

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 COPIAPO

DICIEMBRE 2004

CADE-IDEPE
CONSULTORES EN INGENIERIA

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
1.	ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES	1
2.	RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA.....	2
2.1	Cartografía y Segmentación Preliminar	2
2.2	Sistema Físico -Natural	4
2.2.1	Clima	4
2.2.2	Geología y volcanismo	5
2.2.3	Hidrogeología.....	6
2.2.4	Geomorfología.....	8
2.2.5	Suelos	9
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Río Copiapó.....	10
2.3.1	Flora terrestre y acuática	10
2.3.2	Fauna acuática	11
2.4	Sistemas Humanos.....	12
2.4.1	Asentamientos humanos.....	12
2.4.2	Actividades económicas	13
2.5	Usos del Suelo	14
2.5.1	Uso agrícola.....	14
2.5.2	Uso forestal.....	15
2.5.3	Uso urbano.....	15
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	16
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	17
3.1	Información Fluviométrica.....	17
3.2	Usos del Agua.....	19
3.2.1	Usos in – situ	19
3.2.2	Usos extractivos.....	20
3.2.3	Biodiversidad.....	21
3.2.4	Usos ancestrales.....	22
3.2.5	Conclusiones.....	22

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	24
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	24
3.3.2	Residuos industriales líquidos	27
3.4	Datos de Calidad de Aguas	31
3.4.1	Fuentes de Información	31
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	33
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	35
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	35
4.1.1	Análisis por estación	35
4.1.2	Conclusiones	46
4.2	Análisis de la Calidad del Agua	48
4.2.1	Selección de parámetros	48
4.2.2	Análisis de tendencia central	51
4.2.3	Programa de muestreo puntual CADE-IDEPE	56
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	57
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	58
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	68
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES .	74
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	74
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua	85
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	88
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	93
5.4.1	Conductividad eléctrica	95
5.4.2	Relación de absorción de sodio (RAS)	96
5.4.3	Cloruros	96
5.4.4	Sulfatos	96
5.4.5	Boro	97
5.4.6	Cobre	97
5.4.7	Cromo	98

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.8	Hierro.....	98
5.4.9	Manganeso.....	99
5.4.10	Molibdeno.....	99
5.4.11	Zinc.....	100
5.4.12	Aluminio.....	100
5.4.13	Arsénico.....	100
5.4.14	Mercurio.....	101
5.4.15	Sólidos Disueltos.....	101
5.4.16	Sólidos Suspendidos (SS).....	101
5.4.17	Falencias de información.....	102
5.4.18	Conclusiones.....	102
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS.....	104
6.1	Establecimiento de Tramos.....	104
6.2	Asignación de Clases Objetivos.....	105
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo.....	109
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES.....	110
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	110
7.1.1	Antecedentes.....	110
7.1.2	Estimación del ICAS.....	111
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo.....	111
7.2	Programa de Monitoreo Futuro.....	112
7.3	Sistema de Información Geográfico.....	116
7.4	Referencias.....	116

Copiapó

iv.

ANEXOS

- Anexo 3.1 : Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Copiapó
- Anexo 3.2 : Base de Datos Depurada (Archivo Magnético)
- Anexo 4.1 : Tendencia Central del Río Copiapó
- Anexo 4.2 : Base de Datos Integrada (Archivo Magnético)
- Anexo 4.3 : Mapa Potencial de Generación Ácida
- Anexo 6.1 : Asignación Clase Actual y Objetivo Cuenca del Río Copiapó
- Anexo 7.1: Índice de Calidad Actual Cuenca del Río Copiapó
- Anexo 7.2: Índice de Calidad Objetivo Cuenca del Río Copiapó

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca del río Copiapó, que pertenece a la III Región de Atacama, se extiende entre los paralelos 26°38' y 28°38' de latitud sur, abarcando una superficie total de aproximadamente 18.400 km².

El río Copiapó se forma en La Junta, a 1230 m s.n.m, a partir de la confluencia de sus dos tributarios más importantes, el Jorquera que viene del norte y el Pulido que viene del sureste. Dos y medio kilómetros aguas abajo de La Junta se agrega el río Manflas, que proviene del sur con un reducido caudal. Prácticamente estos ríos son los únicos que aportan caudales superficiales, lo que implica que sólo aproximadamente un tercio de la hoya hidrográfica es activa.

El río de mayor aporte es el Pulido pese a que su hoya (2.100 km²) es aproximadamente la mitad que la del Jorquera (4.160 km²). Esto se debe a la existencia en las cabeceras de dos de los subafuentes del Pulido de sendos ventisqueros, en los ríos Los Helados y Montosa.

Una vez formado el río Copiapó en La Junta, su cauce toma un franco rumbo hacia el NNW hasta la confluencia de la quebrada de Paipote, con una longitud de 90 km. A partir de este punto, describe un arco suave hacia el NW para tomar, a la altura de la ciudad de Copiapó, un franco rumbo al W.

Los cauces superficiales incluidos en el estudio son los siguientes:

- río Copiapó
- río Pulido
- río Manflas
- río Jorquera

Copiapó

2.

2. RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

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

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

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

b) Segmentación preliminar

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

Tabla 2.1: Segmentación adoptada en los cauces seleccionados de la cuenca del río Copiapó

CUENCA RIO COPIAPO					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0340	Río JORQUERA	JO	1	0340 - JO - 10	NACIENTE EN RIO FIGUEROA	CONFLUENCIA RIO PULIDO
0341	Río PULIDO	PU	1	0341 - PU - 10	NACIENTE RÍO PULIDO	EST. CALIDAD RIO PULIDO EN VERTEDERO
0341	Río PULIDO	PU	2	0341 - PU - 20	EST. CALIDAD RIO PULIDO EN VERTEDERO	CONFLUENCIA RIO JORQUERA
0342	Río MANFLAS	MA	1	0342 - MA - 10	NACIENTE RIO MANFLAS	EST. CALIDAD RIO MANFLAS EN VERTEDERO
0342	Río MANFLAS	MA	2	0342 - MA - 20	EST. CALIDAD RIO MANFLAS EN VERTEDERO	CONFLUENCIA RIO COPIAPO
0343	Río COPIAPO	CO	1	0343 - CO - 10	CONFLUENCIA RIO JORQUERA Y RIO PULIDO	CONFLUENCIA RIO MANFLAS
0343	Río COPIAPO	CO	2	0343 - CO - 20	CONFLUENCIA RIO MANFLAS	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN BY-PASS LAUTARO
0343	Río COPIAPO	CO	3	0343 - CO - 30	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN BY-PASS LAUTARO	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN LA PUERTA
0343	Río COPIAPO	CO	4	0343 - CO - 40	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN LA PUERTA	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN MAL PASO
0343	Río COPIAPO	CO	5	0343 - CO - 50	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN MAL PASO	LIMITE SUBCUENCA
0345	Río COPIAPO	CO	1	0345 - CO - 10	LIMITE SUBCUENCA	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA
0345	Río COPIAPO	CO	2	0345 - CO - 20	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN PUENTE PIEDRA COLGADA
0345	Río COPIAPO	CO	3	0345 - CO - 30	EST. CALIDAD RIO COPIAPO EN PUENTE PIEDRA COLGADA	EST. FLUVIOMETRICA RIO COPIAPO EN ANGOSTURA
0345	Río COPIAPO	CO	4	0345 - CO - 40	EST. FLUVIOMETRICA RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	DESEMBOCADURA

Copiapó

4.

2.2 Sistema Físico -Natural

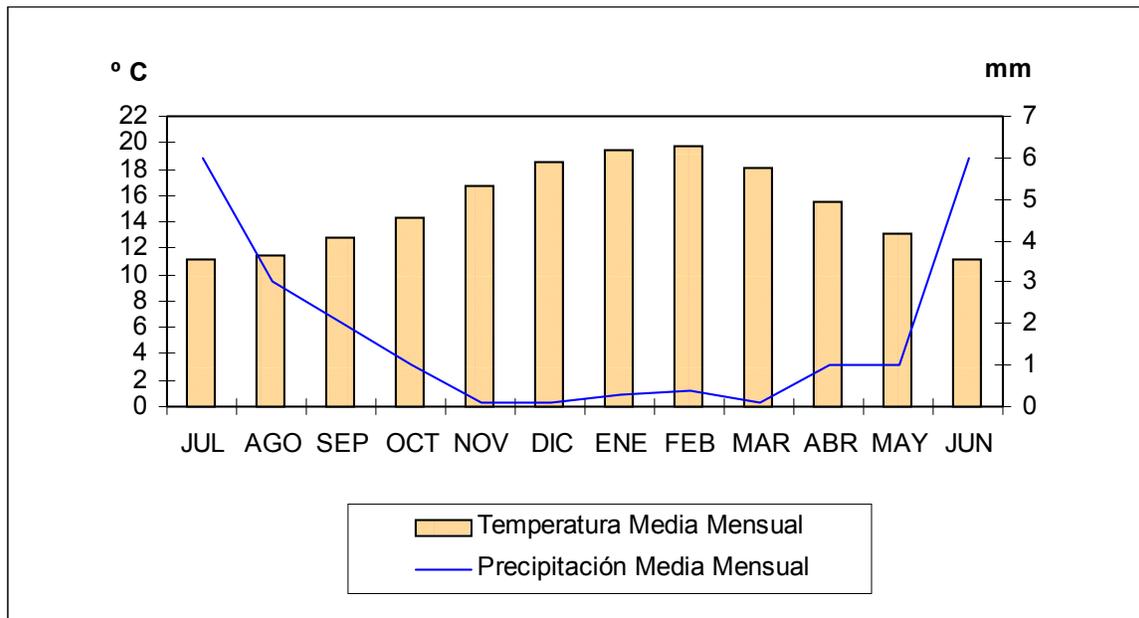
2.2.1 Clima

La Región de Atacama se caracteriza por un clima semiárido y por la presencia de desiertos. Debido al aumento paulatino hacia el Sur de las precipitaciones invernales, desde Copiapó hasta el límite Norte regional, el clima es muy árido, similar al de la segunda región. Al Sur de la ciudad de Copiapó, el clima se transforma en desierto marginal para dar paso paulatinamente al clima de estepa cálido.

Se destacan en la cuenca cuatro subclimas:

- El clima desértico litoral: la principal característica de este clima es la abundante nubosidad matinal. En la cuenca, dicho clima se localiza a lo largo de toda la franja costera, penetrando al interior del valle de Copiapó. Las precipitaciones aumentan hacia el Sur, alcanzando 18 mm anuales, mientras las temperaturas anuales promedian 16,1°C, con humedad relativa de 74%.
- Clima desértico de interior: se localiza en la franja intermedia de la cuenca, especialmente en los relieves de las Pampas. Sus principales características son las elevadas temperaturas durante el día, ausencia de nubosidad y de precipitaciones.
- Clima desértico marginal de altura: se localiza en la zona Andina por sobre los 2.000 metros de altitud. Las precipitaciones son más abundantes, sobre los 250 mm anuales, y en las cumbres más altas predominan las precipitaciones sólidas. La presencia de nieve en esta región permite el desarrollo de ríos de alimentación pluvionival, con cursos permanentes durante todo el año y de carácter exorréicos. Las temperaturas son bajas y la amplitud térmica entre el día y la noche es acentuada. [Ref. 2.1]

En el siguiente diagrama climático, (figura 2.1), se presentan los montos de precipitación y temperaturas medias mensuales del río Copiapó en el sector de Embalse Lautaro.



[Ref. 2.2]

Figura 2.1: Diagrama Climático Ombrotérmico, sector Embalse Lautaro río Copiapó

En la figura anterior, se identifican claramente las estaciones secas y húmedas. El período seco, se manifiesta en los meses de Agosto a Mayo con precipitaciones medias mensuales que varían entre 0,1 a 3 mm y temperaturas de 16,6 a 21,4°C (Febrero). El período húmedo, se presenta únicamente en los meses de Junio y Julio con precipitaciones medias mensuales de 6 mm (en ambos meses) y temperaturas de 15 y 15,7°C respectivamente.

2.2.2 Geología y volcanismo

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

- Zona Norte de la Cuenca

Rocas Ki2c de tipo volcano – sedimentarias del Cretácico inferior – Cretácico superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones

Copiapó

6.

marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, conglomerados de areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil; ubicadas en la quebrada Paipote.

- Zona Sur- Oeste de la Cuenca

Rocas Ks2c de tipo volcano – sedimentarias del Cretácico superior. Secuencias volcano – sedimentarias continentales: Rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas; ubicadas en quebrada. Amolanas, Qda. La Fortuna.

- Zona Noroeste de la cuenca

Rocas Kiag de tipo intrusivas del Cretácico inferior alto – cretácico superior bajo. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzodioritas de hornblenda y biotita. Asociados a mineralización de Fe, Cu, Au; ubicadas en la Quebrada de los Pequeños, hasta más al sur del cauce del río Copiapó.

- Sector Río Jorquera

Rocas J1m de tipo sedimentarias del Jurásico inferior – medio. Secuencias sedimentarias marinas litorales o de plataforma calizas, areniscas calcáreas, lutitas, conglomerados y areniscas con intercalaciones volcanoclásticas y lávicas, basaltos almohadillados.

- Quebrada Cortaderas y Quebrada Litigos

Rocas Ki1m de tipo sedimentarias del Cretácico inferior. Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas calcarenitas areniscas, margas y coquinas.

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán Ojos del Salado, que se ubica en los alrededores de la cuenca. [Ref. 2.4]

2.2.3 Hidrogeología

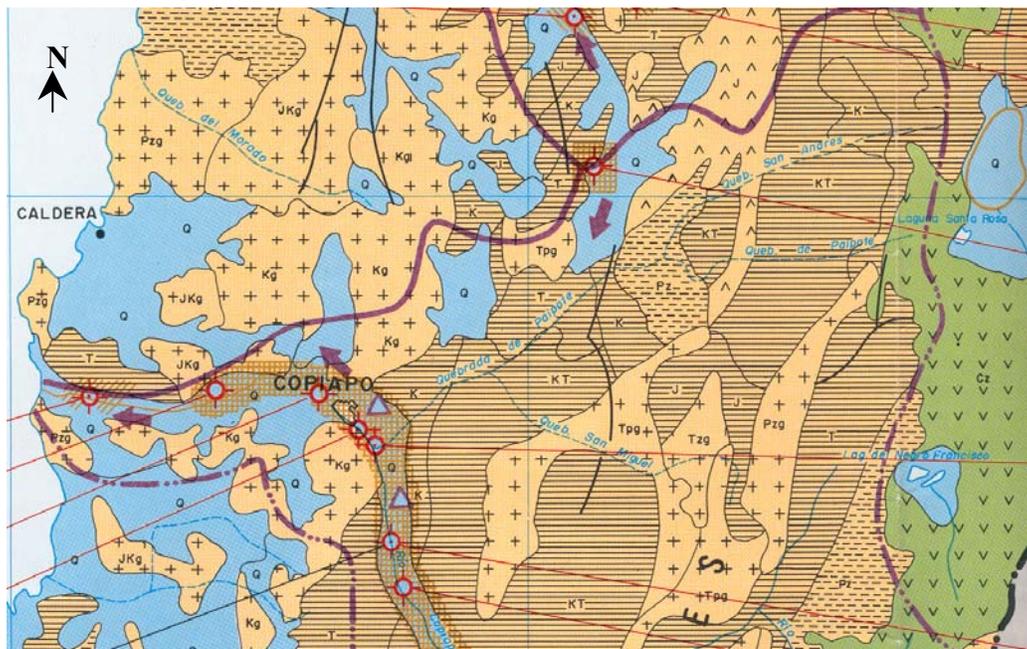
La cuenca hidrográfica del río Copiapó, se extiende desde la latitud 26°43' por el norte, hasta la latitud 28°34' por el sur. En el sector alto, destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de rocas volcánicas, sedimentario – volcánicas y plutónicas e hipabisales.

Destacan además, claramente dos tipos de escurrimientos: uno en dirección SSW que corre paralelo a la quebrada de Paipote por un lecho de rocas del período terciario sedimentario volcánico y cretácico mixto sedimentario y volcánico de muy baja permeabilidad hasta su confluencia con el río Copiapó.

El otro acuífero se origina de la confluencia de las aguas subterráneas desde los ríos Manflas a Jorquera que se unen en el sector de Embalse Lautaro. El lecho por el cual escurre las aguas subterráneas son principalmente de rocas plutónicas del paleozoico plutónico y jurásicas sedimento – volcánicas. A partir del sector Embalse Lautaro, escurre paralelo al río Copiapó en dirección NNW hasta la altura de Copiapó con profundidades freáticas que varían de los 53 a 11 m (Copiapó). Esta zona se destaca por tener un intenso uso para riego.

A partir de Copiapó hasta Caldera, el curso cambia de dirección NNW a W con profundidades de 16 a 0,7 m en la desembocadura, las aguas subterráneas escurren por depósitos no consolidados, relleno del período cuaternario de alta permeabilidad y volcano - sedimentarias del período terciario.

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



[Ref. 2.5]

**Figura 2.2: Características Hidrogeológicas de la Cuenca del río Copiapó
(Escala 1:1.000.000)**

2.2.4 Geomorfología

La cuenca presenta un relieve muy irregular y accidentado, predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías.

Desde el punto de vista geomorfológico, existe una serie de elementos fisiográficos se pueden identificar claramente; los grupos principales son: Cordillera de los Andes, Valles Transversales, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales (Figura 2.2).

La Cordillera de los Andes se presenta con grandes alturas, destacando cerro Piuquenes (5.591m s.n.m.) en el sector alto de la subcuenca del río Manflas; cerro Cárdenas (4.280 m s.n.m.) sector alto de la subcuenca del río Jorquera y cerro Estancilla (3.556 m s.n.m.) perteneciente a la subcuenca del río Pulido. El sector precordillerano tiene alturas comprendidas entre 3.000 y 4.500 metros, caracterizado por la continuación hacia el Sur de la Cordillera de Domeyko que presenta un conjunto de serranías en sentido transversal.

Desde su nacimiento en la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y río Manflas (28° latitud Sur), el río Copiapó a lo largo de sus 162 Km posee un curso general en sentido Norponiente hasta su desembocadura en el mar (27° 17' latitud Sur). En sus primeros kilómetros hasta el sector de la localidad de Lautaro, su cauce presenta un escurrimiento de tipo recto y valle escarpado, la precordillera Andina en este sector presenta alturas comprendidas entre los 2.500 por el poniente a 2.700 m s.n.m. por el sector oriente, destacando el cerro Vizcacha con una altura de 2.744 m s.n.m.

Desde la localidad de Lautaro hasta el sector de Paipote el río sigue con escurrimiento recto, recorriendo sectores del valle central, con terrazas fluviales de mayor amplitud. Las elevaciones (cerros y lomajes) que se presentan en este sector del valle central, están comprendidas entre los 1.200 y 2.700 m s.n.m. por el oriente y entre los 900 y 2.300 m s.n.m. por el sector poniente.

El tramo final del río Copiapó (desde el sector de Paipote hasta la desembocadura), el cauce del río presenta en algunos sectores (Aguirre, Toledo, Valle Fértil y Angosturas), un escurrimiento recto – meándrico y de tipo anastomosado en el sector de Valle Fértil. Las alturas más significativas del relieve en esta zona, corresponden a las del cerro Chancoquín (1.020 m s.n.m.) y Tía Ramos (1.076 m s.n.m.) en el sector norte del río Copiapó y los cerros Bramador (1.172 m s.n.m.), Pata de Gallina (732 m s.n.m.) y Totalillo (397 m s.n.m.) en el sector sur del cauce. Las terrazas laterales del valle en este tramo,

específicamente desde el sector de San Pedro hasta San Camilo, son significativamente más extensas con amplitudes comprendidas entre 5 y 11 km. Las planicies litorales en la desembocadura del río Copiapó, son bastante extensas. [Ref. 2.6]

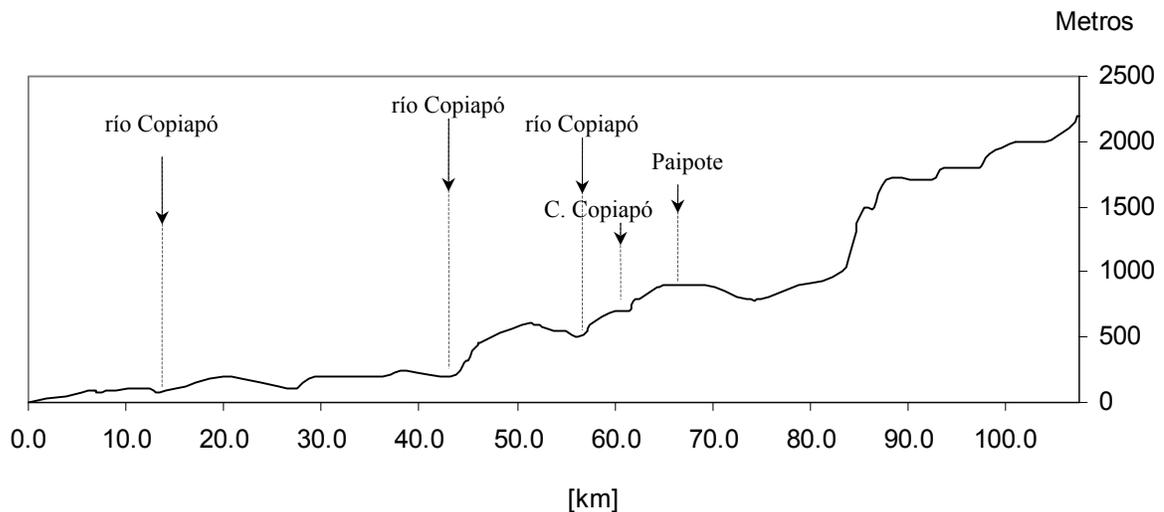


Figura 2.2: Perfil topográfico W – E a la latitud de 27°20' (Cuenca del río Copiapó)

2.2.5 Suelos

Los suelos del valle de la cuenca corresponden a sedimentos fluviales actuales que podrían ser materiales antiguos retrabajados, este tipo de depositación ha sido influenciado por los aportes de sedimentos de quebradas que desembocan en el valle, el que presenta dos fases diferentes de evolución.

En el curso superior y medio se observan formas juveniles, de paredes abruptas y sin meandros y en el curso inferior se presenta una etapa de mayor avance en el desarrollo, las pendientes de las paredes son menos escarpadas y el fondo del valle es plano – penillanura. En el curso superior y medio predominan los materiales gruesos y sólo localmente hay depositación de elementos finos producto de condiciones lacustrinas o pantanosas originadas por sedimentos de las quebradas que obstruyeron parcialmente el río.

Copiapó

10.

En el curso inferior del valle predominan los elementos más finos; arenas finas, limos y arcillas. En el sector María Isabel hay pequeñas dunas, salinas, que podrían ser de origen marino retransportado por acción eólica y que están en avance hacia el interior. [Ref. 2.7]

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Río Copiapó

2.3.1 Flora terrestre y acuática

Para esta cuenca se han identificado cuatro formaciones vegetales:

- **Desierto Costero de Tal Tal:** Esta parte del desierto costero muestra una fisonomía más característica, con su mayor representatividad en el conocido lugar de Paposo. La vegetación a menudo abundante se le puede describir a través de dos agrupaciones: aquella que crece en las laderas bajo la influencia directa de las neblinas y la que ocupa las quebradas y aguadas. Las cactáceas son dominantes en el paisaje vegetal, tanto en la estructura columnar como las globosas. Las especies más representativas de esta formación son: la Sosa (*nolana crassulifolia*), la alcaparra – té de burro (*cassia brogniartii – dinemandra ericoides*), el suspiro (*nolana sedifolia*), la hierba roja (*mathewsia incana*).
- **Desierto Florido del Llano:** Se encuentra en los llanos y serranías intermedias, en las planicies arenosas entre Vallenar y Copiapó. Destaca por la presencia de comunidades dominadas por (*Skytanthus acutus*) y (*Encelia tomentosa*) y la emergencia ocasional de plantas efímeras entre las que destacan especies de los géneros *Cristaria* y *Calandrinia*.
- **Desierto Florido de las Serranías:** Se localiza en los sectores de relieve más heterogéneo que tienden a ubicarse próximos al macizo andino. Las comunidades típicas son matorrales abiertos donde dominan (*Bulnesia chilensis*) (Rara), (*Adesmia argentea*) y (*Balsamocarpon brevifolium*) (Vulnerable), y albergan a un conjunto muy diverso de especies vegetales perennes y efímeras, concentrando la mayor parte de los taxa leñosos amenazados de la zona (e.g. *Cordia decandra*, *Krameria cistoidea*, *Pintoa chilensis*).

- Estepa Altoandina de Coquimbo: Se encuentra en los sectores andinos, donde las precipitaciones son superiores a los 150 mm anuales y las temperaturas tienden a disminuir a mayor altitud. Su fisionomía corresponde matorrales bajos y pajonales dominados por especies arbustivas del género *Adesmia* (*A. hystrix*, *A. echinus*, *A. remyana*), *Haplopappus baylahuen* y *Senecio johnstonianus* y gramíneas cespitosas del género *Stipa* (e.g. *Stipa chrysophylla*). En las partes altas de esta formación se encuentra la llaretilla (*Laretia acaulis*, Vulnerable) en su límite norte de distribución.

Con respecto a la flora acuática, el incremento y permanencia del recurso agua se refleja en la riqueza de especies de flora y fauna. La tabla siguiente indica las especies acuáticas predominantes en la cuenca del río Copiapó.

Tabla 2.2: Flora acuática presente en la cuenca del río Copiapó y su origen

Nombre Científico	Estado de conservación
<i>Nostoc sp</i>	No listada
<i>Elodea sp</i>	No listada
<i>Myriophyllum potamogeton</i>	No listada
<i>Salicornia peruviana</i>	No listada
<i>Chara Chaetomorpha</i>	No listada
<i>Ophryosporus foliosus,</i>	No listada
<i>Juncus andicola</i>	No listada
<i>Baccharis Tessaria</i>	No listada

[Ref. 2.9]

2.3.2 Fauna acuática

a) Fauna bentónica

La Fauna acuática bentónica es en general reducida consistiendo principalmente de insectos acuáticos y algunos organismos bentónicos. La especie más importante de invertebrados la constituye el camarón de río del norte, especie comercial que se distribuye preferentemente desde aguas abajo de la ciudad de Copiapó (Piedra Colgada) hasta la desembocadura.

Tabla 2.3: Fauna bentónica río Copiapó

Nombre Científico	Estado de conservación
<i>Cryphiops caementarius</i>	No listada
Ephemeroptera	No listada
Coleóptero	No listada
Chironomidae	No listada
Plecoptera	No listada
Diptera	No listada
Trichoptera	No listada
<i>Limnea sp</i>	No listada
Anélidos	No listada

b) Fauna íctica

La fauna íctica está constituida por especies adaptadas a las condiciones particulares del norte chico, la tabla indica las especies más comunes que se encuentran en la río Copiapó y sus tributarios.

Tabla 2.4: Fauna íctica río Copiapó

Nombre Científico	Nombre Común	Estado de conservación
<i>Trichomycterus aerolatus</i>	Bagrecito	Vulnerable
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Vulnerable
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey	Peligro de extinción
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	No listada
<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoiris	No listada
<i>Gambusia affinis</i>	Gambusia	No listada

[Ref. 2.9]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político- administrativo, la cuenca del río Copiapó abarca las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. Geográficamente la superficie de la cuenca equivale al 25% de la superficie total de la III Región de Atacama.

En la cuenca existen 20 localidades pobladas, de las cuales 2 son ciudades y el resto, corresponden a poblados, asentamientos rurales y caseríos. Las ciudades emplazadas en

la cuenca son Copiapó (capital regional) con 129.091 habitantes y Tierra Amarilla con 12.888 habitantes, según censo del año 2002.

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

Tabla 2.5: Población total cuenca del río Copiapó

Nombre Asentamiento	Población Total 2002	Población Total Urbana 2002	Cauces asociados
Copiapó	129.091	125.983	Río Copiapó
Tierra Amarilla	12.888	8.578	Río Copiapó
Los Loros*	1.172	Nd	Río Copiapó

Ref [2.10]

Nd: dato no disponible.

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

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

2.4.2 Actividades económicas

Las actividades más importantes dentro del PIB Regional son, en orden de importancia, la minería (45%), la actividad silvoagropecuaria (11%) y el comercio (11%). En el otro extremo, es decir, con una menor participación, se encuentran los sectores de pesca (4%), electricidad, gas y agua (2%) y la industria manufacturera (3%).

En la cuenca la principal actividad económica, está dada por la actividad minera de cobre y oro. Esta se concentra principalmente en la comuna de Copiapó, donde se han identificado 54 faenas mineras (activas), mientras que en la comuna de Tierra Amarilla existe un total de 32 faenas (activas). Sólo esta actividad productiva genera al año más de 5.000 empleos.

La actividad agrícola, segunda en importancia económica, es favorecida por las características climáticas de la zona, haciendo posible condiciones aptas para la agricultura intensiva en los valles de riego. El clima del valle de Copiapó ha permitido producir en forma temprana uva, tomates, ajíes, pimentones y otros.

Actualmente la cuenca posee una superficie aproximada de 16.000 Ha aprovechables para el desarrollo de la agricultura. Uno de los principales cultivos desarrollados actualmente es la uva de mesa (exportación) y en menor proporción de olivos, hortalizas, uva pisquera y flores.

Copiapó

14.

2.5 Usos del Suelo

Los usos del suelo se ilustran en la lámina 1940-COP-01 y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.6: Clasificación Usos del suelo Cuenca del río Copiapó

Cuenca del río Copiapó (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
1.840.000	Praderas	0	0
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	16.084	1
	Plantaciones forestales	0	0
	Áreas urbanas e industriales	683	0,04
	Minería Industrial	< 156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	0	0
	Otros Usos*	775.996	42
Áreas sin vegetación	1.047.237	57	

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. Ref [2.11]

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

2.5.1 Uso agrícola

El uso del suelo de tipo agrícola en la cuenca comprende 16.084 Ha equivalentes al 1% de la superficie total. La construcción de tranques y canales de riego aseguran el aporte de aguas para las labores agrícolas utilizando las aguas del cauce principal de la cuenca.

Los terrenos agrícolas se presentan a lo largo de todo el valle del río Copiapó solamente en los terrenos aledaños a las terrazas fluviales de este cauce. En el sector alto del río, la superficie de terrenos de agrícolas es muy reducida, siendo estas más amplias aguas abajo de la localidad de Paipote.

Según los antecedentes existentes al año 1997 la provincia de Copiapó posee terrenos agrícolas destinados principalmente a siembras y plantaciones de cultivos de hortalizas y frutales. La superficie agrícola más extensa e importante según los tipos de cultivos anteriores, se localiza en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. [Ref. 2.2]

2.5.2 Uso forestal

Este tipo de uso del suelo no se presenta en la cuenca. [Ref. 2.11]

2.5.3 Uso urbano

El uso del suelo de tipo urbano en la cuenca, alcanza las 683 Ha equivalentes al 0,04% de la superficie total. La población urbana, se concentra mayoritariamente en la ciudad de Copiapó, en las localidades de Tierra Amarilla y Los Loros con un total aproximado al año 2002 de 140.000 habitantes.

El centro urbano más importante de la zona, está representado por la ciudad de Copiapó, capital regional de Atacama emplazado en la zona baja del cauce principal de la cuenca. Esta ciudad presenta tres polos de desarrollo urbano: el Convento e Iglesia de San Francisco aledaña al Cerro La Cruz; la Plaza Prat, trazada como centro de la villa, y el pueblo de San Fernando, actuales chacras y quintas hacia el oriente de la ciudad. [Ref. 2.11]

La superficie de la cuenca destinada a la actividad minera, es reducida (menor a 156,25 ha) pero de gran importancia económica. Esta actividad, concentrada principalmente en los alrededores de la ciudad de Copiapó (comuna de Copiapó), se han identificado 54 faenas mineras. La comuna de Tierra Amarilla posee también un número importante de ellas (32 faenas mineras activas).

Las empresas privadas más relevantes en la producción minera del cobre corresponden a la Cía. Minera Candelaria con faenas mineras ubicadas en el sector cordillerano de la cuenca a la latitud de Copiapó, la cual ha constituido el principal yacimiento curprífero de la zona. También destaca la Sociedad Punta del Cobre S.A como productor de cátodos electro obtenidos con su proyecto Biocobre.

La minería del oro se ha concentrado en el distrito minero del salar de Maricunga, ubicado en la parte alta de la Cordillera de Los Andes al noreste de Copiapó, con

Copiapó

16.

los yacimientos La Coipa pertenecientes a la Cía. Minera Mantos de Oro y la mina Arqueros que es explotada por la Cía. Minera Can – Can S.A. [Ref. 2.13]

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del río Copiapó no posee Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE. Los sitios de conservación de la biodiversidad existentes en la cuenca, se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 2.7: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Estuario del río Copiapó hasta morro Copiapó	473	Humedal costero y área marina. Alta diversidad de invertebrados, mamíferos y aves marinas. Diversidad de hábitats representativos del litoral del Norte de Chile.
Zona del Desierto Florido	99.522	El fenómeno del Desierto Florido, se desarrolla en la zona comprendida entre el nivel del mar y los 800 m s.n.m. En esta zona existen ecosistemas con presencia de flora única y singular. Pristinidad media.

[Ref.2.14][Ref. 2.15]

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 Copiapó es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Copiapó

Nombre	Período de Registro
RÍO PULIDO EN VERTEDERO	1964 – 2002
RÍO MANFLAS EN VERTEDERO	1964 – 2002
RÍO JORQUERA EN VERTEDERO	1964 – 2002
RÍO COPIAPO EN PASTILLO	1952 – 2002
RÍO COPIAPO EN LAUTARO	1948 – 1992
RÍO COPIAPO EN LA PUERTA	1948 – 2000
RÍO COPIAPO EN MAL PASO	1929 – 1988
RÍO COPIAPO EN CIUDAD DE COPIAPO	1983 – 2001

El régimen del río Copiapó es mixto, ya que se puede apreciar una superposición de distintos regímenes. En sus afluentes de cabecera se observan regímenes nivales y mixtos, mientras que en el cauce principal se observa uno nival, en su parte alta, para luego adoptar las características de uno mixto.

Para el análisis hidrológico de esta cuenca se han considerado dos grupos de estaciones, el primero corresponde a un régimen nival, el cual contiene cuatro estaciones, y el segundo reúne las estaciones con mixto.

- Grupo 1; Régimen Nival: Este grupo lo conforman cuatro estaciones fluviométricas, Río Manflas en vertedero, Río Pulido en vertedero, Río Copiapó en Pastillo y Río Copiapó en Lautaro. En estas estaciones los mayores caudales ocurren en los meses de primavera y verano, producto de los deshielos.

- Grupo 2; Régimen Mixto: Este régimen es una superposición de los regímenes nival y pluvial, sin mostrar una clara superioridad de uno sobre el otro. Este régimen se observa en la parte baja del río Copiapó y en uno de sus afluentes, el río Jorquera. Cuatro estaciones conforman este grupo; Río Jorquera en Vertedero, Río Copiapó en La Puerta, Río Copiapó en Mal Paso y Río Copiapó en Ciudad de Copiapó.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Nival	RÍO PULIDO EN VERTEDERO
2		RÍO MANFLAS EN VERTEDERO
3		RÍO COPIAPO EN PASTILLO
4		RÍO COPIAPO EN LAUTARO
5	Mixto	RÍO JORQUERA EN VERTEDERO
6		RÍO COPIAPO EN LA PUERTA
7		RÍO COPIAPO EN MAL PASO
8		RÍO COPIAPO EN CIUDAD DE COPIAPO

Debido a que no existe una gran diferencia en los regímenes de los grupos de estaciones, se ha considerado sólo una estación patrón para completar y extender las estadísticas de las estaciones incompletas mediante correlaciones lineales. Sin embargo, en ciertos casos se procedió a rellenar algunas estaciones con estaciones vecinas que tuvieran un comportamiento similar. Este es el caso de las estaciones Copiapó en Pastillo y Manflas en Vertedero, las cuales se correlacionaron entre ellas. La estación patrón es Río Copiapó en Lautaro.

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

3.2 Usos del Agua

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

Las fuentes utilizadas en este capítulo corresponden a:

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

3.2.1 Usos in – situ

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

a) Acuicultura

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

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

Copiapó

20.

b) Pesca deportiva y recreativa

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

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

3.2.2 Usos extractivos

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

a) Riego

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

La mayor parte del área bajo riego en la cuenca del río Copiapó se dedica al cultivo de parronales, para la producción de vid de mesa. Otros cultivos lo constituyen los olivos y hortalizas surtidas. Así la superficie regada alcanza a 16084 há. (Ref. 2.11).

La demanda bruta al año 1997 era de 74.501.000 m³/año y la demanda neta al mismo año correspondía a 52.910.000 m³/año [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.

En la cuenca del Copiapó, las localidades de Copiapó y Tierra Amarilla son abastecidas de agua potable exclusivamente a través de aguas subterráneas.

c) Generación de energía eléctrica

Si bien la cuenca del río Copiapó se encuentra en el área de abastecimiento del SIC, no cuenta con centrales hidroeléctricas que aporten recursos eléctricos al sector. Sin embargo, existe una central llamada Elisa de Bordos que utiliza las aguas del río Copiapó y que es propiedad de la Cía. Minera San José Ltda. No es posible asignar este uso a un segmento específico, por lo que no se incluirá en la lámina de Usos del Agua.

d) Actividad industrial

En el sector comprendido entre la quebrada Carrizalillo y la quebrada Paipote no existen demandas industriales. En tanto que el sector comprendido por la quebrada de Paipote y la quebrada La Brea en 1996 presentaba una demanda de 346.410 (m³/año) de las agroindustrias (Ref. 3.2). De acuerdo a la información disponible no es posible asignar este tipo de uso a ningún segmento específico.

e) Actividad minera

En la actualidad un 5 % de la demanda de agua por la minería se realiza sobre recursos hídricos superficiales. En la siguiente tabla se indican los derechos de agua otorgados al sector minero:

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

Nombre	Año	Fuente	Derechos (l/s)
Explor y Minera Sierra Morena S.A.	1967	Quebrada El Petén	29
Minera Anglo Americana Chile S.A.	1987	Río La Gallina	50
Cía. Nacional de Minería Ltda.	1988	Quebrada El Salto	14
Cía. Minera Mantos de oro	1990	Quebrada Los Terneros	3

[Ref. 3.3]

No es posible asignar estas bocatomas a ningún segmento, por lo que no se incluirán en la tabla 3.4.

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

Copiapó

22.

Biodiversidad y algunos otros sitios de interés que pudieran sobresalir de la información recopilada (sitios CONAF, etc.).

En la cuenca del río Copiapó no existen áreas contempladas por el SNASPE.

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

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

Tabla 3.4: Usos de agua por Segmento en la Cuenca del Copiapó

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Manflas	0342MA10									
	0342MA20			•						
Río Pulido	0341PU10			•						
	0341PU20			•						
Río Jorquera	0340JO10			•						
Río Copiapó	0343CO10					+				
	0343CO20			•						
	0343CO30			•						
	0343CO40			•					•	
	0343CO50									
	0345CO10			•				+	•	
	0345CO20			•					•	
	0345CO30			•					•	
0345CO40							•			

[Ref 3.2] y [Ref 3.3]

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

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

Copiapó

24.

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del río Copiapó posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 137.682 habitantes. Esta población comprende las localidades de Copiapó y Tierra Amarilla.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 95% (130.392 habitantes) posee servicios de agua potable y alcantarillado. Esto refleja que prácticamente la totalidad de la población urbana es atendida con estos servicios por la empresa sanitaria EMSSAT S.A.

La empresa sanitaria además de los servicios anteriores, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. La ciudad de Copiapó y la localidad de Tierra Amarilla cuentan con un porcentaje importante en el tratamiento de sus aguas con un 95,7 y 83,6% de tratamiento respectivamente (según estimación por la SISS al año 2002).

El incremento en la cobertura de tratamiento de aguas servidas al año 2005 (según estimación de la SISS), no es significativa ya que para la ciudad de Copiapó, se proyecta una cobertura de 96% y para la localidad de Tierra Amarilla de 83,7%.

A continuación, en la tabla 3.5 se incluye información referente a la empresa de servicios sanitarios que opera actualmente en la cuenca; el cuerpo receptor de las aguas servidas; el porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas servidas (estimadas al año 2001) y población total estimada (urbana y saneada) para cada localidad. Los valores de concentración de los parámetros característicos de las aguas servidas, son aquellos estipulados en el Decreto N° 90/00, en el cual se incluyen como límite máximo permisible.

Tabla 3.5: Descargas de Aguas Servidas

Localidad atendida	Segmentos Asociados a las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa de Servicios Sanitarios	Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas (%)	Población Urbana Total Estimada (Hab)	Población Estimada Saneada (Hab)	Planta de Tratamiento	Nombre Planta	Caudal (L/S)	Dbo ₅ (Mg/L)	pH	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	A y G (mg/l)	Cu Total (mg/L)	Fe disuelto (mg/l)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)
Copiapó	0345CO20	río Copiapó	EMSSAT S.A	95,7	127.945	127.074	SI	Laguna Aireada Copiapó	235,3	35	6,0 – 8,5	80	20	0,1	2	1.000
Tierra Amarilla	0343CO40	río Copiapó	EMSSAT S.A	83,6	9.737	8.930	SI	Laguna Aireada T. Amarilla	16,5	35	6,0 – 8,5	80	20	0,1	2	1.000

NOTAS:

- Nd: información no disponible.
- 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 EMSSAT 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.

Copiaró

26.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

La principal actividad económica en la cuenca, es la actividad minera de cobre y oro. Esta se concentra principalmente en la comuna de Copiapó, donde se han identificado 74 faenas mineras, mientras que en la comuna de Tierra Amarilla existe un total de 44 faenas.

Las faenas mineras más relevantes en la producción de estos minerales, corresponden a Candelaria perteneciente a la Cía. Minera Candelaria, Socavón Rampa de la Cía. Minera Punta del Cobre S.A., La Coipa perteneciente a la Cía. Minera Mantos de Oro, Mina Arqueros que es explotada por la Cía. Minera Can – Can, Mina Refugio explotada por la Cía. Minera Maricunga y Mina Las Pintadas del grupo minero Sali Hochschild.

Destacan también la faena San José que es una de las minas de Minera San Esteban. Esta compañía perteneciente al grupo de mediana minería, opera además de la mina anterior, las minas de Carmen, San Antonio y la planta de flotación San Esteban de Copiapó.

Otras de las empresas que poseen faenas en la cuenca, corresponden a la Cía. Minera Ojos del Salado, Coemin S.A. con su faena minera Cerrillos y Agua de La Falda con faenas mineras en Jerónimo y Agua de La Falda, esta última paralizada por agotamiento del mineral.

Del total de faenas mineras y empresas asociadas a la extracción del mineral de cobre y oro que descargan sus efluentes al río Copiapó directa o indirectamente (alcantarillado), se han identificado sólo las incluidas en la tabla 3.6.

Copiapó

28.

Tabla 3.6: Residuos Industriales Líquidos

Industria	Comuna	Descarga	Segmento Asociado a la Descarga	Cuerpo Receptor	CIU	Caudal (L/s)	pH	T	SS	SD	Aceites y Grasas	HC	DBO ₅	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH ₄	Pb	SO ₄	Zn	PE	B	Al	Mn
Cía. Contractual Minera Ojos del Salado	Tierra Amarilla	alcantarillado	0343CO40	río Copiapó	23031	0,4	*	*	*	*				*	*	0,2	*	*		*	*		*	227	*				*
ENAMI, Empresa Nacional de Minería	Copiapó	río, suelo	0345CO10	río Copiapó	37201	4,2	*		*		*		35	*	*	*		*		*			*	534	*				
Cía. Minera Mantos de Oro	Copiapó	alcantarillado	0345CO10	río Copiapó	23041	Nd	*	*	*	*				*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
Cía. Minera y Comercial Sali Hochschild S.A	Copiapó	río	0345CO10	río Copiapó	23031	0,14	8	*	420	*				*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
Guggiana (faena minera del cobre)	Copiapó	río	0345CO20	río Copiapó	23033	Nd	8,5	*	*	*				0,009	*	*	0,002	*		ND	*		ND	*	*				*
Santa Anita (faena minera del cobre)	Copiapó	río	0345CO20	río Copiapó	23033	Nd	8,14	*	*	*				0,006	*	*	0,006	*		ND	*		ND	*	*				*

NOTAS:

- Nd: información no disponible.
- Las unidades de concentración de los parámetros fisico-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.
- La información referente a las faenas mineras de Guggiana y Santa Anita, han sido proporcionadas por el Servicio Agrícola Ganadero.

Copiapó

30.

3.4 Datos de Calidad de Aguas

3.4.1 Fuentes de Información

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

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

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Copiapó				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Periodo de Registro	Nº de Registros
Río Copiapó					
By Pass en Lautaro	NO	32	20	1986-2002	20
En Angostura (*)	SI	31	19	1986-1996	41
En Copiapó (*)	SI	31	19	1983-1998	6
En Hacienda María Isabel (*)	NO	11	5	1981	1
En La Chimba (*)	NO	18	9	1986-1987	5
En La Puerta	SI	31	20	1986-2002	22
En Mal Paso	SI	33	21	1986-2002	64
En Monte Amargo (*)	NO	11	5	1986	1
En Piedra Colgada	NO	33	21	1986-2002	19
En Puente Bodega (*)	NO	31	19	1990-2000	20
Río Jonquera					
En Vertedero	SI	33	21	1986-2002	51
Río Manflas					
En Vertedero	SI	33	21	1985-2002	64

Copiapó

32.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Copiapó				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Pulido					
En Vertedero	SI	33	21	1980-2002	71
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		NO	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

(*) : Estación de monitoreo suspendida

- b) Plan de Monitoreo Ambiental Tierra Amarilla, Compañía Contractual Minera Candelaria. Dames & Moore (1993-1997)

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DAMES & MOORE					
Cuenca	Río Copiapó				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	N ° de Registros
Río Copiapó					
En Nantoco	NO	40	23	1993-1997	9
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

c) Programa de Monitoreo del SAG.

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO SAG				
Cuenca	Río Copiapo			
Cuerpos de Agua	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	Nº de Registros
Sector Minero				
Planta Guggiana (100mts aguas arriba y 50mts aguas abajo)	7	7	1998-2000	2
Planta Santa Anita (100mts aguas arriba y 50mts aguas abajo)	7	7	1998-2000	2
Parámetros medidos Instructivo				
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas	NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos	NO	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos	NO	
• Metales no esenciales	NO	• Otros parámetros no normados	NO	

d) Programa de muestreo puntual CADE-IDEPE

El detalle se presenta en el acápite 4.2.3.

3.4.2 Aceptabilidad de los programas de monitoreo

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

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

- Análisis de outliers

Cada vez que, en una estación de monitoreo, un registro o valor de un parámetro aparentemente difiere notoriamente del resto de los valores registrados, se procede a someter estos puntos discordantes al test de Dixon para la detección de outliers. Una vez realizado este proceso de revisión de la información existente en la cuenca del río Copiapó, se

Copiapó

34.

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

- Análisis de límites físicos

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

- Análisis de límites de detección (LD)

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

En la cuenca del río Copiapó se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: cadmio ($<10 \mu\text{g/l}$) y plomo ($<0.01 \text{ mg/l}$). 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 de río Copiapó, se presenta en la forma de archivo digital en el anexo 3.2.

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuencas de los afluentes

- Manflas en Vertedero

Esta estación se encuentra en el río Manflas a 1550 m s.n.m. De los tres ríos afluentes de cabecera, éste es el que aporta menos recursos de agua al sistema.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se presentan los caudales medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia, se puede observar que esta estación muestra un régimen nival, ya que sus mayores caudales provienen de aportes nivales.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y diciembre, mientras que los menores ocurren entre mayo y julio.

En años secos se presentan caudales muy bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a 200 l/s.

Tabla 4.1: Río Manflas en Vertedero (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.479	1.007	1.052	0.992	1.492	1.292	1.426	2.986	3.558	2.131	2.111	1.695
10	1.025	0.797	0.771	0.790	1.035	0.925	1.039	1.843	1.981	1.416	1.490	1.203
20	0.667	0.600	0.541	0.599	0.675	0.629	0.708	1.027	0.977	0.863	0.976	0.790
50	0.317	0.349	0.299	0.354	0.321	0.325	0.340	0.336	0.257	0.335	0.435	0.345
85	0.158	0.179	0.178	0.185	0.160	0.178	0.138	0.085	0.056	0.104	0.161	0.111
95	0.121	0.121	0.147	0.126	0.122	0.142	0.081	0.038	0.026	0.053	0.090	0.048
Dist	L3	L2	L3	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L2	L3

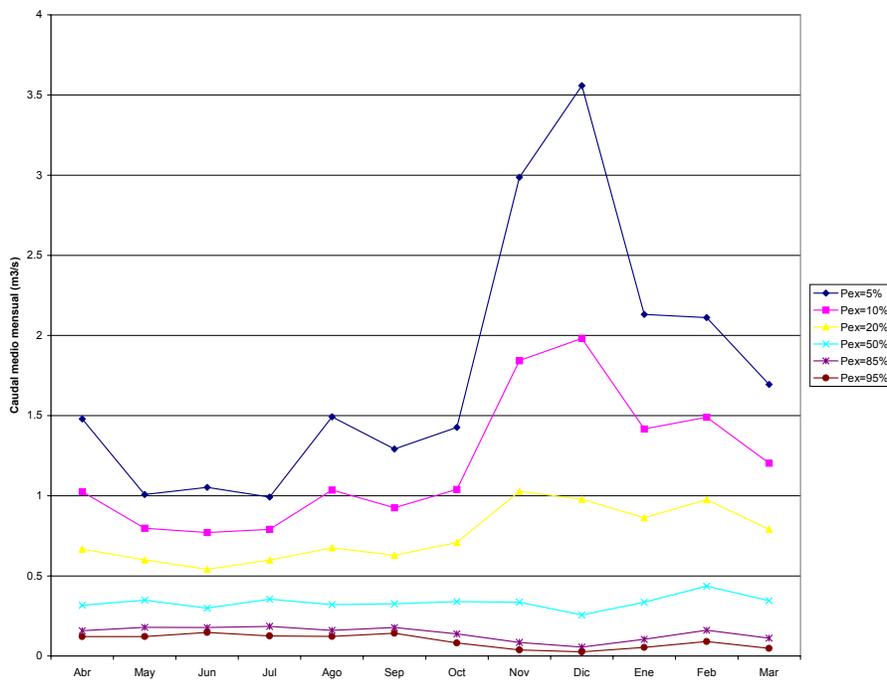


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Manflas en vertedero

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

- Pulido en vertedero

Esta estación se encuentra en el río Pulido, aguas arriba de la junta con el río Jorquera, a 1310 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se puede observar que esta estación muestra un claro régimen nival, con sus mayores caudales provenientes de aportes nivales.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre diciembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores se extienden desde abril a octubre.

En años secos se observan bajos caudales a lo largo de todo el año, salvo leves aumentos entre enero y marzo.

Tabla 4.2: Río Pulido en Vertedero (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.910	2.887	2.386	2.245	2.244	2.100	2.001	2.517	5.844	8.484	8.777	4.632
10	2.385	2.245	1.906	1.803	1.749	1.645	1.642	1.939	4.024	5.906	5.966	3.556
20	1.875	1.684	1.484	1.408	1.320	1.244	1.293	1.414	2.562	3.809	3.779	2.581
50	1.183	1.040	0.992	0.936	0.834	0.777	0.819	0.773	1.079	1.647	1.672	1.400
85	0.671	0.667	0.703	0.648	0.558	0.502	0.467	0.367	0.372	0.587	0.739	0.659
95	0.481	0.557	0.616	0.558	0.479	0.420	0.335	0.237	0.199	0.320	0.526	0.423
Dist	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L3	L2

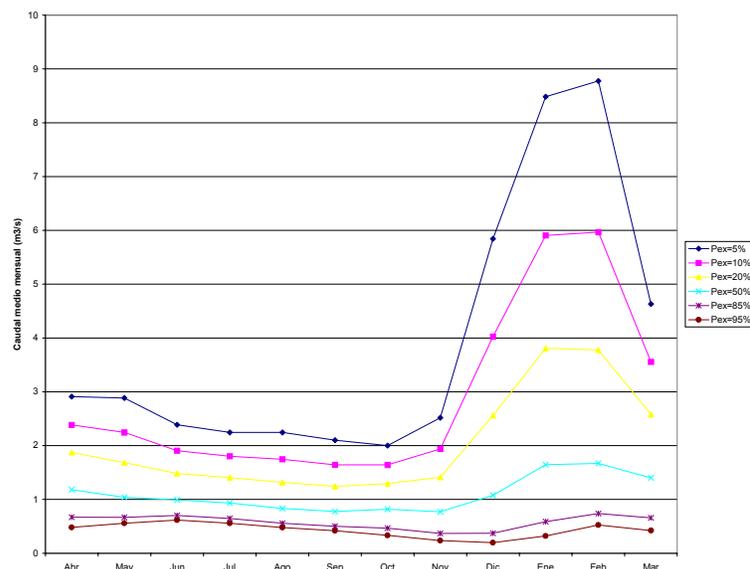


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río Pulido en vertedero

- Jorquera en vertedero

Se ubica en el río Jorquera, poco antes de la junta con el río Pulido, a 1250 m s.n.m.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se observa que esta estación muestra un régimen mixto, debido a que no se distingue una predominancia de un régimen sobre el otro.

En años muy húmedos los caudales son bastante uniformes a lo largo del año, salvo leves aumentos entre diciembre y febrero.

En años secos se observan caudales muy bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a 400 l/s. Los menores caudales se dan entre diciembre y marzo.

Cabe destacar que aguas arriba de ésta estación existen zonas de riego, por lo que los registros se ven afectados por estas extracciones.

Tabla 4.3: Río Jorquera en Vertedero (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.529	1.509	1.478	1.388	1.455	1.449	1.839	1.392	1.966	2.299	2.016	1.815
10	1.213	1.232	1.233	1.185	1.218	1.241	1.447	1.167	1.434	1.569	1.497	1.371
20	0.916	0.964	0.988	0.976	0.983	1.024	1.081	0.933	0.978	0.998	1.044	0.976
50	0.536	0.603	0.643	0.664	0.651	0.696	0.620	0.579	0.471	0.445	0.524	0.510
85	0.277	0.339	0.371	0.399	0.393	0.405	0.313	0.265	0.191	0.198	0.224	0.229
95	0.188	0.241	0.264	0.288	0.292	0.273	0.209	0.122	0.113	0.141	0.136	0.143
Dist	L2	L2	L3	L3	L2	G	L2	G	L2	L2	L2	L2

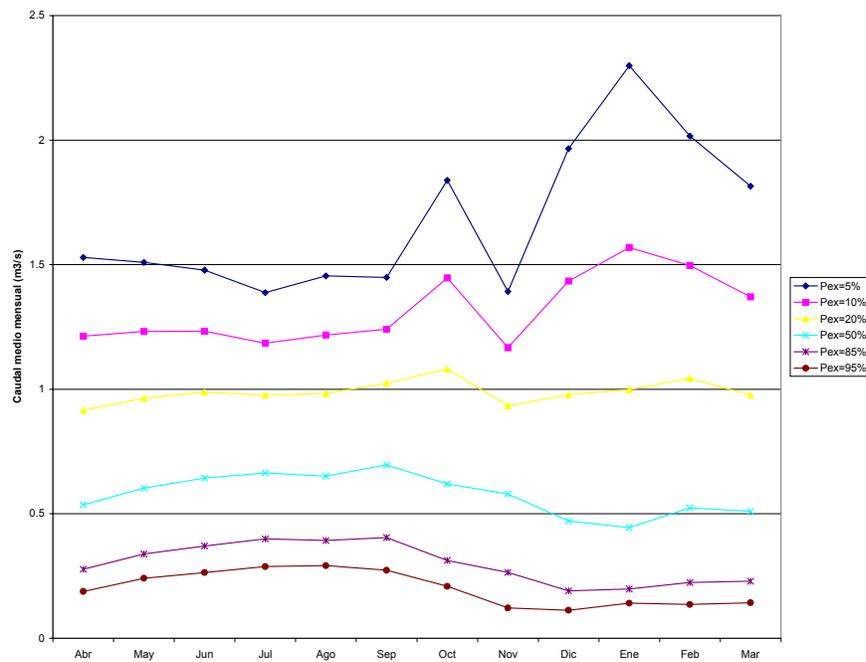


Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Jorquera en Vertedero

b) Subcuenca del Copiapó

- Copiapó en Pastillo

Esta estación fluviométrica se encuentra en el río Copiapó, aguas abajo de la junta del río Manfla con el Copiapó.

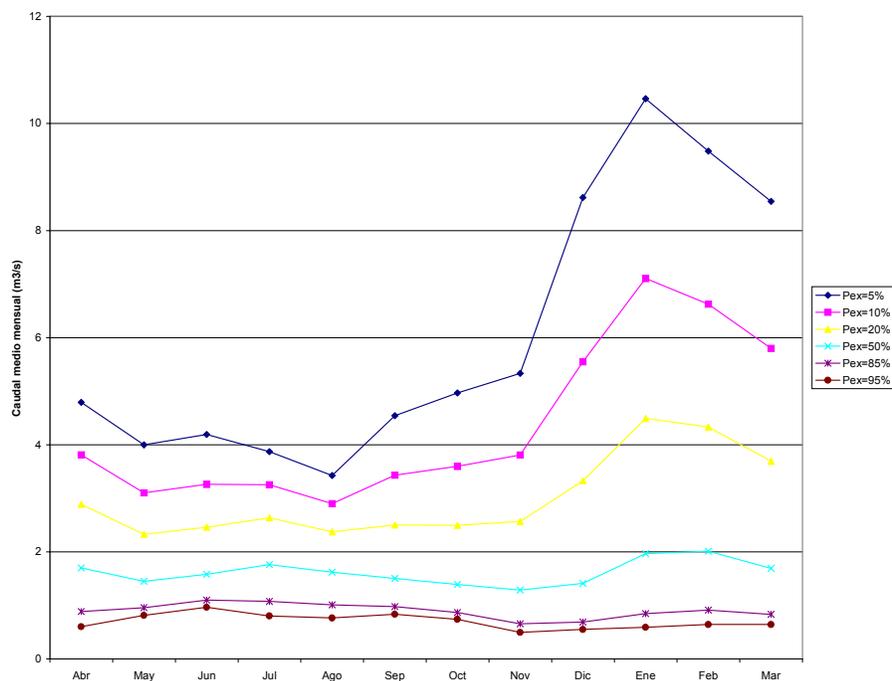
En la tabla 4.4 y figura 4.4 es posible observar que esta estación muestra un régimen nival, ya que los mayores caudales provienen de aportes nivales.

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

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

Tabla 4.4: Río Copiapó en Pastillo (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	4.790	3.997	4.193	3.869	3.425	4.541	4.968	5.332	8.618	10.463	9.485	8.545
10	3.809	3.100	3.259	3.252	2.901	3.432	3.596	3.808	5.550	7.106	6.625	5.800
20	2.887	2.325	2.462	2.635	2.373	2.502	2.497	2.566	3.329	4.490	4.330	3.690
50	1.699	1.449	1.580	1.762	1.617	1.501	1.390	1.285	1.409	1.966	2.012	1.692
85	0.884	0.956	1.098	1.074	1.007	0.976	0.866	0.655	0.688	0.846	0.910	0.831
95	0.602	0.814	0.964	0.803	0.763	0.835	0.739	0.497	0.549	0.590	0.641	0.641
Dist	L2	L3	L3	L2	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3

**Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Río Copiapó en Pastillo**

- Copiapó en Lautaro

Se ubica en el río Copiapó, inmediatamente aguas abajo del embalse Lautaro.

En la tabla 4.5 y figura 4.5 es posible observar que esta estación muestra un régimen nival, ya que los principales caudales provienen de aportes nivales.

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

En años secos se observa que los caudales se mantienen bajos durante todo el año, con valores menores a 750 l/s.

Tabla 4.5: Río Copiapó en Lautaro (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	3.151	2.471	2.226	2.158	1.967	2.893	2.944	3.484	5.259	5.748	4.423	4.899
10	2.463	2.075	1.872	1.812	1.679	2.182	2.386	2.771	3.648	4.021	3.473	3.489
20	1.828	1.662	1.501	1.451	1.379	1.591	1.849	2.100	2.370	2.640	2.590	2.349
50	1.034	1.039	0.943	0.906	0.926	0.962	1.137	1.236	1.100	1.253	1.479	1.184
85	0.513	0.485	0.446	0.421	0.523	0.637	0.624	0.643	0.511	0.598	0.742	0.620
95	0.339	0.234	0.221	0.202	0.340	0.552	0.439	0.438	0.371	0.440	0.495	0.480
Dist	L2	G	G	G	G	L3	L2	L2	L3	L3	L2	L3

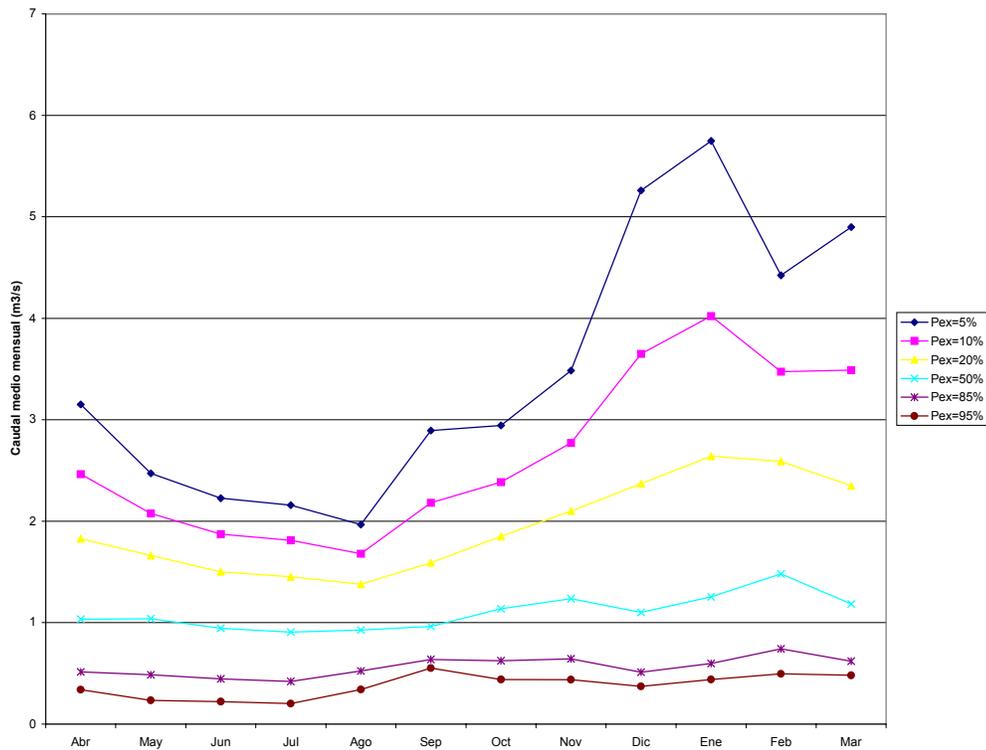


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Río Copiapó en Lautaro

- Copiapó en La Puerta

Esta estación se encuentra en el río Copiapó, unos 17 km aguas abajo del embalse Lautaro, a 915 m s.n.m.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se observa que esta estación muestra un régimen mixto, sin embargo los mayores caudales se producen por aportes nivales.

En años húmedos se observan caudales importantes entre abril y junio, y entre diciembre y febrero, siendo estos últimos los mayores. Entre julio y octubre se aprecia una disminución en los caudales.

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

Tabla 4.6: Río Copiapó en La Puerta (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	5.476	5.288	5.143	3.705	3.604	4.612	4.128	5.494	5.805	7.570	7.285	5.010
10	4.103	3.994	3.975	3.191	3.117	3.578	3.460	4.100	4.503	5.488	5.542	4.224
20	2.958	2.909	2.958	2.654	2.608	2.688	2.794	2.931	3.311	3.764	3.980	3.405
50	1.734	1.736	1.796	1.844	1.840	1.686	1.856	1.670	1.840	1.941	2.113	2.167
85	1.099	1.118	1.131	1.125	1.157	1.125	1.122	1.008	0.892	1.011	0.969	1.067
95	0.931	0.952	0.936	0.798	0.848	0.965	0.835	0.830	0.583	0.768	0.613	0.568
Dist	L3	L3	L3	G	G	L3	L2	L3	L2	L3	L2	G

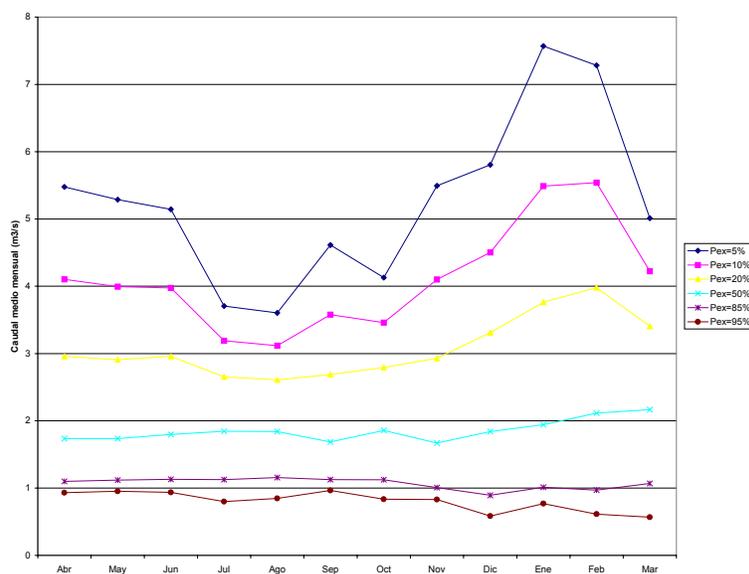


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Río Copiapó en La Puerta

- Copiapó en Mal Paso

Esta estación se encuentra en el río Copiapó, unos 38 km aguas abajo de la estación Copiapó en La Puerta, a 431 m s.n.m.

En la tabla 4.7 y figura 4.7 se observa que esta estación muestra un régimen mixto, similar al de la estación ubicada aguas arriba.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre abril y junio, y entre diciembre y enero, mientras que los menores ocurren entre agosto y octubre.

En años secos se observa que los caudales se mantienen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores que no superan los 500 l/s.

Cabe destacar que esta estación está emplazada en una zona de riego importante, por lo que sus registros están muy influenciados por esta actividad.

Tabla 4.7: Río Copiapó en Mal Paso (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	3.913	3.385	3.979	3.146	2.128	2.128	2.530	2.678	3.374	3.740	3.043	3.937
10	2.693	2.492	2.881	2.367	1.789	1.794	1.975	2.046	2.443	2.687	2.320	2.727
20	1.729	1.719	1.944	1.676	1.435	1.446	1.463	1.477	1.652	1.800	1.667	1.760
50	0.778	0.846	0.908	0.867	0.901	0.920	0.825	0.792	0.782	0.837	0.876	0.790
85	0.341	0.353	0.342	0.385	0.427	0.453	0.407	0.367	0.312	0.326	0.381	0.333
95	0.238	0.211	0.185	0.239	0.212	0.241	0.269	0.234	0.181	0.188	0.225	0.223
Dist	L3	L3	L3	L2	G	G	L2	G	L2	L2	L3	L3

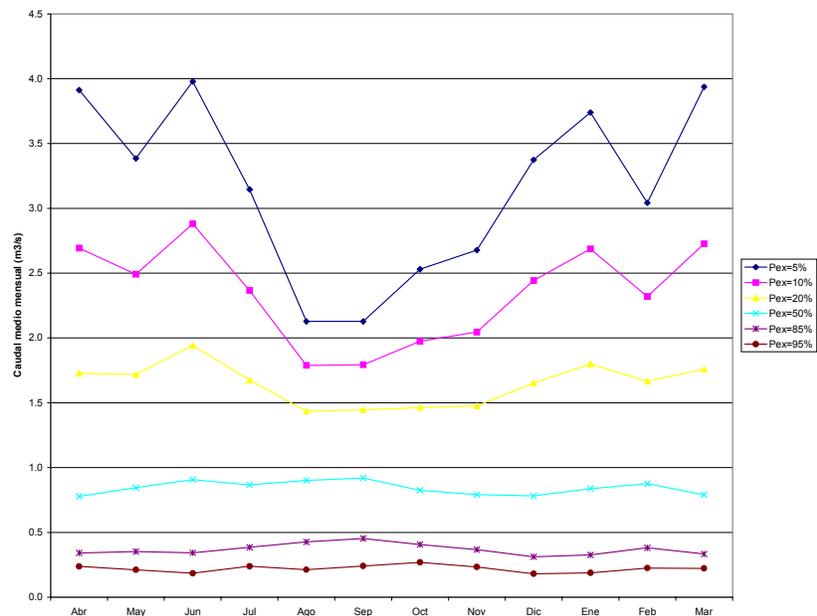


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Río Copiapó en Mal Paso

- Copiapó en ciudad de Copiapó

Se encuentra en el río Copiapó, en la ciudad de Copiapó, aguas abajo de la junta con la quebrada de Paipote.

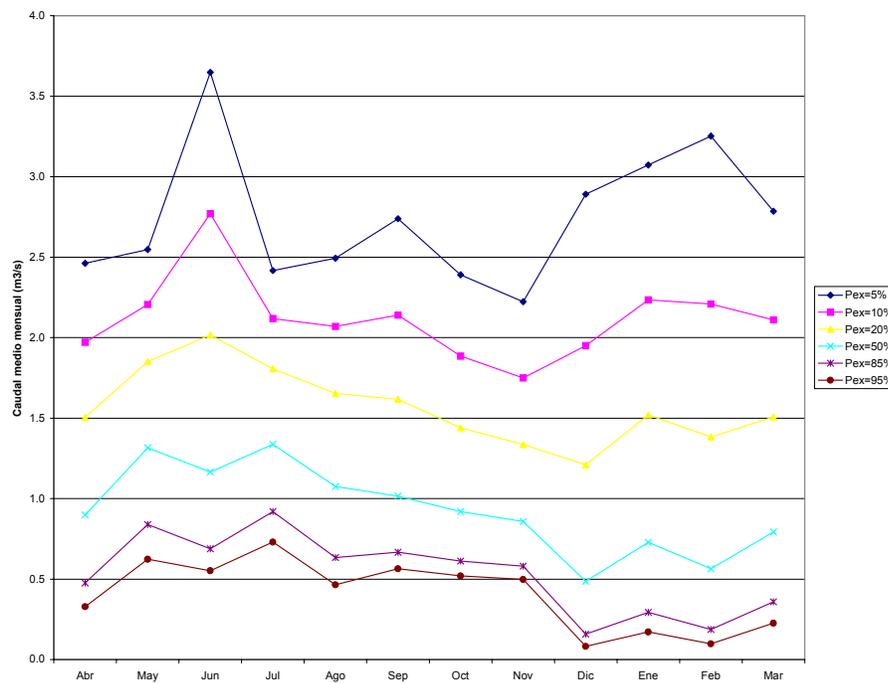
En la tabla 4.8 y figura 4.8 se observa que esta estación muestra un régimen mixto, con importantes aportes pluviales y nivales.

En años muy húmedos los caudales permanecen bastante uniformes a lo largo del año, sin embargo los mayores caudales se presentan en junio y entre diciembre y febrero, producto de aportes pluviales y nivales, respectivamente.

En años normales y secos los caudales se mantienen prácticamente constantes entre abril y noviembre. Luego se advierten severos estiajes en los meses de verano, entre diciembre y marzo, con valores que no superan los 400 l/s, producto del uso del agua para la agricultura.

Tabla 4.8: Río Copiapó en ciudad de Copiapó (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	2.462	2.547	3.648	2.416	2.493	2.739	2.390	2.223	2.891	3.072	3.252	2.785
10	1.971	2.206	2.771	2.118	2.070	2.140	1.885	1.750	1.950	2.235	2.209	2.110
20	1.505	1.851	2.016	1.807	1.653	1.617	1.440	1.336	1.210	1.520	1.383	1.508
50	0.899	1.315	1.165	1.337	1.075	1.015	0.920	0.858	0.486	0.728	0.565	0.793
85	0.476	0.839	0.688	0.920	0.633	0.667	0.612	0.580	0.158	0.294	0.187	0.359
95	0.328	0.623	0.552	0.730	0.464	0.565	0.519	0.498	0.082	0.172	0.098	0.226
Dist	L2	G	L3	G	L2	L3	L3	L3	L2	L2	L2	L2

**Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Río Copiapó en ciudad de Copiapó**

4.1.2 Conclusiones

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

a) Subcuenca del Manflas

Corresponde al área drenada por el río Manflas, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su junta con el río Copiapó. Se observa un régimen nival, con los mayores caudales entre noviembre y enero en años húmedos, producto de los deshielos. En años secos los caudales se distribuyen de manera más homogénea, sin mostrar variaciones importantes. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de mayo, junio y julio.

b) Subcuenca del Pulido

Corresponde al área drenada por el río Pulido, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su junta con el río Jorquera, dando origen al río Copiapó. Muestra un régimen nival, con sus mayores caudales entre diciembre y febrero en años húmedos, producto de deshielos tardíos. En años secos los caudales se presentan sin grandes variaciones a lo largo del año, sin embargo se aprecian leves aumentos entre enero y marzo. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de agosto, septiembre y octubre.

c) Subcuenca del Jorquera

Corresponde al área drenada por el río Jorquera, desde su nacimiento en la junta de los ríos Figueroa y Turbio hasta su junta con el río Pulido, dando origen al Copiapó. Muestra un régimen mixto, ya que los caudales se muestran bastante parejos durante el año. En años muy húmedos los mayores caudales ocurren entre diciembre y febrero, sin embargo en años normales y secos los menores caudales ocurren en ese período, de manera que el período de estiaje se define en el trimestre dado por los meses de diciembre, enero y febrero.

d) Subcuenca del Copiapó

Es la hoya hidrográfica de la parte alta del río Copiapó, desde su origen en la junta de los ríos Pulido y Jorquera hasta aguas arriba de la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta. Muestra un régimen nival, con sus mayores caudales entre diciembre y marzo en años húmedos y normales. En años secos se observan caudales similares durante todo el año. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de junio, julio y agosto.

e) Subcuenca media del Copiapó

Corresponde al área drenada por la parte media del río Copiapó, desde la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta hasta aguas arriba de la estación Copiapó en Ciudad de Copiapó. Muestra un régimen mixto, con importantes aportes pluviales y nivales. En años húmedos se observan mayores aportes nivales, mientras que en años normales y secos los caudales no muestran variaciones importantes. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de agosto, septiembre y octubre.

f) Subcuenca baja del Copiapó

Es la hoya hidrográfica de la parte baja del río Copiapó, desde la estación fluviométrica Copiapó en Ciudad de Copiapó hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Muestra un régimen mixto, con importantes caudales en invierno y verano en años muy húmedos. Sin embargo, en años normales y secos la influencia nival disminuye notablemente producto del uso de agua para el riego de zonas agrícolas emplazadas en las laderas del río, de manera que se presentan los menores caudales en ese período, entre diciembre y febrero.

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

Tabla 4.9: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Copiapó

Nº	Subcuenca	Subsubcuenca	Período Estiaje
1	Manflas		Mayo – Junio – Julio
2	Pulido		Agosto – Septiembre – Octubre
3	Jorquera		Diciembre – Enero – Febrero
4	Copiapó	ALTA	Junio – Julio – Agosto
5		MEDIA	Agosto – Septiembre – Octubre
6		BAJA	Diciembre – Enero – Febrero

4.2 Análisis de la Calidad del Agua

De acuerdo a la metodología corresponde realizar los siguientes análisis:

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

4.2.1 Selección de parámetros

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

a) Parámetros obligatorios

Los parámetros obligatorios definidos son: conductividad, DBO₅, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos y coliformes fecales.

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

b) Parámetros principales

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

En la tabla 4.10 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 4.10: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Copiapó

PARAMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	μS/cm	DGA	114	6580	<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	DGA	2.7	29.9	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	DGA	6.4	9.0	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	DGA	0.1	9.4	<2.4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	DAMES&MOORE	765	1039	<400	Si
Sólidos suspendidos	mg/L	-	s/i	s/i	< 24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	-	< 0.5	No
INORGÁNICOS						
Amonio	mg/L	-	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	μg/L	-	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	mg/L	DGA	6.0	805.0	<80	Si
Fluoruro	mg/L	-	s/i	s/i	<0.8	No
Nitrito	mg/L	-	s/i	s/i	<0.05	No
Sulfato	mg/L	DGA	24	2822	<120	Si
Sulfuro	mg/L	-	s/i	s/i	<0.04	No
ORGANICOS		-	s/i	s/i		No
ORGANICOS PLAGUICIDAS		-	s/i	s/i		No
METALES ESENCIALES						
Boro	mg/l	DGA	<1	7	<0.4	Si
Cobre	μg/L	DGA	<10	1740	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	DGA	<10	140	<8	Si
Hierro	mg/L	DGA	0.02	35.00	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	DGA	<0.01	1.79	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	DGA	<0.01	0.05	<0.008	Si
Níquel	μg/L	DGA	<10	30	<42	No
Selenio	μg/L	DGA	<1	2	<4	No
Zinc	mg/L	DGA	<0.01	0.84	<0.096	Si
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	mg/L	DGA	0.1	38.9	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	DGA	<0.001	0.317	<0.04	Si
Cadmio	μg/L	DGA	<10	<10	<1.8	No
Estaño	μg/L	-	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	μg/L	DGA	<1	10	<0.04	Si
Plomo	mg/L	DGA	<0.01	<0.01	<0.002	No
MiCROBIOLOGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	DAMES&MOORE	<2	380	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	DAMES&MOORE	<2	265333	<200	Si

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

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

- Parámetros Principales
 - RAS
 - Sólidos Disueltos
 - Cloruro
 - Sulfato
 - Boro
 - Cobre
 - Cromo
 - Hierro
 - Manganeso
 - Molibdeno
 - Zinc
 - Aluminio
 - Arsénico
 - Mercurio
 - Coliformes totales

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

- Color Aparente
- Amonio
- Nitrito

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

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

4.2.2 Análisis de tendencia central

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

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

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

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.11.

Tabla 4.11: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO COPIAPO
Conductividad Eléctrica
<p><u>Río Jorquera</u>: Para la estación río Jorquera en Vertedero se observa un comportamiento homogéneo en la conductividad eléctrica, con una tendencia central creciente con un valor de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en una serie de tiempo de catorce años.</p> <p><u>Ríos Pulido y Manflas</u>: En la estación Vertedero se observa un comportamiento constante de la conductividad con una tendencia central plana con un valor de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en una serie de tiempo de veinte años.</p> <p><u>Río Copiapó</u>: Para las estaciones de By pass en Lautaro, Mal Paso, Piedra Colgada, Puente Bodega y en La Puerta se observa un comportamiento similar entre las estaciones, con una tendencia central plana en cada estación en una serie de tiempo de dieciséis años, con valores de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en By pass en Lautaro y Mal Paso, 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Piedra Colgada, 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en puente Bodega y 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en La Puerta. En la estación Angostura se observa desde 1990 un comportamiento homogéneo con una tendencia central creciente con un valor de 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.</p>
Oxígeno Disuelto:
<p><u>Río Jorquera</u>: El oxígeno tiene una serie de tiempo de aproximadamente diez años donde se observa un comportamiento creciente hasta 1997 para luego presentar una tendencia plana con un valor de 8.5 mg/L.</p> <p><u>Río Pulido</u>: Se observa una tendencia central creciente hasta 1998 para luego presentar una tendencia plana con un valor de 9.0 mg/L, en una serie de tiempo de aproximadamente diez años.</p> <p><u>Río Manflas</u>: Se observa una tendencia central creciente en un valor de 8.9 mg/L en una serie de tiempo de aprox. diez años.</p> <p><u>Río Copiapó</u>: Para la estación By pass en Lautaro se observa una tendencia central decreciente para el oxígeno disuelto, en una serie de tiempo de aprox. 5 años con valores que varían de 11,8 a 7.8 mg/L. En la estación La Puerta se observa una variación decreciente en 1997, para observar una tendencia creciente a lo largo del año y mantenerse en un valor de 8.5 mg/L. En la estación Mal Paso se observa un comportamiento constante hasta 1997, luego decrece hasta 1998 y permanece constante en el resto de la serie de tiempo de aprox. de 10 años. En Puente Bodega tiende a crecer en una serie de tiempo restringida a un valor de 9.5 mg/L. En Angostura la tendencia es decreciente con un valor de 9.8 mg/L en una serie de tiempo restringida a cinco años.</p>

Tabla 4.11 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO COPIAPO
<p>pH:</p> <p><u>Ríos Jorquera y Manflas:</u> Se observa en una misma serie de tiempo igual comportamiento (creciente –plano). Hasta 1994 se observa un aumento del valor pH, para permanecer constante con un valor de 8.0.</p> <p><u>Río Pulido:</u> Se observa una tendencia central plana en un valor de 8.0, para una serie de tiempo de doce años.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> Para las estaciones de Mal Paso, Piedra Colgada y Puente Bodega se observa un comportamiento similar entre las estaciones, con una tendencia central plana en cada estación en series de tiempo variables de quince, tres y diez años respectivamente, con un valor de aproximadamente 7.7. Las estaciones By pass en Lautaro y La Puerta tienen series de tiempo restringidas a cinco años presentando un comportamiento similar (decreciente-creciente) con una tendencia central creciente con un valor de 7.7. La estación Angostura tiene una serie de tiempo de diez años suspendida desde 1997, con un comportamiento homogéneo y una tendencia central levemente creciente en un valor de 7.7. Se puede señalar que a lo largo río el pH tiende a mantenerse constante en un valor de 7.7, levemente básico.</p>
<p>RAS:</p> <p><u>Ríos Jorquera, Pulido y Manflas:</u> Se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de doce años con valores de 2.0, 0.5 y 0.5 respectivamente.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> En By pass en Lautaro se observa una tendencia central decreciente en una serie de tiempo de cuatro años con un valor de 1,5. El mismo valor se observa en las estaciones La Puerta y Mal Paso con una tendencia central plana. En Puente Bodega y Piedra Colgada la tendencia sigue siendo plana con un valor más alto de 2.0 y 2.8 respectivamente. En la estación Angostura se observa un comportamiento heterogéneo (decrece-crece) con una tendencia central creciente con un valor de 6.0.</p>
<p>Cloruro:</p> <p><u>Río Jorquera:</u> La tendencia central es creciente en una serie de tiempo de diez años con un valor de 70 mg/L.</p> <p><u>Ríos Pulido y Manflas:</u> la tendencia central es plana con un valor de 15 mg/L para ambas estaciones en una serie de tiempo común de diez años. La estación del río Manflas está suspendida desde 1999 en adelante.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> La tendencia central de las estaciones By pass Lautaro, La Puerta, Mal Paso, Puente Bodega es plana con valores de 40, 50, 45 y 70 mg/L respectivamente, en series de tiempos diferentes. En las estaciones Piedra Colgada y Angostura la tendencia central es creciente con valores de 130 y 520 mg/L.</p>
<p>Sulfato:</p> <p><u>Río Jorquera:</u> La tendencia central es creciente en una serie de tiempo de diez años con un valor de 450 mg/L.</p> <p><u>Ríos Pulido y Manflas:</u> la tendencia central es plana en una serie de tiempo de diez años para ambos ríos con un valor de 100 mg/L para el río Manflas y de 150 mg/L en el río Pulido.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> La tendencia central de las estaciones By pass Lautaro, La Puerta, Mal Paso y Puente Bodega es plana con valores de 300, 350, 350 y 500 mg/L respectivamente, en series de tiempos diferentes. En las estaciones Piedra Colgada y Angostura la tendencia central es creciente con valores de 850 y 1750 mg/L.</p>

Tabla 4.11 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO COPIAPO
Boro:
<p><u>Ríos Jorquera y Manflas:</u> La tendencia central es plana en la serie de tiempo de diez años con un valor de 1,5 y 1,0 mg/L.</p> <p><u>Río Pulido:</u> La tendencia es levemente decreciente en la serie de tiempo de trece años con un valor de 1.3 mg/L.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> Para las estaciones By Pass en Lautaro y Puente Bodega se observa una tendencia central decreciente con un valor de 1,3 mg/L. En las estaciones La Puerta y Mal Paso se observa una tendencia central plana en un valor de 1,0 mg/L. Las estaciones Piedra Colgada y Angostura con un valor de 2.7 y 3.9 mg/L respectivamente.</p>
Cobre:
<p><u>Ríos Jorquera y Pulido:</u> En ambos ríos se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de diez años con un valor de 18 µg/L para el río Jorquera y de 40 µg/L en el río Pulido. Se puede afirmar que el mayor aporte en cobre al río Copiapo proviene del río Pulido.</p> <p><u>Río Manflas:</u> La tendencia central es decreciente en una serie de tiempo de diez años con un valor de 21 µg/L.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> La tendencia central es creciente en las estaciones La Puerta, Mal Paso, Piedra Colgada y Angostura con un valor de 90 µg/L, a excepción de la estación Mal Paso donde se observa un valor levemente inferior de 50 µg/L. En la primera estación aguas arriba, By Pass en Lautaro, el comportamiento es constante con una tendencia central plana. En la estación Puente Bodega el comportamiento es heterogéneo, no permite análisis.</p>
Cromo total:
<p><u>Ríos Jorquera y Manflas:</u> En ambos ríos se observa un mismo comportamiento con una tendencia central creciente en las respectivas series de tiempo de cinco años con un valor de 18 µg/L para el río Jorquera y de 12 µg/L en el río Manflas. El comportamiento a lo largo de la serie de tiempo ha sido: constante en un valor donde se observa un peak y luego se mantiene constante en un valor superior por otro periodo de tiempo y así sucesivamente.</p> <p><u>Río Pulido:</u> El comportamiento a lo largo de la serie de tiempo de siete años es permanecer constante en un valor para luego presentar un peak y permanecer en el nuevo valor por otro periodo de tiempo y así sucesivamente para observar en los últimos registros una disminución a un valor de 18 µg/L.</p> <p><u>Río Copiapó:</u> En By Pass en Lautaro, se observa una tendencia central levemente decreciente con un valor de 12 µg/L en una serie de tiempo restringida a cuatro años. Para las estaciones La Puerta, y Piedra Colgada se observa un comportamiento similar entre las estaciones (creciente-decreciente), con una tendencia central decreciente en cada estación en una serie de tiempo de cuatro años con valores de 12 y 23 µg/L respectivamente. En la estación Mal Paso decreciente-creciente-decreciente en la misma serie de tiempo de cuatro años con un valor de 17 µg/L</p>
Hierro:
<p><u>Ríos Jorquera y Pulido:</u> En ambos ríos se observa un mismo comportamiento (decreciente-creciente) en la misma serie de tiempo de catorce años con una tendencia central creciente, muy leve en el río Pulido, con un valor de 2.5 mg/L para el río Jorquera y de 1.8 mg/L en el Pulido.</p> <p><u>Río Manflas:</u> El comportamiento a lo largo de la serie de tiempo de diecisiete años es fuertemente decreciente hasta 1992 para permanecer constante en los últimos años de registro, con una tendencia central decreciente en un valor de 1.8 mg/L.</p>

Tabla 4.11 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO COPIAPO
<p><u>Río Copiapó</u>: Para las estaciones By Pass en Lautaro, La Puerta, y Piedra Colgada se observa un comportamiento similar entre ellas con una tendencia central decreciente en cada estación en una serie de tiempo de cuatro años para By Pass en Lautaro, La Puerta y Piedra Colgada; de dieciséis años en Mal Paso y de diez para Angostura. A lo largo del río hay valores de la tendencia central que se mantienen de una estación a otra como es en Mal Paso, Piedra Colgada y Angostura, todas ellas con un valor de 1.8 mg/L. En la parte alta del río, By Pass en Lautaro, el valor es levemente superior de 2,5 mg/L, en La Puerta el valor es de 3,5 mg/L. En Puente Bodega la serie de tiempo no permite análisis no tiene registros entre 1994 a 1998.</p>
<p>Manganeso :</p>
<p><u>Ríos Jorquera y Pulido</u>: Se observan dos comportamientos en la serie de tiempo registrada, el primero es un comportamiento plano y constante en un valor luego se observa en 1997 un brusco aumento para seguir aumentando más moderadamente en el resto de la serie de tiempo. La tendencia central es creciente con un valor de 0.15 y 0.13 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Manflas</u>: Se observa una tendencia central decreciente en la serie de tiempo de seis años en un valor de 0.18 mg/L. También en este río se observa entre 1997 y 1998 un peak de aumento tal que luego tiende a disminuir.</p> <p><u>Río Copiapó</u>: Para las estaciones By Pass en Lautaro, La Puerta, Mal Paso y Piedra Colgada se observa un comportamiento similar entre ellas con una tendencia central decreciente en cada estación en una serie de tiempo de cuatro años para By Pass en Lautaro, La Puerta y Piedra Colgada y de seis años en Mal Paso. En todas las estaciones en 1998 se observa un aumento considerable. En las estaciones Angostura y Puente Bodega los datos registrados no permiten análisis de tendencia central.</p>
<p>Molibdeno:</p>
<p><u>Ríos Copiapó, Manflas, Jorquera y Pulido</u>: Se observa una tendencia central decreciente en toda la cuenca con un valor de 0.015 mg/L.</p>
<p>Zinc:</p>
<p><u>Río Jorquera</u>: Se observa una tendencia central creciente leve en la serie de siete años con un valor de 0.04 mg/L.</p> <p><u>Río Pulido</u>: Se observa una tendencia central creciente en la serie de siete años con un valor de 0.08 mg/L.</p> <p><u>Río Manflas</u>: Se observa una tendencia plana en la serie de tiempo de siete años con un valor de 0.025 mg/L.</p> <p><u>Río Copiapó</u>: En las estaciones By Pass en Lautaro, y Mal Paso se observa una tendencia central plana en la serie de tiempo de seis años con un valor de 0.025 mg/L. En las estaciones La Puerta y Piedra Colgada se observa una tendencia decreciente en la serie de tiempo de seis años con un valor de 0.052 y 0.07 mg/L respectivamente.</p>
<p>Aluminio:</p>
<p><u>Río Pulido y Manflas</u>: Se observa una tendencia central plana en la serie de seis años con un valor de 1.9 y 1.0 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Jorquera</u>: Se observa una tendencia central creciente en la serie de seis años con un valor de 5.0 mg/L.</p> <p><u>Río Copiapó</u>: En las estaciones By Pass en Lautaro, Mal Paso y Piedra Colgada se observa una tendencia central decreciente en la serie de tiempo de seis años con un valor de 2.0, 2.2, 3.2 mg/L respectivamente. En las estaciones La Puerta se observa una tendencia creciente en la serie de tiempo de seis años con un valor de 2, 0 mg/L.</p>

Tabla 4.11 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO COPIAPO
Arsénico:
<u>Río Jorquera</u> : Se observa una tendencia central creciente en la serie de diez años con un valor de 0.078 mg/L.
<u>Río Manflas</u> : Se observa una tendencia central continua decreciente en la serie de 10 años desde 1990 en adelante, con un valor de 0,01 mg/L.
<u>Río Pulido</u> : Se observa una tendencia central decreciente leve en la serie de diez años desde 1990 en adelante con un valor de 0.01 mg/L.
<u>Río Copiapó</u> : En las estaciones By Pass en Lautaro, se observa una tendencia central plana en la serie de tiempo de cuatro años con un valor de 0.02 mg/L. En las estaciones La Puerta, Mal Paso Piedra Colgada y Angostura, se observa una tendencia decreciente con un valor de 0.02, 0.012, 0.018 y 0.022 mg/L respectivamente. La estación Puente Bodega no permite análisis.
Mercurio:
<u>Río Jorquera</u> : Se observa una tendencia central creciente en la serie de seis años con un valor de 1.5 µg/L.
<u>Río Manflas</u> : No permite análisis, debido a que sus valores se encuentran en límite de detección.
<u>Río Pulido</u> : Se observa una tendencia central creciente en la serie de seis años con un valor de 1.4 µg/L.
<u>Río Copiapó</u> : En la estación By Pass en Lautaro se observa una tendencia central plana en la serie de tiempo de seis años con un valor de 1.3 µg/L, pero entre 1998 y 1999 se observa un crecimiento considerable. En la estación La Puerta se observa una tendencia central decreciente en la misma serie de tiempo con un valor de 1.6 µg/L. En Mal Paso se puede observar un comportamiento heterogéneo dentro de la serie de tiempo con una tendencia central decreciente y un valor de 1.8 µg/L. Las estaciones Angostura y Puente Bodega no permiten análisis por no existir datos y por estar en límite de detección respectivamente.

4.2.3 Programa de muestreo puntual CADE-IDEPE

Este programa está orientado a complementar la información existente en la base de datos disponible y considera tres aspectos claves: en primer lugar, la red actual de monitoreo existente está orientada a medir parámetros inorgánicos de tal modo que no se dispone de información orgánica; en segundo término, la información complementaria está enfocada a verificar la clase actual en algunos segmentos de los cauces seleccionados y en tercer lugar, se requiere contar con una información puntual en cauces en los cuales se carece de toda otra información. En el caso de esta cuenca, se ha privilegiado las mediciones en aquellos puntos donde existen factores incidentes relevantes donde podrían ocurrir cambios importantes en la calidad del cuerpo de agua superficial, como por ejemplo, la ciudad de Copiapó, aguas en las cercanías de Paipote y Embalse Lautaro, o afloramiento de aguas subterráneas.

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

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

Tabla 4.12: Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0343CO20	Río Copiapó en By pass Lautaro	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0343CO40	Río Copiapó en Mal Paso	Estación de Monitoreo DGA	
0345CO10	Río Copiapó en Puente Bodega	Estación de Monitoreo DGA	
0342MA10	Río Manflas en Vertedero	Estación de Monitoreo DGA	
0341PU10	Río Pulido en Vertedero	Estación de Monitoreo DGA	

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

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

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

- En el caso de disponer de un número de registros > 10 por período estacional, se procede a calcular el percentil 66%, lo que equivale según la metodología a información de nivel 1.
- Cuando se dispone de un número de registros entre 5 y 10 por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, lo que equivale

a información de nivel 2 y se representa en las tablas de calidad 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 de Copiapó la información que compone la BDI es la siguiente:

- Información DGA:

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

- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Estimaciones información: Nivel 5
- Información de Otras Fuentes:
 - Plan de Monitoreo Ambiental Tierra Amarilla, Compañía Contractual Minera Candelaria (1993-1997). Información nivel 3.
 - Programa de Monitoreo del SAG (1998-2000). Información nivel 3.

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

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

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

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

Para la información proveniente de la DGA, en la tabla 4.13 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Copiapó, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Tabla 4.13: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica (µS/cm)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	((1408,0))	2	1402,0	2	1360,0	2	1464,0	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(602,3)	1	598,0	0	634,0	1	549,0	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((917,5))	2	455,0	0	477,2	0	430,6	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((868,4))	2	((647,0))	1	((1095,5))	2	(913,6)	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(1111,6)	2	(1058,0)	2	((1170,8))	2	(1064,2)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(1097,7)	2	1148,0	2	1142,0	2	1085,0	2
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((1394,5))	2	((1503,8))	3	(1460,6)	2	(1514,8)	3
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	((2330,3))	4	(1818,7)	3	(2118,7)	3	(2410,0)	4
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((4496,5))	4	5600,4	4	(4665,2)	4	5872	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(10,0)	0	(8,5)	0	((8,7))	0	7,9	0
RIO PULIDO EN VERTEDERO	((10,3))	0	(10,0)	0	(8,9)	0	8,3	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((10,2))	0	(9,0)	0	((9,0))	0	8,1	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((7,9))	0	((7,1))	2	(8,4)	0	(7,3)	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(9,3)	0	(8,1)	0	((7,9))	0	((7,9))	0
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(9,3)	0	(9,7)	0	(8,9)	0	9,6	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((11,7))	0			((9,5))	0	((7,4))	2
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(9,0)	0	(13,6)	0	((8,5))	0	(8,8)	0
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((10,0))	0	((11,3))	0	(9,3)	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(7,8)	0	8,1	0	8,3	0	8,0	0
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(8,0)	0	8,0	0	8,3	0	8,0	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(7,7)	0	8,1	0	8,4	0	8,3	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((7,5))	0	((7,6))	0	(8,0)	0	(7,5)	0
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(8,0)	0	(7,8)	0	(7,9)	0	(7,5)	0
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(7,8)	0	7,9	0	8,0	0	8,1	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((7,8))	0	((7,5))	0	(7,9)	0	(7,7)	0
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(7,6)	0	(7,6)	0	(7,6)	0	(7,7)	0
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((7,1))	0	7,7	0	(7,8)	0	7,8	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	RAS							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	((2,1))	0	2,3	0	2,3	0	2,3	0
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(0,6)	0	0,6	0	0,7	0	0,5	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((0,5))	0	0,6	0	0,7	0	0,7	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,9))	0	((1,1))	0	((2,0))	0	(1,3)	0
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	((1,3))	0	((1,3))	0	((1,7))	0	(1,0)	0
RIO COPIAPO EN MAL PASO	1,4	0	1,6	0	1,5	0	1,6	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((1,7))	0	((2,2))	0	(2,2)	0	(2,2)	0
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	((3,0))	1	(2,6)	1	(2,4)	0	(2,9)	1
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((6,0))	2	(6,5)	3	(6,0)	2	6,7	3

Tabla 4.13 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	((77,6))	0	78,3	0	71,5	0	75,2	0
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(17,2)	0	17,1	0	16,1	0	14,9	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((14,2))	0	15,1	0	16,7	0	16,2	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((29,0))	0	((32,9))	0	((49,9))	0	(36,4)	0
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	((51,9))	0	((51,5))	0	((52,9))	0	(49,3)	0
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(54,4)	0	52,2	0	48,2	0	50,0	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((71,5))	0	((63,0))	0	(70,5)	0	(65,9)	0
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	((164,1))	3	(123,9)	2	(112,8)	2	(137,0)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((498,4))	4	(481,6)	4	(489,6)	4	679,7	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	448,5	2	462,4	2	400,8	2	506,9	3
RIO PULIDO EN VERTEDERO	162,8	2	158,9	2	174,4	2	146,5	1
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	74,8	0	94,4	0	104,8	0	77,0	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	215,0	2	240,3	2	378,3	2	310,7	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	322,5	2	352,3	2	401,8	2	325,8	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	351,9	2	348,0	2	324,6	2	332,1	2
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	506,3	3	524,5	3	491,4	2	500,6	3
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	866,7	3	810,3	3	813,4	3	842,5	3
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	1632,5	4	1783,7	4	1702,6	4	1798,0	4

1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	((2,2))	4	(1,5)	4	(1,2)	4	2,0	4
RIO PULIDO EN VERTEDERO	((1,5))	4	1,0	4	(1,2)	4	1,0	4
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((1,0))	4	1,0	4	1,0	4	1,0	4
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,9))	4	((1,0))	4	((1,0))	4	((1,5))	4
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	((1,4))	4	((1,0))	4	((1,0))	4	((1,0))	4
RIO COPIAPO EN MAL PASO	((1,2))	4	1,0	4	(1,0)	4	1,0	4
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((1,0))	4	((1,3))	4	((1,3))	4	(2,3)	4
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	((4,5))	4	((2,0))	4	((2,0))	4	(2,2)	4
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((2,0))	4	(3,6)	4	(3,6)	4	5,0	4

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

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(18)	2	<10	<2	16	2	12	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(42)	2	50	2	50	2	40	2
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(13)	2	<10	<2	20	2	20	2
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((<10))	<2	((20))	2	(14)	2	(32)	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(<10)	<2	(22)	2	(72)	2	(105)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(13)	2	12	2	19	2	25	2
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((<10))	<2	((635))	3	(470)	3	(153)	2
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(24)	2	(73)	2	(12)	2	(124)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			30	2	(47)	2	30	2

Tabla 4.13 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cromo (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(22)	2	(14)	2	(16)	2	(15)	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(20)	2	(14)	2	((<10))	<1	(20)	2
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(20)	2	(<10)	<1	((<10))	<1	(11)	2
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((<10))	<1	((<10))	<1	((<10))	<1	(13)	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(20)	2	(12)	2	((23))	2	(37)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(20)	2	(20)	2	((15))	2	(<10)	<1
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((20))	2					((<10))	<1
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(26)	2	(30)	2	((15))	2	(21)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((20))	2	((<10))	<1	((13))	2

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

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(5,27)	4	2,35	2	(2,82)	2	1,44	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(1,19)	2	0,93	1	0,89	1	2,13	2
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(1,17)	2	1,54	2	1,23	2	0,73	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,28))	0	((0,76))	0	(0,93)	1	(4,71)	2
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(0,82)	1	(3,74)	2	(5,87)	4	(3,09)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(0,65)	0	0,36	0	0,57	0	0,31	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((0,15))	0	((3,68))	2	(1,89)	2	(2,31)	2
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(0,76)	0	(5,92)	4	(0,19)	0	(0,26)	0
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((0,04))	0	(3,09)	2	(1,14)	2	0,16	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(0,28)	4	(0,08)	2	(0,12)	2	(0,17)	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(0,12)	2	(0,14)	2	((0,09))	2	(0,14)	2
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(0,04)	1	(0,04)	1	((0,02))	0	(0,10)	2
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,02))	0	((0,05))	1	((0,05))	1	(0,31)	4
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(0,05)	1	(0,17)	2	((0,27))	4	(0,06)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(0,02)	0	(0,11)	2	((0,21))	4	(0,03)	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((0,03))	0					((0,04))	1
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(0,05)	1	(0,37)	4	((0,05))	1	(0,03)	0
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,03))	0

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

ESTACIÓN DE MUESTREO	Molibdeno (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(0,02)	2	(<0,01)	<1	((0,02))	2	(0,02)	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(<0,01)	<1	(<0,01)	<1	((<0,01))	<1	(0,02)	2
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	((<0,01))	<1	(<0,01)	<1	((<0,01))	<1	(<0,01)	<1
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((<0,01))	<1	((<0,01))	<1	((0,02))	2	(<0,01)	<1
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(<0,01)	<1	(<0,01)	<1	((0,02))	2	((0,02))	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(0,02)	2	(<0,01)	<1	((<0,01))	<1	(<0,01)	<1
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((<0,01))	<1					((<0,01))	<1
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(<0,01)	<1	(<0,01)	<1	((0,02))	2	(0,02)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((<0,01))	<1			((<0,01))	<1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Zinc (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(0,06)	0	(0,03)	0	(0,03)	0	(0,03)	0
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(0,07)	0	(0,06)	0	((0,05))	0	(0,09)	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(<0,01)	0	(<0,01)	0	((<0,01))	0	(<0,01)	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,02))	0	(0,03)	0
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(<0,01)	0	(0,02)	0	((0,05))	0	(0,16)	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(<0,01)	0	(0,02)	0	((0,04))	0	(<0,01)	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((<0,01))	0					((<0,01))	0
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(0,02)	0	(0,06)	0	((<0,01))	0	(0,15)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0

Tabla 4.13 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(5,53)	4	(5,23)	4	((5,08))	4	(3,96)	3
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(1,60)	3	(1,57)	3	((1,31))	3	(2,49)	3
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(1,62)	3	(1,25)	3	((0,93))	2	(0,50)	2
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,65))	2	((0,73))	2	((2,30))	3	((2,73))	3
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(1,95)	3	(3,98)	3	((1,23))	3	((0,38))	2
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(2,36)	3	(2,79)	3	((6,33))	4	(0,56)	2
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((0,11))	2						
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(4,20)	3	(8,06)	4	((0,43))	2	(0,60)	2
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA			((0,50))	2			((0,50))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Arsénico (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(0,094)	2	0,077	2	0,106	4	0,084	2
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(0,009)	0	0,006	0	0,010	0	0,010	0
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(0,004)	0	0,004	0	0,010	0	0,006	0
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((0,015))	0	((0,014))	0	((0,023))	0	(0,027)	0
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(0,008)	0	(0,010)	0	((0,031))	0	(0,040)	1
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(0,008)	0	0,005	0	0,011	0	0,009	0
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((0,006))	0	((0,039))	0	(0,013)	0	(0,008)	0
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(0,010)	0	(0,010)	0	((0,007))	0	(0,026)	0
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	((0,004))	0	0,006	0	(0,012)	0	0,007	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Mercurio (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	(2)	4	2	4	((<1))	<3	(<1)	<3
RIO PULIDO EN VERTEDERO	(2)	4	(<1)	<3	((<1))	<3	(<1)	<3
RIO MANFLAS EN VERTEDERO	(<1)	<3	((<1))	<3	((<1))	<3	(<1)	<3
RIO COPIAPO BY PASS EN LAUTARO	((<1))	<3	(2)	4	((<1))	<3	(<1)	<3
RIO COPIAPO EN LA PUERTA	(<1)	<3	(2)	4	((3))	4	(<1)	<3
RIO COPIAPO EN MAL PASO	(<1)	<3	(3)	4	((<1))	<3	(2)	4
RIO COPIAPO EN PUENTE BODEGA	((<1))	<3					((<1))	<3
RIO COPIAPO EN PIEDRA COLGADA	(<1)	<3	(<1)	<3	((<1))	<3	(<1)	<3
RIO COPIAPO EN ANGOSTURA								

Obs.: Donde se indica Clase <3, debe entenderse como "menor o igual" a 3

En el caso del Plan de Monitoreo Ambiental Tierra Amarilla, Compañía Contractual Minera Candelaria, Dames & Moore (1993-1997), se cuenta con información adicional a la presentada por la DGA, en lo que respecta a: Sólidos disueltos, Coliformes Fecales y coliformes totales. A continuación en la tabla 4.14 se presenta por período estacional la información de los parámetros analizados en dicho estudio.

**Tabla 4.14: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó.
Información Dames & Moore 1993-1997**

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((1251))	2	((1006))	2	((1062))	2	((1161))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((8,5))	0	((6,8))	2	((7,5))	1	((6,6))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	PH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((7,9))	0	((7,6))	0	((8,2))	0	((7,7))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((867,2))	2	((780,4))	2	((843,0))	2	((871,0))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((44,0))	0	((43,8))	0	((47,0))	0	((57,7))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((460))	2	((381))	2	((371))	2	((400))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((1,21))	4	((0,81))	4	((1,13))	4	((1,20))	4

Tabla 4.14 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de Copiapó. Información Dames & Moore 1993-1997

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((30))	2	((20))	2	((38))	2	((<50))	<2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((0,44))	0	((0,38))	0	((0,27))	0	((1,00))	1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((0,12))	2	((0,13))	2	((0,02))	0	((0,01))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((<0,10))	<2	((0,74))	2	((0,40))	2	((<0,10))	<2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((34))	1	((260))	1	((131))	1	((380))	1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Coliformes Totales (NMP/100ml)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COPIAPO EN NANTOCO	((738))	1	((8400))	3	((4900))	2	((132912))	4

La información del Programa de Monitoreo del SAG disponible para esta cuenca, no ha sido incluida ya que sólo corresponde a parámetros medidos en el programa de monitoreo de la DGA.

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 Copiapó.

**Tabla 4.15: Calidad de Agua Cuenca del río Copiapó
Muestreo puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	2.1	1
Río Pulido en Vertedero	<1.5	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<1.5	0
Río Copiapó en Mal Paso	<1.5	0
Río Copiapó en Puente Bodega	78	4

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	5	0
Río Pulido en Vertedero	15	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	5	0
Río Copiapó en Mal Paso	5	0
Río Copiapó en Puente Bodega	20	1

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	233	0
Río Pulido en Vertedero	421	1
Río Copiapó en Bypass Lautaro	578	2
Río Copiapó en Mal Paso	639	2
Río Copiapó en Puente Bodega	1610	4

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<10	0
Río Pulido en Vertedero	21	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<10	0
Río Copiapó en Mal Paso	<10	0
Río Copiapó en Puente Bodega	60	3

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<0.01	0
Río Pulido en Vertedero	<0.01	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<0.01	0
Río Copiapó en Mal Paso	<0.01	0
Río Copiapó en Puente Bodega	48.4	4

**Tabla 4.15 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Copiapó
Muestreo puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<3	0
Río Pulido en Vertedero	<3	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<3	0
Río Copiapó en Mal Paso	<3	0
Río Copiapó en Puente Bodega	<3	0

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	0.3	0
Río Pulido en Vertedero	0.4	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	0.5	0
Río Copiapó en Mal Paso	0.5	0
Río Copiapó en Puente Bodega	0.4	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<0.01	0
Río Pulido en Vertedero	<0.01	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<0.01	0
Río Copiapó en Mal Paso	<0.01	0
Río Copiapó en Puente Bodega	0.60	2

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<0.01	0
Río Pulido en Vertedero	<0.01	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<0.01	0
Río Copiapó en Mal Paso	<0.01	0
Río Copiapó en Puente Bodega	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	<10	<2
Río Pulido en Vertedero	<10	<2
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<10	<2
Río Copiapó en Mal Paso	<10	<2
Río Copiapó en Puente Bodega	<10	<2

**Tabla 4.15 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Copiapó
Muestreo puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	5	0
Río Pulido en Vertedero	5	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	<2	0
Río Copiapó en Mal Paso	49	1
Río Copiapó en Puente Bodega	<2	0

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Manflas en Vertedero	170	0
Río Pulido en Vertedero	33	0
Río Copiapó en Bypass Lautaro	4	0
Río Copiapó en Mal Paso	3500	2
Río Copiapó en Puente Bodega	17	0

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

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

4.3 Factores Incidentes en la Calidad del Agua

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

La Tabla 4.16 explica los factores incidentes en la cuenca del río Copiapó, a través de la información contenida en la tabla 4.13 (estaciones de calidad DGA).

Tabla 4.16: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Copiapó

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Jorquera en Vertedero 0340JO10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Contaminación difusa por depósitos de estériles Aguas de drenajes de minas RILES mineros.	CE, Cu, Cr, Mo, SO ₄ ⁻² , B, Fe, Mn, Al, As, Hg	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-9 (ver nota) • Geología: Formaciones litológicas de rocas sedimentario - volcánicas del periodo Terciario, consistente en coladas, brechas y tobas intercaladas con areniscas, calizas y adicionalmente se encuentran rocas hipoabisales del tipo intrusivos graníticos de muy baja a nula permeabilidad • Minería: La Pepa y Refugio (Au), Plantas de beneficio de minerales: La Pepa y Cianuración Refugio (Au)
Río Pulido en Vertedero 0341PU10	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas Escorrentía. de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Contaminación difusa por ganadería.	CE, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, B, Hg, SD, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Rocas volcano sedimentarias del período terciario: coladas, brechas y tobas de baja permeabilidad • Ganadería: Veranadas • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa y tecnificada
Río Manflas en Vertedero 0342MA10	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Contaminación difusa por ganadería.	CE, Cu, Cr, Fe, Mn, Al, B, Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Rocas volcano- sedimentarias del período Jurásico de baja permeabilidad • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Ganadería: Principalmente caprinos

Tabla 4.16 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Copiapó

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Copiapó By pass en Lautaro 0343CO20	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos. Sedimentación de aguas superficiales. Estratificación embalse	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusa por depósitos de estériles. Aguas de drenajes de minas. RILES mineros.	OD, CE, SO_4^{-2} , Cu, Cr, Fe, Mo, Al, B, Mn, Hg, SD, Sn.	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Depósitos consolidados y rocas en conjunto con sedimentos volcánicos sedimentarios del período terciario • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Hidrología: Embalse Lautaro • Minería: Minas Amolanas I y II, Planta de beneficio de minerales Amolanas I • Agricultura: Cultivos de viñas y parronales en forma intensa y tecnificada • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Copiapó en la Puerta 0343CO30	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. No existe interacción napa río Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Contaminación difusa por aguas servidas. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes.	As, CE, SO_4^{-2} , Cu, Cr, Mo, Zn, Al, B, Fe, Mn, Hg Posiblemente DBO_5 , SST, CF, CT.	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrogeología: El acuífero drena paralelo al río Copiapó por un lecho de depósitos no consolidados de alta transmisividad de bastante profundidad (≈ 70 m), Pozo DGA a 53 metros de profundidad. Acuífero de alta productividad ($>10m^3/h/m$) • Centros poblados: Poblado de Los Loros • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa y tecnificada • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.16 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Copiapó

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Copiapó en Mal Paso 0343CO40	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de franja metalogénica.	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Descarga de aguas servidas. Contaminación difusa por depósitos de estériles Drenaje de aguas de mina Incorporación de canal Mal Paso.	CE, SO_4^{-2} , Cu, Cr, Mo, B, Mn, Al, Hg, SD, Sn. Posiblemente DBO_5 , CF, SST, CT.	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas: Cía minera Ojos del Salado, San Andrés, COEMIN • Litología: Franja metalogénica F-3 (ver nota) • Hidrología: Incorporación de Canal Mal Paso • Minería: Fundición: Hernán Videla Lira ENAMI, Minas (Cu): Candelaria, Jardinera, Marta, Agustina, Sanos, Alcaparrosa, Carmen Alta, Fortuna, Jilguero, Generosa, Las Pintados, Mantos de cobre, Pensamiento, Abundancia, Rampa, San Francisco, San Samuel, Sta. Rosa, Carola, Doña Claudia, Plantas de beneficio de minerales: Candelaria, San Gerardo, Cerrillos, Elisa de Bordos, María Isabel, San Joaquín, San José • Centros poblados: Poblado de Tierra Amarilla (con 83% cobertura de a.s) • Geomorfología: Valle transversal con laderas constituidas por materiales coluviales • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa y tecnificada • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Copiapó en puente Bodega 0345CO10	Lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de franja	Contaminación difusa por aguas servidas. Descargas difusas de	OD, Mn, Cr, Fe, Al, CE, SO_4^{-2} , Cu, B, DBO_5 , Color	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Franja metalogénica F-3 (ver nota) • Centros poblados: Ciudad de Copiapó (con cobertura de 96% de a.s.

Tabla 4.16 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Copiapó

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
	metalogénica.	plaguicidas y fertilizantes Descarga de RILES. Contaminación difusa por depósitos de estériles. Drenaje de aguas de mina Descarga de RILES mineros.	aparente, SD, SS, NH ₄ , NO ₂ , Sn Posiblemente CF, CT, DBO ₅ .	<ul style="list-style-type: none"> • Minería: Minas: La Coipa, Can can, Topaze, Varitina, Viva Chile, Monte Carmelo, Fortuna, Teresita, Bárbara, Angela, San Antonio, San José, Cautiva, Cobriza, Palmira, Azul, Sonia, Estrella sw veras, Esperanza, etc. Plantas de beneficio de mineral: La Coipa, Can Can, Corona, Biocobre, Inacesa, Sta. Laura, Arcadio, El Maray, Sta. Laura, Andrea, Chaito, Day, El Cateador, Farah, Llaucaven, Manuel Antonio Matta, San Esteban, Ojancos, Ojos de agua, Papa Pietro, Rapelina, San Jorge, San Patricio, Sta. Rosa, La Unión. • Descargas: 2 descargas mineras de C. M. Sali Hochschild S.A., Descarga de sanitaria Atacama • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa y tecnificada • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Copiapó en Piedra Colgada 0345CO20	Aportes importantes de agua subterránea. Rocas ricas en metales como Cu, Fe y Au.	Descarga de aguas servidas Descarga de RILES. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusa por depósitos de estériles.	RAS, Cu, Cr, Mo, Zn, Cl, SO ₄ ⁻² , CE, B, Fe, Mn, Al. Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Depósitos de materiales no consolidados o rellenos • Hidrogeología: Acuífero muy cercano a la superficie. Pozo DGA a 2 metros de profundidad. • Descargas: Descarga de sanitaria Atacama, 2 descargas mineras de C.M. Sali Hochschild S.A. • Minería: Mina el Barreno • Industrias: Cía David del Curto, Fisher South America • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa

Tabla 4.16 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Copiapó

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
				y tecnificada <ul style="list-style-type: none"> • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Copiapó en Angostura 0345CO30	Rocas ricas en metales como Cu, Fe y Au. Existencia del estuario río Copiapó hasta muelle Copiapó Aportes importantes de aguas subterráneas.	Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusa por depósitos de estériles.	Cu, Cr, Al, RAS, CE, Cl, SO ₄ ⁻² , B.	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Depósitos de materiales no consolidados o rellenos • Hidrogeología: Pozo DGA a 0,7 metros de profundidad • Minería: El Carmen y Empalme • Agricultura: Cultivos de Viñas y Parronales en forma intensa y tecnificada • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

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

5. CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES

5.1 Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal

Para el análisis del cauce principal que es el Río Copiapó, se cuenta con 6 estaciones de monitoreo a lo largo del río, que son:

- Copiapó by pass en Lautaro
- Copiapó en La Puerta
- Copiapó en Mal Paso
- Copiapó en Puente Bodega
- Copiapó en Piedra Colgada
- Copiapó en Angostura

En la Figura 5.1 se incluye el perfil longitudinal para los cuatro períodos estacionales sólo de aquellos parámetros seleccionados que exceden, al menos una vez, la clase 0 en esta cuenca. Dichos parámetros son los siguientes: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, RAS, cloruro, sulfato, boro, cobre, cromo, hierro, manganeso, zinc, aluminio y arsénico.

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

No se presentan las representaciones de los parámetros molibdeno y mercurio por existir en su mayoría valores equivalentes a su límite de detección (LD).

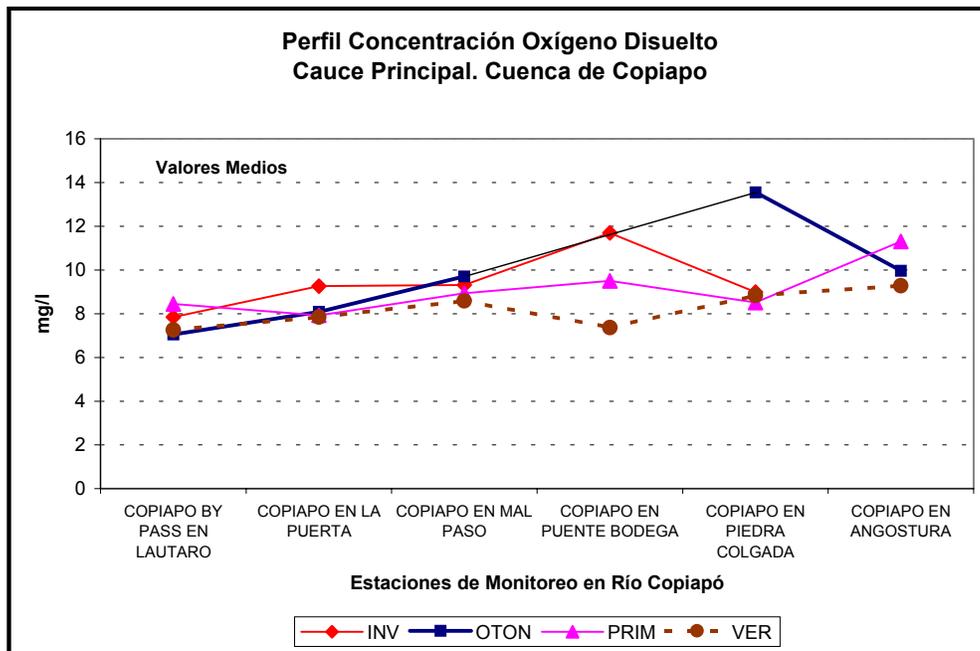
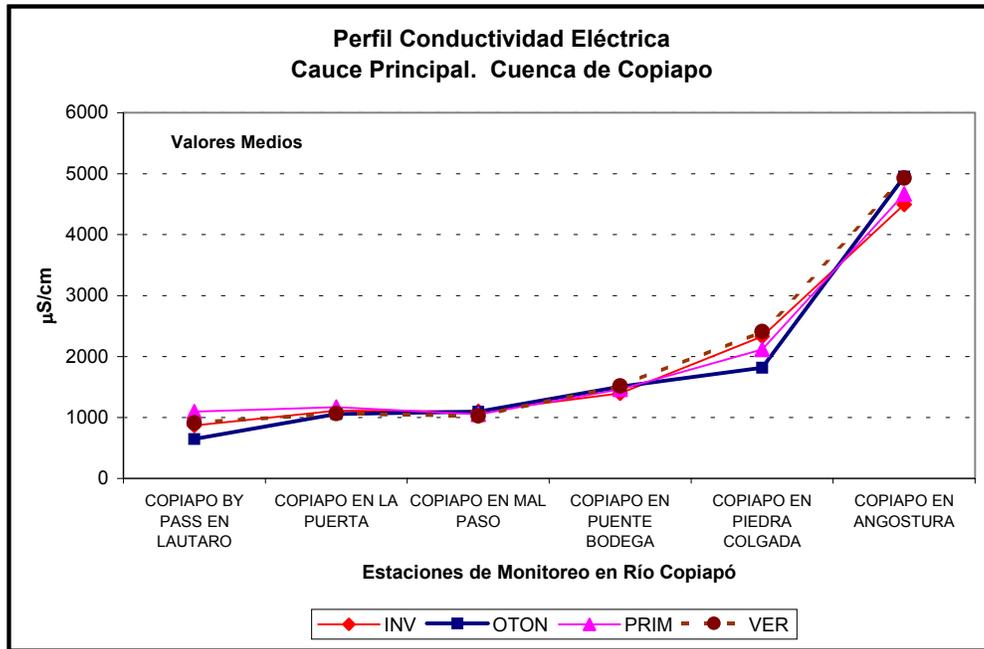


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

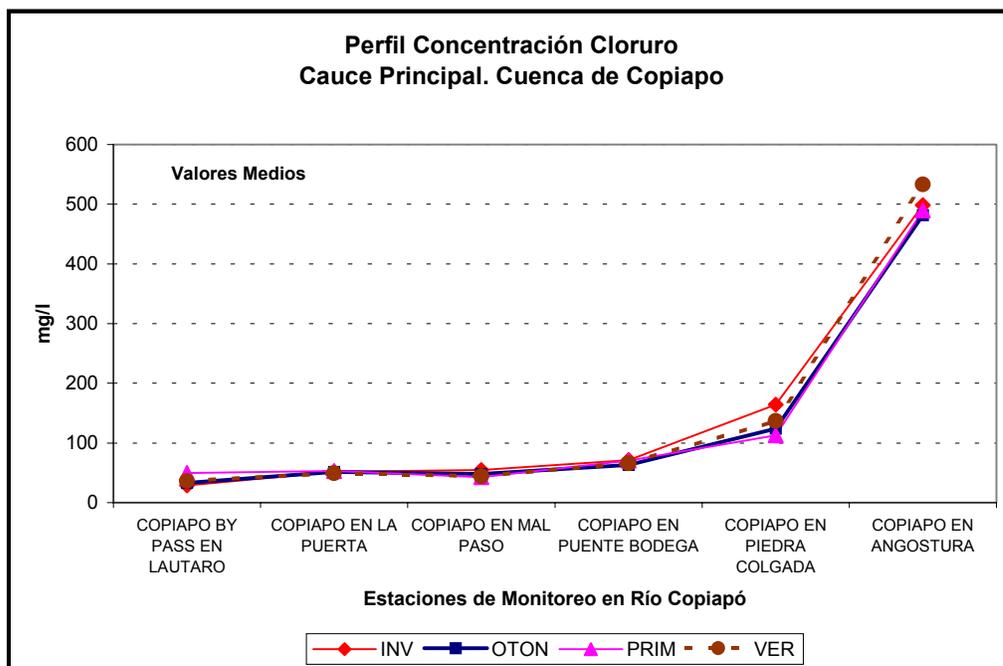
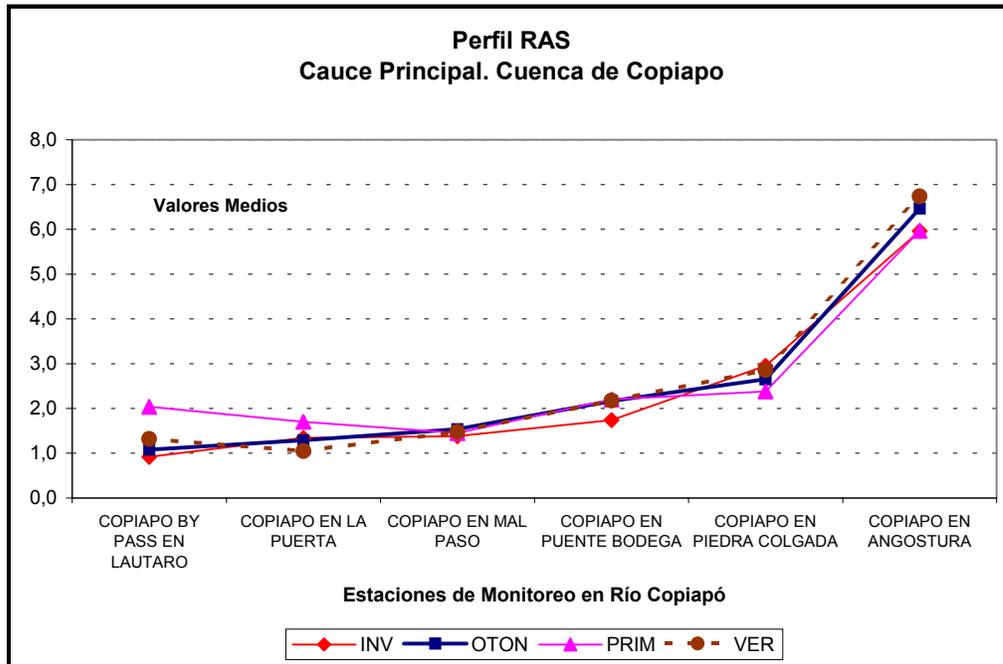


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

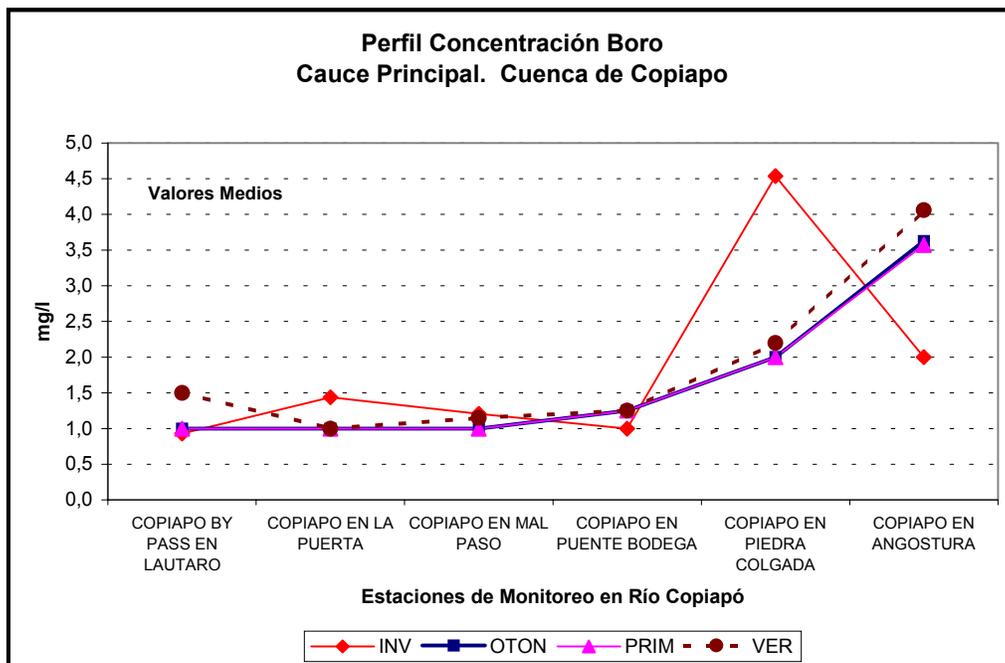
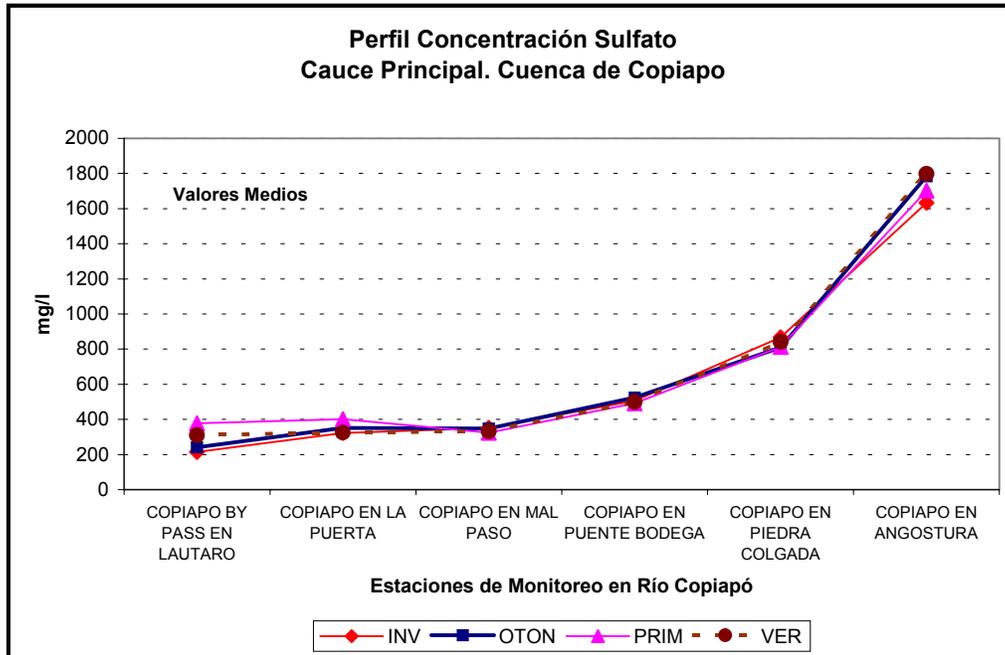


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

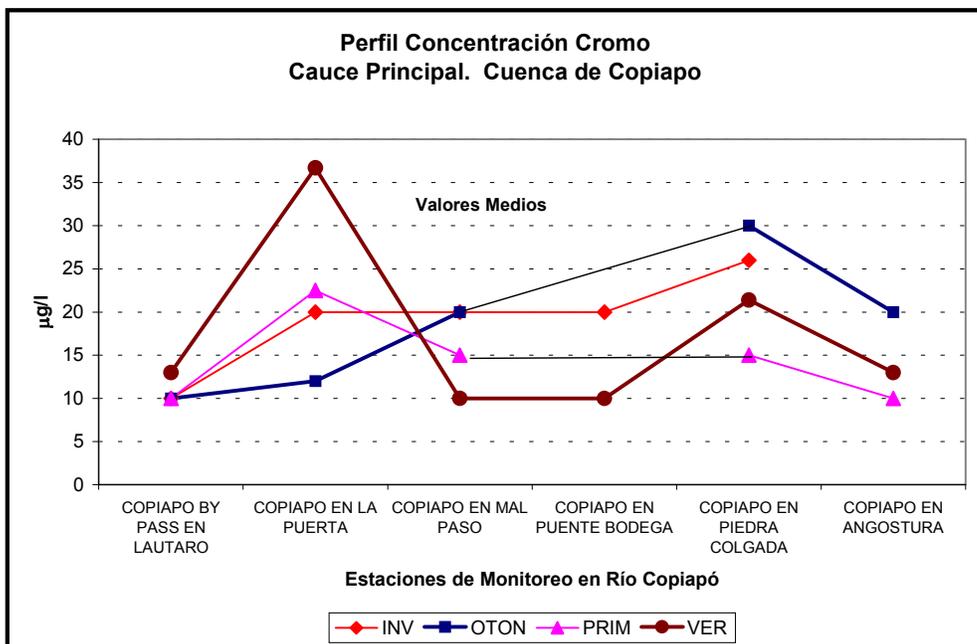
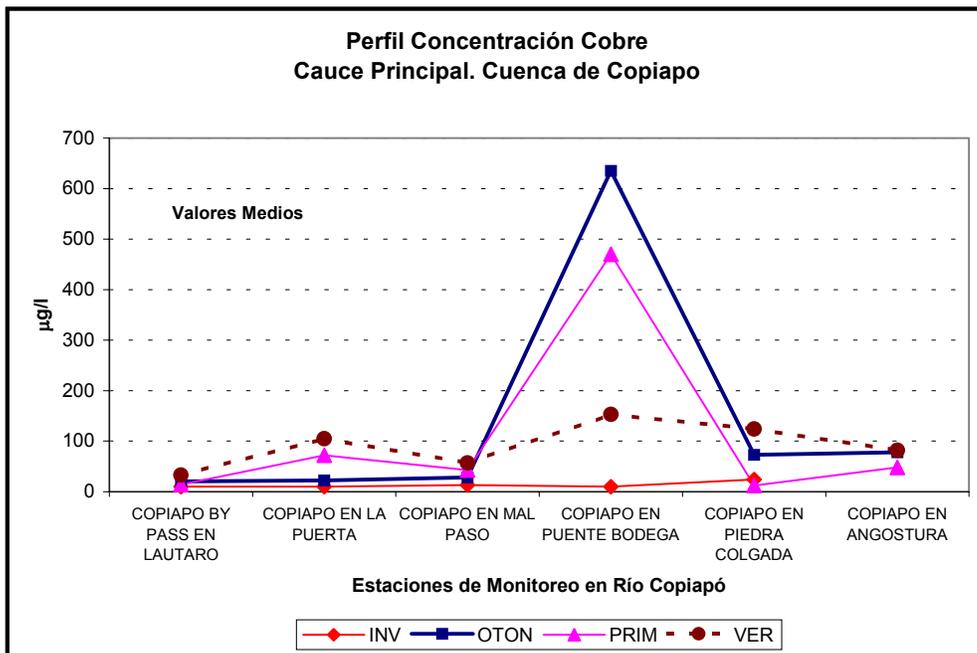
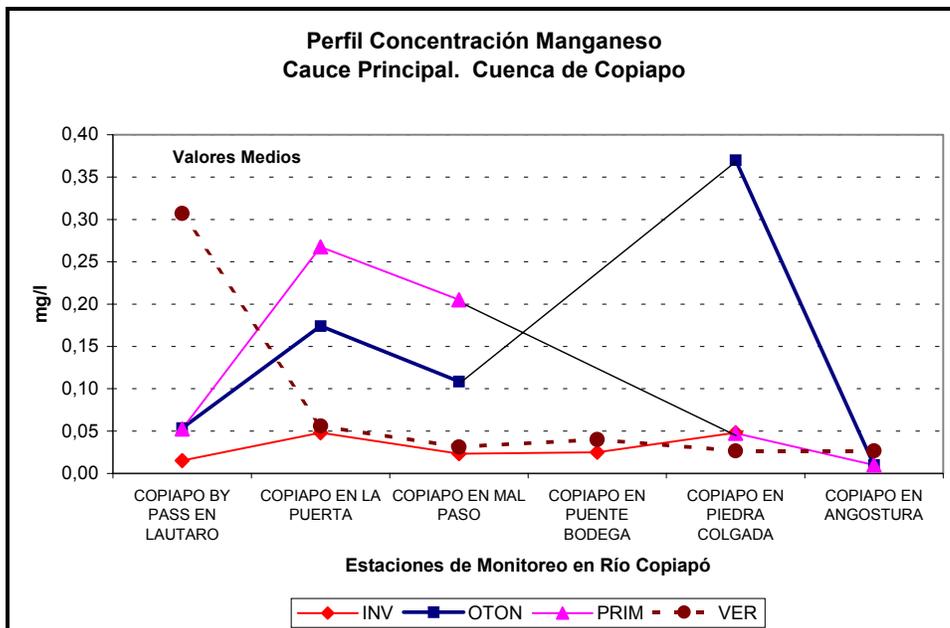
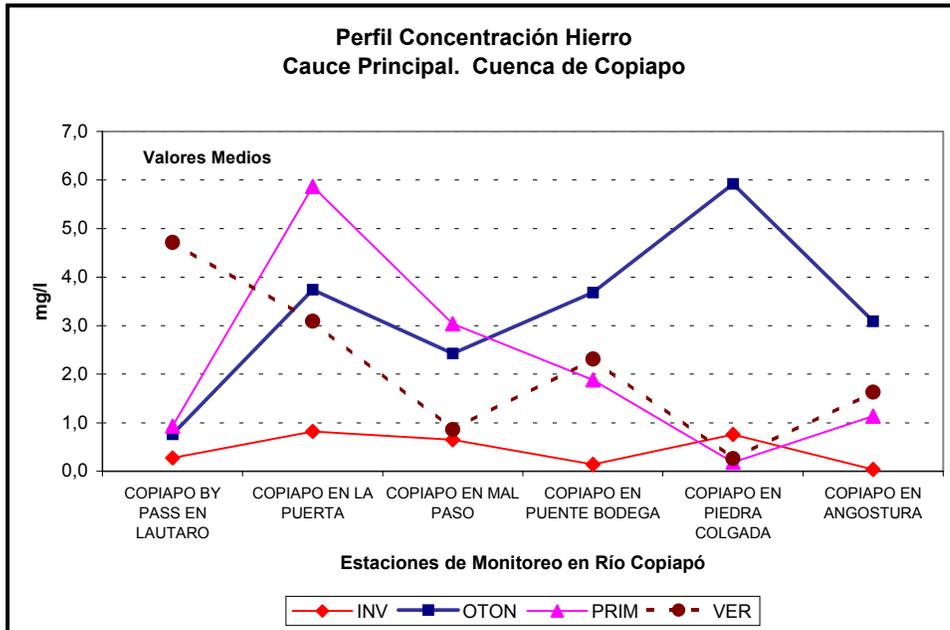


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó



Copiapó

80.

Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

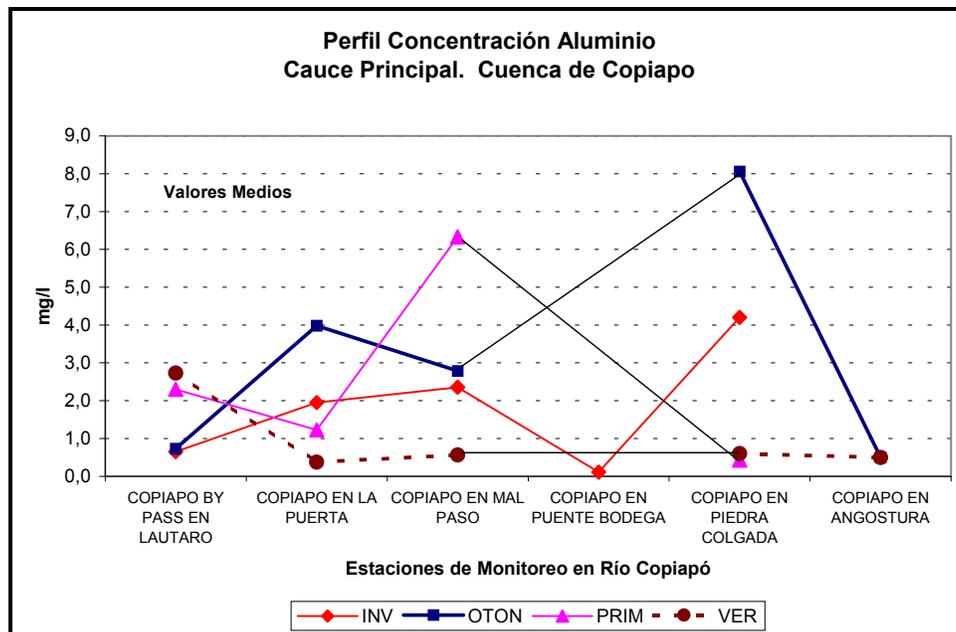
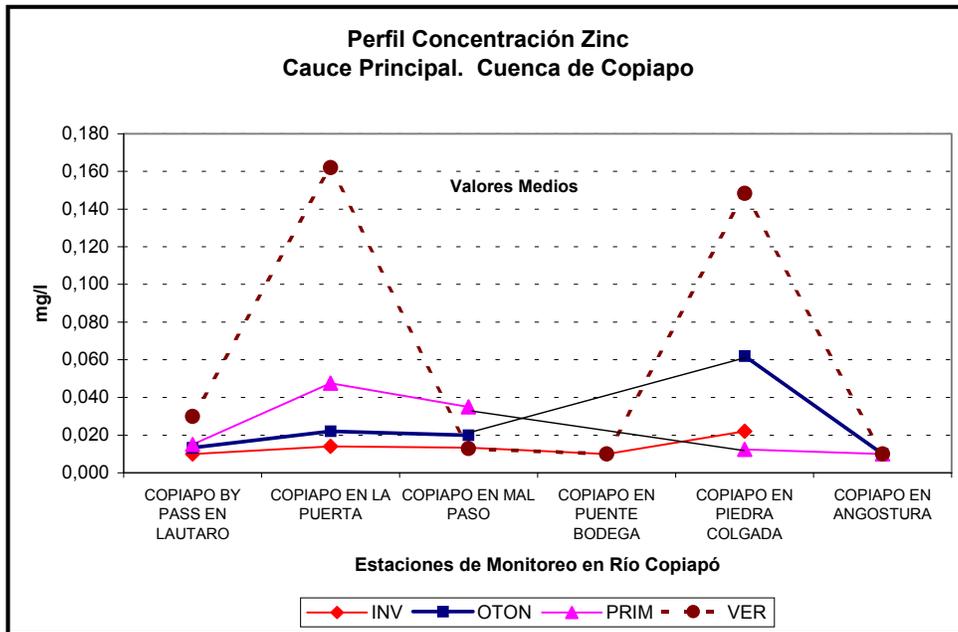


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

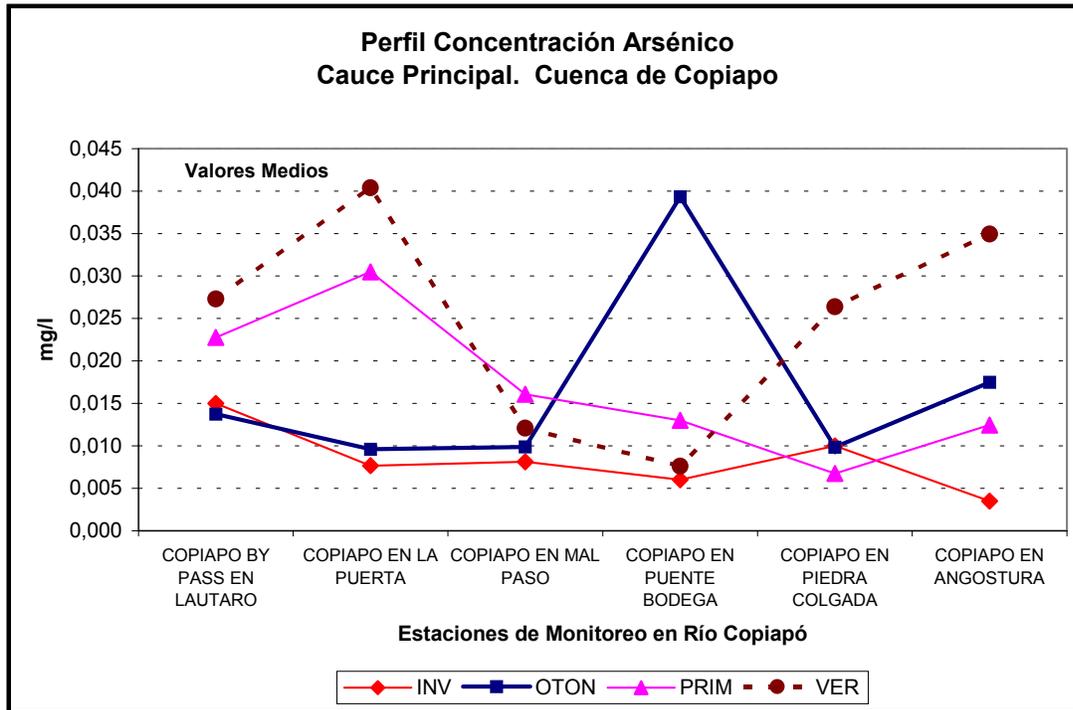


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del río Copiapó

De las figuras 5.1 se pueden extraer lo siguiente:

- CE: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en primavera-verano con valores crecientes a lo largo del río, clasificados desde clase 2 a clase 4 en la estación Angostura. La envolvente inferior corresponde en otoño, invierno, verano con los valores en clase 1 en By Pass en Lautaro, clase 2 hasta la estación Puente Bodega, clase 3 en Piedra Colgada y clase 4 en Angostura. La comparación de los valores de la parte alta con aquellos cercanos a la desembocadura, permite observar que la conductividad tiende a crecer, lo que podría explicarse por factores naturales.
- OD: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en primavera, otoño e invierno con todos los valores en clase 0. Se observa una tendencia creciente aguas abajo de la estación By Pass en Lautaro hasta Piedra

Colgada y tiende a disminuir hacia la desembocadura. La envolvente inferior se observa en verano-primavera-otoño, a lo largo del río se observa un leve aumento de la concentración hacia la desembocadura con valores desde clase 2 a clase 0.

- RAS: El perfil longitudinal permite observar que no existe variación estacional con una tendencia creciente a lo largo del río. La envolvente superior se presenta en los cuatro períodos estacionales. Con valores asignados a la clase 0 hasta Puente Bodega, clase 1 en Piedra Colgada y clase 3 en la estación Angostura. Se observa para la envolvente inferior el mismo comportamiento de la envolvente superior (creciente) en los periodos de invierno-verano y primavera con todos los valores asignados a la clase 0 hasta Puente Bodega y clase 1 en Piedra Colgada y la estación Angostura en clase 2.
- Cloruro: El perfil longitudinal permite observar que no existe variación estacional con una tendencia creciente a lo largo del río. La envolvente superior se presenta en tres períodos estacionales: primavera-verano e invierno. Con valores asignados a la clase 0 desde la parte alta hasta Puente Bodega (parte media) y en clase 3 Piedra Colgada y clase 4 en Angostura. La envolvente inferior se observa en los cuatro períodos estacionales con todos los valores asignados a la clase 0 hasta Puente Bodega, clase 2 en Piedra Colgada y Angostura en clase 4. El comportamiento de la concentración de cloruro a lo largo del río es el mismo para la envolvente superior e inferior.
- Sulfato: El perfil longitudinal permite observar que no existe variación estacional con una tendencia creciente a lo largo del río. La envolvente superior se presenta en los cuatro períodos estacionales, con valores en clase 2 hasta la estación Mal Paso, clase 3 desde Puente Bodega a Piedra Colgada. En la estación Angostura se sigue observando el valor más alto del río con valor asignado a clase 4. La envolvente inferior se observa en invierno, verano y primavera con el mismo comportamiento de la envolvente superior con valores en clase 2 hasta Puente Bodega, clase 3 en la estación Piedra Colgada y clase 4 en Angostura.
- Boro: Los perfiles longitudinales del boro permiten observar que en todo el río tanto la envolvente superior como inferior tienen sus valores asignados a clase 4. Se observa el valor más alto en la estación Piedra Colgada. La

envolvente superior se observa en verano e invierno y la inferior en los períodos estacionales de invierno y primavera, sin presentar variación estacional excepto en la estación Piedra Colgada con todos los valores en clase 4.

- Cobre: El comportamiento del cobre tiende a aumentar desde la parte alta a la desembocadura con un considerable aumento en la estación Puente Bodega, correspondiendo al valor más alto observado en el río asignado a clase 3. La envolvente superior se observa en los períodos de verano y otoño con valores asignados a la clase 2, excepto en la estación Puente Bodega antes mencionada. La envolvente inferior se presenta con todos sus valores asignados a la clase 2 en los períodos de invierno y primavera.
- Cromo total: La envolvente superior se observa en los períodos de verano-otoño-invierno con todos los valores asignados a la clase 2. La envolvente inferior se observa en los períodos de primavera en las estaciones de By Pass en Lautaro, Piedra Colgada y Angostura, en otoño en la Puerta y en verano en Mal Paso y Puente Bodega, con todos los valores asignados a la clase 2. Se observa en la estación La Puerta el punto de mayor concentración a lo largo del río, en verano con clase 2.
- Hierro: La envolvente superior se observa en los períodos de verano en la estación By Pass en Lautaro en clase 2, en otoño en las estaciones de Angostura, y Puente Bodega en clase 2 y Piedra Colgada en clase 4, en primavera se observa en las estaciones de La Puerta clase 4 y Mal Paso clase 2. En las estaciones de La Puerta y Piedra Colgada se observa un aumento notable correspondiendo a los puntos de mayor concentración del río. La envolvente inferior se observa en invierno en todo el río excepto en Piedra Colgada en primavera con todos los valores en clase 0 excepto en La Puerta en clase 1.
- Manganeso: La envolvente superior se observa en verano en las estaciones de By Pass en Lautaro en clase 4, Angostura en clase 0 y en Puente Bodega en clase 1, en primavera en las estaciones de La Puerta, y Mal Paso, ambas en clase 4 y en otoño en Piedra Colgada también en clase 4. La envolvente inferior se observa en invierno en By Pass en Lautaro, La Puerta, Mal Paso y Puente Bodega, en primavera en la estación Angostura,

y verano en Piedra Colgada con todos los valores en clase 0, excepto en La Puerta en clase 1.

- Zinc: La envolvente superior del zinc se observa en los periodos de verano en todas las estaciones excepto en Mal Paso en primavera. Todos los valores están en clase 0 a excepción de las estaciones La Puerta y Piedra Colgada con valores en clase 2. La envolvente inferior se observa en verano-invierno-primavera con todos los valores en clase 0.
- Aluminio: Los perfiles longitudinales del aluminio permiten observar que la envolvente superior se encuentra en verano-primavera y otoño con valores asignados a la clase 3 y 4. Es necesario hacer notar que en las estaciones Angostura y Puente Bodega no existen datos para los periodos de: invierno-primavera y otoño-primavera-verano, respectivamente. La envolvente inferior se observa en los períodos de invierno, primavera y verano. La mayor concentración corresponde al punto de la estación Piedra Colgada con valores en clase 4.
- Arsénico: La envolvente superior se observa en verano en las estaciones de By Pass en Lautaro, La Puerta y Piedra Colgada, Angostura en Primavera en la estación Mal Paso con todos los valores en clase 0, a excepción de la estación La Puerta y Puente Bodega en clase 1. La envolvente inferior se observa en otoño-invierno-primavera con todos los valores en clase 0. Se observa un comportamiento disímil a lo largo del río.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua

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

Tabla 5.1: Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA RIO COPIAPO
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.
<p><u>CE</u>: En el río Copiapó la conductividad eléctrica aumenta desde la parte alta del río hacia aguas abajo pasando de clase 2 a clase 4. Para la única estación en el río Jorquera no se observa variación estacional con valores en clase 2. En la estación vertedero del río Pulido se observan en invierno y primavera valores en clase 1, en verano y otoño valores en clase 0. El río Manflas no presenta variación estacional entre verano primavera y otoño, con valores en clase 0, encontrándose los valores más altos en el período de invierno, clasificados en clase 2.</p> <p><u>DBO₅</u>: Muestreo puntual en primavera en río Manflas es clase 1. En río Pulido es Clase 0. En río Copiapó en By Pass Lautaro y Mal Paso es Clase 0 y en Puente Bodega es Clase 4.</p> <p><u>Color Aparente</u>: Muestreo puntual en primavera es Clase 0 en los ríos Manflas, Pulido, Copiapó en By Pass Lautaro y Copiapó Mal Paso. En río Copiapó en Puente Bodega es Clase 1.</p> <p><u>SST</u>: Muestreo puntual en primavera en río Manflas, río Pulido, río Copiapó en By Pass Lautaro y Mal Paso es Clase 0 y en Puente Bodega es Clase 3.</p> <p><u>OD</u>: El río Copiapó no presenta variación estacional a lo largo del río en los períodos de invierno y primavera con valores en clase 0. En los períodos de otoño y verano se observa una variación estacional en By Pass en Lautaro y Puente Bodega, con valores en clase 2. Ríos Jorquera, Pulido, Manflas, todos los valores en clase 0.</p> <p><u>pH</u>: Todos los valores clasificados en clase 0.</p> <p><u>RAS</u>: Ríos Jorquera, Manflas, Pulido todos los valores clasificados en clase 0. En el río Copiapó, el RAS no presenta variaciones a lo largo del río en todo el año con valores en clase 0, a excepción de las estaciones Angostura y Piedra Colgada. En Angostura se observan valores clase 2 en invierno y primavera, en verano y otoño, clase 3.</p> <p><u>SD</u>: Río Jorquera sin información. Muestreo puntual en río Manflas con valores en Clase 0, río Pulido en Clase 1. Río Copiapó, valores en clase 2 sin variación estacional (estación Nantoco, Dames & Moore, 1994). Muestreo puntual en primavera en clase 2 en Copiapó en By Pass Lautaro y en Mal Paso y clase 4 en Puente Bodega.</p>
Inorgánicos (IN): NH₄⁺, CN⁻, Cl⁻, F⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻, S²⁻
<p><u>SO₄²⁻</u>: En el río Copiapó, no se observa variación estacional a excepción en primavera en la estación Puente Bodega. En general se observa un aumento de la concentración desde la parte alta a la baja del río desde clase 2 a clase 4. En los ríos Jorquera y Pulido, no se observa variación estacional con valores en clase 2, a excepción de verano con clase 3 y clase 1 respectivamente. En el río Manflas todos los valores asignados a clase 0.</p> <p>Cl⁻: clasificados en Clase 0, excepto en Angostura y Piedra Colgada con valores en clase 4 y 3 respectivamente. Ríos Jonquera, Pulido y Manflas clasificados en clase 0.</p>

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

CUENCA RIO COPIAPO
<p><u>NH₄⁺</u>: Muestreo puntual en primavera es Clase 0 en los ríos Manflas, Pulido, Copiapó en by pass Lautaro y Mal Paso. En Puente Bodega clase es 4.</p>
<p><u>F⁻, CN⁻, S²⁻</u> : Muestreo puntual en primavera en los ríos Manflas, Pulido y Copiapó son Clase 0.</p>
<p><u>NO₂⁻</u>: Muestreo puntual en primavera en los ríos Manflas y Pulido son Clase 0. En el río Copiapó valores asignados a clase 0 en By pass en Lautaro y Mal Paso y en clase 2 en Puente Bodega.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tretracloroetano, tolueno</p>
<p>No se dispone de información para los parámetros orgánicos.</p>
<p>Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demetón, DDT, diclofop-metil, dieldrín, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina.</p>
<p>No se dispone de información para los parámetros orgánico plaguicidas.</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p>
<p><u>B</u>: En todos los periodos estacionales y en toda la cuenca los valores para el boro están en el rango de la clase 4.</p>
<p><u>Cu</u>: En todos los periodos estacionales y en toda la cuenca, los valores para el cobre están en el rango de la clase 2, excepto en el río Copiapó en Puente Bodega que los valores suben a clase 3.</p>
<p><u>Cr_{total}</u>: En todos los periodos estacionales y en toda la cuenca los valores para el cromo están en el rango de la clase 2.</p>
<p><u>Fe</u>: Se observa un comportamiento disímil entre los periodos estacionales y a lo largo del río Copiapó con valores clasificados desde clase 0 a la clase 4. En los ríos Jorquera y Manflas no hay variación estacional con valores clasificados en clase 2, excepto en invierno con valores en clase 4 y verano en clase 0 respectivamente. En el río Pulido se observa una variación entre los periodos de invierno- verano y primavera- otoño, en clase 2 y 1 respectivamente.</p>
<p><u>Mn</u>: En todo el río se observan valores en clase 4 excepto en Puente Bodega y Angostura en clase 1 y 0 respectivamente. En el río Jorquera no se observa variación entre verano, otoño, y primavera. Sin embargo en invierno se observan valores en clase 4. En el río Pulido los valores son clase 2, durante todo el año. En el río Manflas el valor máximo se encuentra en verano en clase 2.</p>
<p><u>Mo</u>: La mayoría de los datos corresponden a un límite de detección superior a la clase 0. Sin embargo existen datos clasificados en clase 2.</p>
<p><u>Ni, Se</u>: En todos los periodos estacionales y puntos de monitoreo en toda la cuenca los valores son clasificados en clase 0.</p>
<p><u>Zn</u>: En el río Copiapó no se observa variación a lo largo del año, con valores clasificados en clase 0, excepto en verano en las estaciones en La Puerta y Piedra Colgada con valores en clase 2. En los ríos Jorquera, Pulido y Manflas, todos los valores asignados a la clase 0.</p>

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

CUENCA RIO COPIAPO
Metales no Esenciales (MN): Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb
<p><u>Al</u>: a lo largo del río Copiapó, desde la parte alta a la parte baja, los valores tienden aumentar desde clase 3 a clase 4, excepto en Angostura y en Puente Bodega en la clase 2. En el río Jorquera se observan valores en clase 4 y 3. En el río Pulido no se observa variación estacional con todos los valores en clase 3. En el río Manflas no se observa variación entre otoño e invierno, en clase 3, y entre primavera- verano con valores en clase 2.</p> <p><u>As</u>: Los valores son clasificados en clase 0. Destaca el comportamiento de río Jorquera, en clase 4 en primavera y Copiapó en la estación La Puerta en verano clasificado en clase 1.</p> <p><u>Cd y Pb</u>: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al límite de detección analítico superior a la clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: No posee información.</p> <p><u>Hg</u>: La mayoría de los datos corresponden a un límite de detección superior a la clase 0. Sin embargo, existen datos clasificados en clase 4.</p>
Indicadores Microbiológicos (IM): CF, CT
<p><u>CF</u>: Valores asignados a clase 1 en estación Nantoco y Mal Paso en río Copiapó. Muestreo puntual en primavera en los ríos Pulido y Manflas, valores asignados a la clase 0. Río Jorquera sin información.</p> <p><u>CT</u>: Comportamiento disímil a lo largo del río Copiapó con valores máximos en verano asignados a clase 4 en estación Nantoco y clase 2 en Mal Paso en muestreo puntual en primavera. Río Jorquera sin información. Ríos Manflas y Pulido en Clase 0.</p>

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

El análisis realizado en los acápites anteriores permite elaborar la tabla 5.2, en la cual se clasifican los distintos parámetros según la clase a la que pertenecen en un segmento específico.

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del río Copiapó, estos parámetros son: DBO₅, color aparente, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S²⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT.
- En el caso de los parámetros DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, si no se dispone de ninguna información de nivel superior, se emplea como valor de referencia la estimación del consultor (información nivel 5). El método de estimación de dichos parámetros se presenta en el capítulo 4 de la Sección II del Informe Final, destinada a describir la Metodología empleada.
- Cuando se disponer de información de distintas fuentes para un mismo parámetro, se le asigna a éste en la tabla 5.2 la clase correspondiente a la fuente de información que contenga un mayor número de registros (mejor nivel de información de acuerdo a la metodología).

Copiapó

90.

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual

Tabla 5.2a: Cauce Principal - Río Copiapó

Estaciones de calidad DGA	Código Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación	
		0	1	2	3	4				
Río Copiapó by pass en Lautaro	0343CO20	pH, RAS, Cl, Zn, As, Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT		CE, OD, SO ₄ ⁻² Cu, Cr, Fe, Mo, SD	Al		B, Mn, Hg	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 4. Muestreo puntual, primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT
Río Copiapó en la Puerta	0343CO30	OD, pH, RAS, Cl, Ni, Se, DBO ₅ , SST	As, CF	CE, SO ₄ ⁻² Cu, Cr, Mo, Zn	Al	B, Fe, Mn, Hg	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5, DBO ₅ , SST, CF	
Río Copiapó en Mal Paso	0343CO40	OD, pH, RAS, Cl, Fe, Zn, As, Ni, Se, DBO ₅ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , color aparente, SST, F ⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻	CF	CE, SO ₄ ⁻² Cu, Cr, Mo, CT, SD		B, Mn, Al, Hg,	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1 y 2. Información nivel 4. Muestreo puntual, primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	
Río Copiapó en Nantoco.	0343CO40	pH, Cl, Ni, Se	CF, Fe	CE, OD, SD, SO ₄ ⁻² , Cu, Mn, Al		B, CT	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información Dames & Moore nivel 1.	

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Copiapó: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, RAS, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Sólidos Disueltos, Color Aparente, Amonio, Nitrito, Coliformes Totales.

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

Estaciones de calidad DGA	Código Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Copiapó en puente Bodega	0345CO10	pH, RAS, Cl, Zn, As, Ni, Se, CN ⁻ , F ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	OD, Mn, color aparente	Cr, Fe, Al, NO ₂ ⁻	CE, SO ₄ ⁻² , Cu, SST	B, NH ₄ ⁺ , DBO ₅	SD, Mo, Hg, Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 4. Muestreo puntual, primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT
Río Copiapó en Piedra Colgada	0345CO20	OD, pH, As, Ni, Se, SST	RAS, CF	Cu, Cr, Mo, Zn	Cl, SO ₄ ⁻²	CE, B, Fe, Mn, Al, DBO ₅	Hg, Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF
Río Copiapó en Angostura	0345CO30	OD, pH, Mn, Zn, As, Ni, Se, SST	DBO ₅ , CF	Cu, Cr, Al, Fe	RAS	CE, Cl, SO ₄ ⁻² , B	Mo, Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río Manflas

Estaciones de calidad DGA	Código Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Manflas en Vertedero	0342MA10	OD, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Zn, As, Ni, Se, color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	DBO ₅	CE, Cu, Cr, Fe, Mn	Al	B	Mo, Hg, Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 4. Muestreo puntual, primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT

Tabla 5.2c: Cauce Secundario: Río Pulido

Estaciones de calidad DGA	Código Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Pulido en Vertedero	0341PU10	OD, pH, RAS, Cl, Zn, As, Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CF, CT, CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	CE, SD	SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Fe, Mn, Mo	Al	B, Hg	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 4. Muestreo puntual, primavera: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT

Tabla 5.2d: Cauce Secundario: Río Jorquera

Estaciones de calidad DGA	Código Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Jorquera en Vertedero	0340JO10	OD, pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, DBO ₅ , SST, CF		CE, Cu, Cr, Mo	SO ₄ ⁻²	B, Fe, Mn, Al, As, Hg	Cd, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

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 Copiapó, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.13.

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

Estación	Segmento	CE ($\mu\text{S/cm}$)	RAS	Cl^- (mg/L)	SO_4^{-2} (mg/L)	B (mg/L)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cr ($\mu\text{g/L}$)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	SD (mg/L)
Río Jorquera en Vertedero	0340JO10	1464	Clase 0	Clase 0	506,9	((2,2))	(18)	(22)	(5,27)	(0,28)	(0,02)	Clase 0	(5,53)	0,106	(2)	s/i
Río Pulido en Vertedero	0341PU10	634	Clase 0	Clase 0	174,4	((1,5))	50	(20)	2,13	(0,14)	(0,02)	Clase 0	(2,49)	Clase 0	(2)	421*
Río Manflas en Vertedero	0342MA10	((917,5))	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((1))	20	(20)	1,54	(0,1)	Clase 0	Clase 0	(1,62)	Clase 0	Clase 0	233*
Río Copiapó by pass en Lautaro	0343CO20	((1095,5))	Clase 0	Clase 0	378,3	((1,5))	(32)	(13)	(4,71)	(0,31)	(0,02)	Clase 0	((2,73))	Clase 0	(2)	578*
Río Copiapó en la Puerta	0343CO30	((1170,8))	Clase 0	Clase 0	401,8	((1,4))	(105)	(37)	(5,87)	((0,27))	(0,02)	(0,16)	(3,98)	(0,04)	((3))	s/i
Río Copiapó en Mal Paso	0343CO40	1148	Clase 0	Clase 0	351,9	((1,2))	25	(20)	Clase 0	((0,21))	(0,02)	Clase 0	((6,33))	Clase 0	(3)	((871))
Río Copiapó en puente Bodega	0345CO10	(1514,8)	Clase 0	Clase 0	524,5	(2,3)	((635))	((20))	((3,68))	((0,04))	Clase 0	Clase 0	((0,11))	Clase 0	Clase 0	1610*
Río Copiapó en Piedra Colgada	0345CO20	(2410)	((3))	((164,1))	866,7	((4,5))	(124)	(30)	(5,92)	(0,37)	(0,02)	(0,15)	(8,06)	Clase 0	Clase 0	s/i
Río Copiapó en Angostura	0345CO30	5872	6,7	679,7	1798	5	(47)	((20))	(3,09)	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((0,5))	Clase 0	s/i	s/I

Fuente: Elaboración propia

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).

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

- El río de mejor calidad natural de la cuenca es el río Manflas.
- El curso de calidad más desmejorada de la cuenca es el río Copiapó aguas abajo de la ciudad de Copiapó.
- Los parámetros más relevantes en la cuenca son principales los metales.
- La Conductividad eléctrica, boro, cobre, cromo, hierro y aluminio son parámetros que se encuentran presentes en todos los cauces de la cuenca.
- Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la cuenca del río Copiapó.
- Los resultados del muestreo indican que es muy probable que se encuentre estaño ampliamente distribuido en la cuenca del río Copiapó.
- El color aparente y los nitritos sólo aparecen en río Copiapó en Pte. Bodega aguas debajo de la ciudad de Copiapó, por lo cual es probable que su origen sea netamente antrópico.
- El río Copiapó presenta calidad similar a sus tributarios, teniendo en algunos sectores calidad inferior a la de los tributarios.

5.4.1 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica medida presenta valores comprendidos entre 634 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Río Manflas en vertedero– verano) a 5.872 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (est. DGA Est. Copiapó en Angostura – otoño). Estos valores sin embargo no presentan problemas para que el agua sea utilizada en riego.

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

Adicionalmente, la litología de la cuenca del río Copiapó si bien es variada en sus edades geológicas presenta una continuidad en el tipo de roca sedimento volcánica, formaciones que presentan naturalmente compuestos que fácilmente se disocian en iones con el agua. Este efecto es muy fuerte, sobretodo en las aguas subterráneas, pues de acuerdo a la hidrogeología del Copiapó se sabe que existe un fuerte intercambio acuífero río desde la ciudad de Copiapó hasta la desembocadura.

5.4.2 Relación de absorción de sodio (RAS)

El RAS monitoreado presenta valores comprendidos entre 3 (Est. DGA est. Río Copiapó en Piedra colgada) a 6,7 (Est. DGA Río Copiapó en Angostura – verano). Estos valores sin embargo no presentan problemas para que el agua sea utilizada en riego. La presencia de altos valores de RAS en el cauce principal, se debe a la litología del sector, que es rica en calizas y sales que se solubilizan y aportan iones.

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

5.4.3 Cloruros

Los valores de cloruros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 164 mg/L (Est. DGA Río Copiapó en Piedra Colgada) a 680 mg/L (Est. DGA río Copiapó en Angostura - verano).

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

5.4.4 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 174 mg/L (Est. DGA Río Pulido en vertedero-invierno) a 1.798 mg/L (Est. DGA Río Copiapó en Angostura - verano), que no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada en riego.

Los sulfatos presentes en los tributarios y cursos principales tiene un origen mixto, los cuales se deben a actividades mineras que originan efectos como lixiviaciones de depósitos de estériles, aguas de drenaje de minas, aguas de proceso y por otra parte por la

lixiviación natural de minerales de pirita existentes en las franjas metalogénicas F-9 y F-3 (Ver Anexo 4.3).

5.4.5 Boro

Los valores de boro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 1,0 (Est. DGA Río Manflas en Vertedero) a 5,0 mg/L (Est. DGA Río Copiapó en Angostura). El boro presente en los tributarios y cursos principales se debería a su presencia de rocas volcano-sedimentarias de origen lacustres con intercalaciones marinas, las que poseen gran cantidad de sales, las que son lixiviadas por agentes como cursos de aguas subterráneas y superficiales.

El origen del boro en las rocas volcano sedimentarias, se encuentra en las co-precipitaciones de boratos que ocurren entre los estratos sedimentarios de la cuenca. Estos estratos son lixiviados volumétricamente por las aguas subterráneas, las que emergen aproximadamente desde la ciudad de Copiapó hacia la costa, o por las vertientes cordilleranas originadas por el derretimiento nival, en los sectores más altos.

Otra fuente de origen son las evaporitas o pequeños salares existentes en la parte alta, los que concentran boro, permitiendo que este escurra hacia los cuerpos de agua superficiales especialmente durante el período estival en forma de boratos o ácido bórico.

5.4.6 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre 18 $\mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río Jorquera en vertedero- otoño) a 635 $\mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río Copiapó en Pte Bodega - otoño).

La presencia de cobre en la cuenca es de origen mixto. La presencia natural se debe esencialmente a la existencia de las franjas metalogénicas (F-9 y F-3 – Ver Mapa de Potencial de Generación Acida en Anexo 4.3), las cuales por procesos de lixiviación de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada adicionan cobre a todos los cauces de la cuenca que pasan por estos cuerpos mineralizados.

La parte antropogénica en cambio, ocurre en los sectores medio y bajo de la cuenca (Embalse Lautaro hasta más abajo de Copiapó), donde se encuentran gran cantidad de minas de cobre y oro junto con plantas de beneficio de minerales – plantas de chancado y

Copiapó

98.

flotación – las cuales adicionan aguas de minas y drenan difusamente depósitos de estériles que aumentan la cantidad de cobre en solución al río.

5.4.7 Cromo

Los valores de cromo procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre 13 $\mu\text{g/l}$ (Est. DGA Río Copiapó en by-pass en Lautaro) a 37 $\mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río Copiapó en La Puerta - verano).

La aparición de cromo en los cursos de agua es atribuible esencialmente a su presencia en la litología de la cuenca, la cual por procesos de lixiviación de los minerales adicionan cromo a las corrientes de agua. Esta lixiviación se manifiesta tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales, lo cual queda ratificado por la existencia de cromo disuelto en todos los tributarios y curso principal.

5.4.8 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 1,5 (Est. DGA Río Manflas en Vertedero) a 5,9 mg/L (Est. DGA Río Copiapó en Piedra Colgada-otoño), que no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada para riego.

La aparición del hierro en la cuenca es de origen mixto. La parte natural se debería esencialmente a su presencia en la litología de la cuenca, la cual por procesos de lixiviación de los minerales – pirita principalmente - adicionan hierro a las corrientes de agua.

Por otra parte el aporte de origen antrópico es atribuible a los drenajes difusos de líquidos procedentes de los depósitos de material de descarte de la minería que constituyen fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales, las cuales alcanzan su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones.

5.4.9 Manganeseo

El manganeseo detectado presenta valores comprendidos entre 0,04 mg/L (est. DGA Río Copiapó en Pte. Bodega) a 0,38 mg/L (Estación DGA Río Copiapó en Piedra Colgada).

La aparición del molibdeno en la cuenca es de origen mixto. La presencia del manganeseo en el agua, se debe a tres fenómenos que operan simultáneamente: la lixiviación de las rocas sedimento – volcánicas constitutivas de la litología de la alta cordillera; las actividades mineras desarrolladas en la cuenca y el afloramiento de napas subterráneas aguas abajo de Copiapó, donde los acuíferos asociados a las subcuencas recargan los cursos superficiales.

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

5.4.10 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores cercanos a 0,02 mg/L en el río Copiapó y sus tributarios.

La presencia de molibdeno en los cursos de agua es atribuible esencialmente a la existencia de este metal que acompaña al cobre en las franjas metalogénicas F-9 y F-3 (Ver Anexo 4.3) el cual se adiciona a los cursos de agua por procesos de lixiviación de sus filones mineralizados. Esta lixiviación se manifiesta tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales, lo cual queda ratificado por la existencia de molibdeno disuelto en todos los tributarios y curso principal.

Adicionalmente a lo anterior, los depósitos de material de descarte procedentes de la minería constituyen fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales, las cuales toman su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones.

Copiapó

100.

5.4.11 Zinc

Los valores de zinc procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,15 a 0,16 mg/L (Est. Río Copiapó en La Puerta), que no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada en riego.

La existencia de zinc en los cursos de agua se debe a su presencia en la litología de la cuenca. Por agentes como la lixiviación subterránea y superficial se adiciona al río Copiapó especialmente en aquellos sitios en que el río comienza a recargarse por el acuífero. Es muy probable además que la presencia del zinc tenga una componente antrópica que resultan de las actividades ubicadas en la parte media del río Copiapó.

5.4.12 Aluminio

El aluminio detectado presenta valores comprendidos entre 0,11 (Est. DGA Río Copiapó en Pte. Bodega) a 8,06 mg/L (Est. DGA Río Copiapó en Piedra Colgada).

La presencia del aluminio disuelto se debe a dos factores combinados, las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminico silicatos (arcillas) y el pH medio (4,5 a 10,1), los cuales forman naturalmente complejos de aluminio en solución.

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

5.4.13 Arsénico

Los valores de arsénico procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,04 (Est. DGA río Copiapó en La Puerta) a 0,106 mg/L (Est. DGA Río Jorquera en vertedero).

Estos altos valores medidos en el río Jorquera se deben a la litología propia de esta subcuenca, que es rica en iones y metales por la existencia de la franja metalogénica F-9

(único tributario del Copiapó que atraviesa dicha franja), además de la minería existente en la parte alta, lugar donde se registran los mayores valores de arsénico medido.

5.4.14 Mercurio

Los valores de mercurio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 2 a 3 $\mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río Copiapó en La Puerta y Malpaso).

La presencia de mercurio en la cuenca es en su mayor parte de origen antrópico ligada fuertemente a la minería del oro. Sin embargo, su uso indiscriminado en las plantas de beneficio de mineral, lo han convertido en un pasivo minero importante, ya que se deposita en los peces y queda como sedimento en aquellos sitios donde los cursos de agua presentan un régimen léntico, por ejemplo el Embalse Lautaro.

5.4.15 Sólidos Disueltos

Los valores de sólidos disueltos corresponden a río Copiapó en Mal Paso, donde se han detectado valores de 871 mg/L .

La presencia está ligada muy fuertemente a la conductividad eléctrica explicada con anterioridad en el punto 5.4.1.

El muestreo realizado por CADE-IDEPE en octubre 2003 permitió obtener valores que alcanzan los 1.610 mg/L en la estación río Copiapó en Puente Bodega.

La presencia de sólidos disueltos en este curso de agua se debe a la naturaleza subterránea de este río, solo se registraron 639 mg/L (Clase 2), lo que indica que una parte de los sólidos disueltos en el análisis, tienen origen antrópico.

5.4.16 Sólidos Suspendidos (SS)

El muestreo realizado por CADE-IDEPE EN OCTUBRE 2003. Determinó QUE el contenido de sólidos en suspensión, en Puente Bodega (aguas debajo de la ciudad de Copiapó) es de 60 mg/L .

Por ser resultado de un muestreo puntual, no es posible hacer afirmaciones respecto a los factores que influyen en la presencia de este párrafo en la cuenca, sin embargo dado que el punto de muestreo fue aguas debajo de Copiapó, se puede inferir un origen antrópico.

5.4.17 Falencias de información

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

El muestreo realizado por CADE-IDEPE en Octubre del 2003 adicionó nueva información que si bien no es fiable para hacer afirmaciones y conclusiones si entrega orientaciones de otros parámetros cuya información es poco conocida. A continuación se presentan los resultados de estos parámetros naturales:

- Estaño: se encontró presente en los tres cursos muestreados (ríos Manflas, Pulido y Copiapó), superando la clase 2.
- Sólidos suspendidos: se encontró su presencia superando la clase de excepción en el río Copiapó en Puente Bodega.

5.4.18 Conclusiones

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

- En general, la calidad natural del río es clasificada de buena calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, cromo, hierro, boro, aluminio y conductividad eléctrica.
- La parte media de la cuenca posee actividad minera importante, la que sumada a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro y cromo.

- El río Copiapó es un río regulado por el Embalse Lautaro, el cual influye en parámetros como el oxígeno disuelto y la carga de sólidos y es receptor de los metales que drenan las cuencas andinas en forma de sedimentos.
- El río Manflas es el curso de agua de mejor calidad natural.
- El de calidad más desmejorada es el río Copiapó aguas abajo de esta ciudad.
- La sección baja del río recibe un gran aporte de aguas subterráneas modificando la calidad natural.
- La calidad del agua de la cuenca está mayoritariamente influenciada por las características litológicas de ésta.
- Debe considerarse que existe una minería extendida en toda la cuenca, lo que indica que las rocas son ricas en iones metálicos.
- Un importante deterioro han experimentado las cuencas del Norte Chico, debido al efecto nocivo que ha tenido la depredación del ganado caprino, la tala de matorral y leña, en donde las escorrentías han lavado los suelos dejando gran cantidad de sedimento y roca desnudas a los efectos de la intemperización, los cuales son responsables en parte importante de las concentraciones existentes de tantos parámetros de calidad sobre la clase de excepción.

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 Copiapó 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 de Copiapó

Cauce	Código Segmento	Tramo	Límites Tramos
Río Manflas	0342MA10	MA-TR-10	De: Naciente río Manflas Hasta: Confluencia río Copiapó
	0342MA20		
Río Pulido	0341PU10	PU-TR-10	De: Naciente río Pulido Hasta: Confluencia río Jonquera
	0341PU20		
Río Jonquera	0340JO10	JO-TR-10	De: Naciente en río Figueroa Hasta: Confluencia río Pulido
Río Copiapó	0343CO10	CO-TR-10	De: Confluencia río Jonquera y río Pulido Hasta: Límite de subcuenca
	0343CO20		
	0343CO30		
	0343CO40		
	0343CO50		
	0345CO10	CO-TR-20	De: Límite de subcuenca Hasta: Desembocadura
	0345CO20		
	0345CO30		
0345CO40			

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

6.2 Asignación de Clases Objetivos

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

- *Usos de agua:* se reservan tres columnas para indicar los usos de agua en el tramo especificado.
- *Clase actual más característica:* corresponde a la clase de calidad de agua del *Instructivo* que agrupa la mayor parte de los valores de los parámetros representados por sus estadígrafos. Para este efecto se selecciona la clase de tal modo que aproximadamente no más del 10% de los parámetros quede con valores excedidos de la clase seleccionada (no más de 8 parámetros).
- *Clase de uso a preservar:* en función de los usos del agua en el tramo, en esta columna se trata de identificar la clase que es necesario preservar. Esta determinación no es automática, sino que requiere de un análisis en profundidad, el cual se explica detalladamente en la sección destinada a la Metodología (Volumen 1, Sección II).
- *Clase Objetivo del tramo:* es una proposición que toma en cuenta diversos aspectos, como son: usos del agua, calidad natural, calidad actual de los parámetros, y valores a lograr en un futuro cercano, entendido como el plazo de validez de la calidad objetivo propuesta. En principio esta proposición considera que hay parámetros determinados por las características naturales de la cuenca o subcuenca, mientras que otros están condicionados, en distintos grados, por las acciones antrópicas. En particular, los parámetros afectados por aguas servidas son corregidos y asignados a clase 0, ya que ellos corresponden a acciones que se espera corregir dentro del plazo de validez de la calidad objetivo propuesta en este informe. En otros casos, se analiza el comportamiento del parámetro en función del conocimiento de la cuenca o subcuenca, ya sea a través de los factores incidentes o por evidentes acciones perturbadoras, a fin de dilucidar si es mejorable o no la calidad respecto de dicho parámetro. Aún así, cabe señalar que en la mayoría de los parámetros ajenos a las aguas servidas no

existe suficiente información para establecer qué parte del valor medido corresponde a efectos antrópicos y cual a situaciones naturales, de tal modo que no se modifica su asignación de la clase actual. Para aquellos parámetros en que no existe información, se establece que la Calidad Objetivo será la definida para el tramo. Para el grueso de los parámetros, se trata de mejorar o al menos mantener la calidad natural del agua.

- *Excepciones en el tramo*, corresponde a los parámetros cuyos estadígrafos muestran que sus valores corresponden a clases de calidad distinta de la objetivo, ya sea con calidades mejores o peores. En cada situación se indican los parámetros con la clase correspondiente. Se ha considerado que estos parámetros tendrán las clases que por condiciones naturales le corresponden.
- *Parámetros seleccionados que requieren más estudios*, donde se incluyen los que tengan escasa o nula información, como asimismo los que por límites de detección de las mediciones existentes presentan problemas para su asignación de clases. Algunos de ellos no disponen de información de tal modo que la asignación de clase objetivo deberá ser ratificada con monitoreos posteriores.

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

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 Manflas	MA-TR-10	..	--	--	0	No hay	0	1	--	Otros parámetros seleccionados
								2	CE, Cu, Cr, Fe, Mn	
								3	Al	
								4	B	
Río Pulido	PU-TR-10	Clase 1 a 3	2	2	2	0	OD, pH, RAS, Cl, Zn, As, Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CF, CT, CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻	Otros parámetros seleccionados
								1	CE, SD	
								3	Al	
								4	B, Hg	
Río Jorquera	JO-TR-10	Clase 1 a 3	2	2	2	0	OD, pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, DBO ₅ , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								3	SO ₄ ⁻²	
								4	B, Fe, Mn, Al, As, Hg	

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Copiapó: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales, RAS, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Sólidos Disueltos, Color Aparente, Amonio, Nitrito, Coliformes Totales.

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

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 Copiapó	CO-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	2	2	2	0	pH, RAS, Cl, Ni, Se, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
								1	As	
								3	--	
								4	B, Mn, Hg, Fe, Al	
	CO-TR-20	..	(*)	Clase 1 a 3	4	3	3	0	pH, As, Ni, Se, DBO ₅ , CN ⁻ , F ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
								1	OD, color aparente	
								2	Cr, NO ₂ ⁻ , Mo, Zn	
								4	CE, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Fe, Mn, Al, NH ₄ ⁺ , SD	

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

6.3 Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo

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

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

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

7. OTROS ASPECTOS RELEVANTES

7.1 Indice de Calidad de Agua Superficial

7.1.1 Antecedentes

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

El ICAS de la cuenca del río Copiapó, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 15 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- RAS
- Sólidos disueltos
- Cloruro
- Sulfato
- Boro
- Cobre
- Cromo
- Hierro
- Manganeseo
- Molibdeno
- Zinc
- Aluminio
- Arsénico
- Mercurio
- Coliformes Totales

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

7.1.2 Estimación del ICAS

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

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Jorquera en Vertedero	89
Río Pulido en Vertedero	94
Río Manflas en Vertedero	97
Río Copiapó by-pass en Lautaro	93
Río Copiapó en La Puerta	89
Río Copiapó en Mal Paso	90
Río Copiapó en pte Bodega	82
Río Copiapó en Piedra Colgada	75
Río Copiapó en Angostura	77

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Copiapó posee tributarios de buena calidad. El cauce principal, calidad regular buena, debido a la existencia de 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 Jorquera en Vertedero	2
Río Pulido en Vertedero	2
Río Manflas en Vertedero	0
Río Copiapó by-pass en Lautaro	2
Río Copiapó en La Puerta	2
Río Copiapó en Mal Paso	2
Río Copiapó en pte Bodega	3
Río Copiapó en Piedra Colgada	3
Río Copiapó en Angostura	3

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 Copiapó en pte Bodega	85
Río Copiapó en piedra colgada	78

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

7.2 Programa de Monitoreo Futuro

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

En conformidad a lo dispuesto en el Instructivo la frecuencia mínima de muestreo corresponderá a los cuatro 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, RAS, Sólidos Disueltos, Amonio, Cloruro, Nitrito, Sulfato, Boro, Cromo Total, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Cadmio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Cianuro, Fluoruro, Sulfuro, Estaño
- 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 Jorquera en Vertedero	Río Pulido en Vertedero	Río Manflas en Vertedero	Río Copiapó by pass en Lautaro	Río Copiapó en la Puerta	Copiapó en Nantoco	Río Copiapó en Mal Paso	Río Copiapó en Puente Bodega	Río Copiapó en Piedra Colgada	Río Copiapó en Angostura
	COD_SEG	0340J010	0341PU10	0342VA10	0343CO20	0343CO80	0343CO40	0343CO40	0345CO10	0345CO20	0345CO30
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS											
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
INORGANICOS											
Amonio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cianuro	µg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Nitrito	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
METALES ESCENCIALES											
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Níquel	µg/l										
Selenio	µg/l										
Zinc	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
METALES NO ESCENCIALES											
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Mercurio	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS											
C:Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
C:Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL

Parámetro	Simbología
Obligatorio	O
Principal	PPL
Sin información	SI
En límite de detección	LD

7.3 Sistema de Información Geográfico

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

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

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	APICULTURA.CL 2003 http://www.apicultura.cl
2.2	R & Q INGENIERÍA LTDA. Caudales Ecológicos en Regiones IV, V y Metropolitana. Informe Final. Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Ministerio de Obras Públicas, Tomo 4. Agosto 1993.
2.3	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería.. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002
2.4	VOLCANES Activos de Chile http://povi.org/chile.htm
2.5	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.6	IGM, Instituto Geográfico Militar. Levantamiento Aerofotogramétrico en base a carta regular 1:50.000. Hojas Caldera y Copiapó, escala 1:250.000. 1986.
2.7	MELÉNDEZ, Eduardo. CIREN, Centro de Información de Recursos Naturales. 1972.
2.8	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
2.9	R & Q INGENIERÍA LTDA. Caudales Ecológicos en Regiones IV, V y Metropolitana, Informe Final. Tomo 4. Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídrico, Ministerio de Obras Públicas. Agosto 1993.
2.10	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.11	CONAF – CONAMA. Catastro de bosque nativo.
2.12	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.13	EDITEC Ltda. Compendio de Minería Chilena. 2003.
2.14	CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente http://www.conama.cl
2.15	SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental http://www.sinia.cl
3.1	ARRAU Carominas, Fernando. “Distribución y Comercialización de las Aguas en Chile”. Enero de 1998, www.bcn.cl
3.2	RICARDO EDWARDS INGENIEROS LTDA. Estudio de Síntesis de Catastros de Usuarios de Agua e Infraestructura de Aprovechamiento. Octubre 1991.
3.3	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile. 1996.