

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 ESTERO PUPÍO

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	2
2.1	Cartografía y segmentación preliminar	2
2.2	Sistema Físico – Natural.....	4
2.2.1	Clima	4
2.2.2	Geología y volcanismo	5
2.2.3	Hidrogeología.....	6
2.2.4	Geomorfología.....	7
2.2.5	Suelos	8
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Estero Pupío.....	9
2.3.1	Flora terrestre y acuática	9
2.3.2	Fauna acuática	10
2.4	Sistemas Humanos.....	11
2.4.1	Asentamientos humanos	11
2.4.2	Actividades económicas	11
2.5	Usos del Suelo	11
2.5.1	Uso agrícola.....	12
2.5.2	Uso forestal.....	13
2.5.3	Uso urbano.....	13
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiverisidad	13
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	14
3.1	Información Fluviométrica.....	14
3.2	Usos del Agua.....	15
3.2.1	Usos in – situ	15
3.2.2	Usos extractivos.....	16
3.2.3	Biodiversidad.....	17
3.2.4	Usos Ancestrales	18
3.2.5	Conclusiones.....	18

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua.....	20
3.3.1	Descargas de Aguas Servidas.....	20
3.3.2	Residuos industriales líquidos.....	23
3.4	Datos de Calidad de Aguas.....	24
3.4.1	Fuentes de Información.....	24
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo.....	25
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	27
4.1	Análisis de Información Fluviométrica.....	27
4.1.1	Análisis por estación.....	27
4.1.2	Conclusiones.....	29
4.2	Análisis de la Calidad del Agua.....	29
4.2.1	Selección de parámetros.....	29
4.2.2	Análisis de tendencia central.....	33
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE.....	34
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI).....	35
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional.....	36
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua.....	41
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES..	44
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal.....	44
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua.....	44
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca.....	46
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes.....	49
5.4.1	Conductividad Eléctrica.....	50
5.4.2	Boro.....	50
5.4.3	Cobre.....	51
5.4.4	Aluminio.....	51
5.4.5	Color aparente.....	51
5.4.6	Sólidos suspendidos.....	51

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.7	Sólidos disueltos.....	52
5.4.8	Falencias de información.....	52
5.4.9	Conclusiones.....	52
6.	PROPOSICIÓN DE CLASES OBJETIVOS.....	54
6.1	Establecimiento de Tramos	54
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	54
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	58
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES.....	59
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	59
7.1.1	Antecedentes.....	59
7.1.2	Estimación del ICAS	59
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	60
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	60
7.3	Sistema de Información Geográfico	63
7.4	Referencias	63

ANEXOS

Anexo 3.1 :	Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Estero Pupío
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 Cuenca del Estero Pupío
Anexo 7.1:	Indice de Calidad Actual Cuenca del Estero Pupío

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

Inmediatamente a norte de Los Vilos desemboca el estero Pupío y Conchalí. La cuenca del estero Pupío forma parte de la IV región de Coquimbo. Se forma a 10 km al oriente de la línea de costa de la confluencia de los esteros Cavilolén que proviene del N y Pupío propiamente que llega del oriente. En su desembocadura forma una laguna litoránea o albufera. Su régimen es efímero; sin embargo, en su curso medio y superior el escurrimiento es más permanente. La extensión de la cuenca es de 680 km² y su longitud alcanza a 45 km. La única obra de regulación de cierta magnitud es el embalse El Mollar, situado en el estero Las Palmas, con 1,1 millón de m³. A cuatro kilómetros al norte de Los Vilos, en el sector de Punta Chungo, se encuentra la laguna Conchalí.

El cauce incluido en el estudio es el siguiente:

- Estero Pupío

Pupío

2.

2. RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

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

- Bases cartográficas del SIGIRH, del MOP-DGA. Escala 1:250.000
- 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.)

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 estero Pupío es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en la lámina 1940-PUP-02.

Tabla 2.1: Segmentación adoptada en los cauces seleccionados de la Cuenca del estero Pupío

CUENCA RIO PUIPIO					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0481	Est. PUIPIO	PU	1	0481 - PU - 10	NACIENTE ESTERO PUIPIO	EST. CALIDAD ESTERO PUIPIO EN EL ROMERO
0481	Est. PUIPIO	PU	2	0481 - PU - 20	EST. CALIDAD ESTERO PUIPIO EN EL ROMERO	CONFLUENCIA ESTERO EL RINCON
0481	Est. PUIPIO	PU	3	0481 - PU - 30	CONFLUENCIA ESTERO EL RINCON	CONFLUENCIA ESTERO CAVILOLEN
0481	Est. CONCHALI	CO	1	0481 - CO - 10	CONFLUENCIA ESTERO PUIPIO Y CAVILOLEN	DESEMBOCADURA

Pupío

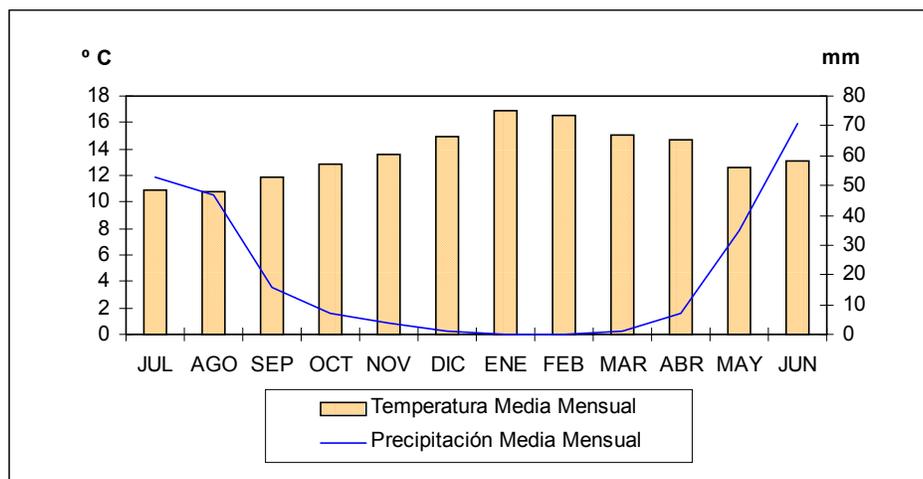
4.

2.2 Sistema Físico – Natural

2.2.1 Clima

La cuenca del estero Pupío, 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]

Figura 2.1: Diagrama Ombrotérmico Estero Pupío, sector Los Vilos

2.2.2 Geología y volcanismo

Todos los cauces se encuentran sobre formaciones geológicas constituida por depósitos no consolidados y rellenos de depósitos fluviales; gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Los alrededores de los cauces presentan una amplia variedad de formaciones geológicas, siendo las más importantes desde el punto de vista de calidad de agua, las siguientes: [Ref. 2.3]

- Zona Media-Baja de la Cuenca

Rocas J2m de tipo Volcano-Sedimentarias del Jurásico. Secuencias volcanosedimentarias: lavas y brechas andesíticas y basálticas calizas y areniscas marinas fosilíferas.

- Zona Media-Alta de la Cuenca

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

Pupío

6.

- Estero Rincón

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.

- Zona Media de la Cuenca

Rocas Ki2m de tipo Volcanosedimentarias del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas, forma una franja de ancho variable.

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; forma una franja de mediano grosor.

No existe influencia volcánica en esta cuenca.

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrogeología del estero Pupío se extiende desde la latitud 31°34' (Huentelauquén) hasta la latitud 32°07' Sur (Pichidanguí).

La hidrogeología está compartida por las cuencas del estero Pupío y el río Quilimarí, a cuyos cauces corren paralelos los acuíferos asociados por entre formaciones rocosas de depósitos no consolidados o rellenos alcanzando niveles freáticos entre 2,7 y 1,6 m.

La parte alta de la cuenca está formada por formaciones de rocas de baja a nula permeabilidad de rocas volcánicas y plutónicas o hipabisales, que forman un basamento por el cual el acuífero escurre hacia los depósitos no consolidados de los cauces superficiales.

Pupío

8.

Desde el sector de Ramadilla hasta la localidad de Caimanes (confluencia con el estero Rincón), el cauce del estero está rodeado por un relieve que continúa descendiendo paulatinamente, sin presentar elevaciones importantes y destacables. En este sector la máxima elevación está constituida por el Monte Bandera con una altura de 702 m s.n.m.

Desde este último sector, el cauce del estero Pupío no presenta grandes variaciones en sus características geomorfológicas. Continúa con un valle fluvial extenso y un relieve que disminuye en forma paulatina, sin presentar elevaciones importantes.

La planicie litoral en el sector de la desembocadura del estero Pupío, es amplia y más extensa en el sector de la ciudad de Los Vilos [Ref. 2.5].

2.2.5 Suelos

La cuenca del estero Pupío, ha sido muy poco estudiada y por ello la información referente a los suelos, es muy escasa y sólo se cuenta con las series de suelo presentes en el sector y sus características de drenaje, capacidad de uso y aptitud frutal.

Las series de suelo presentes en la cuenca del Estero Pupío son Guatulame – Paloma – Terrazas Marinas, Agua Amarilla - Los Maitenes y Huentelauquén.

La serie Guatulame – Paloma – Terrazas Marinas, posee una superficie de 2.417 Ha, 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*.

La superficie que posee la serie de suelo Agua Amarilla – Los Maitenes es muy reducida, alcanzado solo 51,9 Ha. Las características que presenta ésta serie, son las mismas que posee la serie anterior.

La serie Huentelauquén ubicada en la desembocadura del estero Pupío próximo a la ciudad de Los Vilos, es la más reducida de las presentes en la cuenca alcanzando sólo las 30,2 Ha. Se clasifica como *Drenada*, presentando limitaciones para el uso agrícola e *Inadecuada* para el cultivo de frutales.

En síntesis, en esta cuenca los suelos no son aptos para el uso agrícola, ni cultivo de frutales y son suelos que no presentan problemas de drenaje. [Ref. 2.6]

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Estero Pupío

2.3.1 Flora terrestre y acuática

Para esta cuenca se han identificado cuatro formaciones vegetales:

- Matorral estepario arborescente: Formación vegetal que tienden a predominar los matorrales leñosos altos e incluso sub-arbores, a modo de respuesta frente a la acción de condiciones físicas del medio más favorables. A menudo son frecuentes algunas comunidades típicas de los bosques esclerofitos, pero aún está vigente en la fisonomía del paisaje vegetal la dominancia de los arbustos bajos y de las praderas anuales de gran desarrollo. Las asociaciones más características son: Boldo – Mitique (*Peumus boldus*- *Podanthus mitiqui*); Palo colorado – salvia dulce (*Pouteria splendens* – *Lepechinia salviae*); Coironcillo – Monte negro (*Piptochaetium montevidense* – *Haplopappus*); Suspiro – quisquillo (*Nolana paradoxa* – *Neoporteria chilensis*).
- Matorral espinoso de las serranías: Formación vegetal con un fuerte determinismo de los factores físicos del relieve, pues se encuentra ubicada en un sector del país que es característico por la presencia de cadenas montañosas situadas en una posición intermedia entre mar y cordillera. Desde el punto de vista botánico, la información existente es limitada, pues constituye un territorio escasamente explorado. La fisonomía vegetal es heterogénea por la diversidad del mosaico ambiental, pero domina la condición xerófila de los arbustos espinosos. Las asociaciones más características son: Algarrobo – Huingán (*Prosopis chilensis* – *Schinus polygamus*); Espino – Incienso (*Acacia caven* – *Flourensia thurifera*); Colliguay – Palhuén (*Colliguaja odorifera* – *Adesmia microphylla*); Colliguay – Palo Yegua (*Colliguaja odorifera* – *Proustia cinerea*); sauce amargo – Maitén (*Salix chilensis* – *Maytenus boaria*); Incienso (*Flourensia thurifera*); Brea Chilquilla (*Tessaria absinthioides* – *Baccharis pingraea*), Quillay – Guayacán (*Quillaja saponaria* – *Porlieria Chilensis*); Espino – Sereno (*Acacia caven* – *Atriplex repanda*); Chagual – Palhuén (*Puya berteroaia* – *Adesmia arborea*).[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

Pupío

10.

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 Estero Pupío

FAMILIA	ESPECIE	% DE COBERTURA
<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.2.8]

2.3.2 Fauna acuática

En la siguiente tabla se incluyen la fauna íctica caracterizada según especie, origen y estado de conservación presentes en el cauce del estero Pupío.

Tabla 2.3: Fauna Íctica Presente en el Estero Pupío

TRAMO	ESPECIE	
	Nombre común	Nombre Científico
Naciente hasta Desembocadura	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 piscicolum</i>
	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>
	Gambusia	<i>Gambussia affinis</i>
	Lisa	<i>Mugil cephalus</i>

[Ref. 2.8]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca del estero Pupío forma parte de la IV Región de Coquimbo, ubicándose en su extremo sur. Abarca la provincia de Choapa y las comunas de Los Vilos, Canela, Illapel y Salamanca.

La cuenca posee una superficie de 6.436 Ha equivalentes al 0,2% de la Región.

La única ciudad emplazada en la cuenca corresponde a Los Vilos, ubicada en la desembocadura del estero Pupío. Esta ciudad posee una población total al año 2002 de 17.453 habitantes, siendo el 74% de ella población urbana.

Cabe señalar que la información del censo 2002 a la fecha en el INE, es a nivel comunal y no de ciudades [Ref.2.9]

2.4.2 Actividades económicas

La actividad económica de mayor importancia en ésta cuenca, es la actividad agrícola pese a que las condiciones y aptitudes del suelo, no son favorables para el desarrollo de cultivos. Sin embargo, existe una superficie muy reducida de terrenos agrícolas de 43 Ha donde los principales cultivos son las forrajeras anuales - permanentes y los cereales.

Otra actividad económica del sector, está constituida por las superficies de plantaciones de atriplex nomularia que corresponden a forrajeras de secano australiano utilizadas para la alimentación del ganado caprino existente en la zona. Estas superficies de forrajeras, se localiza en la desembocadura del estero Pupío, localidad de Cavilolén.

2.5 Usos del Suelo

La información referente a los usos del suelo en la cuenca se presenta en la lámina 1940-PUP-01 y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2.4: Clasificación usos del suelo Cuenca del Estero Pupío

Cuenca del río Pupío (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
68.000	Praderas	12	0,02
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	463	0,7
	Plantaciones forestales	0	0
	Áreas urbanas e industriales	0	0
	Minería Industrial	< 156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	140	0,2
	Otros Usos*	66.697	98,1
	Áreas sin vegetación	688	1

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. [Ref. 2.10]

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-PUP-01 el uso de suelo minero.

2.5.1 Uso agrícola

Si bien los suelos en esta cuenca no son aptos para el desarrollo de la actividad agrícola, esta se logra desarrollar en una reducida extensión. Esta superficie agrícola comprende 463 Ha equivalentes al 1% de la superficie total de la cuenca.

Estos terrenos agrícolas se encuentran únicamente en las zonas próximas al estero Pupío, emplazándose principalmente en el sector de Ramadilla y en menor proporción en la localidad de Caimanes y Cavilolén, ambas localidades pertenecientes a la comuna de Los Vilos.

La comuna de Los Vilos, la principal superficie plantada según grupo de cultivo, corresponden a las siembras de forrajeras anuales – permanentes y cereales con superficies de 6.494 Ha y 355 Ha respectivamente. [Ref. 2.11]

2.5.2 Uso forestal

Este tipo de uso del suelo, no se presenta en la cuenca. [Ref. 2.10]

2.5.3 Uso urbano

Este tipo de uso del suelo, no se presenta en la cuenca. [Ref. 2.9]

La escasa población urbana, se concentra en la zona costera de la ciudad de Los Vilos (no emplazada en la cuenca), con un total aproximado al año 2002 de 12.859 habitantes. Esta ciudad constituye el principal y único centro urbano emplazado en las proximidades de la cuenca, siendo también el principal centro turístico de la zona.

La actividad minera de la cuenca es reducida, inferior a 156,25 Ha. En la cuenca se han identificado 6 faenas mineras activas que explotan oro y carbonato.

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del estero Pupío no posee Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE. El sitio de conservación de la biodiversidad existente en la cuenca, se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 2.5: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Quebrada Culimo	486	Zona de alto endemismo. Presencia de la especie Palma Chilena que es una especie de distribución restringida y en categoría de conservación.

[Ref. 2.12], [Ref. 2.13]

En la cuenca del estero Pupío se encuentra la laguna Conchalí, declarada santuario de la naturaleza a solicitud de minera Los pelambres.

Pupío

14.

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 estero Pupío es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del estero Pupío

Nombre	Período de Registro
Esteros Pupío en el Romero	1989 – 2002

El estero Pupío nace en la precordillera y drena una zona de baja altitud, razón por la que sólo recibe aportes pluviales. Tiene un régimen netamente pluvial, sin mostrar influencia nival alguna.

Como esta cuenca sólo cuenta con una estación fluviométrica, Pupío en el Romero, no tiene sentido hablar de grupos hidrológicos. La estadística de esta estación fluviométrica fue completada mediante correlaciones lineales con la estación estero Camisas en desembocadura, de la cuenca del Choapa, ya que muestra un carácter similar y se encuentra relativamente cerca.

La estadística completada utilizada para el análisis de frecuencia de esta cuenca se encuentra en el anexo 3.1, indicándose los valores que corresponden a estimaciones realizadas para completar la estadística.

3.2 Usos del Agua

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

Las fuentes utilizadas en este capítulo corresponden a:

- Catastro de Bocatomas III a VIII Regiones DGA.
- Catastro Bosque Nativo CONAF – CONAMA.
- “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad IV Región de Coquimbo”, CONAMA-CONAF-SAG-INIA-DGA-SERNAP
- “Estudio de Síntesis de Catastros de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento”, Ricardo Edwards – Ingenieros Ltda. para DGA, MOP octubre 1991
- “Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile”, IPLA Ltda. para DGA, MOP enero 1996.

3.2.1 Usos in – situ

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

a) Acuicultura

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

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

Pupío

16.

b) Pesca deportiva y recreativa

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

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

3.2.2 Usos extractivos

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

a) Riego

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

La cuenca del estero Pupío contaba en 1991 con 32 canales, de casi 64 kms de longitud, 11 embalses menores y 1 mayor. En total, los usuarios del estero Pupío correspondían a 64, alcanzando a regar una superficie de 917 hás. (Ref. 3.1)

En esta cuenca la mayor superficie cultivada corresponde a praderas artificiales.

En la siguiente tabla se indican las demandas netas de agua de riego en la cuenca en 1992.

Tabla 3.2: Demandas netas de agua de riego 1992 (l/s)

may	Jun	jul	Ago	sep	oct	nov	dic	ene	Feb	mar	abr
25	21	18	23	30	39	46	45	47	48	41	38

[Ref. 3.2]

b) Captación para agua potable

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

En la cuenca del estero Pupío se generan las demandas de agua potable de la localidad de Los Vilos, que se encuentra fuera de la cuenca, sin embargo no se cuenta con antecedentes en cuanto a la ubicación exacta de los puntos de captación. [Ref. 3.2].

c) Generación de energía eléctrica, actividad industrial y actividad minera

En la cuenca del estero Pupío no se han detectado usos de aguas superficiales para generación de energía eléctrica usos de aguas superficiales para generación de energía eléctrica y actividad industrial.

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.). Respecto en la actividad minera, a pesar de la existencia de pequeñas faenas mineras, no se dispere de información respecto a demandas de agua por esta actividad.

En esta cuenca se encuentra la laguna Conchalí, humedad costero de importancia internacional, convertido en Santuario de la Naturaleza a solicitud de minera Los Pelambres. Se ubica a cuatro kilómetros al norte de Los Vilos, en el sector de Punta Chungo. Sus 50 hectáreas de humedales son el punto de descanso de más de 100 especies migratorias del hemisferio norte, donde encuentran condiciones óptimas para su alimentación, nidificación y refugio. [Ref. 3.3]

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-PUP-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 él, permiten tener una visión más global de la cuenca.

Tabla 3.3: Usos del agua por Segmento en la Cuenca del estero Pupío

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Estero Pupío	0481PU10			•						
	0481PU20			•						
	0481PU30			•					•	
Estero Conchalí	0481CO10									

[Ref 3.1], [Ref 3.2]

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

Pupío

20.

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de Aguas Servidas

La cuenca del estero Pupío posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 25.344 habitantes emplazada en la ciudad de Los Vilos.

La empresa de servicios sanitarios ESSCO provee a la ciudad de Los Vilos con una cobertura de 93% en los servicios de agua potable y alcantarillado (23.627 habitantes).

Además de los servicios anteriores, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. Según estimaciones al año 2002 (SISS), esta ciudad posee 96% de cobertura en el tratamiento de aguas servidas. Se estima que al año 2005, en la ciudad Los Vilos se incrementará la cobertura de tratamiento de las aguas servidas en 4%.

A continuación, en la tabla 3.3 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 la ciudad de Los Vilos. 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.

Tabla 3.4: Descargas de Aguas Servidas

Localidad Atendida	Segmentos asociados a las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa dDe 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)
Los Vilos	no asociado a segmento	Mar	ESCCO	95,5	25.344	23.627	SI	Emisario Submarino Los Vilos	43,8	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 ESCCO. 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.
- La ciudad de Los Vilos no tienen segmento asociado ya que sus efluentes descargas al mar.

Pupio

22.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

En la cuenca del estero Pupío, no se han identificado fuentes puntuales de contaminación. Sin embargo, en la comuna de Los Vilos se encuentran 11 faenas mineras (activas y paralizadas) que podrían constituir efluentes de residuos industriales importantes (no se cuenta con información de las características físico – químicas de sus efluentes).

Del total de faenas mineras que se emplazan en la comuna de Los Vilos, 9 de ellas se encuentran en la cuenca del estero Pupío, próximas a este cauce. Estas faenas mineras son:

Tabla 3.5: Faenas Mineras presentes en la cuenca del estero Pupío

Nombre de la Minera	Nombre faena	Operación	Mineral principal	Situación
Don Alberto	Mina la Ternera	Subterránea	oro	paralizada
Don Alberto	Mina las Vacas	Subterránea	oro	activa
Don Alberto	Planta las Vacas	Chancado-amalg.- flotación	oro	activa
Waldo Nazer E.	La Conflictiva	Subterránea	oro	paralizada
Beltrán Pizarro	Mina Verónica	Subterránea	Cobre y oro	activa
Calvin Lira P	Mina la Mercedes	Subterránea	carbonato	activa
Godoy Schwenger	Mina la Carmela	Subterránea	carbonato	activa
Suc. Pedro Cortes	Mina san Conrado	Subterránea	carbonato	paralizada
Prod. Quim. Kim	Mina la Tigre	Subterránea	carbonato	activa

[Ref 3.4]

Pupío

24.

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 estero Pupío son las siguientes:

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

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Pupío				
Cauces monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Periodo de Registro	Nº de Registros
Estero Pupio					
En el Romero	SI	33	21	1984-2002	56
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	

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

Este estudio incluye muestreos en el estero Pupio y estero Conchalí donde se analizaron los siguientes parámetros en el primer punto: Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos y Nitritos y en el segundo los siguientes parámetros: Color, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, Fluoruro, Nitritos, y Coliformes Fecales. Cabe señalar que toda esta información proviene de un muestreo puntual.

- c) Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

El detalle se presenta en el acápite 4.2.3.

3.4.2 Aceptabilidad de los programas de monitoreo

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

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

- Análisis de outliers

Cada vez que, en una estación de monitoreo, un registro o valor de un parámetro aparentemente difiere notoriamente del resto de los valores registrados, se procede a someter estos puntos discordantes al test de Dixon para la detección de outliers. Una vez realizado este proceso de revisión de la información existente en la cuenca del estero Pupío, 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 estero Pupío se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: cromo y cadmio ($<10 \mu\text{g/l}$), molibdeno, zinc y plomo ($<0.01 \text{ mg/l}$) selenio y mercurio ($<1 \mu\text{g/l}$). Por lo tanto, estos parámetros no son posibles de considerar en posteriores análisis de la calidad del agua de la cuenca.

Pupío

26.

La Base de Datos Depurada que contiene la información disponible para análisis de la cuenca del estero Pupío, 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) Estero Pupío en el Romero

Se ubica en el estero Pupío, en la parte alta de su cauce.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se presentan los caudales medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia, es posible observar que esta estación presenta un régimen eminentemente pluvial, con sus mayores caudales entre junio y septiembre, producto de lluvias invernales, y severos estiajes en meses de verano. No muestra influencia nival importante.

En años húmedos se observa que los mayores caudales ocurren en junio y septiembre, mientras que los menores lo hacen entre febrero y abril.

En años secos los caudales se presentan muy bajos durante todo el año, con valores inferiores a 10 l/s, salvo leves aumentos entre julio y noviembre, los que no superan los 40 l/s.

Tabla 4.1: Estero Pupío en el Romero (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.0590	0.0970	0.8200	0.4171	0.4615	0.5990	0.2765	0.1160	0.1660	0.1107	0.0268	0.0378
10	0.0455	0.0750	0.4440	0.3028	0.2950	0.3540	0.1825	0.0837	0.0950	0.0486	0.0216	0.0287
20	0.0332	0.0540	0.2110	0.2055	0.1716	0.1870	0.1104	0.0563	0.0480	0.0179	0.0166	0.0205
50	0.0182	0.0270	0.0500	0.0979	0.0609	0.0540	0.0422	0.0264	0.0130	0.0027	0.0101	0.0108
85	0.0087	0.0070	0.0080	0.0393	0.0170	0.0100	0.0129	0.0104	0.0020	0.0003	0.0054	0.0049
95	0.0056	0.0004	0.0020	0.0230	0.0080	0.0020	0.0064	0.0060	0.0001	0.0001	0.0038	0.0031
Dist	L2	L3	L3	L2	L2	L3	L2	L2	L3	L2	L2	L2

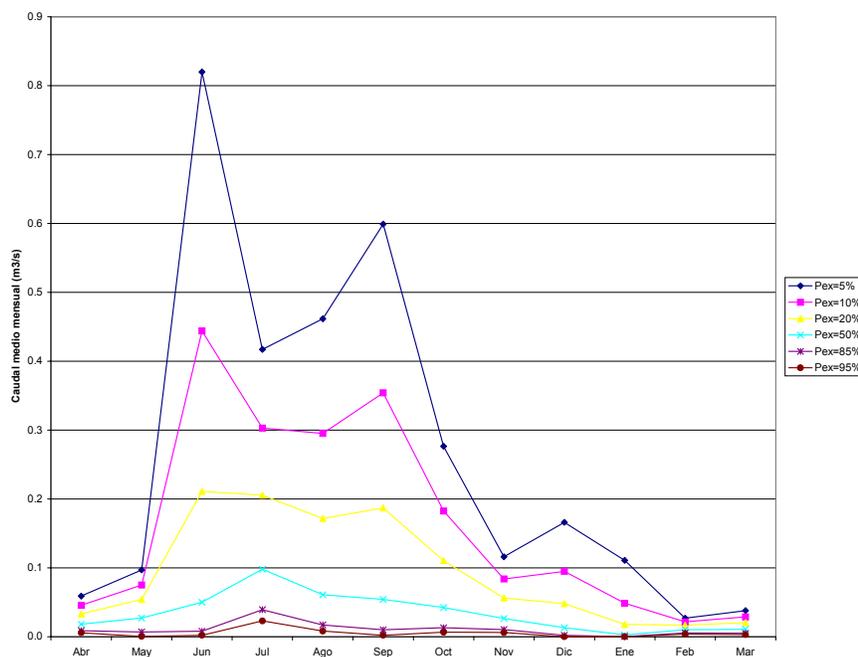


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Estero Pupío en el Romero

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

4.1.2 Conclusiones

Esta cuenca, que sólo cuenta con un cauce y una estación fluviométrica, muestra un régimen pluvial, ya que sólo presenta caudales de consideración durante el invierno, producto de leves lluvias.

Presenta una escorrentía superficial muy baja, con valores que no superan 1 m³/s en los años más húmedos, y valores inferiores a 5 l/s en algunos meses en años secos.

El período de estiaje ocurre entre los meses de febrero y abril, período en el cual el estero va prácticamente seco en algunos años.

Tabla 4.2: Períodos de estiaje para la cuenca del estero Pupío

Nº	Cuenca	Período Estiaje
1	Pupío	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.

b) 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.

c) 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 4.3 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 4.3: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Estero Pupío

PARAMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	µS/cm	DGA	360	831	<600	Obligatorio
DBO5	mg/L	-	s/i	s/i	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	Geotécnica	20	40	<16	Si
Oxígeno Disuelto	mg/L	DGA	6.6	12.2	>7.5	Obligatorio
pH	Unidad	DGA	6.5	9.4	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	DGA	0.03	1.3	<2.4	No
Sólidos disueltos	mg/L	Geotécnica	0.4	400	<400	Si
Sólidos suspendidos	mg/L	Geotécnica	4.9	338	<24	Obligatorio
Temperatura	°C	-	-	-	<0.5	No
INORGANICOS						
Amonio	mg/L	-	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	µg/L	-	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	mg/L	DGA	7.8	28.4	<80	No
Fluoruro	mg/L	Geotécnica	0.3	0.3	<0.8	No
Nitrito	mg/L	Geotécnica	0.0002	0.0340	<0.05	No
Sulfato	mg/L	DGA	24.0	116.0	<120	No
Sulfuro	mg/L	-	s/i	s/i	<0.04	No
ORGANICOS	-	-	s/i	s/i	-	No
ORGANICOS PLAGUICIDAS	-	-	s/i	s/i	-	No
METALES ESENCIALES						
Boro	mg/l	DGA	<0.01	4.45	<0.4	Si
Cobre	µg/L	DGA	<10	50	<7.2	Si
Cromo total	µg/L	DGA	<10	<10	<8	No
Hierro	mg/L	DGA	0.02	37	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	DGA	<0.01	0.038	<0.04	No
Molibdeno	mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.008	No
Níquel	µg/L	DGA	<10	<10	<42	No
Selenio	µg/L	DGA	<1	<1	<4	No
Zinc	mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.096	No
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	mg/L	DGA	0.01	0.70	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	DGA	<0.001	0.038	<0.04	No
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
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	Geotécnica	4.9	4.9	<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
 - Boro
 - Cobre
 - Hierro
 - Aluminio

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

- Estaño
- 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, cloruro, fluoruro, nitrito, sulfato, manganeso, arsénico, amonio, cianuro y sulfuro.

Sin embargo hay parámetros que teniendo datos en límites de detección, pueden ser clasificados en clase 0, en este caso son níquel, selenio y zinc.

No es posible realizar un análisis para los parámetros: cadmio y plomo ya que sus datos corresponden al límite de detección (LD) analítico siendo superiores al límite de la clase 0.

4.2.2 Análisis de tendencia central

La tendencia central se expresa a través de la media móvil, filtro lineal destinado a eliminar variaciones estacionales. En la abscisa se representa el periodo 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 estero Pupío: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, boro, cobre, hierro y aluminio. Además, se presenta la tendencia central de la temperatura.

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

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

ESTERO PUPIO
Conductividad Eléctrica:
<u>Esterio Pupío</u> : Se observa una tendencia central plana en un valor de 580 \square S/cm para una serie de tiempo de quince años.
Oxígeno Disuelto:
<u>Esterio Pupío</u> : Se observa una tendencia central decreciente en un valor de 9.1 mg/L en una serie de tiempo de quince años con una interrupción desde 1995 a 1997.
pH :
<u>Esterio Pupío</u> : Se observa un comportamiento disímil con una tendencia central creciente en un valor de 8 en una serie de tiempo de catorce años.
Boro :
<u>Esterio Pupío</u> : Se observa una tendencia central decreciente en los primeros diez años de la serie de tiempo presentando en los últimos cinco años una tendencia central creciente en un valor de 0.5 mg/L.
Cobre :
<u>Esterio Pupío</u> : Se observa una tendencia central decreciente en la serie de tiempo de quince años con un valor de 17 μ g/L.

Tabla 4.4 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

ESTERO PUPÍO	
Hierro :	
	<u>Estero Pupío</u> : Se observa una tendencia central plana en la serie de tiempo de cuatro años en un valor de 0.12 mg/L.
Aluminio :	
	<u>Estero Pupío</u> : Se observa una tendencia central creciente en la serie de tiempo de cuatro años en un valor de 0.23 mg/L.

4.2.3 Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Este programa está orientado a complementar la información existente en la base de datos disponible y considera tres aspectos claves: en primer lugar, la red actual de monitoreo existente está orientada a medir parámetros inorgánicos de tal modo que no se dispone de información orgánica; en segundo término, la información complementaria está enfocada a verificar la clase actual en algunos segmentos de los cauces seleccionados y en tercer lugar, se requiere contar con una información puntual en cauces en los cuales se carece de toda otra información. En el caso de esta cuenca, se ha privilegiado las mediciones en aquellos puntos donde existen factores incidentes relevantes donde podrían ocurrir cambios importantes en la calidad del cuerpo de agua superficial, como por ejemplo, poblados como El Romero, o existencia de compañías mineras y relaves mineros como “Las Vacas”, 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 4.5: Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0481PU10	Estero Pupío en el Romero	Estación de Monitoreo DGA	
0481PU30	Estero Pupío en estación Geotécnica	Sólo disponible mediciones puntuales. Se encuentra Mineroducto Los Pelambres	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

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

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

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

La información que contiene la Base de Datos Integrada BDI para la cuenca del estero Pupío es la siguiente:

Pupío

36.

- Información DGA

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

- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4

- Información Estimada por el Consultor: Nivel 5

- Otras Fuentes de Información:

Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres 85 ktp. Geotécnica Consultores. (Mayo 1996-Julio 1997). Información nivel 3.

Para la cuenca del estero Pupío, 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 4.6 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del estero Pupío, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al *Instructivo*.

Tabla 4.6: Calidad de Agua por Periodos Estacionales en la Cuenca del estero Pupío. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	672,2	1	653,4	1	552,2	0	558,7	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	(10,4)	0	(8,6)	0	(8,7)	0	(9,1)	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	8,3	0	8,2	0	8,3	0	8,2	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	((0,67))	2	(0,90)	3	(0,16)	0	0,59	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre ($\mu\text{g/l}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	(14)	2	19	2	(14)	2	20	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	(0,06)	0	0,09	0	0,11	0	0,14	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
ESTERO PUPÍO EN EL ROMERO	((0,12))	2	((0,14))	2	((0,36))	2	((0,20))	2

La información proveniente del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres 85 ktp. Geotécnica Consultores. (Mayo 1996-Julio 1997), contiene información adicional pero puntual, tal como se señala a continuación:

**Tabla 4.7: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del estero Pupío.
Información Geotécnica otoño 1996 a invierno 1997**

Punto de Muestreo	Color (Pt-Co)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	-		-	
Estero Conchali	((40))	2	((20))	1

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/l)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	((0.4))	0	-	
Estero Conchali	((376))	0	((400))	1

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendedos (mg/l)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	((5.5))	0	-	
Estero Conchali	((4.9))	0	((338))	4

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/l)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	-		-	
Estero Conchali	((0.3))	0	((0.3))	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/l)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	((0.0002))	0	-	
Estero Conchali	((0.012))	0	((0.034))	0

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)			
	Invierno	Clase	Otoño	Clase
Estero Pupio	-		-	
Estero Conchali	((4.9))	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 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 estero Pupío:

**Tabla 4.8: Calidad de Agua Cuenca del estero Pupío
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	<1.5	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<1.5	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	10	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	20	1

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	353	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	839	2

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	<10	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	0.02	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	0.02	0

Punto de Muestreo	Cianuro (µg/L)	
	Valor	Clase
Esteros Pupío en El Romero	<3	0
Esteros Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<3	0

**Tabla 4.8 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del estero Pupío
Muestreo CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	<0.1	0
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<0.1	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	<0.01	0
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	<0.01	0
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	10	2
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	30	3

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	23	1
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	<2	0

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Estero Pupío en El Romero	350	1
Estero Pupío (Conchalí) antes de Desembocadura	7	0

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

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

4.3 Factores Incidentes en la Calidad del Agua

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

La Tabla 4.9 explica los factores incidentes en la cuenca del estero Pupío.

Tabla 4.9: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Estero Pupío

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Estero Pupío en el Romero 0481PU10	Afloramiento de aguas subterráneas. Lixiviación subterránea y superficial de litología de la cuenca. Escorrentías de Aluminosilicatos.	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por aguas servidas.	CE, B, Cu, Al, Sn, Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones rocosas Intrusivas e hipoabisales correspondientes al batolito costero de origen cretácica de secuencias sedimentarias y volcánicas con rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas. • Hidrología: Río de origen subterráneo • Agricultura: Forrajes y cereales. Eucaliptus • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Centros Poblados: Poblado de Mauro (en el futuro quedará inundado por la construcción del tranque de relave perteneciente a la minera Los Pelambres).
Estero Pupío * 0481PU30	Afloramiento de aguas subterráneas. Lixiviación subterránea y superficial de litología de la cuenca.	RILES mineros Aporte de aguas de embalse. Contaminación difusas por aguas servidas.	SST, Color aparente, SD, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-4. • Agricultura: Pequeña agricultura entre los poblados Ramadilla y Caimanes. Forrajes y cereales. • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Hidrología: Embalse “Las Palmas” • Centros Poblados: Poblado de Caimanes y Pupío
Estero Conchalí 0481CO10	Afloramiento de aguas subterráneas.	Posibles RILES mineros (mineroducto). Contaminación difusas por aguas servidas.	SST, Color aparente, SD, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de recursos naturales: Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí • Centros poblados: Ciudad de Los Vilos • Minería: Mineroducto de la Compañía Minera Los Pelambres

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

(*): Estación de estudio de Geotécnica Consultores

Pupío

44.

5. CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES

5.1 Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal

Para el análisis del cauce principal que es el estero Pupío, se cuenta con una estación de monitoreo, que es:

- Estero Pupío en El Romero

Debido a la existencia de una única estación de monitoreo en la cuenca y cauce principal, no es posible presentar en forma gráfica el perfil longitudinal de aquellos parámetros seleccionados que exceden la clase 0 en esta cuenca, para los cuatro períodos estacionales.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua

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

Tabla 5.1: Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA ESTERO PUPÍO
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica , DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.
<u>CE</u> : En el estero Pupío en el Romero no existe variación entre invierno-otoño y primavera-verano con valores asignados a la clase 1 y 0 respectivamente.
<u>DBO₅</u> : Los valores del muestreo puntual están asignados a Clase 0 en el Romero y Conchalí.
<u>Color</u> : Para el estero Conchalí se observan valores en clase 2 en invierno. Pupío en el Romero Clase 0 en muestreo puntual.
<u>OD</u> : En el estero Pupío en el Romero los valores están asignados a la clase 0 durante todo el año.
<u>pH</u> : En el estero Pupío en el Romero todos los valores están asignados a la clase 0.
<u>RAS</u> : Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.
<u>SD</u> : Se observan valores en clase 0 en estero Pupío en invierno y en clase 1 en la estación estero Conchalí en otoño, ambas estaciones de GEOTÉCNICA. En muestreo puntual en Pupío en el Romero se observa Clase 0 y Pupío en Conchalí en primavera Clase 2.

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

CUENCA ESTERO PUPÍO
<p><u>SST</u>: Se observan valores en clase 0 en estero Pupío en invierno y en clase 4 en la estación estero Conchalí en otoño, ambas estaciones de GEOTÉCNICA. En muestreo puntual en primavera datos en Clase 0 en el estero Pupío en el Romero y Conchalí.</p>
<p>Inorgánicos (IN) : NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p>
<p><u>Cl⁻, F⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>NH₄⁺, CN⁻, S²⁻</u>: Los datos del muestreo puntual en primavera son asignados a Clase 0 en el estero Pupío en El Romero y Conchalí.</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, clortalonil, 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 el estero Pupío en el Romero no se observa variación estacional entre invierno y verano con valores en clase 2. El valor máximo se presenta en otoño en clase 3.</p> <p><u>Cu</u>: En el estero Pupío en el Romero los valores están asignados a la clase 2 durante todo el año.</p> <p><u>Cr_{total}, Mo</u>: Límite de detección superior al valor de la clase 0, no permite análisis.</p> <p><u>Fe</u>: En el estero Pupío en el Romero los valores están asignados a la clase 0 durante todo el año.</p> <p><u>Mn, Ni, Se, Zn</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p>
<p>Metales no Esenciales (MN) : Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb</p>
<p><u>Al</u>: En el estero Pupío en el Romero no se observa variación estacional con valores en clase 2 durante todo el año.</p> <p><u>As</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>Cd, Hg y Pb</u>: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al límite de detección superior a la clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: Dato de muestreo puntual en primavera en el estero Pupío en Conchalí asignado a Clase 3.</p>

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

CUENCA ESTERO PUPÍO
Indicadores Microbiológicos (IM) : CF, CT
<u>CF</u> : En la estación estero Conchalí de GEOTÉCNICA se puede observar valores en clase 0 en invierno y primavera (dato puntual muestreo) en el estero Pupío en el Romero dato asignado a Clase 1.
<u>CT</u> : Los datos del muestreo puntual en primavera en el estero Pupío están asignados a Clase 1 y a Clase 0 en Pupío en Conchalí.

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

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

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable.
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del estero Pupío, estos parámetros son: DBO₅, color, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S²⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT.

- En el caso de los parámetros DBO_5 , 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).

Pupío

48.

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual
Tabla 5.2: Cauce Principal - Estero Pupío y Estero Conchalí

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetros con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Estero Pupío en el Romero	0481PU10	OD, pH, Fe, SO ₄ ²⁻ , Mn, Ni, Se, Zn, As, RAS, Cl ⁻ , DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	CE, CF, CT	Cu, Al, Sn	B		Cr, Mo, Cd, Hg, Pb.	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 4. Muestreo puntual en primavera; color aparente, DBO ₅ , SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, Sn.
Estero Pupío	0481PU30	SD, SST, NO ₂ ⁻						Otros parámetros seleccionados	Información GEOTÉCNICA nivel 3.
Estero Conchalí	0481CO10	CF, NO ₂ ⁻ , F ⁻ , DBO ₅ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , CT, S ²⁻	SD	Color aparente	Sn	SST		Otros parámetros seleccionados	Información GEOTÉCNICA nivel 3. Información nivel 4. Muestreo puntual en primavera; color aparente, DBO ₅ , SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, Sn

Parámetros seleccionados de la cuenca del estero Pupío: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, Color Aparente, Sólidos Disueltos, Boro, Cobre, Hierro, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales.

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

La hidrogeología del estero Pupío establece que es un cauce que nace del afloramiento de aguas subterráneas en las estribaciones occidentales de la cordillera de la costa de la IV región, por tanto, sus aguas tendrán las características propias de las aguas subterráneas, esto es una abundancia de iones en solución – sólidos disueltos y sales – y compuestos metálicos solubilizados.

La Dirección General de Aguas, mantiene sólo una estación de monitoreo de calidad en esta cuenca , en el sector Romero, sin embargo se cuenta con mediciones puntuales de calidad de aguas que realizó la empresa Arcadis Geotécnica el año 1997, para un Estudio de Impacto Ambiental de la Compañía Minera Los Pelambres.

La Tabla 5.3 que a continuación se presenta, identifica los parámetros que exceden la clase de excepción en el estero Pupío y su continuación el estero Conchalí, que se obtuvieron del análisis estadístico de los parámetros de calidad disponibles.

Tabla 5.3: Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca del estero Pupío

Estación	Segmento	CE (μ S/cm)	B (mg/L)	Cu (μ g/L)	Al (mg/L)	Color aparente (Pt-Co)	SD (mg/L)	SS (mg/L)
Esterio Pupío en el Romero	0481PU10	672,2	(0,9)	20	((0,36))	Clase 0*	Clase 0*	Clase 0*
Esterio Pupío*	0481PU30	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Esterio Conchalí*	0481CO10	s/i	s/i	s/i	s/i	((40))	((400))	((338))

Notas: Valores sin paréntesis: Percentil 66% (información DGA 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 Geotécnica Consultores

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

- El estudio de Arcadis Geotécnica, establece que además de la CE, el boro, el cobre y aluminio se encuentran excediendo la clase de excepción el color aparente, los sólidos suspendidos y sólidos disueltos, en la sección más baja del estero Pupío o Conchalí.

5.4.1 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica detectada presenta máximos de 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Estación DGA en el Romero – invierno), el cual supera la clase de excepción en aproximadamente 12 %. El agua con estos valores de conductividad sin embargo, no presentan problemas para ser utilizadas para riego irrestricto.

El origen de la conductividad eléctrica se debe al origen subterránea del agua del estero Pupío. Los iones se producen por la lixiviación volumétrica de las rocas volcano sedimentarias del período Cretácico que componen las rocas ubicadas en la sección alta del estero Pupío.

5.4.2 Boro

El boro, detectado en la estación de muestreo Pupío, presenta valores inferiores a 0,9 mg/L (Estación DGA en el Romero – otoño). La aparición de estos valores de boro no son perjudiciales para ser utilizados en la agricultura.

La presencia de boro en la cuenca se debe al origen subterráneo de las aguas, las cuales provienen de procesos de lixiviación volumétrica de los precipitados químicos de boratos, los cuales se encuentran interestratificados entre las arcillas, tobas, calizas y sedimentos lacustres, existentes en la formación rocosa sedimento volcánica, que se caracteriza por secuencias de rocas volcánicas (coladas, brechas, tobas) con intercalaciones lacustres, localmente marinas, de la cual provienen los precipitados de boro.

5.4.3 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores de 20 μ gr/l (Est. DGA en Pupío en el Romero- verano).

La presencia de cobre se debería esencialmente a la existencia filones mineralizados y minerales de pirita oxidada que se encuentran atravesando la franja metalogénica F4 (ver Anexo 4.3), franja mineralizada con contenidos de cobre, hierro y molibdeno.

5.4.4 Aluminio

El aluminio detectado presenta valores comprendidos hasta 0,36 mg/L (Est. DGA Pupío en el Romero). La aparición del aluminio disuelto se debe a las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminosilicatos (arcillas), presentes en principalmente en el contenido de piroxenos y plagioclasas de las rocas volcánicas constitutivas de las rocas cretácicas de formaciones rocosas Ks2c, K2ia y Kia3 de la parte alta de la cuenca del Pupío.

5.4.5 Color aparente

El color aparente detectado en el estero Conchalí presenta valores comprendidos de hasta 40 de la escala Pt-Co (Arcadis Geotécnica - invierno).

La existencia de pH's alcalinos a lo largo del Pupio origina que compuestos de naturaleza húmicos presenten un color aparente en la calidad del agua que superen la clase de excepción. Adicionalmente a lo anterior, el régimen léntico del estero en conjunto con las condiciones climáticas imperantes originan la proliferación de algas microscópicas – diatomeas - que causan una tonalidad verde a las aguas.

5.4.6 Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos detectados en el estero Conchalí presenta valores de hasta 338 mg/L (Arcadis Geotécnica - otoño).

Pupío

52.

El origen de los SST se debe a los detritos en suspensión de origen arcilloso proveniente de procesos de intemperización de las rocas volcánicas del período Jurásico existentes en la parte media- baja de la cuenca.

Adicionalmente a lo anterior, los rangos de pH (7 a 8) favorece la presencia de metales en la fase de material particulado.

5.4.7 Sólidos disueltos

La concentración de sólidos disueltos se encuentra hasta en 400 mg/L en el estero Conchalí. El origen de la concentración de los sólidos disueltos se encuentra en el origen subterráneo de las aguas en este sector que aportan alto contenido de iones debido a la lixiviación subterránea de las formaciones geológicas.

El Muestreo realizados por CADE-IDEPE en Octubre 2003 en El Romero indicaron valores de clase excepción en tanto que en la desembocadura fueron de 839 mg/L.

5.4.8 Falencias de información

La estación Pupío en el Romero se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca coincidiendo con el uso de riego que se hace en esta cuenca. Por lo cual no se puede analizar adecuadamente el comportamiento del estero Pupío mas abajo que sigue recargándose por afloramientos subterráneos. Por los antecedentes recolectados por Arcadis Geotécnica en sus muestreos puntuales realizados en año 1997, parece recomendable realizar monitoreos especialmente de metales pesados (cobre, hierro, molibdeno y manganeso) cercano a la desembocadura, debido a la existencia de un relave minero (Las Vacas) ubicado en la sección media del estero (segmento 0481PU30), y a la presencia del mineroducto de concentrado de mineral de cobre de la mina Los Pelambres.

5.4.9 Conclusiones

La calidad natural del agua superficial de la cuenca está influenciada fuertemente por las aguas subterráneas que dan nacimiento y recargan el estero en toda su extensión. A continuación se describen las siguientes características que explican la calidad actual del estero Pupío y sus tributarios:

- La calidad natural del estero Pupío y Conchalí es muy buena y apta para prácticamente todos los usos.
- Se caracteriza por la presencia de metales en solución (B, Sn, Al y Cu), además de sólidos suspendidos y disueltos, todos estos factores favorecen el aumento de la conductividad eléctrica que es característica en la parte alta de la cuenca.
- La geología es el factor incidente más importante en la calidad natural de la cuenca del estero Pupío.

6. PROPOSICIÓN 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 estero Pupío fue presentada en el capítulo 2. En éste 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 del estero Pupío

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites de Tramos
Estero Pupío	0481PU10	PU-TR-10	De: Naciente estero Pupío Hasta: Confluencia estero Cavilolén
	0481PU20		
	0481PU30		
Estero Conchalí	0481CO10	CO-TR-10	De: Confluencia estero Pupío y Cavilolén Hasta: Desembocadura

En la lámina 1940-PUP-02 se ilustra la ubicación de los segmentos que dan origen a los tramos y en la lámina 1940-PUP-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 Pupío

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 Pupío	PU-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	0	1	0	1	CE	Otros parámetros seleccionados
								2	Cu, Al, Sn	
								3	B	
								4	--	
Estero Conchali	CO-TR-10	0	No hay	0	1	SD	Otros parámetros seleccionados
								2	Color aparente	
								3	Sn	
								4	SST	

Parámetros seleccionados de la cuenca del estero Pupío: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, Color Aparente, Sólidos Disueltos, Boro, Cobre, Hierro, Aluminio, 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.

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 estero Pupío 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 estero Pupío, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 3 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- Color
- Boro
- Cobre
- Aluminio

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
Estero Pupío en el Romero	95

Pupío

60.

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del estero Pupío posee calidad de agua excelente. 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 al estero. La clase objetivo asignada aparece en la siguiente tabla:

Tabla 7.2: Clases Objetivos para cada Estación de Muestreo

Estación de Muestreo	Clase Objetivo
Estero Pupío en el Romero	0

El cumplimiento de los valores de la clase objetivo por todos los parámetros permite el cálculo de un nuevo ICAS. Para ello, se consideran todos los parámetros que exceden el valor correspondiente a la clase objetivo y que son de origen antrópico. Partiendo de la premisa que es factible lograr el cumplimiento de la clase objetivo 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, Boro, Cobre, Hierro, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Cromo Total, Cadmio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Amonio, Cianuro, Cloruro, 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 7.3: Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo COD_SEG	Estero Pupío en estación Geotécnica 0481PU30	Estero Pupío en el Romero 0481PU10
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	μS/cm	O	O
DBO5	mg/l	O	O
Color Aparente	Pt-Co	PPL	PPL
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O
pH	unidad	O	O
RAS			
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O
INÓRGANICOS			
Amonio	mg/l	S/I	S/I
Cianuro	μg/l	S/I	S/I
Cloruro	mg/l	S/I	S/I
Fluoruro	mg/l		
Nitrito	mg/l		
Sulfato	mg/l		
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES			
Boro	mg/l	PPL	PPL
Cobre	μg/l	PPL	PPL
Cromo total	μg/l	LD	LD
Hierro	mg/l	PPL	PPL
Manganeso	mg/l		
Molibdeno	mg/l		
Níquel	μg/l		
Selenio	μg/l		
Zinc	mg/l		
METALES NO ESCENCIALES			
Aluminio	mg/l	PPL	PPL
Arsénico	mg/l		
Cadmio	μg/l	LD	LD
Estaño	μg/l	PPL	PPL
Mercurio	μg/l		
Plomo	mg/l	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS			
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL

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

7.3 Sistema de Información Geográfico

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

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

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	APICULTURA.CL, 2003 http://www.apicultura.cl
2.2	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile. 1987.
2.3	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.
2.4	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.5	IGM, Instituto Geográfico Militar. Levantamiento Aerofotogramétrico en base a carta regular 1:50.000. Hoja de Illapel, escala 1:250.000. 1986.
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	R & Q INGENIERÍA LTDA. Caudales Ecológicos en Regiones IV, V y Metropolitana, Informe Final, Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Ministerio de Obras Públicas. Tomo 4. Agosto 1993.
2.9	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.10	CONAF - CONAMA. Catastro de Bosque Nativo
2.11	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.12	SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental http://www.sinia.cl
2.13	CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente http://www.conama.cl
3.1	DGA, Estudio de Síntesis de Catastro de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento, 1991.
3.2	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile, 1996.
3.3	MINERA Los Pelambres, 2004 www.pelambres.cl / Laguna Conchalí / m-ambiente
3.4	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Atlas de faenas Mineras, Minas y Plantas de las regiones III y IV. Subdirección Nacional de Minería. 2000.