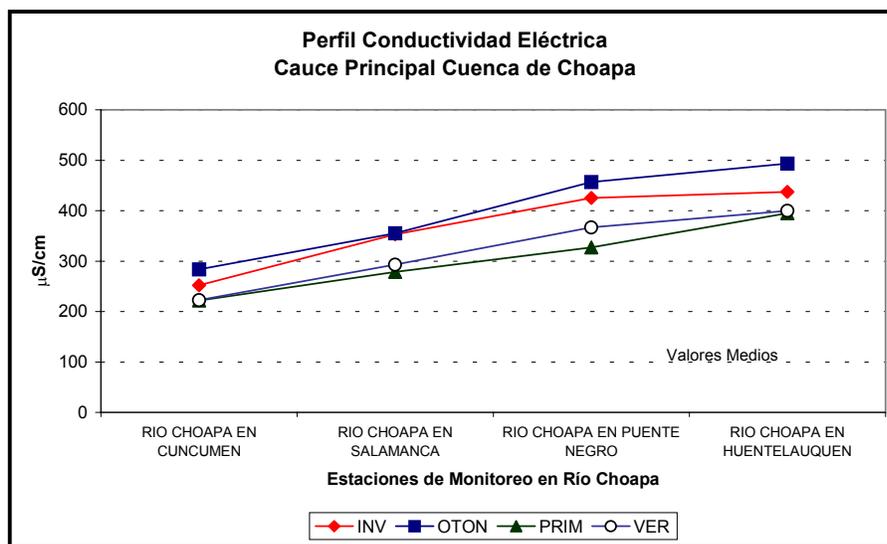


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el río Choapa

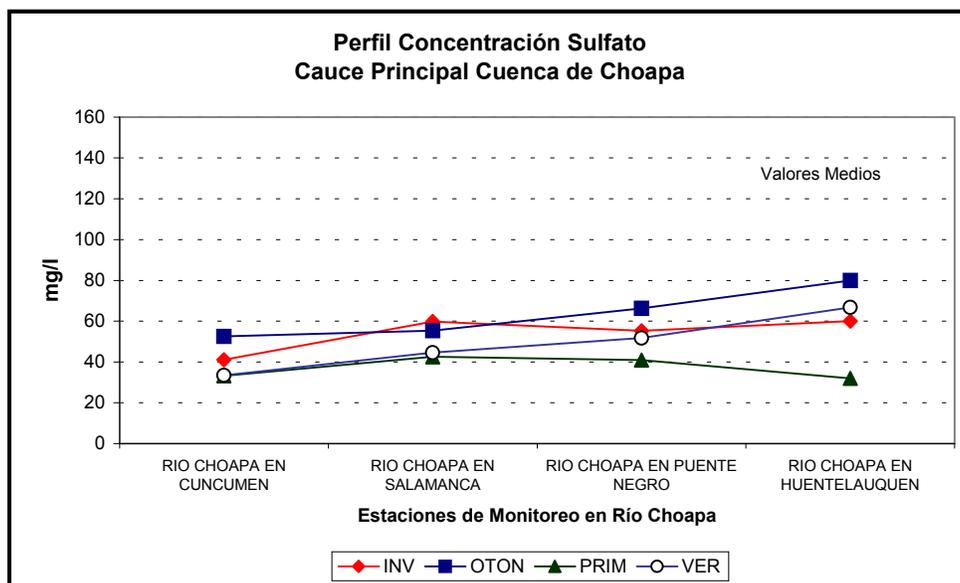
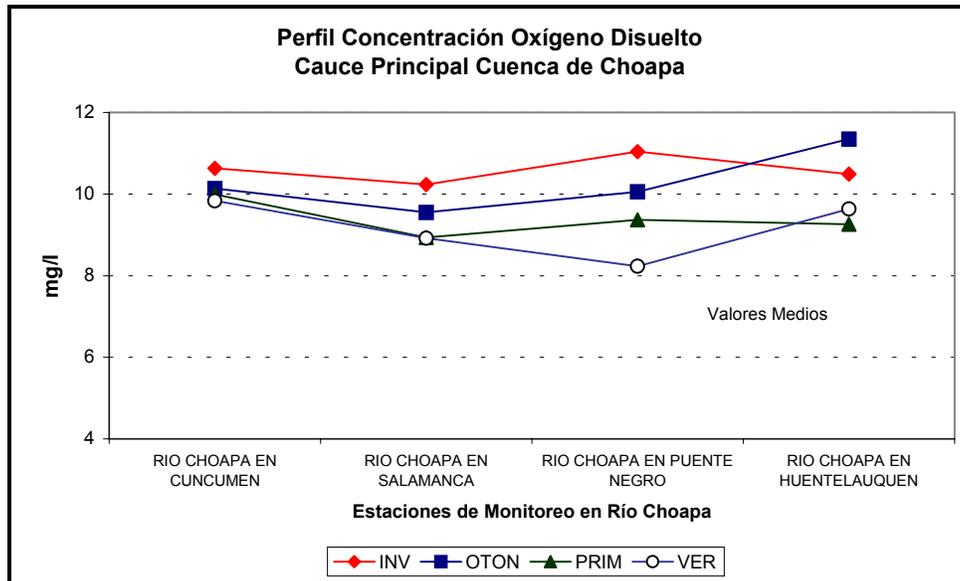


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el río Choapa

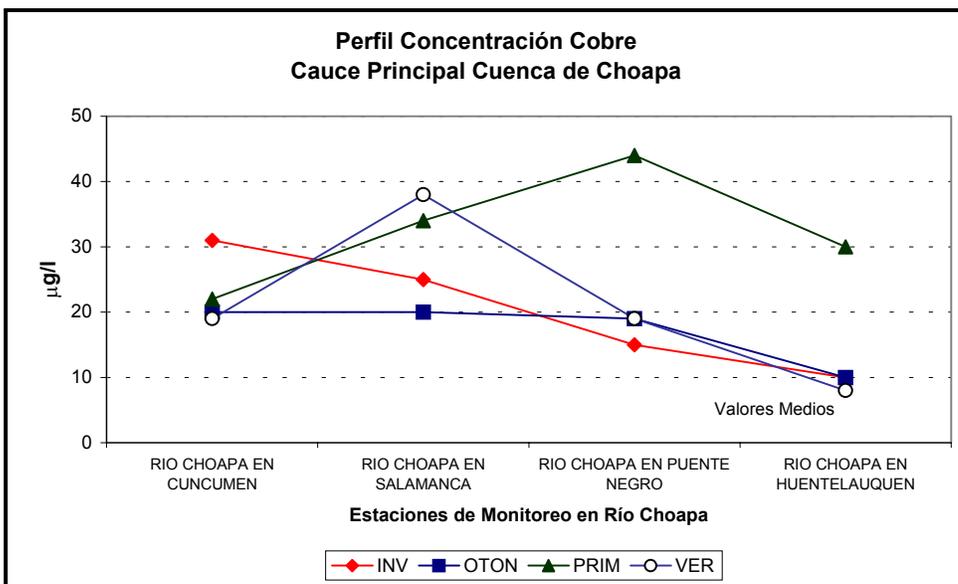
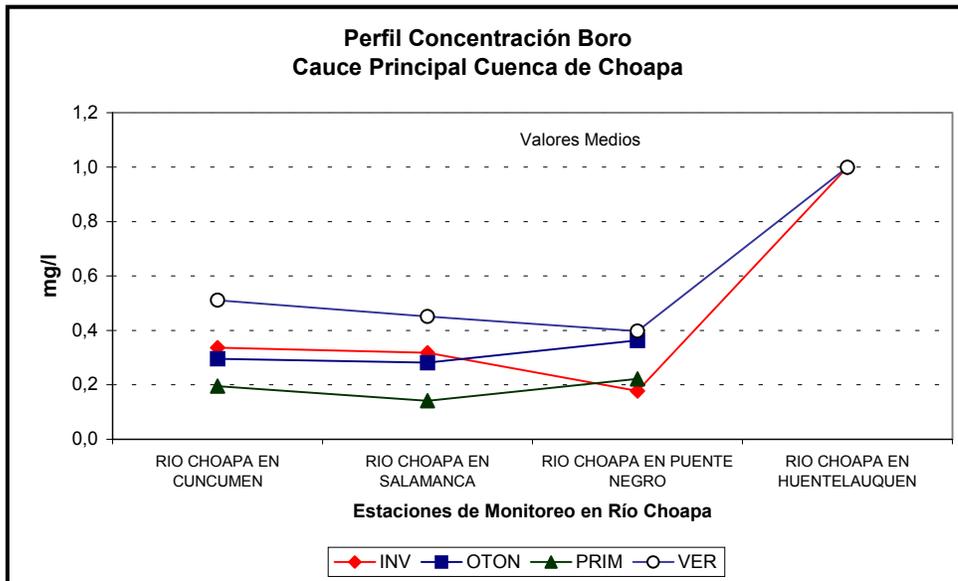


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el río Choapa

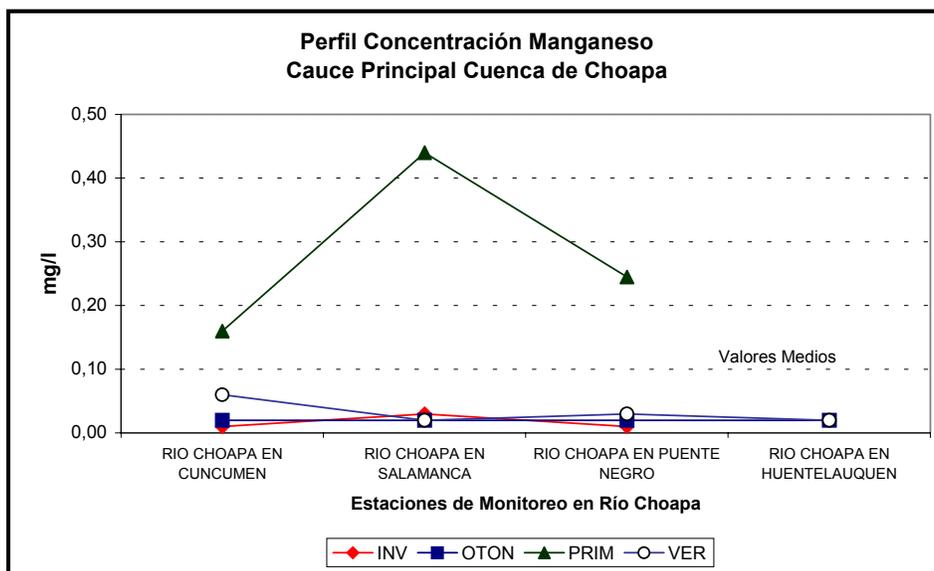
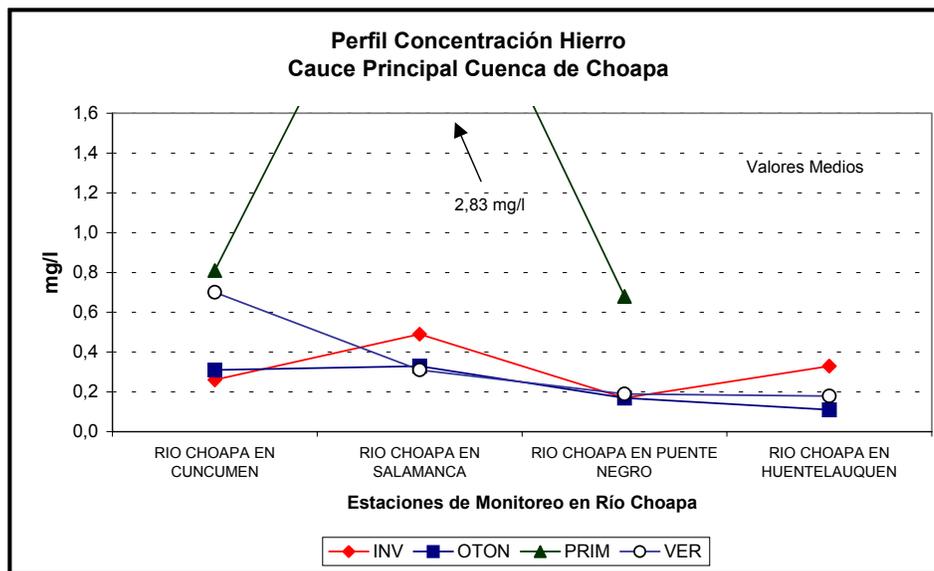


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el río Choapa

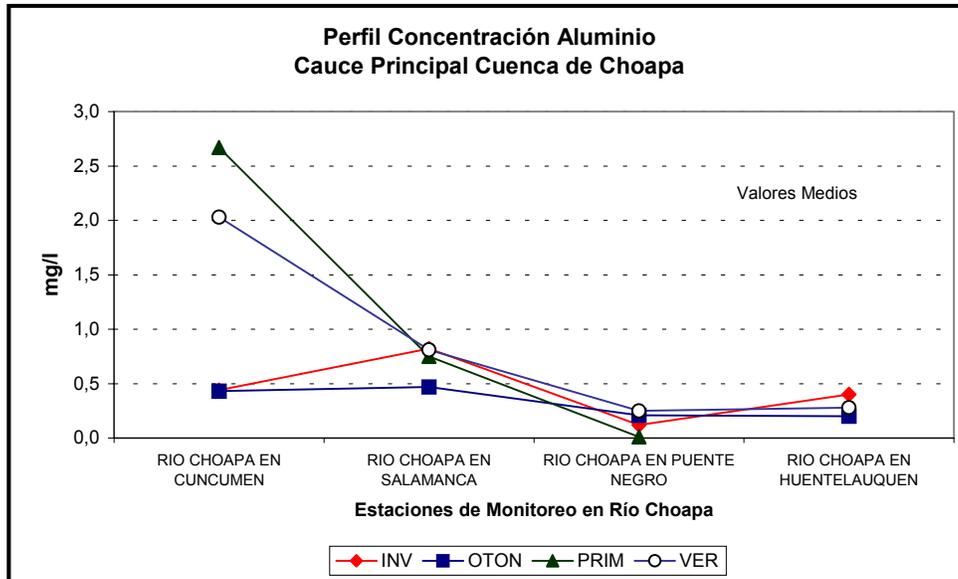


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el río Choapa

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 otoño con una tendencia creciente a lo largo del río con valores clasificados en clase 0. La envolvente inferior corresponde en primavera con todos los valores en clase 0. La comparación de los valores de la parte alta con aquellos cercanos a la desembocadura, muestra que la conductividad tiende a crecer, lo que podría explicarse por factores antrópicos o efectos derivados de posteriores arrastres de material, cuyo efecto de dilución es progresivo a lo largo del cauce principal.
- OD: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en invierno hasta la estación puente Negro para cambiar a otoño en la estación Huentelauquén.

Se observa una tendencia decreciente hasta la estación Salamanca para tender a aumentar aguas abajo hasta Huentelauquén, con valores clasificados en clase 0. La envolvente inferior se presenta en verano hasta la estación puente Negro para cambiar a primavera en la estación Huentelauquén. Se observa una tendencia decreciente hasta la estación puente Negro para tender a aumentar aguas abajo hasta Huentelauquén, con valores clasificados en clase 0.

- SO_4^{2-} : En la parte alta de la cuenca los perfiles longitudinales del sulfato permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en otoño e invierno con una tendencia creciente a lo largo del río con valores clasificados en clase 0. La envolvente inferior se observa en primavera con todos los valores en clase 0.
- B: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en verano con una tendencia a disminuir desde la parte alta de la cuenca hasta puente Negro y aumentar hacia Huentelauquén, con valores en clase 4. La envolvente inferior se presenta en primavera hasta la estación Salamanca y cambiando al periodo de invierno aguas debajo de la estación puente Negro.
- Cu: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en invierno-verano-primavera con una tendencia creciente hasta la estación río Negro. Aguas abajo de río Negro disminuye fuertemente todos los valores asignados en clase 2. El valor más alto se encuentra en primavera. La envolvente inferior se observa en verano-otoño-invierno con todos los valores en clase 2, excepto en la estación Huentelauquén clase 1.
- Fe: Los perfiles longitudinales permiten observar que la envolvente superior se presenta en primavera. El valor máximo se observa en la parte media del río con un valor en clase 2, luego disminuye aguas abajo hasta puente Negro, con valores en clase 0. La envolvente inferior se presenta en invierno-verano-otoño. Entre las estaciones Cuncumén y Salamanca se mantiene constante para disminuir su concentración aguas abajo hasta Huentelauquén.

Choapa

90.

- Mn: El perfil de la envolvente superior se presenta en primavera con el valor más alto en Salamanca en clase 4, para disminuir hacia puente Negro a clase 2. Los perfiles inferiores son planos y semejantes entre sí. En otoño se presentan los valores más bajos todos asignables a la Clase 0.
- Al: Los perfiles longitudinales del aluminio permiten observar que la envolvente superior se presenta en primavera con los valores más altos en la parte alta del río en clase 3 y en verano en la parte media, estaciones Salamanca y Puente Negro. En invierno se observa el máximo valor en Huentelauquén. La envolvente inferior se observa en otoño, excepto en Puente Negro con el menor valor en primavera.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual del río Choapa por grupos de 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 CHOAPA
Parámetros físico-Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.
<p><u>CE</u>: En el río Choapa la conductividad eléctrica es clase 0 en todas las estaciones de monitoreo y en todos los periodos estacionales. Para los ríos Cuncumén y Chalinga todos los valores son asignados a clase 0. El río Illapel tiene sus valores asignados a clase 1 y el estero Auco en clase 2.</p> <p><u>DBO₅</u>: En los ríos Cuncumén, Illapel y estero Auco, los valores del muestreo están asignados a clase 0. En el río Choapa en Salamanca en clase 1 y en Huentelauquén en clase 0.</p> <p><u>Color</u>: En río Choapa en invierno y otoño en clase 0 y el dato del muestreo puntual primavera 2003 en clase 1 y 2 en Salamanca y Huentelauquén, repectivamente. Cuncumén con valores asignados a clase 0. Río Illapel, estero Auco con los valores del muestreo puntual primavera 2003 asignados a clase 0.</p> <p><u>OD</u>: En los ríos Choapa, Illapel, Cuncumén, Chalinga y estero Auco todos los valores son asignados a clase 0.</p> <p><u>pH, RAS</u>: Clasificados en clase 0.</p> <p><u>SD</u>: Ríos Choapa y Cuncumén con valores asignados a clase 1, muestra puntual en primavera con valores asignados a clase 0. Río Illapel en Clase 0 y estero Auco con valores puntuales en primavera en clase 2.</p>

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

CUENCA RIO CHOAPA
<p><u>SST</u>: Ríos Choapa y Cuncumén con valores asignados a clase 4, muestra puntual en primavera; en Salamanca en clase 3, en Huentelauquén clase 1, en los ríos Cuncumén, Illapel y estero Auco en clase 0.</p>
<p>Inorgánicos (IN): NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p>
<p><u>Cl⁻</u>: Clasificados en clase 0.</p> <p><u>SO₄²⁻</u>: Para todos los periodos estacionales los valores en el río Choapa y estero Chalinga están asignados a el rango de la clase 0. En los ríos Cuncumén e Illapel en clase 1.</p> <p><u>NH₄⁺, CN⁻, S²⁻</u>: Muestra puntual en primavera en los ríos Choapa, Cuncumén, Illapel y estero Auco con los valores asignados a la clase 0.</p> <p><u>F⁻, NO₂⁻</u>: Clasificados en clase 0. Muestra puntual en primavera en los ríos Choapa, Cuncumén, Illapel y estero Auco con los valores asignados a la clase 0.</p> <p><u>S²⁻</u>: Muestra puntual en primavera en los ríos Choapa, Concumen, Illapel y estero Auco con los valores en clase 0.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tretracloroetano, 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, dieldrín, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina.</p>
<p>No se dispone de información para los parámetros orgánico plaguicidas</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p>
<p><u>B</u>: En todo el río Choapa y Cuncumén los valores son bajos en clase 0 excepto en el Choapa en la estación Huentelauquén esta asignado a clase 4. En el río Chalinga y estero Auco se observan los valores más altos, en clase 2 en otoño. Para el río Illapel todos los valores están en clase 0 excepto en verano en clase 1.</p> <p><u>Cu</u>: En todos los periodos estacionales para los ríos Choapa, Chalinga Illapel y estero Auco están en el rango de la clase 2, excepto en río Cuncumén que los valores suben a la clase 3.</p> <p><u>Mn</u>: En el río Choapa en primavera los valores son clasificados en clase 4, sin embargo en otoño e invierno todos los valores están asignados a la clase 0. En el río Chalinga en primavera los valores están asignados a la clase 2, en los demás periodos estacionales los valores son bajos en clase 0, excepto en verano clase 2 en Cuncumén. En el estero Auco la concentración varía con los periodos estacionales de clase 1 (invierno-otoño) a clase 0. El río Illapel presenta la mayor variación en primavera, desde la parte alta hasta antes de la confluencia con el Choapa varia desde clase 1 a 2.</p> <p><u>Zn</u>: El zinc muestra un comportamiento plano, sin variaciones espaciales y temporales con todos sus valores en clase 0.</p>

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

CUENCA RIO CHOAPA
<p><u>Ni, Se</u>: todos sus valores asignados a clase 0</p> <p><u>Fe</u>: En el río Choapa en todos los períodos estacionales y puntos de monitoreo, excepto en primavera, los valores son clasificados en clase 0. En primavera tiene un comportamiento heterogéneo a lo largo del río pasando desde clase 1 a 2 y 0 en puente Negro. En el río Cuncumén, que solo posee una estación de muestreo, se puede observar que no presenta variación estacional con todos sus valores asignados a la clase 2. Estero Auco con todos sus valores en clase 0 excepto en invierno clase 2. El río Illapel no presenta variación espacial ni temporal con todos sus valores en clase 0.</p> <p><u>Mo</u>: La gran mayoría de los valores registrados para el molibdeno corresponde al límite de detección superior al valor de la clase 0. Sin embargo existen datos para el río Illapel en la estación El Peral con variación estacional clasificados en clase 2 en otoño e invierno y en una clase inferior en los otros periodos estacionales. En el río Chalinga en Chalinga los valores están asignados a la clase 2 en primavera</p> <p><u>Cr_{total}</u>: Los datos pertenecen a un límite de detección superior a la clase 0, no es un posible un análisis.</p>
<p>Metales no Esenciales (MN): Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb</p> <p><u>Al</u>: En el río Choapa se observa una variación espacial y temporal en primavera y verano desde la parte alta del río descenden los valores desde clase 3 a clase 2 y clase 0. En otoño e invierno no presenta variación con todos los valores en clase 2. En Cuncumén los valores asignados están en clase3, excepto en verano clase 2.En el río Chalinga se observa al igual que en el río Choapa que los valores más altos se encuentran en la parte alta del río para disminuir aguas abajo desde clase 3 a 2 en primavera. El río Illapel y estero Auco no presentan variación espacial ni temporal con valores asignados en clase 2.</p> <p><u>As</u>: Todos los valores asignados a clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: Muestra puntual en primavera, en los ríos Choapa y Cuncumén el valor es asignado a clase 3; en el río Illapel y estero Auco el valor está asignado a clase 4.</p> <p><u>Cd, Hg y Pb</u>: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al limite de detección superior a la clase 0.</p>
<p>Indicadores Microbiológicos (IM): CF, CT</p> <p><u>CF</u>: Valores asignados a clase 1 en los ríos Choapa y Cuncumén. Muestra puntual en primavera en el río Choapa corrobora clase 1, río Cuncumén en clase 0, río Illapel en clase 3 y estero Auco en clase 1.</p> <p><u>CT</u>: Muestra puntual en primavera en el río Choapa clase 1, río Cuncumén clase 0, río Illapel clase 3 y estero Auco en 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 5.1, en la cual se clasifican los distintos parámetros según la clase a la que pertenecen en un segmento específico.

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el periodo 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 Choapa, estos parámetros son: DBO₅, color aparente, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S²⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT.
- 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).

Para la cuenca del río Choapa, tal como se señalara en capítulos anteriores se cuenta con información proveniente del SAG pero, bastante imprecisa en lo que respecta a la ubicación de los puntos de muestreo (tabla 4.17), por lo que en la tabla 5.2 que a continuación se presentan, sólo se incluirán aquellos datos de conductividad eléctrica, pH, sulfato y cobre, detectados en el río Illapel producto de las descargas de las plantas mineras Pluma de oro y El Maitén y en el estero Auco por las descargas de las plantas mineras Portezuelo y El Almendro.

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

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del <i>Instructivo</i>					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Choapa en Cuncumén	0470CH10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , SST, CF	Fe	Cu, Mn, Mo, B	Al		Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST.
Río Choapa en Chillepin	0471CH10	SD, F ⁻	CF					Otros parámetros seleccionados	Información Geotécnica consultores nivel 3
Río Choapa en Coirón	0471CH10	Color aparente, SD, F ⁻ , NO ₂ ⁻	CF			SST		Otros parámetros seleccionados	Información Geotécnica consultores nivel 3
Río Choapa en Panguessillo	0471CH10	Color aparente, F ⁻ , NO ₂ ⁻	SD, CF			SST		Otros parámetros seleccionados	Información Geotécnica consultores nivel 3
Río Choapa en Salamanca	0471CH10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Zn, As, Color aparente, SD, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , S ₂ ⁻	CF, CT, DBO ₅	Cu, Fe, Mo, Al, SST, B	Sn	Mn	Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 1, 2 y 3. Información Geotécnica consultores nivel 3 para Color aparente, SD, SST, F, NO ₂ ⁻ , Se, CF. Muestreo puntual-Primavera NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , S ₂ ⁻ , CT, Sn, información nivel 4.
Río Choapa en Puente Negro	0471CH40	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ .	B, CF	Cu, Al		Mn, SST	Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , CF, SST

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Choapa: CE, DBO₅, OD, pH, SST, CF, Color aparente, SD, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Estaño, Coliformes totales.

Choapa

96.

Tabla 5.2a (Continuación): Cauce Principal - Río Choapa

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación	
		0	1	2	3	4				
Río Choapa en Huentelauquen	0473CH20	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Fe, Mn, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , SD, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻	SST, CF, CT	Cu, Al, Color aparente			B	Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Muestreo Puntual-Primavera: DBO ₅ , color, CF, CT, SST, SD, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ Información nivel 4.

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río Cuncumén

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Cuncumén antes bocatoma canales	0470CU10	CE, OD, pH, Zn, As, B, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅	S, O ₄ ²⁻ , CF	Fe	Cu, Al	Mn, SST	Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Cuncumén antes/junta río Choapa	0470CU10	CE, pH, B, Zn, As, color aparente, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , DBO ₅ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , S ₂ ⁻ , CT.	SD, CF	OD, SO ₄ ⁻ , Fe, Mn, MO	Cu, Al, Sn	SST	Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información Geotécnica consultores nivel 3: Color aparente, SD, SST, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , CF. Muestreo puntual-primavera : DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT. Información nivel 4.

Tabla 5.2c: Cauce Secundario: Río Chalinga

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en Limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Chalinga en la Palmilla	0471CL10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , SST	CF	Cu, Mn, B	Al		Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Chalinga en Chalinga	0471CL20	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , SST	CF, B	Cu, Fe, Mn, Mo, Al			Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2d: Cauce Secundario: Río Illapel

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Illapel en las Burras	0472IL10	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se	Mn, B, CF, DBO ₅ , SST	Cu, Al			Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 1, 2 y 3. Información nivel 5; DBO ₅ , SST, CF

Choapa

98.

Tabla 5.2d (Continuación): Cauce Secundario: Río Illapel

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Illapel en Puente Peral	0472IL30	OD, pH, Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻	CE, SO ₄ ²⁻ , B	Cu, Mn, Mo, Al	CF, CT	Sn	Cr _{total} , Hg, Pb, Cd,	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 1, 2 y 3. Muestreo puntual-primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT. Información nivel 4. Información SAG nivel 3 (Pta. Pluma de Oro y Qda. El Maitén): CE, pH, SO ₄ ⁻ , Cu.

Tabla 5.2e: Cauce Secundario: Estero Auco

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Auco a/j río Illapel	0472AU10	OD, pH, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , CN ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CT	Mn, CF	CE, SO ₄ ²⁻ , Cu, Fe, Al, B, SD		Sn	Mo, Cr _{total} , Cd, Hg, Pb	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 2 y 3. Muestreo puntual-primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT. Información nivel 4. Información SAG nivel 3: CE, pH, SO ₄ ⁻ , Cu.

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

- Estero Camisas

Choapa

100.

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

En la Tabla 5.3 se identifican los parámetros que exceden la clase 0 en los diferentes cursos de agua de la cuenca del río Choapa, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.15.

Tabla 5.3: Valor estacional máximo de los parámetros en la cuenca del río Choapa

Estación	Segmento	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SO_4^{-2} (mg/L)	B (mg/L)	Cu ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	SD (mg/L)	Al (mg/L)	SS (mg/L)
Río Choapa en Cuncumén	0470CH10	Clase 0	Clase 0	0,69	20	0,81	(0,16)	((0,02))	s/i	((2,67))	s/i
Río Choapa en Chillepin*	0471CH10	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/l	Clase 0	s/i	s/i
Río Choapa en Coirón*	0471CH10	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/l	Clase 0	s/i	((83))
Río Choapa en Panguesillo*	0471CH10	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/l	((450))	s/i	((113))
Río Choapa en Salamanca	0471CH10	Clase 0	Clase 0	0,55	36	(2,83)	(0,44)	((0,03))	Clase 0	((0,82))	((44))
Río Choapa en puente Negro	0471CH40	Clase 0	Clase 0	0,47	39	Clase 0	0,25	Clase 0	s/i	((0,25))	s/i
Río Choapa en Huentelauquen	0473CH20	Clase 0	Clase 0	((1))	((30))	Clase 0		Clase 0	s/i	((0,4))	28*
Río Cuncumén antes bocATOMA canales	0470CU10	Clase 0	((148,3))	Clase 0	(611)	1,72	((0,22))	Clase 0	s/i	((2,65))	s/i
Río Cuncumén antes río Choapa*	0470CU10	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/l	((400))	s/i	((90))
Río Chalinga en la Palmilla	0471CL10	Clase 0	Clase 0	(0,72)	20	Clase 0	(0,06)	Clase 0	s/i	((1,2))	s/i
Río Chalinga en Chalinga	0471CL20	Clase 0	Clase 0	((0,5))	(21)	(1,08)	((0,12))	((0,02))	s/i	((0,22))	s/i
Río Illapel en las Burras	0472IL10	Clase 0	Clase 0	0,46	20	Clase 0	(0,04)	Clase 0	s/i	((0,56))	s/i
Río Illapel en puente Peral	0472IL30	712,3	136,4	0,4	30	Clase 0	((0,06))	((0,03))	s/i	((0,83))	Clase 0*
Estero Auco a/j río Illapel	0472AU10	(1230,7)	(418,8)	((0,52))	57	(1,48)	((0,04))	Clase 0	s/i	((0,34))	Clase 0*

Notas: Valores sin paréntesis: Percentil 66% (información nivel 1); Valores con 1 paréntesis: Promedios (información nivel 2); Valores con 2 paréntesis : Promedios (información nivel 3) : Asterisco (muestreo puntual CADE IDEPE –Octubre 2003) (información nivel 4).

Fuente: Elaboración propia

s/i: sin información

▲ : Estación de muestreo Arcadis Geotécnica Consultores - 1997

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

- El cobre y aluminio, probablemente se encuentren presentes en toda la cuenca del Choapa.
- El boro y el manganeso se encuentran bastante extendidos en la cuenca del río Choapa.

5.4.1 Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica detectada presenta valores máximos de 1.231 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estación DGA Estero Auco a/j Río Illapel), superando clase de excepción en el estero Auco y en el río Illapel en puente El Peral.

La naturaleza de las aguas del estero Auco son subterráneas, esto explica los altos valores de iones que inciden en las mediciones de conductividad eléctrica, debido a la lixiviación volumétrica de la litología que subyace bajo la superficie.

El río Illapel, si bien es un río de origen nival, en la parte baja, presenta intercambios napa río, con profundidades freáticas de 2,4 m (pozo DGA) – lo cual incide en los valores de CE por sobre la clase de excepción.

5.4.2 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA están comprendidos entre los 136,4 a 418,8 mg/L (valor máximo en Est. DGA Estero Auco – Invierno). Sin embargo esto no constituye ningún obstáculo para que el agua sea utilizada en riego.

La presencia de sulfatos en el río Cuncumén se deben a las actividades mineras de la Compañía Minera Los Pelambres. Estas actividades si bien son de origen antrópico, presentan efectos irreversibles en el largo tiempo.

La presencia de sulfatos en el estero Auco es atribuible a las aguas subterráneas que lixivian la franja metalogénica F4, las cuales adicionan sulfato al agua superficial. Esta lixiviación se verifica por la existencia de piritas que en contacto con agua y oxígeno, bajan el pH liberándose sulfatos.

5.4.3 Boro

Los valores de boro, detectado en las estaciones de muestreo presentan variaciones que van desde 0,4 mg/L (Est DGA- Río Illapel en Pte. Peral), a 1 mg/L (Est DGA- Río Choapa en Huentelauquén, invierno).

El boro se encuentra presente en las formaciones rocosas de la parte alta y media de la cuenca del Choapa que son mayoritariamente del período Cretácico y Terciario, que se caracterizan por la intercalación de rocas sedimentarias y volcánicas con precipitados químicos interestratificados con arcillas, tobas, calizas y sedimentos lacustres, existentes en la cuenca. Este material litológico, al contacto con aguas de derretimiento de naturaleza ácida originan compuestos de boro en solución en las aguas subterráneas.

5.4.4 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 20µgr/L (Est. DGA en Choapa en Huentelauquén-invierno) a 611 µgr/L (Est. DGA Cuncumén en bocatomas canales - otoño).

La aparición de cobre es atribuible mayoritariamente a la presencia de la C.M. Los Pelambres y plantas de beneficio de minerales (trapiches) que se encuentran cercanos a los cursos de agua que, en forma difusa adicionan cobre a los cursos de agua a través de relaves mineros, y tortas de materiales estériles.

Adicionalmente el efecto de las franjas metalogénicas (F11 y F4 – Ver Mapa de Potencial de Generación Acida en Anexo 4.3), adicionan compuestos de cobre a través de procesos de lixiviación de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada a los tributarios cordilleranos al río Choapa desde las partes altas hacia los valles transversales.

5.4.5 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,81 (Est. DGA Choapa en Cuncumén) a 2,8 mg/L (Est. DGA Choapa en Salamanca- primavera). Sin embargo esto no constituye ningún obstáculo para que el agua sea utilizada para riego.

La aparición de hierro es atribuible esencialmente a la litología de la corteza terrestre comprendida en la cuenca la cual por procesos de lixiviación de los minerales – pirita principalmente - adiciona hierro a las corrientes de agua.

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 esorrentía de estos.

5.4.6 Manganeseo

El manganeseo detectado presenta valores comprendidos entre 0,04 (est. DGA Illapel en Las Burras) a 0,44 mg/L (Estación DGA Choapa en Salamanca – primavera).

La aparición del manganeseo se debe a tres fenómenos que operan simultáneamente: la lixiviación de las rocas sedimento – volcánicas constitutivas de la litología de la alta cordillera; las actividades mineras desarrolladas en la cuenca y el afloramiento de napas subterráneas en las cercanías de Salamanca donde los acuíferos asociados a las subcuencas recargan los cursos superficiales.

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

5.4.7 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,02 a 0,03 mg/L (estación DGA Choapa en Salamanca e Illapel en Puente El Peral).

La presencia de molibdeno en los cursos de agua de la cuenca es atribuible esencialmente a la existencia de molibdeno que acompaña al cobre en las franja metalogénica F11 (Ver Anexo 4.3). Esta lixiviación se manifiesta tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales, lo cual queda ratificado por la existencia de molibdeno disuelto en todos los tributarios y curso principal.

Los depósitos porfíricos como los existentes en Chile en sus diferentes franjas metalogénicas tienen asociados cuerpos mineralizados de cobre, molibdeno y hierro, y que se formaron principalmente en los períodos Terciario y Cuaternario, los cuales afloraron durante la formación de la cordillera de los Andes y los plegamientos geosinclinales de la corteza inmediatamente cercana a esta.

El molibdeno y el cobre presente en las columnas de agua de los ríos tienen un origen tanto antropico – Gran y pequeña minería - como natural producto de la lixiviación de filones metalizados.

5.4.8 Aluminio

El aluminio detectado presenta valores comprendidos entre 0,22 (Est. DGA Chalinga en Chalinga) a 2,67 mg/L (Est. DGA Choapa en Cuncumén-primavera).

La aparición del aluminio disuelto se debe a dos factores combinados, las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminosilicatos (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 las 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.

La mayor parte de la litología de la cuenca alta y media del Choapa está compuesta por formaciones rocosas sedimento - volcánicas, las cuales son ricas en minerales de origen aluminico como las orto y plagioclasas como piroxenos los cuales por procesos de

meteorización e intemperización se transforman en arcillas que por fenómenos de lixiviación y escorrentías adicionan aluminio continuamente a los cursos de agua de las cuencas chilenas.

5.4.9 Sólidos Disueltos

La concentración de sólidos disueltos en la estación río Cuncumén posee variaciones que van desde 340 mg/L en invierno hasta 400 mg/L en otoño, estando en el límite para la clase de excepción que es menor que 400 mg/L. En el cauce principal se observan valores sobre la clase excepción solo en el sector de Panguecillo donde alcanza los 450 mg/L en invierno.

La presencia de sólidos disueltos en este curso de agua se debe a la naturaleza subterránea de este estero, donde predominan iones que se cuantifican como sólidos disueltos.

5.4.10 Sólidos Suspendidos

El origen de los SST se debe a las rocas sedimentarias existentes en la parte alta de la cuenca que corresponden al período Cretácico Superior. La concentración de SST varía entre 16 y 90 mg/L para la estación Río Cuncumén a/j río Choapa. En la parte media del cauce del río Choapa (Choapa en Salamanca) los valores varían entre 87 y 113 mg/L.

El muestreo realizado para este estudio (Octubre 2003'), determinó el contenido de sólidos en suspensión en los alrededores de Salamanca (56 mg/L) que la posicionan como clase 3. Este valor por ser una muestra puntual sólo sirve para orientar o servir de antecedente de SS en este punto, el cual puede tener un origen antrópico por ser tomado aguas abajo de esta localidad.

5.4.11 Falencias de información

Para realizar un estudio más detallado de la calidad natural de la cuenca del Choapa 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 posea actualmente o tenga proyectados la C.M. Los Pelambres.

El estero Auco por ser de naturaleza subterránea presenta parámetros de calidad que se encuentran por sobre la clase de excepción por lo que se deberá tener presente en el programa de monitoreo futuro.

El muestreo realizado demostró que el estaño se encuentra presente en los todos los cursos muestreados. Para poder valorar su presencia en la cuenca 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 Choapa 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, molibdeno, hierro y aluminio.
- La parte alta de la cuenca posee actividad minera importante (C. M. Los Pelambres) cuyos efectos antrópicos han cambiado la calidad natural, las que sumadas a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado alta presencia de metales como el cobre, molibdeno y hierro.
- 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.
- La ganadería caprina es un factor incidente importante en la calidad natural de las aguas del Choapa, pues al remover la escasa cubierta vegetal de las laderas y piedemontes, aumentan el área expuesta a los efectos erosivos del agua y viento, haciendo que el contenido de carga sólida, y aluminosilicatos se acumule en los cursos de agua.
- El estero Auco por ser de naturaleza subterránea presenta un alto número de parámetros de calidad que se encuentran por sobre la clase excepción en la cuenca del Choapa.
- Ciertos cauces como los ríos Illapel, Chalinga y Choapa bajo tienen cercanía con napas subterráneas, por lo cual la calidad natural del agua de estos ríos está fuertemente influenciada por la calidad del agua subterránea.

- Se sabe que gran parte de los metales presentes en las aguas tienen un origen mixto, ya sea por litología por aportes antrópicos que hasta este momento son irreversibles, sin embargo por los acuerdos de producción limpia esto podría ser mejorado.

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 Choapa 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 Choapa

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Río Choapa	0470CH10	CH-TR-10	De: Naciente río Choapa Hasta: Confluencia río Cuncumén
	0470CH20		
	0471CH10	CH-TR-20	De: Confluencia río Cuncumén Hasta: Confluencia río Chalinga
	0471CH20		
	0471CH30	CH-TR-30	De: Confluencia río Chalinga Hasta: Confluencia estero Camisas
	0471CH40	CH-TR-40	De: Confluencia estero Camisas Hasta: Confluencia río Illapel
	0473CH10	CH-TR-50	De : Confluencia río Illapel Hasta: Desembocadura
	0473CH20		
	0473CH30		
Río Cuncumén	0470CU10	CU-TR-10	De: Naciente río Cuncumén Hasta: Confluencia río Choapa

Tabla 6.1 (Continuación): Tramos de la Cuenca Choapa

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Río Chalinga	0471CL10	CL-TR-10	De: Naciente río Chalinga Hasta: Confluencia río Choapa
	0471CL20		
	0471CL30		
Estero Camisas	0471CA10	CA-TR-10	De: Salida embalse Corrales Hasta: Confluencia río Choapa
Río Illapel	0472IL10	IL-TR-10	De: Naciente río Illapel Hasta: Confluencia estero Auco
	0472IL20		
	0472IL30	IL-TR-20	De: Confluencia estero Auco Hasta: Confluencia río Choapa
Estero Auco	0472AU10	AU-TR-10	De: Naciente estero Auco Hasta: Confluencia río Illapel

En la lámina 1940-CHO-02 se ilustra la ubicación de los segmentos que dan origen a los tramos y en la lámina 1940-CHO-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 río Choapa

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 Choapa	CH-TR-10	--	(*)	Clase 1 a 3	0	1	0	1	Fe	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Mn, Mo, B	
								3	Al	
								4	--	
	CH-TR-20	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Zn, As, color, SD, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , S ₂ ⁻	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Fe, Mo, Al, B	
								3	Sn	
								4	SST, Mn	
	CH-TR-30	--	--	Clase 1 a 3	s/i	1	1(Ver nota)	Otras clases	s/i	Todos los parámetros seleccionados

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Choapa: CE, DBO₅, OD, pH, SST, CF, Color aparente, SD, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Estaño, Coliformes totales.

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

Nota: Se le asigna la misma clase objetivo del río Chalinga y segundo tramo del río Choapa, aplicando el principio de continuidad y solidaridad.

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

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	
	CH-TR-40	--	--	Clase 1 a 3	0	1	0	1	B	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Al	
								3	--	
								4	Mn, SST	
	CH-TR-50	--	--	Clase 1 a 3	0	1	0	1	SST	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Al, color aparente	
								3	--	
								4	B	
Río Cuncumén	CU-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	CE, pH, Zn, As, B, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , color, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , S ₂ ⁻ , CT, CF	Otros parámetros seleccionados
								1	SD	
								3	Cu, Al, Sn	
								4	Mn, SST	

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

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 Illapel	IL-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, SO ₄ ⁻² , Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, CF, CT, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados	
								2	Cu, Al		
								3	--		
								4	--		
	IL-TR-20	--	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	OD, pH, Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , CF, CT, color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻	Todos los parámetros seleccionados
									2	Cu, Al, Mn, Mo	
									3	--	
									4	Sn	

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

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

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

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 Chalinga	CL-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	1	1	1	0	CE, OD, pH, SO ₄ ²⁻ , Fe, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , Ni, Se, DBO ₅ , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Mn, B, Fe, Mo	
								3	Al	
								4	--	
Estero Camisas	CA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	s/i	1	1(Ver nota)	Otras clases	s/i	Todos los parámetros seleccionados

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

Nota: Al no disponer de información de calidad actual en este cauce, se le asigna la clase objetivo de uso más exigente.

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 Choapa 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 Choapa, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 11 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- Color
- Sólidos Disueltos
- Sulfato
- Boro
- Cobre
- Hierro
- Manganeso
- Molibdeno
- Zinc
- Aluminio
- Arsénico

Debido a que 2 de los parámetros seleccionados (Sólidos disueltos y color aparente), han sido estudiados en monitoreos realizados a zonas específicas de la cuenca por lo que sería de gran utilidad incorporarlos en el futuro al ICAS, en este momento no se considerarán, debido a la escasez de información para el resto de la cuenca.

7.1.2 Estimación del ICAS

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

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Choapa en Cuncumén	97
Río Choapa en Salamanca	93
Río Choapa en pte Negro	90
Río Choapa en Huentelauquen	95
Río Cuncumén antes bocATOMA canales	89
Río Chalinga en la Palmilla	97
Río Chalinga en Chalinga	99
Río Illapel en las Burras	98
Río Illapel en pte el Peral	89
Estero Auco antes río Illapel	94

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Choapa posee tributarios de muy buena calidad. El cauce principal, calidad muy buena, a pesar de existir intervención antrópica. 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 Choapa en Cuncumén	0
Río Choapa en Salamanca	1
Río Choapa en pte Negro	1
Río Choapa en Huentelauquen	0
Río Cuncumén antes bocatoma canales	1
Río Chalinga en la Palmilla	1
Río Chalinga en Chalinga	1
Río Illapel en las Burras	1
Río Illapel en pte el Peral	1
Estero Auco antes río Illapel	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, se recalcula el ICAS tal como se muestra en la tabla 7.3.

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Choapa en Salamanca	94
Río Choapa en Huentelauquen	95
Río Cuncumén antes bocatoma canales	89
Río Chalinga en la Palmilla	97
Río Chalinga en Chalinga	99
Río Illapel en Pte. el Peral	95

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 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: Color Aparente, Sólidos Disueltos, Sulfato, Boro, Cobre, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Estaño, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Cromo Total, Cadmio, Mercurio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Amonio, Cianuro, Sulfuro
- Parámetros Orgánicos: Grasas y Aceites, Detergentes, Hidrocarburos
- Parámetros Orgánico Plaguicidas: No se incluyen

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

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

Tabla 7.4: Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo	Río Choapa en Quncurrén	Río Choapa en Chillepin	Río Choapa en Salamanca	Río Choapa en puente Negro	Río Choapa en Huantelaquén	Río Quncurrén antes boca toma canales	Río Quncurrén antes río Choapa	Río Chalinga en la Palmilla	Río Chalinga en Chalinga	Río Illapel en las Burras
	CCD_SEG	0470CH0	0471CH0	0471CH0	0471CH0	0473CH0	0470CJ0	0470CJ0	0471CL0	0471CL20	0472L10
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS											
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
DECS	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FAS											
Sól disueltos	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Sól Suspendedos	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
INORGANICOS											
Amonio	mg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cloruro	µg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cloruro	mg/l										
Fluoruro	mg/l										
Nitrato	mg/l										
Sulfato	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Sulfuro	mg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
METALES ESENCIALES											
Boro	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Cobre	µg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Cromo total	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Hierro	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Manganeso	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Molibdeno	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Níquel	µg/l										
Selenio	µg/l										
Zinc	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
METALES NO ESENCIALES											
Aluminio	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Arsénico	mg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS											
CFecales (NMP)	gármes/100 ml	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CTotales (NMP)	gármes/100 ml	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL	FPL

Parámetro	Símbología
Obligatorio	O
Principal	FPL
Sin información	SI
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-CHO-01: Usos del suelo
- 1940-CHO-02: Estaciones de medición y usos del agua
- 1940-CHO-03: Calidad objetivo

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	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. Tomo 4. Agosto 1993.
2.2	APICULTURA.CL 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	CNR, Comisión Nacional de Riego. Series de suelo, IV Región de Coquimbo
2.7	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
2.8	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.9	CONAF - CONAMA. Catastro de Bosque Nativo
2.10	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.11	EDITEC Ltda. Compendio de Minería Chilena. 2003.
2.12	CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente http://www.conama.cl
2.13	SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental 2003 http://www.sinia.cl
3.1	RICARDO EDWARDS – INGENIEROS LTDA. Estudio de Síntesis de Catastro de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento. Octubre 1991.
3.2	ARRAU Carominas, Fernando. Distribución y Comercialización de las Aguas en Chile. Enero 1998. www.bcn.cl
3.3	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile, 1996.