

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 MAULLIN

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	5
2.2.3	Hidrogeología.....	6
2.2.4	Geomorfología.....	8
2.2.5	Suelos	8
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Río Mauullín	9
2.3.1	Flora terrestre y acuática	9
2.3.2	Fauna acuática	12
2.4	Sistemas Humanos.....	14
2.4.1	Asentamientos humanos	14
2.4.2	Actividades económicas	14
2.5	Usos del Suelo	15
2.5.1	Uso agrícola.....	15
2.5.2	Uso forestal.....	16
2.5.3	Uso urbano.....	16
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	16
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	18
3.1	Información Fluviométrica.....	18
3.2	Usos del Agua.....	19
3.2.1	Usos in – situ	19
3.2.2	Usos extractivos.....	20
3.2.3	Biodiversidad.....	22
3.2.4	Usos ancestrales.....	23
3.2.5	Conclusiones.....	23

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	25
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	25
3.3.2	Residuos industriales líquidos	29
3.4	Datos de Calidad de Aguas	33
3.4.1	Fuentes de Información	33
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	34
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	36
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	36
4.1.1	Análisis por estación	36
4.1.2	Conclusiones	39
4.2	Análisis de la Calidad del Agua	40
4.2.1	Selección de parámetros	40
4.2.2	Análisis de tendencia central	44
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE	46
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	47
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	48
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	53
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES .	56
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	56
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua a Nivel de la Cuenca	56
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	58
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	62
5.4.1	Cobre	62
5.4.2	Cromo	63
5.4.3	Hierro	63
5.4.4	Manganeso	63

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.5	Molibdeno.....	64
5.4.6	Aluminio.....	64
5.4.7	Falencias de información.....	64
5.4.8	Conclusiones.....	65
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS	66
6.1	Establecimiento de Tramos	66
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	67
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	71
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES	72
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial	72
7.1.1	Antecedentes.....	72
7.1.2	Estimación del ICAS	72
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	73
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	74
7.3	Sistema de Información Geográfico	77
7.4	Referencias	77

ANEXOS

Anexo 3.1 :	Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Maullín
Anexo 3.2 :	Base de Datos Depurada (Archivo Magnético)
Anexo 4.1 :	Tendencia Central
Anexo 4.2 :	Base de Datos Integrada (Archivo Magnético)
Anexo 6.1 :	Asignación de Clase Actual y Objetivo Cuenca del Río Maullín
Anexo 7.1:	Indice de Calidad Actual Cuenca del Río Maullín
Anexo 7.2 :	Indice de Calidad Objetivo Cuenca del Río Maullín

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca del río Maullín es preandina formando parte de la X Región de Los Lagos y tiene una extensión de 3.972 km².

El río Maullín nace en un punto central de la costa occidental del lago Llanquihue próximo a la estación ferroviaria. Toma desde allí dirección al SW hasta vaciarse en la costa del Pacífico, donde forma un gran estuario en cuya costa sur se encuentra Maullín. Recorre la depresión Intermedia en una longitud de 85 km.

El lago Llanquihue, el segundo en extensión de Chile, después del lago General Carrera, con 860 km², tiene forma esencialmente equidimensional y costas bajas o de lomajes suaves y relativamente regulares, aunque posee bahías abrigadas, como las de Frutillar y Puerto Varas en la costa occidental; Ensenada en la sudoriental y Puerto Octay y Puerto Martín en la ribera norte. La profundidad del lago no se ha medido con acuciosidad suficiente, pero algunas sondas de cordel han arrojado cifras superiores a 350 m. Recibe cortos tributarios. Los de la ribera oriente se generan como torrentes en la falda occidental del volcán Osorno y los tributarios del sur descienden en su mayoría de la falda norte del volcán Calbuco (2.003 m) De estos últimos, el más importante es el río Pescado, que desemboca entre la Poza y la Punta de los Ingleses.

El río Maullín, en su trayectoria, recibe varios afluentes menores. Por la ribera norte el río Calabozo que recoge aguas desde Frutillar; los ríos Negro y Bueno y el estero La Tranca, los ríos Gato, Chaqueigua, Gómez, entre otros.

Muy cerca de su desembocadura cae al Maullín desde el norte el río Quenuir, el cual se genera en boscosas llanuras costeras y corre hacia el sur, serpenteando entre grandes meandros que forman pantanos extensos.

El curso superior del río Maullín es tortuoso y corre en terreno más bien plano, en un lecho pendiente y profundo de 60 a 100 m. de ancho. El curso medio, a 45 km de su nacimiento, se ve interrumpido por un salto de 1,5 m. que obstaculiza la navegación. Resulta así que el río Maullín es navegable por botes hasta Puerto Toledo, caserío situado en la ribera sur y a 35 km. de la boca.

Maullín

2.

Al salto ya mencionado sigue, por unos 25 km, un cauce uniforme de 50 a 60 m de ancho, entre campos planos y bosques, pero hacia abajo el cauce se ensancha a 200 y hasta 600 m, conservando una profundidad media de 3 m.

Los cauces seleccionados para el estudio son:

- Río Maullín
- Río Negro

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 Maullín 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.)

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 Maullín es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en lámina 1940-MLL-02.

Mauullín

4.

Tabla 2.1: Segmentación Adoptada en los Cauces Seleccionados de la Cuenca del Río Mauullín

CUENCA RIO MAULLIN					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
10411	Río MAULLIN	MA	1	10411 - MA - 10	NACIENTE EN LAGO LLANQUIHUE	CONFLUENCIA RIO NEGRO
10411	Río MAULLIN	MA	2	10411 - MA - 20	CONFLUENCIA RIO NEGRO	EST. CALIDAD RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS
10414	Río MAULLIN	MA	1	10414 - MA - 10	EST. CALIDAD RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	LIMITE SUBCUENCA 10416
10416	Río MAULLIN	MA	1	10416 - MA - 10	LIMITE SUBCUENCA 10416	LIMITE SUBCUENCA 10417
10417	Río MAULLIN	MA	1	10417 - MA - 10	LIMITE SUBCUENCA 10417	DESEMBOCADURA EN OCEANO PACIFICO
10411	Río NEGRO	NE	1	10411 - NE - 10	NACIENTE RIO NEGRO	EST. CALIDAD RIO NEGRO EN LAS LOMAS
10411	Río NEGRO	NE	2	10411 - NE - 20	EST. CALIDAD RIO NEGRO EN LAS LOMAS	CONFLUENCIA RIO MAULLIN

2.2 Sistema Físico - Natural

2.2.1 Clima

La cuenca del río Maullín, presenta dos tipos climáticos, Clima templado cálido lluvioso con influencia mediterránea (en el sector centro y bajo de la cuenca) y Clima marítimo lluvioso:

- Clima templado cálido lluvioso con influencia mediterránea: Este tipo climático se encuentra en la IX y X regiones, desde la cuenca del río Cautín hasta el norte de la ciudad de Puerto Montt. Se caracteriza por presentar precipitaciones a lo largo de todo el año aunque los meses de verano presentan menor pluviosidad que los meses invernales. El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18°C y -3°C, y la media del mes más cálido supera los 10°C. Las temperaturas no sufren una gran variación por latitud, siendo la unidad térmica y lo poco significativo de las oscilaciones, una notable característica de este clima.
- Clima marítimo lluvioso: Este tipo climático abarca tanto las islas como la franja marítima continental de la X Región (al sur de la localidad de Llanquihue y ciudad de Puerto Montt) y a lo largo de toda la XI región (hasta la península de Taitao). Este clima se caracteriza por presentar temperaturas bastante bajas y regulares, inferiores a 12°C y aumento de la pluviosidad, que varía entre los 2.342 mm y los 3.000 mm como promedio anual. [Ref. 2.1] [Ref. 2.2].

Los montos de precipitación registrados por la estación meteorológica Maullín, alcanzan los 1.789,8 mm/año y una temperatura media anual de 9,8°C. La escorrentía registrada en este sector, alcanza los 1.441 mm/año [Ref 2.3].

2.2.2 Geología y volcanismo

La geología de la cuenca del río Maullín posee diversas formaciones rocosas, entre ellas destacan de poniente a oriente:

- Rocas Q1g1, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue.
- Rocas Q1g2, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Sta María.
- Rocas Q3i, del tipo volcánico del Cuaternario: Estrato volcanes y complejos volcánicos; lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos-basálticos a dacíticos; principalmente calcoalcalinos.
- Rocas Kig, del tipo intrusivas del Cretácico inferior: Granitos, granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita [Ref. 2.4].

En la cuenca se encuentran dos volcanes que ejercen influencia en esta y en las cuencas vecinas, estos son: Osorno (Estratovolcán Histórico) y Calbuco (Estratovolcán Histórico cuya última erupción conocida es entre 1900 y 1963) [Ref 2.5].

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrográfica del río Maullín se extiende desde la latitud 40°40' Norte hasta la latitud 41°40' Sur.

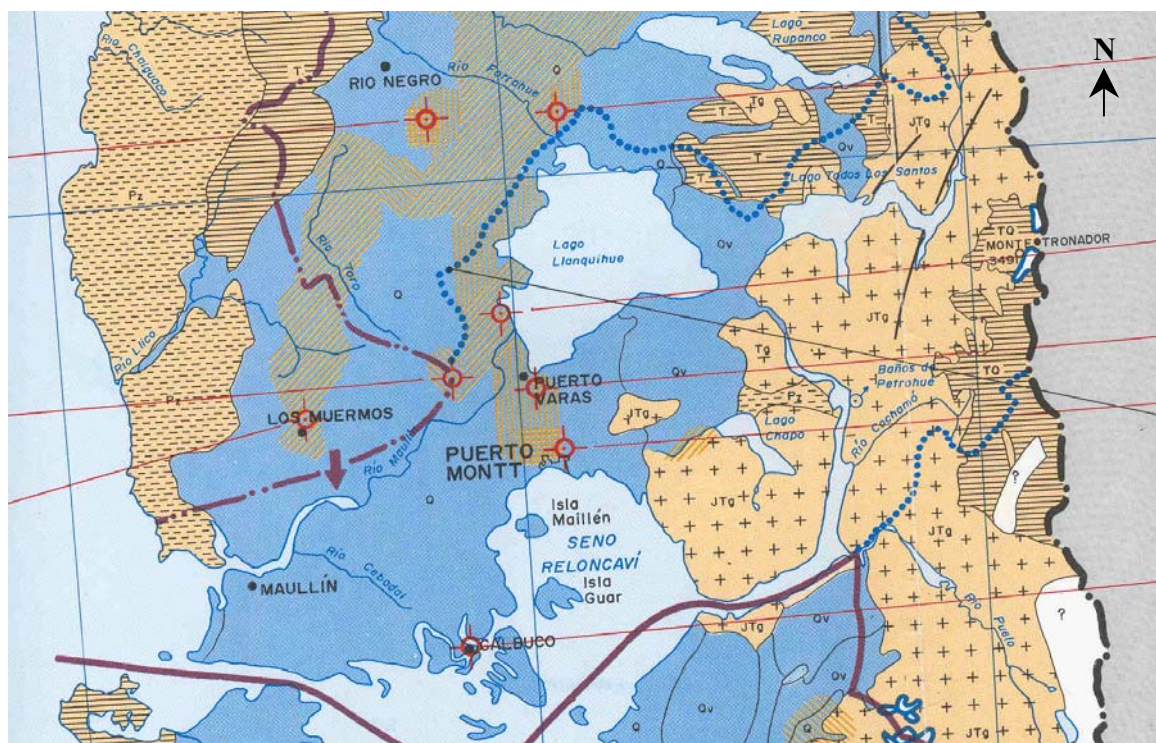
En la parte alta destaca la existencia de formaciones rocosas de origen hipabisales e intrusivas pertenecientes a los períodos Jurásico - Terciario. Destacan los volcanes Osorno y Calbuco como importantes formadores del relieve de esta cuenca, así como las glaciaciones acontecidas durante el período Cuaternario. Estas formaciones consisten principalmente en intrusivos graníticos de nula permeabilidad y que forman el basamento de

este sector de la cuenca. Por lo tanto, las infiltraciones de aguas meteóricas escurren por el subsuelo principalmente hasta los cuerpos lacustres de: Llanquihue y Todos Los Santos. Las aguas de estos lagos se infiltran a través del material morrénico originando una fuente constante de abastecimiento del acuífero.

El valle central destaca por su baja altitud con respecto al nivel del mar por el cual escurre un acuífero en dirección Sur y SSW. El medio por el cual escurre el acuífero es material de relleno o depósitos no consolidados de origen glacial, consistente en morrenas y materiales aluviales de alta permeabilidad.

Destaca el batolito costero como un gran murallón impermeable consistente en rocas metamórficas y sedimentarias del período Paleozoico que provoca el escurrimiento en la dirección antes señalada. Destaca la baja profundidad del acuífero que se mantiene hasta su desembocadura con profundidades de 1 a 8 metros [Ref. 2.6].

En la figura 2.1 obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA [Ref. 2.4] representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Mauullín.



[Ref. 2.6]

Figura 2.1: Mapa Hidrogeológicas de la cuenca del río Mauullín

(Escala 1:1.000.000)

2.2.4 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, existe una serie de elementos fisiográficos que se pueden identificar claramente; los grupos principales son:

- Precordillera morrénica,
- Depresión Intermedia o Llano Central con Morrenas y Conos y (85 Km)
- Planicies Litorales.

La cuenca del río Maullín es una cuenca preandina con orientación SW desde su nacimiento en la costa occidental del Lago Llanquihue hasta su desembocadura en el Océano Pacífico donde forma un gran estuario.

El río Maullín en su trayectoria recibe varios afluentes menores y de importancia, el río Negro. El sector precordillerano de la cuenca, posee un carácter de acumulación de sedimentos fluvio – glaciovolcánicos y su principal característica es la presencia de un relieve de lomajes suaves. En este sector, curso superior del río Maullín, el cauce del río sigue en terreno más bien plano en un lecho pendiente y profundo de 60 a 100 m. de ancho.

La Depresión Intermedia, que en esta zona alcanza una longitud de 85 Km, presenta una topografía fuertemente ondulada. El río Maullín presenta un escurrimiento meándrico con valles fluviales estrechos. Siguiendo su trayectoria, este cauce se ensancha a medida que se aproxima a la desembocadura y alcanza extensiones de hasta 600 m.

Las Planicies Litorales de sedimentación fluvio marina en esta zona se presentan muy estrechas [Ref. 2.7].

2.2.5 Suelos

Se puede decir que en la cuenca hay predominancia de los suelos “Trumaos de Ñadis” y se presume que hay muchos suelos aluviales incluidos en esta zona. Las series de suelo de mayor importancia (según su extensión) en la cuenca corresponden a: Alerce, Maullín, Frutillar y Fresia.

En general, los suelos “Ñadis” corresponden a un grupo de suelos de “Trumao” que poseen un mal drenaje y la presencia de un hard pan férrico, conocido por los agricultores como “fierrillo”. Son suelos derivados de cenizas volcánicas de topografía extremadamente plana, moderados a delgados en profundidad. Las texturas en la superficie van de franco arenosa fina a muy fina a franco arcillo arenosa fina, predominando las texturas franco limosas, de estructura granular a bloques sub angulares finos muy débiles, con gran cantidad de materia orgánica y raíces. En profundidad las texturas van de franco arcillo arenosa fina a franco arcillosa, con tendencia a estructura prismática y las raíces sólo se mueven en las caras de los prismas. Esto hace que la real profundidad del suelo sea menor que la de sus horizontes observables antes de llegar al horizonte compactado o cementado. Los pH van de fuertemente ácidos en la superficie a medianamente ácidos en profundidad. Los colores usualmente amarillentos y más claros cuando los fenómenos de reducción son más intensos.

Generalmente son estratificados, presentado suelos enterrados en muchos sectores. Descansan normalmente sobre gravas y arenas cementadas por un pan férrico que origina problemas graves de drenaje e impide la penetración radicular.

Algunos suelos son extremadamente delgados como las series Alerce y Maullín. Otros son medianamente delgados como la serie de suelo Frutillar [Ref. 2.8].

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Río Maullín

2.3.1 Flora terrestre y acuática

La flora terrestre de la cuenca, se caracteriza por la presencia de las siguientes comunidades vegetales: Bosque Laurifolio de Valdivia (cordillera de la costa), Bosque Laurifolio de Los Lagos (Precordillera Andina) y Bosque Laurifolio de Chiloé:

- Bosque Laurifolio Valdiviano: Se ubica en las alturas medias de ambas vertientes de la cordillera de la costa en el norte de la X región, alcanzando a cubrir una pequeña parte de la IX Región. En las laderas occidentales de la cordillera llega hasta el nivel del mar. En sus características particulares es reconocible por la presencia destacada en sus comunidades de especies tales como Olivillo y ulmo. Sus características más favorables de temperatura, especialmente estivales, permiten una mayor diversidad florística y la penetración en las vertientes orientales de especies

pertenecientes al bosque caducifolio especialmente aquellas de los bosques de roble. Las comunidades vegetales que se han identificado en esta formación son las siguientes: Olivillo – ulmo (*Aextoxicom punctatum* – *Eucryphia cordifolia*), Olivillo Huayún (*Aextoxicom punctatum* – *Rhaphithamnus spinosus*), Coigue Mañío de hojas largas (*Nothofagus dombeyii* - *Podocarpus saligna*), Ulmo- Tineo (*Eucryphia cordifolia* – *Weinmannia trichosperma*), Lingue – ulmo (*Persea lingue* - *Eucryphia cordifolia*), Huella – Maqui (*Corynabutilum vitifolium* – *Aristotelia chilensis*), Calafate – Huayún (*Berberis buxifolia* – *Rhaphithamnus spinosus*), Junquillo – Quira y (*Juncus bufonius* – *Juncus planifolius*).

- Bosque laurifolio de Los lagos: Se distribuye en las laderas bajas de la parte occidental de la Cordillera de Los Andes, del sector norte de la X región y en gran parte de la IX región, especialmente junto a los lagos de piedemont de origen glacial. En las comunidades que lo representan y distinguen, dominan especies tales como el ulmo, tepa y tineo. Las comunidades vegetales que se han identificado en esta formación son las siguientes: Coigue – Tepa (*Nothofagus dombeyii* – *Laurelia philippiana*), Arrayán – Tepa (*Luma apiculata* - *Laurelia philippiana*), Petra – Arrayán (*Myrceugenia exsuka* – *Luma apiculata*), Chaura – Murta (*Pernettya myrmyrtilloides* – *Ugni molinae*) y Chilco – Maqui (*Fuchsia magellanica* – *Aristotelia chilensis*).
- Bosque Laurifolio de Chiloé: Representa una situación más húmeda, hidrófita, de los bosques laurifolios y se distribuye en suelos planos de mal drenaje (ñadis) y en el área sur de la región sobre laderas montañosas de mucha precipitación. En su composición florística y fisionomía tiene un importante papel la presencia de coníferas, especialmente aquellas de la familia Podocarpacea. Las comunidades vegetales que se han identificado en esta formación son las siguientes: Coigue de Chiloé – Mañío macho (*Nothofagus nítida* – *Podocarpus nubigena*), Coigue de Chiloé – Tepú (*Nothofagus nítida* – *Tepualia stipularis*) y Quila – Chilco (*Chusquea quila* – *Fuchsia magellanica*) [Ref. 2.9].

El amplio cauce del río Maullín con suelos contiguos inundados y un tramo importante del río bajo la influencia de las mareas, permiten el desarrollo de una alta diversidad de plantas acuáticas. Estas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2.2: Flora acuática río Maullín

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Gracilaria chilensis</i>	Pelillo	Gracilariaceae
<i>Azolla filiculoides</i>	Tembladerilla	Azollaceae
<i>Isoetes savatieri</i>	Isete	Isoetaceae
<i>Cotula coronopifolia</i>	Botón de oro	Asteraceae
<i>Senecio fistulosus</i>	Hualtata, paco	Asteraceae
<i>Senecio zosteræfolius</i>		Asteraceae
<i>Cardamine nasturtioides</i>		Brassicaceae
<i>Nasturtium officinale</i>	Berro	Brassicaceae
<i>Callitriche deflexa</i>		Callitrichaceae
<i>Callitriche palustres</i>	Huencheco	Callitrichaceae
<i>Callitriche stagnalis</i>		Callitrichaceae
<i>Spergularia rubra</i>	Taisana	Cariophyllaceae
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Paico	Chenopodiaceae
<i>Salicornia fruticosa</i>	Sosa	Chenopodiaceae
<i>Crassula erecta</i>	Flor de la piedra	Crassulaceae
<i>Elatine chilensis</i>	Yerbilla	Elatinaceae
<i>Myriophyllum brasiliense</i>	pasto pinito	Haloragaceae
<i>Myriophyllum elatinoides</i>	Hierba del sapo	Haloragaceae
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Yerba de la plata	Hydrocotylaceae
<i>Hydrocotyle volckmanni</i>	Tembladerilla	Hydrocotylaceae
<i>Utricularia tenuis</i>	Bolsita de agua	Lentibulariaceae
<i>Lythrum album</i>	Romerillo	Lythraceae
<i>Lythrum hyssopi</i>		Lythraceae
<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	Myrtaceae
<i>Nymphaea alba</i>	Loto	Nymphaeaceae
<i>Jussiaea repens</i>		Oenotheraceae
<i>Polygonum hidropiperoides</i>	Duraznillo	Polygonaceae
<i>Ranunculus flagelliformis</i>		Ranunculaceae
<i>Ranunculus sp.</i>		Ranunculaceae
<i>Gratiola peruviana</i>	Contrayerba	Scrophulariaceae
<i>Limosella subulata</i>		Scrophulariaceae
<i>Mimulus bridgesii</i>	Placa, berro	Scrophulariaceae
<i>Mimulus sp.</i>		Scrophulariaceae
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> "	No me olvides del campo	Scrophulariaceae
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Llantén de agua	Alismataceae
<i>Sagittaria sp.</i>		Alismataceae
<i>Cyperus eragrostis</i>	Cortadera	Cyperaceae
<i>Heleocharis sp.</i>		Cyperaceae
<i>Scirpus americanus</i>		Cyperaceae
<i>Scirpus californicus</i>	Tahuatahua	Cyperaceae
<i>Scirpus inundatus</i>		Cyperaceae
<i>Elodea densa</i>	Luchecillo, huiro	Hydrocharitaceae

Tabla 2.2 (Continuación): Flora acuática río Maullín

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Juncus supinus</i>		Juncaceae
<i>Juncus cyperoides</i>		Juncaceae
<i>Juncus procerus</i>	Junquillo, junco	Juncaceae
<i>Juncus supiniformis</i>		Juncaceae
<i>Triglochin striata</i>	Hierba de la paloma	Juncaginaceae
<i>Lemna valdiviana</i>	Lenteja de agua	Lemnaceae
<i>Arundo donax</i>	Carrizo, totora	Poaceae
<i>Potamogeton gayi</i>	Huiro	Potamogetonaceae
<i>Potamogeton linguatus</i>	Huiro	Potamogetonaceae
<i>Potamogeton lucens</i>	Huiro	Potamogetonaceae
<i>Potamogeton obtusifolius</i>	Huiro	Potamogetonaceae
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Huiro	Potamogetonaceae
<i>Typha angustifolia</i>	Vatro, totora	Typhaceae

[Ref. 2.10]

2.3.2 Fauna acuática

En las siguientes tablas se incluyen la fauna bentónica caracterizada según especie y taxa; así como la fauna íctica caracterizada según especie, familia y estado de conservación.

En el estuario del río Maullín se dan numerosas especies bentónicas de valor comercial. En el sector alto de la cuenca, a partir del lago Llanquihue, en los ríos y esteros afluentes, se presenta la fauna bentónica típica con etapas larvales de insectos, moluscos y crustáceos. Se ha realizado un resumen de familias u ordenes de estas últimas y una lista de las especies bentónicas de mayor interés comercial.

Tabla 2.3: Fauna bentónica río Maullín

Nombre científico	Nombre común	Taxa
		Simuliidae
		Tipulidae
		Chiromonidae
		Plecoptera
Chilina sp	Caracol	Chiliniidae
		Ephemeroptera
		Trichoptera
Choromytilus chorus	Choro	Mitilidae
Ostrea chilensis	Ostra	Ostreidae
Aulacomya ater	Cholga	Mitilidae
Megabalanus psittacus	Picoroco	Balanidae
Protothaca thaca	Tacas	Veneridae

[Ref. 2.10]

La fauna íctica comprende numerosas especies que comparten su hábitat entre el río y el mar.

Tabla 2.4: Fauna íctica río Maullín

Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Estado de Conservación
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagre chico	Trichomycteridae	Vulnerable
<i>Percilia gillissi</i>	Carmelita	Perciliidae	Vulnerable
<i>Odontesthes mauleanum</i>	Cauque	Atherinidae	vulnerable
<i>Aplochiton taeniatus</i>	Farionela	Aplochitonidae	Peligro de extinción
<i>Aplochiton zebra</i>	Farionela listada	Aplochitonidae	vulnerable
<i>Gambusia affinis</i>	Gambusia	Poeciliidae	No listada
<i>Geotria australis</i>	Lamprea anguila	Geotriidae	Vulnerable
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa		Vulnerable
<i>Basilichthys australis</i>	Pejerrey chileno	Atherinidae	Vulnerable
<i>Galaxias maculatus</i>	Puye	Galaxiidae	Vulnerable
<i>Percichthys trucha</i>	Perca trucha	Percichthyidae	Vulnerable
<i>Cheirodon australe</i>	Pocha	Characidae	Vulnerable
<i>Galaxias platei</i>	Puye	Galaxiidae	Peligro de extinción
<i>Brachygalaxias bullocki</i>	Puye, Peladilla	Galaxiidae	Vulnerable
<i>Eleginops maclovinus</i>	Robalo	Nototheniidae	Vulnerable
<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoiris	Salmonidae	No listada
<i>Salmo trutta fario</i>	Trucha de río	Salmonidae	No listada
<i>Salmo trutta trutta</i>	Trucha de mar	Salmonidae	No listada

[Ref. 2.10]

Maullín

14.

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca del río Maullín forma parte de la X Región de Los Lagos, abarcando la provincia de Llanquihue y una pequeña extensión de la provincia de Osorno. A nivel comunal, la cuenca abarca las comunas de Calbuco, Frutillar, Llanquihue, Los Muermos, Maullín, Puerto Montt, Puerto Octay y Puerto Varas. La cuenca posee una superficie de 397.200 Ha equivalentes al 6% de la Región.

Entre las localidades pobladas de mayor importancia según el número de habitantes, se pueden mencionar las siguientes:

Tabla 2.5: Población total de la cuenca del río Maullín

Nombre Asentamiento	Población Total 2002	Población Total Urbana 2002	Cauce asociado a Localidad
Puerto Montt	175.938	155.895	Río Maullín
Puerto Varas	32.912	24.309	Río Maullín
Los Muermos	16.964	5.707	Río Maullín
Llanquihue	16.337	12.728	Río Maullín
Maullín	15.580	6.896	Río Maullín
Frutillar	15.525	9.118	Río Maullín

[Ref 2.11]

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 principal actividad económica de la cuenca gira en torno a las actividades turísticas. La cuenca, en general, se encuentra emplazada en una zona con gran número de cuerpos lacustres siendo el más importante, desde el punto de vista turístico para esta zona, el Lago Llanquihue.

El Lago Llanquihue constituye uno de los lagos más famosos de Chile, con pintorescos pueblos en sus riberas como Puerto Octay, Frutillar, Llanquihue, además de la hermosa ciudad de Puerto Varas con un carácter internacional por la gran cantidad de turistas

que aquí llegan. Las vistas son una de las más hermosas de Chile, en donde los volcanes Osorno, Calbuco y el Puntigudo, dominan el paisaje.

La cuenca del río Maullín, económicamente destaca además por sus actividades pesqueras y productos del mar. Posee también empresas industriales dedicadas a la actividad forestal e industria de la madera [Ref. 2.12].

2.5 Usos del Suelo

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

Tabla 2.6: Clasificación Usos del suelo cuenca del río Maullín

Cuenca del río Maullín (Ha)	Usos del Suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
397.200	Praderas	141.462	35,6
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	184	0,05
	Plantaciones forestales	1.263	0,3
	Áreas urbanas e industriales	2.479	0,6
	Minería Industrial	0	0
	Bosque nativo y bosque mixto	110.498	27,8
	Otros Usos*	140.062	35,3
	Áreas sin vegetación	1.252	0,3

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales [Ref. 2.13].

2.5.1 Uso agrícola

El uso del suelo de tipo agrícola en la cuenca comprende 184 Ha equivalentes al 0,1% de la superficie total [Ref. 2.13].

Estos terrenos se presentan únicamente en áreas aledañas a esteros afluentes del Lago Llanquihue, próximos a la localidad llamada La Poza (sector sur oriente de este lago).

Maullín

16.

2.5.2 Uso forestal

Este tipo de uso del suelo ocupa una superficie reducida en la cuenca. Comprende una extensión de 1.263 Ha equivalentes al 0,3% de la superficie total de la cuenca [Ref. 2.13]. Estas plantaciones de bosque corresponden a la especie pino radiata. Es importante destacar además, que la cuenca posee una superficie importante de terrenos con especies de nativas que alcanzan las 110.498 Ha equivalentes al 27.8% de la superficie total de la cuenca.

2.5.3 Uso urbano

El uso del suelo de tipo urbano en la cuenca es reducido, sólo alcanza las 2.479 Ha equivalentes al 0,6% de la superficie total. Este tipo de uso comprende a ciudades, pueblos y zonas industriales [Ref. 2.13].

La población urbana se concentra mayoritariamente en la ciudad de Puerto Montt y Puerto Varas, a nivel comunal en conjunto alcanzan un total aproximado de 180.200 habitantes. La ciudad de Puerto Montt, capital regional, concentra un total de 155.895 habitantes (según datos censales del año 2002) [Ref. 2.11].

El uso de suelo destinado a la actividad minera, no se presenta en la cuenca.

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del río Maullín posee dos Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE. Estos sitios corresponden al Parque Nacional Vicente Pérez Rosales y al Parque Nacional Llanquihue que ocupa una mínima extensión en el sector suroriente de la cuenca (1.324 Ha).

Los sitios de conservación de la biodiversidad existente en la cuenca, incluidos en el documento “Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad, Décima Región de Los Lagos” se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 2.7: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Cascadas – Volcán Osorno	12.093,5	Presenta alta diversidad de especies, representa un área de conectividad entre parques nacionales y el Lago Llanquihue, existe interés de parte de organizaciones internacionales y factibilidad de trabajo. El gradiente altitudinal y superficie de este sitio permiten las migraciones de fauna, así como estaciones para migraciones latitudinales de varias especies de aves (fundamentalmente praderas andinas). Presenta fauna de interés como <i>Felis guigna</i> y <i>Galictis cuja</i> .
Río Maullín	54.826,6	El área del humedal del río Maullín, protege una amplia diversidad de especies de fauna y avifauna asociada a estos ecosistemas. El valor de este ambiente, mayoritariamente humedal es que cubre desde ambientes lóticos oligotróficos (ritrales y potamales, incluyendo los Lagos Todos los Santos y Llanquihue) a gradientes de mesotrofia y eutrofia en la desembocadura. En su curso presenta vegetación ribereña de asociaciones endémicas de nuestros valiosos hualves. Allí se presentan grandes marismas estuarinas con poblaciones importantes de recursos marinos de interés comercial, poblaciones de algas, peces, moluscos y artrópodos, aves como los flamencos que invernán en este sector y mamíferos como el Huillín y Chungungo.

[Ref. 2.14] [Ref. 2.15]

Maullín

18.

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 Maullín es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Maullín

Nombre	Período de Registro
Río Maullín en Llanquihue	1929 - 1946
Río Negro en Las Lomas	1989 - 2001

La cuenca del río Maullín corresponde a una hoya preandina con una superficie de 4.298 km². El río Maullín nace del desagüe del lago Llanquihue, el segundo en superficie del país, y luego de un curso hacia el suroeste desemboca en el océano Pacífico. Su principal afluente, el río Negro, desemboca en su vertiente sur, proveniente desde el este. El lago Llanquihue recibe sus principales tributarios desde las faldas de los volcanes Osorno y Calbuco.

Esta cuenca presenta, en general, un régimen pluvial, con los mayores caudales en los meses de invierno, y los menores en el período estival.

Para el análisis hidrológico se ha utilizado un sólo grupo de estaciones fluviométricas, el que presenta un régimen pluvial.

- Grupo 1: Régimen Pluvial: Este grupo está compuesto por las dos estaciones fluviométricas de la cuenca.

Tabla 3.2: Grupo de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Pluvial	Río Maullín en Llanquihue
2		Río negro en Las Lomas

Para poder completar y extender la estadística de la estación fluviométrica Negro en las Lomas se realizaron correlaciones lineales con la estación Coihueco antes junta Pichicope, ubicada en la vecina cuenca del río Bueno. En el caso de la estación Mauullín en Llanquihue, que sólo cuenta con registros hasta el año 1946, su estadística no fue extendida, sino que sólo rellenada con correlaciones lineales con la estación Bueno en Bueno, también ubicada en la vecina cuenca del río Bueno.

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

3.2 Usos del Agua

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:

- Sistema de Información Integral de Riego (SIIR).
- Catastro Bosque Nativo CONAF – CONAMA.
- “Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile”, IPLA Ltda. para DGA, MOP 1996.
- “Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad Décima Región De Los Lagos”, CONAMA-CONAF-SAG-INIA-DGA-SERNAP, octubre 2002.

3.2.1 Usos in – situ

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. Parte importante de la acuicultura se desarrolla en los lagos.

En esta cuenca existen industrias de crianza y procedimiento de salmones.

Maullín

20.

a) Acuicultura

El uso del agua para la acuicultura considera las zonas de la cuenca destinadas para la producción de recursos hidrobiológicos. El uso para este tipo de actividad requiere la autorización por parte del organismo correspondiente, que en este caso es el SERNAP. La información recopilada señala que no existen áreas expresamente autorizadas para acuicultura en los ríos de esta cuenca.

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.

Las principales áreas donde se desarrolla esta práctica en la cuenca del río Maullín es:

- Río Maullín
- El lago Llanquihue, donde se lleva a cabo pesca con mosca, de orilla y de arrastre de especies salmonídeas.

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 esta cuenca no hay antecedentes de demandas de agua actual o futura para riego. [Ref. 3.1]

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.

Los volúmenes de producción y las demandas netas de agua potable para las diferentes ciudades se muestran a continuación [Ref. 3.1]:

Tabla 3.3: Producción y Demanda Neta de Agua Potable 1992.

Localidad	Producción total (l/s)	Consumo total (l/s)
Puerto Montt	291.11	160.11
Puerto Varas	46.71	26.46
Llanquihue	20.84	13.65
Frutillar	26.08	15.97
Maullín	7.53	4.14
Los Muermos	10.19	4.49
Nueva Braunau	5.85	2.58

*Se ha incluido la ciudad de Puerto Montt, aunque sólo una parte pertenece a la cuenca del río Maullín.

Así, la producción total en la cuenca del río Maullín ascendía en 1992 a 408.31 (l/s), mientras que la demanda, incluyendo los sectores residenciales e industriales, equivalía a 227.4 (l/s). [Ref. 3.1]

Las fuentes actuales de abastecimiento de agua potable son de tipo subterráneo y se ubican en [Ref. 3.1]:

- Puerto Montt, que posee cuatro fuentes.
- Puerto Varas, que se abastece a través de dos plantas.
- Llanquihue, que posee una sola fuente de agua.
- Frutillar, cuyo abastecimiento es a través de dos pozos.
- Los Muermos, que se abastece a través de dos pozos.

Maullín

22.

c) Generación de energía eléctrica y actividad minera

De acuerdo a la información recopilada no se han ubicado bocatomas para estos tipos de uso en la cuenca del río Maullín.

d) Actividad industrial

En la cuenca del río Maullín funcionan alrededor de diez industrias. Se han distinguido dos sectores dentro de la cuenca:

- Lago Llanquihue y afluentes: En este sector se ubican cuatro industrias, dos pertenecientes al rubro de la elaboración de lácteos y las otras a la crianza y procesamiento de salmones. En conjunto estas plantas demandaban alrededor de 760000 (m³/mes) en 1996.
- Río Maullín entre desagüe lago Llanquihue y río Calabozo: Aquí se ubican siete industrias, entre las cuales se encuentra una elaboradora de productos lácteos, una fabrica de cecinas, tres del rubro de procesamiento de algas y enlatados de pescados y mariscos, una forestal, una agroindustrial y una ganadera. En total demandaban 210000 (m³/mes) en 1996. [Ref. 3.1]

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.).

La única área de protección oficial en la cuenca del río Maullín es:

- Pangu Nacional Llanquihue: En relación a la flora, la zona se caracteriza por el bosque Siempreverde y las formaciones vegetales andinas y patagónicas, entre las que aparece una faja más bien estrecha denominada Zona del Bosque Desiduo Austral, porque las especies arbóreas predominantes pierden las hojas en otoño. En cuanto a la fauna se observa que abunda el picaflor chico en los sectores que crecen las plantas epífitas.

Además en el suelo se desarrolla una gran variedad de insectos, de los cuales se alimentan aves que los cazan en vuelo como el pequeño cachudito, fio-fio y el diucón. La cazadora más hábil es la golondrina.

También se ubica en esta cuenca una parte del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales.

En cuanto a la “Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad Décima Región De Los Lagos”, 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-MLL-02: “Estaciones de Medición y Usos del Agua” se muestran los cauces seleccionados para el presente estudio, con su respectiva segmentación y los distintos usos asociados a cada cauce. Esta misma información se presenta en la tabla 3.4, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

La tabla 3.4 ha sido concebida como una matriz, ubicando los segmentos en las filas y los usos de agua en las columnas. Para definir las columnas se han considerado los usos prioritarios establecidos en el Instructivo, complementándolos con otros usos (hidroelectricidad, actividad industrial, etc.) que si bien no aparecen en el Instructivo, permiten tener una visión más global de la cuenca.

Maullín

24.

Tabla 3.4: Usos de Agua por Segmento en la Cuenca del Río Maullín

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Maullín	10411MA10	--	+				+		•	
	10411MA20								•	
	10414MA10								•	
	10416MA10								•	
	10417MA10									•
Río Negro	1041NE10								•	
	1041NE20								•	

+ Con los antecedentes disponibles no es posible asignar este uso a un segmento específico

[Ref 3.1]

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

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del río Maullín posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 180.902 habitantes, se menciona este valor por ser la base de la información que se presentará en la tabla 3.5.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 89% (161.772 habitantes) posee servicios de alcantarillado. Esto refleja que un grupo importante de población urbana es atendida con este servicio por la empresa sanitaria ESSAL S.A.

La empresa sanitaria además del servicio anterior, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. Según estimaciones al año 2002 (SISS), la ciudad de Puerto Varas y Llanquihue poseen una cobertura de tratamiento de las aguas servidas superior al 95%, mientras que la ciudad de Los Muermos y Frutillar poseen una cobertura superior al 74%. Según estimaciones al año 2005, las ciudades de Puerto Montt, Puerto Varas, Los Muermos y Llanquihue contarán con una cobertura del 100%.

A continuación, en la tabla 3.5 se incluye información referente a la empresa de servicios sanitarios que opera actualmente en la cuenca; el cuerpo receptor de las aguas servidas; el porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas servidas (estimadas al año 2001) y población total estimada (urbana y saneada) para cada localidad.

Mullin

26.

Tabla 3.5: Descargas de Aguas Servidas

Localidad Atendida	Segmentos Asociados a las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa de Servicios Sanitarios	Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas (%)	Población Urbana Total Estimada (Hab)	Población Estimada Saneada (Hab)	Planta de Tratamiento	Tipo de Tratamiento Y/O Nombre De La 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)
Puerto Montt	NS	Mar	ESSAL	0 100 05	134.215	125.031	NO	Emisario Submarino	231,5	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Puerto Varas	NS	Lago Llanquihue	ESSAL	95,5 100 05	20.114	18.832	SI	Lodos activados Llanquihue	34,8	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Los Muermos	NS	Río Clarito	ESSAL	84,8 100	4.944	3.818	SI	Lodos activados	7,1	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Llanquihue	1041MA10	Río Maullín	ESSAL	95,9 100	10.731	10.140	SI	Lodos activados Llanquihue	18,8	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Maullín	1041MA30	Río Maullín	ESSAL	0 30	3.118	0	NO		0	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03
Frutillar	NS	Río Colegual	ESSAL	74,2 89,3	7.780	3.951	SI	Lodos activados	7,3	35	6,0 - 8,5	80	20	1	5	< 1,0E+03

NOTAS:

- NS: no asociado a segmento.
- 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 ESSAL S.A. 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.

Mullin

28.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

La mayor proporción de industrias vinculadas a la contaminación hídrica en la X Región pertenece a los sectores ganadero, lechero, pesquero, maderero y aguas servidas. La cuenca del río Mauilín posee un variado número de establecimientos industriales pertenecientes a estos sectores que descargan sus efluentes ya sea en forma directa a un cauce seleccionado, o indirectamente a través de esteros que constituyen afluentes importantes de un curso fluvial mayor.

En la siguiente tabla se incluyen los establecimientos industriales identificados en el Informe “Estadística Anual de muestras hídricas, X Región” del Servicio Agrícola Ganadero y aquellos incluidos en el Catastro Nacional de Residuos Industriales Líquidos de 1992 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.

Mullin

30.

Tabla 3.6: Residuos Industriales Líquidos

Industria	Comuna	Segmento Asociado a la Descarga	Cuerpo Receptor	CIU	Caudal (L/s)	pH	T (°C)	SS	S. Totales	Aceites y Grasas	HC	DBO ₅	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH ₄	Pb	SO ₄	Zn	PE	B	Al	Mn	CE (mS/cm)	
Plantas Algas GELYMAR	Calbuco	NS	Río Gómez	31141	Nd	*	*	*		*		*									*				*					
Salmonil	Calbuco	NS	Río Tambor	Nd	Nd																									
Lechera del Sur S.A.	Puerto Varas	Nd	Nd	11123	Nd	*	*	*		*		*					*				*				*					
Modinger Hermanos S.A.	Llanquihue	Nd	Nd	Nd	Nd																									
Nestle Chile S.A. Fábrica Llanquihue	Llanquihue	Nd	Nd	11123	Nd	*	*	*		*		*					*				*				*					
Productos de Agar S.A.	Los Muermos	Nd	Nd	Nd	Nd																									

NOTAS:

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

Mullin

32.

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 Mauilín son las siguientes:

- a) Monitoreo de calidad de aguas de la DGA, período de registro desde 1987-2001.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Mauilín				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	Nº Registros
Río Mauilín					
En Las Quemadas (CA) (*)	NO	30	20	1987-2001	47
Río Negro					
En Las Lomas (*)	SI	31	20	1997-2001	15
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	

(*) Estaciones de monitoreo suspendidas

- b) Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

El detalle se presentan 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 Maullín, se llegó a eliminar un porcentaje inferior al 0,05 % 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 Maullín 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), níquel (<10 µg/l), selenio (<1 µg/l), cadmio (<10 µg/l), mercurio (<1 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 Mauilín, se incluye en el anexo 3.2 de tipo digital.

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca del Maullín

- Maullín en Llanquihue

Se encuentra poco después del desagüe del lago Llanquihue, cerca de la ciudad de Llanquihue, a 50 m s.n.m.

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 los registros de esta estación se ven influenciados de gran manera por el efecto regulador del lago Llanquihue, el que almacena los aportes provenientes de las lluvias y los evacua de manera más gradual en el tiempo. De esta manera no se observan grandes variaciones en los caudales de esta estación a lo largo del año.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre junio y noviembre, producto del efecto regulador del lago Llanquihue en los caudales efluentes. Los menores escurrimientos se presentan entre febrero y mayo.

En años secos se observa el mismo comportamiento que en años húmedos, con los mayores caudales entre agosto y noviembre, y los menores escurrimientos entre febrero y mayo.

Tabla 4.1: Río Mauilín en Llanquihue (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	79.27	86.63	108.71	118.19	124.38	128.04	132.26	127.48	107.68	99.78	88.17	80.44
10	72.97	79.93	100.62	111.19	119.05	122.56	122.90	118.02	103.34	94.13	83.81	76.30
20	66.40	72.95	91.63	103.26	112.60	115.92	113.14	108.14	98.09	87.71	78.52	71.28
50	56.49	62.40	76.62	89.65	100.26	103.23	98.41	93.23	88.04	76.63	68.42	61.68
85	47.68	53.03	61.47	75.33	85.07	87.61	85.32	79.99	75.67	64.90	55.99	49.86
95	43.68	48.78	54.00	68.01	76.14	78.43	79.38	73.98	68.40	58.86	48.68	42.92
Dist	G	G	L2	L2	N	N	G	G	N	L2	N	N

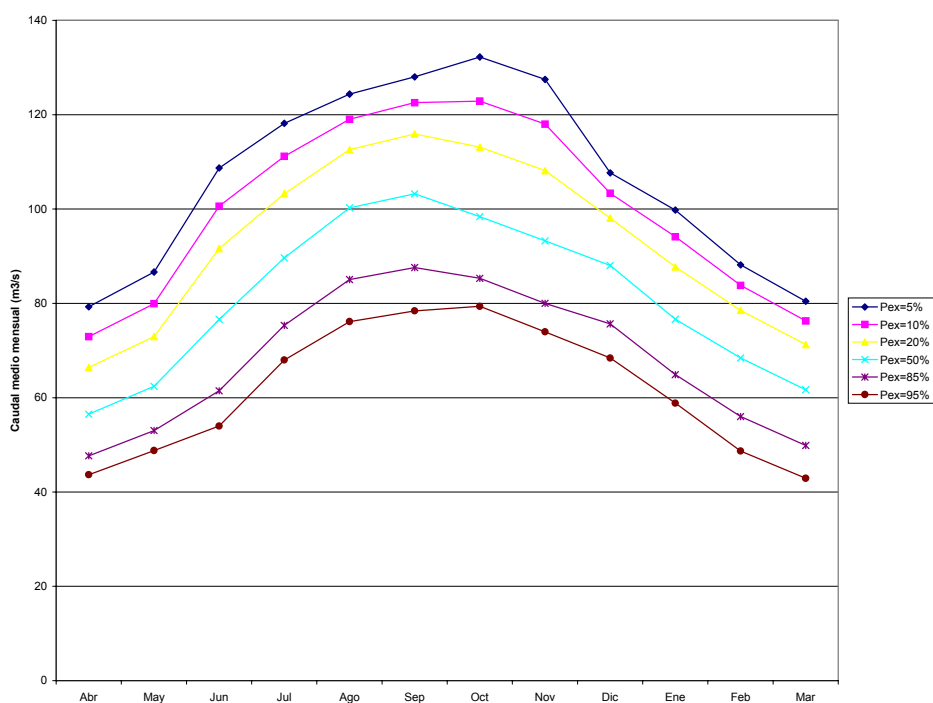


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Mauilín en Llanquihue

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

Maullín

38.

b) Subcuenca del Negro

- Río Negro en Las Lomas

Esta estación se ubica en el río Negro, poco antes de su junta con el río Maullín, a 60 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se observa que esta estación presenta un marcado régimen pluvial, con sus mayores caudales en invierno, producto de importantes aportes pluviales.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre mayo y julio, producto de los aportes de lluvias invernales, mientras que los menores lo hacen entre enero y marzo.

En años secos se observa un comportamiento similar, con los mayores caudales en invierno, entre mayo y agosto, y con los menores entre octubre y abril.

Tabla 4.2: Río Negro en Las Lomas (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	22.29	28.35	34.97	29.57	20.00	16.00	14.93	10.90	10.33	8.26	7.64	6.97
10	18.23	24.77	31.85	25.03	17.95	14.63	13.29	8.65	8.47	5.60	5.01	5.87
20	13.99	20.85	28.08	20.46	15.75	12.98	11.30	6.53	6.53	3.50	3.00	4.70
50	7.83	14.46	20.86	13.91	12.26	9.83	7.50	3.81	3.66	1.43	1.11	2.90
85	3.26	8.20	11.96	8.65	9.00	5.94	2.81	1.97	1.49	0.47	0.30	1.41
95	1.81	5.21	6.74	6.54	7.51	3.66	1.58	1.33	0.78	0.25	0.12	0.85
Dist	L2	L3	N	N	L2	N	L2	L2	G2	L2	L3	G2

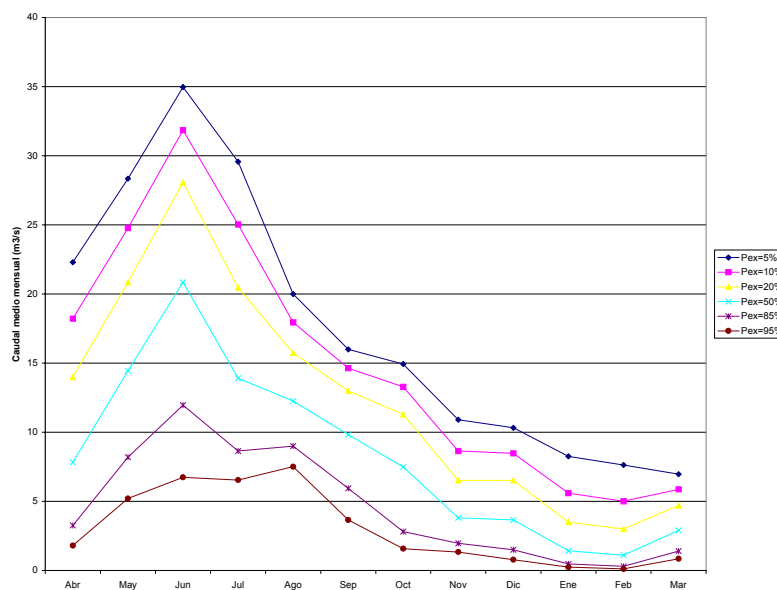


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río Negro en Las Lomas

4.1.2 Conclusiones

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

a) Subcuenca del Maullín

Corresponde a la hoya hidrográfica del río Maullín, desde su nacimiento en el desagüe del lago Llanquihue hasta su desembocadura en el océano Pacífico, sin considerar la subcuenca del río Negro. El río Maullín tiene un régimen pluvial, ya que sus principales caudales provienen de aportes de lluvias invernales. Sin embargo presenta una importante influencia por parte del lago Llanquihue, el que produce un efecto de regulación en los caudales del río, uniformándolos a lo largo del año.

El período de menores caudales se observa en el trimestre dado por los meses de febrero, marzo y abril.

Maullín

40.

b) Subcuenca del Negro

Corresponde a la hoya hidrográfica del río Negro, afluente del Maullín. En esta subcuenca se observa un claro régimen pluvial, con los mayores caudales durante el invierno y los menores en el período estival.

En años húmedos los mayores caudales ocurren entre mayo y julio, producto de aportes pluviales, y los menores lo hacen entre enero y marzo. En años normales y secos se observa una situación similar, con los mayores caudales entre mayo y agosto.

El período de menores caudales se presenta en el trimestre dado por los meses de enero, febrero y marzo.

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

Tabla 4.3: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Maullín

Nº	Subcuenca	Período Estiaje
1	Maullín	Febrero – Marzo – Abril
2	Negro	Enero – Febrero – Marzo

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, no se dispone de datos para el análisis de este estudio.

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 4.4 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 4.4: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Maullín

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	μS/cm	48	505	<600	Obligatorio
DBO ₅	mg/L	s/i	s/i	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	s/i	s/i	<16	No
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.5	19.4	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	6.1	7.9	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	0.5	1.5	<2.4	No
Sólidos disueltos	mg/L	s/i	s/i	<400	No
Sólidos suspendidos	mg/L	s/i	s/i	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°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	5.3	71.1	<80	No
Fluoruro	mg/L	s/i	s/i	<0.8	No
Nitrito	mg/L	s/i	s/i	<0.05	No
Sulfato	mg/L	0.3	1.9	<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	0.02	<1	<0.4	No
Cobre	μg/L	1	40	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	<10	40	<8	Si
Hierro	mg/L	0.02	1.05	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	<0.01	0.1	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	<0.01	0.05	<0.008	Si
Níquel	μg/L	<10	<10	<42	No
Selenio	μg/L	<1	<1	<4	No
Zinc	mg/L	0.001	0.040	<0.096	No
METALES NO ESENCIALES					
Aluminio	mg/L	0.04	1.3	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	<0.001	0.008	<0.04	No
Cadmio	μg/L	1	<10	<1.8	No
Estaño	μg/L	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	μg/L	<1	<1	<0.04	No
Plomo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.002	No
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	s/i	s/i	<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
 - Cobre
 - Cromo_{total}
 - Hierro
 - Manganeseo
 - Molibdeno
 - 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.

- Color Aparente
- Sólidos Disueltos
- Estaño
- Coliformes Totales

Los parámetros cuyo valor máximo registrado en la BDD no exceden el límite de la clase 0 se consideran que siempre pertenecen a dicha clase. Estos parámetros son: RAS, cloruro, sulfato, zinc, arsénico, níquel y selenio, los valores de estos dos últimos corresponden al límite de detección (LD) analítico inferior a la clase 0.

No es posible realizar un análisis para los parámetros: boro, cadmio, mercurio y plomo, ya que su valor corresponde al límite de detección (LD) analítico que 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 de río Maullín: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno y aluminio.

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 4.5.

Tabla 4.5: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO MAULLÍN	
Conductividad Eléctrica:	
	<p><u>Río Mauullín:</u> En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de doce años un comportamiento constante en un solo valor a excepción desde 1999 se tiene un aumento en aproximadamente en 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central es plana en un valor de 78 $\mu\text{S}/\text{cm}$.</p> <p><u>Río Negro:</u> Se observa en la estación río Negro en Las Lomas un comportamiento que aumenta en 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a lo largo de la serie de tiempo de cinco años, la tendencia central es creciente en un valor de 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$.</p>
Oxígeno Disuelto:	
	<p><u>Río Mauullín:</u> Se observa un comportamiento prácticamente plano hasta 1997, para luego disminuir levemente hasta 9,8 mg/L.</p> <p><u>Río Negro:</u> Comportamiento disímil pero que permite observar en el primer año un comportamiento creciente para luego ir disminuyendo en forma oscilatoria hasta 7,4 mg/L aprox.</p>
pH:	
	<p><u>Río Mauullín:</u> En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de diez años un comportamiento constante en un solo valor hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central es plana en un valor de 7,1.</p> <p><u>Río Negro:</u> Se observa en la estación río Negro en Las Lomas un comportamiento disímil que aumenta en 0,1 a lo largo de la serie de tiempo de cuatro años, la tendencia central es creciente en un valor de 6,6.</p>
Cobre:	
	<p><u>Río Mauullín:</u> En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de catorce años un comportamiento disímil en un primer periodo se observa constante, luego aumenta y desde 1998 en adelante vuelve a permanecer constante en el tiempo, la tendencia central es plana en un valor de 10 $\mu\text{g}/\text{l}$.</p> <p><u>Río Negro:</u> No es posible el análisis de la tendencia central todos sus valores corresponden al límite de detección analítico.</p>
Cromo total :	
	<p><u>Río Mauullín:</u> En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo restringida a cinco años un comportamiento constante en un solo valor hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central es plana en un valor de 16 $\mu\text{g}/\text{l}$.</p> <p><u>Río Negro:</u> Se observa en la estación río Negro en Las Lomas en una serie restringida a tres años un comportamiento que disminuye en 6 $\mu\text{g}/\text{l}$ a lo largo de la serie de tiempo, la tendencia central es decreciente en un valor de 14 $\mu\text{g}/\text{l}$.</p>

Tabla 4.5 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO MAULLÍN	
Hierro:	
<u>Río Maullín:</u>	En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de doce años un comportamiento que disminuye aproximadamente en 0,1 mg/l a lo largo de la serie de tiempo. La tendencia central es decreciente en un valor de 0,2 mg/l.
<u>Río Negro:</u>	Se observa en la estación río Negro en Las Lomas en una serie restringida a tres años un comportamiento disímil, la tendencia central en un valor de 0,58 mg/l.
Manganeso:	
<u>Río Maullín:</u>	En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de doce años un comportamiento que disminuye a lo largo de la serie de tiempo. La tendencia central es decreciente en un valor de 0,18 mg/L.
<u>Río Negro:</u>	Se observa en la estación río Negro en Las Lomas en una serie restringida a cuatro años un comportamiento disímil, la tendencia central en un valor de 0,58 mg/L.
Molibdeno:	
<u>Río Maullín:</u>	En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de cinco años un comportamiento que en un primer período permanece constante, en 1998 se observa un peak de donde comienza a disminuir hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central es decreciente en un valor de 0,013 mg/L.
<u>Río Negro:</u>	Se observa en la estación río Negro en Las Lomas en una serie restringida a tres años un comportamiento que tiende a disminuir desde 1998 en adelante, la tendencia central es decreciente en un valor de 0,013 mg/L.
Aluminio:	
<u>Río Maullín:</u>	En la estación Las Quemadas se observa en una serie de tiempo de doce años un comportamiento que disminuye aproximadamente en 0,1 mg/L a lo largo de la serie de tiempo. La tendencia central es decreciente en un valor de 0,2 mg/L.
<u>Río Negro:</u>	Se observa en la estación río Negro en Las Lomas en una serie restringida a cuatro años un comportamiento disímil, desde el comienzo de la serie comienza a disminuir y desde 1999 en adelante se observa un aumento con la tendencia central en un valor de 0,48 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 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 se sitúan estaciones de calidad de la DGA para completar los datos faltantes en esas estaciones: Maullín en las Quemas, Río Negro en Las Lomas. Adicionalmente se tomaron en Llanquihue y en Chuyaquen.

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 4.6: Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
1041MA20	Río Maullín en las Quemas	Est. DGA suspendida	DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
1041NE10	Río Negro en las Lomas	Est. DGA suspendida	
1041MA10	Río Maullín en Llanquihue	Punto sin información	
1041MA30	Río Maullín en Chuyaquen	Punto sin información	

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)))

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

- Información DGA

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

- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Estimaciones del Consultor: Nivel 5

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

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

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

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

Para la información proveniente de la DGA, en la tabla 4.7 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Mauullín, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Tabla 4.7: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Río Mauullín Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	90,0	0	93,2	0	126,1	0	(86,6)	0
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((172,1))	0	((168,7))	0	(252,6)	0	((237,3))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	(9,7)	0	9,7	0	10,4	0	(10,3)	0
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((8,8))	0	((7,1))	2	((6,8))	2	((7,1))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	7,3	0	7,3	0	7,2	0	(7,1)	0
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((6,4))	4	((6,7))	0	(6,6)	0	((6,8))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre ($\mu\text{g/l}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	<10	<2	<10	<2	<10	<2	(9)	1
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((<10))	<2	((<10))	<2	((<10))	<2	((<10))	<2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cromo ($\mu\text{g/l}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	(18)	2	((13))	2	(13)	2	((30))	2
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((20))	2	((13))	2	(12)	2	((<10))	<1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	0,23	0	0,21	0	0,17	0	(0,15)	0
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((0,63))	0	((0,69))	0	(0,38)	0	((1,02))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	(0,017)	0	(0,028)	0	(0,011)	0	((<0,010))	0
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((0,05))	1	((0,067))	2	(0,025)	0	((0,070))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Molibdeno (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	(0,012)	2	(0,018)	2	(<0,010)	<1	((<0,010))	<1
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((0,017))	2	((<0,010))	<1	(0,014)	2	((<0,010))	<1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	(0,34)	2	((0,21))	2	(0,15)	2	((0,10))	2
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	((0,53))	2	((0,63))	2	(0,30)	2	((0,60))	2

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

**Tabla 4.8: Calidad de Agua Cuenca del Río Maullín
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemadas	2,5	1
Río Negro en las Lomas	2,9	1
Río Maullín en Llanquihue	2,2	1
Río Maullín en Chuyaquén	3,0	1

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemadas	10	0
Río Negro en las Lomas	70	2
Río Maullín en Llanquihue	5	0
Río Maullín en Chuyaquén	30	2

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemadas	51	0
Río Negro en las Lomas	40	0
Río Maullín en Llanquihue	52	0
Río Maullín en Chuyaquén	1246	3

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemadas	<10	0
Río Negro en las Lomas	<10	0
Río Maullín en Llanquihue	<10	0
Río Maullín en Chuyaquén	23	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemadas	<0,05	0
Río Negro en las Lomas	<0,05	0
Río Maullín en Llanquihue	<0,05	0
Río Maullín en Chuyaquén	<0,05	0

**Tabla 4.8 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Maullín
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	<5	<1
Río Negro en las Lomas	<5	<1
Río Maullín en Llanquihue	<5	<1
Río Maullín en Chuyaquen	<5	<1

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	<0,1	0
Río Negro en las Lomas	<0,1	0
Río Maullín en Llanquihue	<0,1	0
Río Maullín en Chuyaquen	0,33	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	<0,05	0
Río Negro en las Lomas	<0,05	0
Río Maullín en Llanquihue	<0,05	0
Río Maullín en Chuyaquen	<0,05	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	<0,5	-
Río Negro en las Lomas	<0,5	-
Río Maullín en Llanquihue	<0,5	-
Río Maullín en Chuyaquen	<0,5	-

Punto de Muestreo	Estaño ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	210	4
Río Negro en las Lomas	<10	<2
Río Maullín en Llanquihue	130	4
Río Maullín en Chuyaquen	<10	<2

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	240	1
Río Negro en las Lomas	240	1
Río Maullín en Llanquihue	900	1
Río Maullín en Chuyaquen	50	1

**Tabla 4.8 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Maullín
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Maullín en las Quemas	130	0
Río Negro en las Lomas	130	0
Río Maullín en Llanquihue	300	1
Río Maullín en Chuyaquen	300	1

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 a éste. 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 río Maullín.

Maullín

54.

Tabla 4.9: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Maullín

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGÉNICOS		
Río Maullín en las Quemadas 10411MA20	Influencia del lago Llanquihue Rocas volcánicas y sedimentarias ricas en minerales Conservación de la naturaleza	Descargas centro poblado Descarga de RILES Actividad turística Actividad cerealera y ganadera Contaminación difusa por ganadería	Cu, Cr, Mo, Al, SS, color Posiblemente DBO ₅ , CF, CT	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas: ESSAL • Centros Poblados: Ciudad de Puerto Varas (con pta. de tratamiento para el 96%), Llanquihue (con pta. de tratamiento para el 96%), Frutillar Alto (con pta. de tratamiento para el 74%). Todas descargan al lago Llanquihue que es desaguado por el río. Nueva Braunau • Industrias: Industria lechera (SOALVA), Cecinas Llanquihue, Aeropuerto El Tepual • Geología: Formaciones de depósitos no consolidados o rellenos (morrenas) • Hidrografía: Río emisario del lago Llanquihue • Hidrogeología: Acuífero cercano a río Maullín (Pozo DGA a 1,5 m de nivel freático) • Cobertura vegetal: Praderas con cubiertas aisladas de bosque Laurifolio de los lagos. • Monumento Natural Lahuen – Ñadi • Actividad Ganadera: bovinos

Tabla 4.9 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Maullín

ESTACIÓN DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGÉNICOS		
Río Negro en las Lomas 10411NE10	Influencia volcánica Rocas basálticas	Descarga centro poblado Actividad cerealera y ganadera Descarga difusa de centro poblado Contaminación difusa por ganadería	OD, pH, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, SS Posiblemente DBO ₅ , CF, CT	<ul style="list-style-type: none"> • Volcanismo: Volcán Calbuco • Descargas: ESSAL • Geología: Formaciones de depósitos no consolidados o rellenos (morrenas) • Hidrografía: río pre-cordillerano de régimen pluvial que nace de la falda oriental del volcán Calbuco. • Hidrogeología: Acuífero que nace de filtraciones del lago Llanquihue, Zona de elevada productividad de pozos (6 a 8 m³/h*m) • Cubierta vegetal: Praderas con bosque Laurifolio de Chiloé y bosque siempre verde andino • Actividad Ganadera: bovinos • Centro poblado de Alerce

5. CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES

5.1 Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal

Para el análisis del cauce principal, río Maullín, en la cuenca de éste se cuenta sólo con una estación de monitoreo, que es:

- Río Maullín en Las Quemadas

Debido a la existencia de esta única estación de monitoreo en el río Maullín, no es posible analizar el perfil longitudinal de la calidad de agua en relación a los parámetros seleccionados que exceden la clase 0 en esta cuenca, para alguno de los cuatro períodos estacionales.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua a Nivel de la Cuenca

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual en los ríos seleccionados de la cuenca del río Maullín 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 RÍO MAULLÍN
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SD, SST.
<u>CE</u> : Todos los valores en clase 0 sin variación estacional.
<u>DBO₅</u> : El dato del muestreo puntual primavera 2003 está clasificado en clase 1 en los ríos Negro y Maullín en Las Quemadas, Llanquihue y Chuyaquen.
<u>Color Aparente</u> : El dato del muestreo puntual primavera 2003 está clasificado en clase 0 en los ríos Maullín en Las Quemadas y Maullín en Llanquihue y en clase 2 en los ríos río Negro y Maullín en Chuyaquen.
<u>OD</u> : No se observa variación estacional en el río Maullín con los valores en clase 0. En el río Negro tampoco hay variación estacional con niveles de concentración en clase 2, excepto en invierno en clase 0.
<u>pH</u> : Todos los valores están asignados a la clase 0, excepto en el río Negro en invierno en clase 4.

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

CUENCA RÍO MAULLÍN
<p><u>RAS</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>SD</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en río Negro y Maullín excepto en Chuyaquen en clase 3.</p> <p><u>SST</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en todo el río Maullín y Negro.</p>
<p>Inorgánicos (IN) : NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p> <p><u>NH_4^+</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en río Negro y río Maullín en Las Quemadas, Llanquihue y Chuyaquen.</p> <p><u>CN^-</u>: Los datos corresponden al valor del límite de detección analítico superior a la clase 0, no permiten un análisis.</p> <p><u>Cl^-, SO_4^{2-}</u>: Siempre en clase 0.</p> <p><u>F^-</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en río Negro y río Maullín en Las Quemadas, Llanquihue y Chuyaquen.</p> <p><u>NO_2^-</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en río Negro y río Maullín en Las Quemadas, Llanquihue y Chuyaquen.</p> <p><u>S^{2-}</u>: Sin información.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tetracloroetano, tolueno</p> <p>No se dispone de información para los parámetros orgánicos.</p>
<p>Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demeton, DDT, diclofop-metil, dieldrin, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina.</p> <p>No se dispone de información para los parámetros orgánicos plaguicidas.</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p> <p><u>B</u>: No es posible clasificarlo por corresponder el dato al límite de detección analítico superior a la clase 0.</p> <p><u>Cu</u>: Todos los valores están en límite de detección analítico superior al de la clase 0, excepto en el río Maullín en verano clasificado en clase 1.</p> <p><u>Cr_{total}</u>: Todos los valores están en clase 2, excepto el río Negro en verano en límite de detección analítico.</p> <p><u>Fe</u>: No se observa variación estacional con los valores en clase 0, a excepción del río Negro en verano en clase 2.</p>

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

CUENCA RÍO MAULLÍN
<p><u>Mn</u>: En el río Maullín no hay variación durante el año con los valores en clase 0. En el río Negro no se observa variación entre otoño y verano, donde se observan los niveles de concentración más altos en clase 2.</p> <p><u>Mo</u>: En el río Maullín no hay variación entre invierno y otoño con valores en clase 2. El resto del año los valores están en límite de detección. En río Negro los niveles de concentración son similares entre invierno y primavera, mientras que en otoño y verano los valores están en límite de detección analítico.</p> <p><u>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>: Todos los valores están asignados a la clase 2</p> <p><u>As</u>: Los registros permiten clasificarlo siempre en clase 0.</p> <p><u>Cd, Hg y Pb</u>: No es posible clasificarlo, por corresponder el dato al límite de detección analítico superior a la clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 4 en el río Maullín en Las Quemadas y Llanquihue.</p>
<p>Indicadores Microbiológicos (IM) : CF, CT</p>
<p><u>CF</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 1 para los ríos Negro y Maullín</p> <p><u>CT</u>: El dato del muestreo puntual primavera 2003 esta clasificado en clase 0 en río Negro y Maullín en Las Quemadas. En clase 1 en el río Maullín en Llanquihue y Chuyaquén.</p>

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

El análisis realizado en los acápites anteriores permite elaborar la tabla 5.2, en la cual se clasifican los distintos parámetros de calidad según la clase del *Instructivo* a la que pertenecen en un segmento específico de los ríos seleccionados en la cuenca.

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del río Maullín, 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 dispone 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).

Maullín

60.

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual

Tabla.5.2a: Cauce Principal: Río Maullín

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Maullín en Llanquihue	10411MA10	Color aparente, NH_4^+ , F^- , SST, SD, NO_2^-	DBO_5 , CF, CT			Sn	CN^-	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 4 muestreo puntual primavera 2003 : DBO_5 , color aparente, NH_4^+ , F^- , Sn, SST, SD, NO_2^- , CF, CT
Río Maullín en Las Quemadas	10411MA20	CE, OD, pH, Fe, Mn, RAS, Cl, SO_4^{2-} , Ni, Se, Zn, As, color aparente, SD, SST, NH_4^+ , F^- , NO_2^- , CT	DBO_5 , CF, Cu	Cr_{tot} , Mo, Al		Sn	B, Cd, Hg, Pb, CN^-	Otros parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. I Información nivel 4 muestreo puntual primavera 2003 : DBO_5 , color aparente, NH_4^+ , F^- , Sn, SST, SD, NO_2^- , CF, CT
Río Maullín en Chuyaquén	10414MA30	NH_4^+ , F^- , SST, NO_2^-	DBO_5 , CF, CT	color aparente	SD		CN^-	Otros parámetros seleccionados	Información nivel 4 muestreo puntual primavera 2003 : DBO_5 , color aparente, NH_4^+ , F^- , SST, SD, NO_2^- , CF, CT

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Maullín: Conductividad eléctrica, DBO_5 , oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos, coliformes fecales, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, aluminio, color aparente, sólidos disueltos, estaño, coliformes totales

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río Negro

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Límites de detección	Parámetros sin información	Observación	
		0	1	2	3	4				
Río Negro en Las Lomas	10411NE10	CE, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Ni, Se, Zn, As, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , SST, SD, NO ₂ ⁻ , CT	CF, DBO ₅	OD, Cr _{tot} , Fe, Mn, Mo, Al, color aparente			pH	Cu, B, Cd, Hg, Pb, CN ⁻ , Sn	Otros parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información nivel 4 muestreo puntual primavera 2003 : DBO ₅ , color aparente, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , SST, SD, CN ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT

Todos los cauces seleccionados poseen información.

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 Maullín, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.7.

Tabla 5.3: Valores Estacionales Máximos de los Parámetros en la Cuenca del Río Maullín

Estación de Calidad	Código Segmento	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cr ($\mu\text{g/L}$)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Al (mg/L)
Río Maullín en las Quemadas	10411MA20	(9)	((30))	Clase 0	Clase 0	(0,018)	(0,34)
Río Negro en las Lomas	10411NE10	((<10))	((20))	((1,02))	((0,7))	((0,017))	((0,63))

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

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

- El cobre, cromo, molibdeno y aluminio están presentes en toda la cuenca

5.4.1 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 9 $\mu\text{g/L}$ (estación DGA río Maullín en las Quemadas - verano) a <10 $\mu\text{g/L}$ (estación DGA río Negro en las Lomas-verano), estos superan la clase de excepción en aproximadamente 39%.

La presencia de cobre en el Maullín como en el río Negro se deben a la litología propia de la cuenca compuesta por formaciones volcánicas andinas, en la parte alta, las cuales son lixiviadas por las aguas meteóricas subterráneas hacia el lago Llanquihue en el caso del Maullín.

La acidez de las aguas meteóricas en conjunto con los suelos ácidos de trumaos son factores importantes que incrementan la capacidad de lixiviación de las aguas subterráneas.

5.4.2 Cromo

Los valores de cromo procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores menores a 30 µg/L (estación DGA río Maullín en las Quemadas-verano).

La presencia de cromo en la parte baja de la cuenca se debe a su presencia natural en la litología propia de la cuenca compuesta por formaciones volcánicas andinas, las cuales son lixiviadas por las aguas meteóricas subterráneas y que aparecen posteriormente cuando recargan los cursos de agua.

5.4.3 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores menores a 1,02 mg/L (estación DGA río Negro en las Lomas-verano), estos superan la clase de excepción en aproximadamente 28%.

La presencia de hierro se debe a la litología propia de la cuenca compuesta por formaciones volcánicas andinas, las cuales son lixiviadas por las aguas subterráneas y que aparecen posteriormente cuando recargan los cursos de agua especialmente en el río Negro.

5.4.4 Manganeso

Los valores de manganeso procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los <0,01 mg/L (estación DGA río Maullín en las Quemadas-verano) a 0,07 mg/L (estación DGA río Negro en las Lomas-verano), estos superan la clase de excepción en aproximadamente 75%.

La presencia del manganeso en la cuenca se debe a su presencia natural en la litología de la cuenca compuesta por formaciones volcánicas andinas, las cuales son lixiviadas por las aguas subterráneas y que aparecen posteriormente cuando recargan los cursos de agua especialmente del río Negro.

Maullín

64.

En la sección media y baja en cambio el efecto edafológico pasa a ser el relevante, pues los suelos presentan cantidades de manganeso que se hacen más presentes cuando ocurren precipitaciones, o durante el riego tendido. El suelo que mayor predominancia tiene es el “trumao”, que es un suelo de origen ácido que al contacto con el agua meteórica que también lo es, solubiliza el manganeso presente en el suelo.

5.4.5 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los <0,01 mg/L (estación DGA río Maullín en las Quemadas-primavera) a 0,018 mg/L (estación DGA río Maullín en las Quemadas-otoño).

La presencia de molibdeno va normalmente ligada a filones mineralizados de cobre, o depósitos porfíricos de este mineral.

5.4.6 Aluminio

Los valores de aluminio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,1 mg/L (estación DGA río Maullín en las Quemadas-verano) a 0,63 mg/L (estación DGA río Negro en las Lomas-otoño).

El origen de la presencia del aluminio en la cuenca está ligada a la actividad volcánica de la región. La cantidad de ignimbritas y micas que por efectos de meteorización originan arcillas, adicionándose a esto el pH y el efecto del arrastre por escorrentías, origina que los compuestos de aluminosilicatos se encuentren siempre presentes en los cursos de agua especialmente aquellos que provienen directamente desde las cumbres andinas como en el río Negro.

5.4.7 Falencias de información

Para realizar un estudio más detallado de la calidad natural de la cuenca del río Maullín 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 tenga o tenga proyectados la Empresa Sanitaria de Los Lagos-ESSAL.

5.4.8 Conclusiones

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

- La calidad natural del río Maullín en general es de excelente a buena calidad. Predominan los metales pesados producto de las formaciones geológicas, las cuales son lixiviadas por las aguas subterráneas las cuales drenan hacia el lago Llanquihue y de este hacia el Maullín.
- El río Maullín es un río que nace mayoritariamente de emisarios de cuerpos de agua, los cuales se formaron por arrastre de materiales glaciales (morrenas), por las cuales se filtran aguas que emergen más abajo incorporándose en abundancia en los cursos de agua. La calidad natural de este río está determinada fuertemente por las características de las aguas subterráneas que drenan hacia el lago Llanquihue.
- El río Negro nace de la falda occidental del volcán Calbuco, lo cual le confiere características propias de un río donde los efectos superficiales tienen mayor incidencia, como son las escorrentías y los efectos biológicos de la cubierta vegetal de los ñadis por los cuales atraviesa.

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 Maullín 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 del Maullín

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites Tramos
Río Maullín	10411MA10	MA-TR-10	De: Naciente en Lago Llanquihue Hasta : Confluencia Río Negro
	10411MA20	MA-TR-20	De: Confluencia Río Negro Hasta : Desembocadura en océano Pacífico
	10414MA10		
	10416MA10		
	10417MA10		
Río Negro	1041NE10	NE-TR-10	De: Naciente río Negro Hasta : Confluencia Río Maullín
	1041NE20		

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

6.2 Requerimientos de Calidad según Usos del Agua

En la tabla 6.2 que se muestra 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 Maullín

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 Maullín	MA-TR-10	2	--	--	0	No hay	0	1	CF, CT, DBO ₅	Todos los parámetros seleccionados
								2	--	
								3	--	
								4	Sn	
	MA-TR-20	2	--	--	0	No hay	0	1	Cu, CF, CT, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados
								2	Color, Cr, Mo, Al	
								3	SD	
								4	Sn	

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Maullín: Conductividad eléctrica, DBO₅, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos, coliformes fecales, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, aluminio, color aparente, sólidos disueltos, estaño, coliformes totales

Maullín

70.

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

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 Negro	NE-TR-10	--	--	--	0	No hay	0	1	DBO ₅ , CF	Otros parámetros seleccionados
								2	OD, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, color	
								3	--	
								4	pH	

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 Mauullín se presentan en el anexo 6.1.

7. OTROS ASPECTOS RELEVANTES

7.1 Índice 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 Maullín, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 6 parámetros principales seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros principales son:

- Cobre
- Cromo
- Hierro
- Manganeso
- Molibdeno
- Aluminio

7.1.2 Estimación del ICAS

Los resultados que se muestran en la tabla adjunta, se basan en la información de calidad de agua que se presenta en este documento y en la estimación de los parámetros obligatorios de los cuales no se tiene información. Para éstos, se han realizado estimaciones de información, (nivel 5). Sin embargo, a futuro se espera contar con dicha información en la medida que sea monitoreada.

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Maullín en las Quemadas	95
Río Negro en las Lomas	94

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Maullín posee tributarios de buena calidad. El cauce principal, calidad 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 Maullín en las Quemadas	0
Río Negro en las Lomas	0

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

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Maullín en las Quemadas	96
Río Negro en Las Lomas	95

La memoria de cálculo para el ICAS de calidad objetivo se encuentran en el anexo 7.2.

7.2 Programa de Monitoreo Futuro

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

En conformidad a lo dispuesto en el Instructivo la frecuencia mínima de muestreo corresponderá a los cuatro 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, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Aluminio, Estaño, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Boro, Cadmio, Mercurio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Amonio, Cianuro, Fluoruro, Nitrito, Sulfuro

- Parámetros Sin Información: Fluoruro, 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 Mauullín en las Quemadas	Río Negro en las Lomas	Río Mauullín en Llanquihue	Río Mauullín en Chullaquén
	COD_SEG	1041MA20	1041NE10	1041MA10	1041MA30
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	PPL	PPL	PPL	PPL
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O
RAS					
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O
INORGANICOS					
Amonio	mg/l				
Cianuro	µg/l	S/I	S/I	S/I	S/I
Cloruro	mg/l				
Fluoruro	mg/l				
Nitrito	mg/l				
Sulfato	mg/l				
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES					
Boro	mg/l	LD	LD	LD	LD
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Níquel	µg/l				
Selenio	µg/l				
Zinc	mg/l				
METALES NO ESCENCIALES					
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l				
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS					
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL	PPL

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

7.3 Sistema de Información Geográfico

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

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

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	http://www.geocities.com
2.2	APICULTURA.CL 2003 http://www.apicultura.cl
2.3	MOP, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile. 1987.
2.4	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.
2.5	VOLCANES Activos de Chile. http://povi.org/chile.htm
2.6	MOP, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.7	IGM, Instituto Geográfico Militar. Geografía de Chile. Tomo II: Geomorfología. 1983.
2.8	SAG, Servicio Agrícola Ganadero. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Ministerio de Agricultura. 1976.
2.9	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
2.10	GESAM CONSULTORES LTDA. Flora y Fauna Acuática ríos Andalién, Paicaví, Toltén, Valdivia, Bueno y Mauñín. Noviembre 2003.
2.11	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. http://www.censo2002.cl .
2.12	GOBIERNO Regional de la Araucanía 2003 http://www.laaraucania.cl/turismo-com_villarrica.htm
2.13	CONAF, CONAMA. Catastro de bosque nativo.
2.14	SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental. http://www.sinia.cl
2.15	CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad, X Región de Los Lagos. Septiembre 2002.
3.1	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile. 1996.