

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 QUEBRADA DE TARAPACA

DICIEMBRE 2004

CADE-IDEPE
CONSULTORES EN INGENIERIA

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
1.	ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES.....	1
2.	RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA	2
2.1	Cartografía y Segmentación Preliminar	2
2.2	Sistema Físico Natural.....	4
2.2.1	Clima	4
2.2.2	Geología y volcanismo	5
2.2.3	Hidrogeología.....	6
2.2.4	Geomorfología.....	7
2.2.5	Suelos	8
2.3	Flora y Fauna Cuenca Quebrada de Tarapacá.....	9
2.3.1	Flora terrestre y acuática	9
2.3.2	Fauna acuática	10
2.4	Sistemas Humanos.....	11
2.4.1	Asentamientos Humanos	11
2.4.2	Actividades económicas	11
2.5	Usos del Suelo	11
2.5.1	Uso agrícola.....	12
2.5.2	Uso forestal.....	12
2.5.3	Uso urbano.....	12
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	13
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	14
3.1	Información Fluviométrica.....	14
3.2	Usos del Agua.....	15
3.2.1	Usos in – situ	16
3.2.2	Usos extractivos.....	16
3.2.3	Biodiversidad.....	17
3.2.4	Usos ancestrales.....	18
3.2.5	Conclusiones.....	18

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	20
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	20
3.3.2	Residuos industriales líquidos	20
3.4	Datos de Calidad de Aguas	20
3.4.1	Fuentes de Información	20
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	21
4.	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	23
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	23
4.1.1	Análisis por estación	23
4.1.2	Conclusiones	28
4.2	Análisis de la Calidad de Agua	29
4.2.1	Selección de parámetros	29
4.2.2	Análisis de tendencia central	32
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE - IDEPE	36
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	36
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	38
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	43
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES..	45
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	45
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua a Nivel de la Cuenca	51
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	54
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	58
5.4.1	Conductividad eléctrica	60
5.4.2	Oxígeno disuelto (OD)	60
5.4.3	pH	61
5.4.4	RAS	61
5.4.5	Cloruro	61
5.4.6	Sulfatos	62

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.7	Boro	62
5.4.8	Cobre	62
5.4.9	Cromo	63
5.4.10	Hierro.....	63
5.4.11	Manganeso.....	63
5.4.12	Molibdeno.....	64
5.4.13	Aluminio.....	64
5.4.14	Arsénico.....	64
5.4.15	Selenio	65
5.4.16	Falencias de información.....	65
5.4.17	Conclusiones.....	65
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS.....	67
6.1	Establecimiento de Tramos	67
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	67
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	71
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES.....	72
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	72
7.1.1	Antecedentes.....	72
7.1.2	Estimación del ICAS	72
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	73
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	73
7.3	Sistema de Información Geográfico.....	77
7.4	Referencias	77

Quebrada de Tarapacá

iv.

ANEXOS

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

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La quebrada de Tarapacá, ubicada en la I Región de Tarapacá, nace en la alta cordillera en la confluencia de dos quebradas, y corresponde al curso de agua superficial más importante de la pampa del Tamarugal. En su larga trayectoria recibe tributarios habitualmente secos o efímeros. El más importante por la ribera derecha es la quebrada de Chusmisa, donde se encuentran los baños termales y se ha industrializado el agua de vertiente que es de consumo habitual en todo el extremo norte de Chile. Por el lado izquierdo, el afluente principal es la quebrada de Coscaya, que tiene cabeceras enraizadas en la alta cordillera y drena la pampa Lirima.

Los cauces incluidos en el estudio son los siguientes:

- Quebrada de Tarapacá
- Quebrada de Coscaya.

Quebrada de Tarapacá

2.

2. RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

La cartografía utilizada en la cuenca de la Quebrada de Tarapacá incluye una amplia variedad de información vectorial la que procede de las siguientes fuentes:

- Bases cartográficas del SIGIRH, del MOP-DGA. Escala 1:50.000 / 250.000
- Bases del Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR) de CONAMA.
- Bases del Catastro de Bosque Nativo de la CONAF, reclasificado por CONAMA.
- Sistema de Información Integrado de Riego (SIIR), de la Comisión Nacional de Riego (CNR.)

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

b) Segmentación preliminar

La segmentación adoptada en la cuenca de la Quebrada de Tarapacá es la indicada en la Tabla 2.1, la que se muestra en la lámina 1940-TAR-02.

Tabla 2.1: Segmentación adoptada en los cauces seleccionados de la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá

CUENCA QUEBRADA TARAPACÁ					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0173	Quebrada TARAPACÁ	TA	1	0173 - TA - 10	NACIENTE	EST. CALIDAD QDA. TARAPACÁ EN SIBAYA
0173	Quebrada TARAPACÁ	TA	2	0173 - TA - 20	EST. CALIDAD QDA. TARAPACÁ EN SIBAYA	CONFLUENCIA QDA. DE COSCAYA
0173	Quebrada TARAPACÁ	TA	3	0173 - TA - 30	CONFLUENCIA QDA. DE COSCAYA	EST. CALIDAD RIO TARAPACA EN LAONSANA
0173	Quebrada TARAPACÁ	TA	4	0173 - TA - 40	EST. CALIDAD RIO TARAPACA EN LAONSANA	LÍMITE CUENCA
0173	Quebrada COSCAYA	CO	1	0173 - CO - 10	NACIENTE	EST. CALIDAD QDA. COSCAYA EN SAITOCO
0173	Quebrada COSCAYA	CO	2	0173 - CO - 20	EST. CALIDAD QDA. COSCAYA EN SAITOCO	CONFLUENCIA QDA. TARAPACÁ

Quebrada de Tarapacá

4.

2.2 Sistema Físico Natural

2.2.1 Clima

La cuenca de la Quebrada de Tarapacá, presenta tres tipos climáticos, estos son clima desértico interior, desértico marginal de altura y clima de estepa de altura.

- a) Clima Desértico Interior: este tipo climático se localiza en la pampa, sobre los 1.000 metros de altura y sin influencia oceánica costera; este subtipo climático se caracteriza por ser de extrema aridez, donde las precipitaciones anuales son de 0 mm, y las temperaturas medias alcanzan a 18°C. Característico de este clima son los días con cielos despejados y mucha luminosidad, y más seco que el tipo climático desértico costero, la humedad relativa en promedio es de 50%.
- b) Clima Desértico Marginal de Altura: este tipo climático se localiza por sobre los 2.000 metros de altura, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10°C. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.
- c) Clima de Estepa de Altura: este subtipo climático predomina en el sector altiplánico de la cuenca por sobre los 3.000 metros de altura, la principal característica es el aumento de las precipitaciones que alcanzan a 300 mm de agua caída en el año.[Ref.2.1]

Los montos de precipitación registrados por la estación pluviométrica de Poroma (próxima a la Quebrada de Tarapacá) localizada a 2.880 metros de altura, son de 54,4 mm/año.

La escorrentía superficial media anual registrada en el sector alto de la cuenca, sobre los 3.000 metros de altura, alcanzan valores no superiores a 1 mm/año. [Ref.2.2]

2.2.2 Geología y volcanismo

La geología de la cuenca del Tarapacá posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:[Ref.2.3]

- Parte baja de la cuenca y cauce de Quebrada de Tarapacá: Rocas Qa, del tipo Sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales, subordinadamente coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos.
- Quebrada del Infiernillo y de Linga: Rocas M1c, del tipo sedimentaria del Mioceno inferior-medio. Secuencias sedimentarias de abanicos aluviales, piedemento o fluviales; gravas, arenas y limos con ignimbritas intercaladas.
- Zona central de la cuenca: Rocas KTg del tipo intrusivas del Cretácico superior-Terciario inferior. Granodioritas dioritas y porfido graníticas.

Rocas M1c, del tipo sedimentaria del Mioceno inferior-medio. Secuencias sedimentarias de abanicos aluviales, piedemento o fluviales; gravas, arenas y limos con ignimbritas intercaladas.

Rocas OM3t, del tipo volcánicas del Oligoceno-Mioceno. Secuencias piroclásticas dacíticas a riolíticas asociadas a calderas de colapso

Rocas Ks3i, del tipo volcánicas del Cretácico superior. Secuencias volcánicas continentales, lavas, domos y brechas basálticas a dacíticas con interacciones piroclásticas y epiclásticas

Rocas Pag, del tipo intrusiva del Paleoceno. Monzodioritas de piroxeno y biotitas, granodioritas y granitos de hornblenda y biotita; porfidos dacíticos y riolíticos, asociados a mineralización tipo pórfido cuprífero y chimeneas de brechas

- Zona oriente de la cuenca: Rocas M3t, del tipo Volcánicas del Mioceno inferior-medio. Secuencias piroclásticas dacíticas a riolíticas asociados a calderas de colapso.

Quebrada de Tarapacá

6.

Rocas Ks1c, del tipo sedimentaria del Cretácico superior. Secuencias sedimentarias continentales aluviales y lacustres, conglomerados, brechas, areniscas y limolitas rojas con intercalaciones de tobas riolíticas y lavas andesíticas.

Rocas Osg, del tipo Intrusivas del Ordovícico-Silúrico. Granitos leucocráticos y monzogranitos de muscovita y biotita, granodiorita, nignetitas y ortoneises.

Rocas M1c, del tipo sedimentaria del Mioceno inferior-medio. Secuencias sedimentarias de abanicos aluviales, piedemento o fluviales; gravas, arenas y limos con ignimbritas intercaladas.

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán Isluga (Estrato volcán histórico, cuya última erupción se registra entre 1900 y 1963), que se ubica en los alrededores de la cuenca. [Ref.2.4]

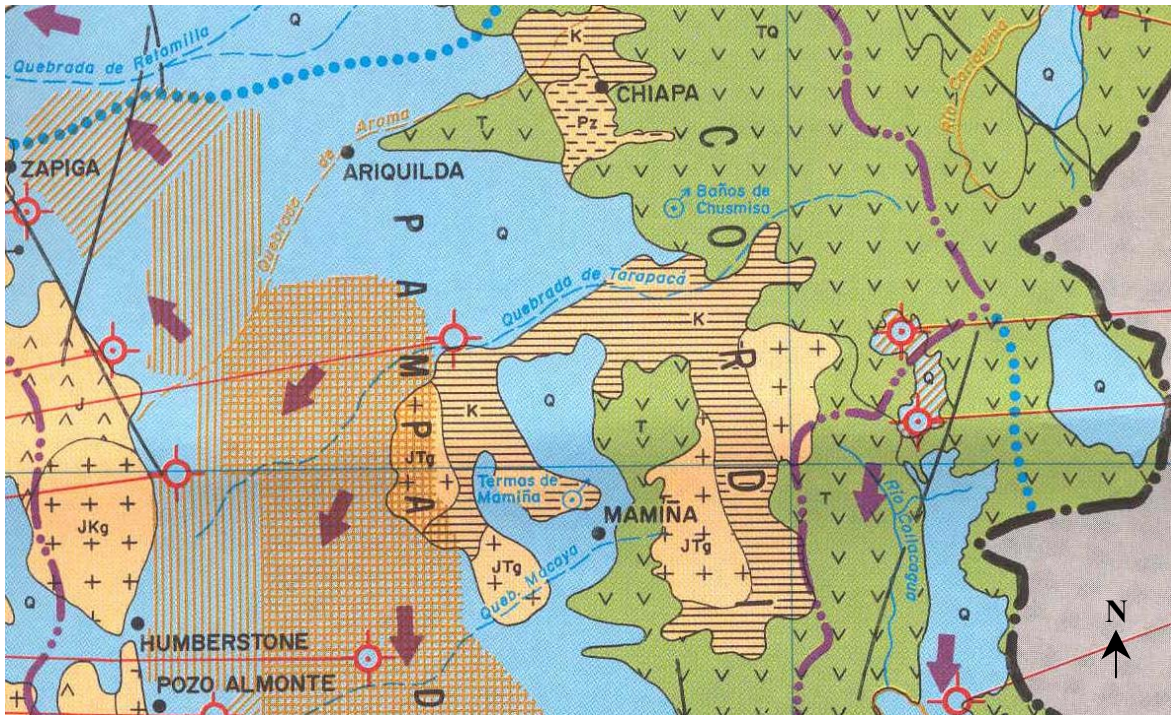
2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrogeológica de la Quebrada de Tarapacá, forma parte de una estructura hidrogeológica mayor, la Pampa del Tamarugal. En la parte alta, desde su nacimiento en la Cordillera de los Andes, destacan rocas volcánicas fracturadas formadas por coladas, brechas, y tobas andesíticas de permeabilidad media que corresponden al período terciario y cuaternario que coincide con el período de formación del macizo andino. El acuífero en esta sección se mueve en dirección este a oeste, hasta la gran depresión conocida como Pampa del Tamarugal.

En esta depresión, existe un gran embalsamiento de agua, en un lecho de depósitos no consolidados y rellenos de alta permeabilidad. Las aguas al no poder franquear las rocas del sector poniente – cordillera de la Costa – drenan subterráneamente en sentido norte - sur hasta desembocar por la cuenca del río Loa.

Existe un pozo DGA en las cercanías del poblado de Tarapacá, con una profundidad de 12 m. A mayores profundidades, la productividad de los pozos aumenta significativamente ($> 10 \text{ m}^3/\text{h/m}$) lo cual posibilita la creación de pequeños oasis y existencia de cobertura vegetal de Tamarugos y Algarrobos. [Ref.2.5]

La figura 2.1 obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA [Ref. 2.4] representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca de la quebrada de Tarapacá.



[Ref.2.5]

Figura 2.1: Características Hidrogeológicas de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá (Escala 1:1.000.000)

2.2.4 Geomorfología

La Quebrada de Tarapacá, se encuentra en el sector centro I Región de Tarapacá, en la provincia de Iquique. Su curso fluvial se emplaza en la unidad morfoestructural conocida como Pampa del Tamarugal.

La Pampa del Tamarugal posee una superficie estimada de 17.253 km², se presenta como un territorio ininterrumpido ocupando una faja N – S, limitada por la cota 600 metros al oeste y por la cota 1.500 m al este. Se extiende desde aproximadamente de la quebrada de Tana por el Norte hasta el río Loa por el sur. Aunque es una depresión relativa, sumergida entre los relieves costeros por el oeste y la precordillera andina por el este, su altura y modelado irregular le confieren las características de una meseta basculada de norte a sur. El

Quebrada de Tarapacá

8.

origen de este basculamiento se debería a una tectónica de bloques, diferenciados entre sí por fallas E – W aún activas en la región del Norte del país.

El curso fluvial de la Quebrada del Tarapacá, presenta en general un escurrimiento de tipo recto con orientación oriente – poniente y de carácter endorreico. Esta quebrada desciende desde aproximadamente los 2.300 metros de altitud por medio de un plano inclinado que no cruza la pampa, sino que se pierde en las proximidades de la cota 1.500 m como rasgo erosivo al pie de dichos planos. [Ref.2.6][Ref.2.7]

2.2.5 Suelos

La cuenca de la Quebrada de Tarapacá posee tres unidades taxonómicas correspondientes a suelos del orden Histosoles, Molisoles y Entisoles.

El tipo de suelo Histosol se encuentra alrededor de las quebradas, oasis y zonas húmedas en general. Generalmente se dan en la alta cordillera, sobre los 3.000 metros de altitud. Corresponden a suelos derivados de tejidos vegetales, se encuentran en los bofedales cuyos suelos orgánicos o minerales, muy estratificados, poseen altos contenidos de materia orgánica y elevada salinidad.

Los suelos del tipo Molisol son suelos en los que se han producido la descomposición y acumulación de grandes cantidades de materia orgánica que da origen a humus rico en calcio. Esto implica que la descomposición se produce en el interior y no sobre el suelo. Por estas razones son características de zonas subhúmedas o semiáridas, con vegetación en pradera que asegura este aporte de materia orgánica en profundidad.

Los suelos Entisoles se caracterizan por su carencia de horizontes bien desarrollados, poco evolucionados por la aridez de la zona. Pueden ser suelos jóvenes que no han tenido tiempo de desarrollarse o bien viejos, en sentido geológico, pero que no han desarrollado horizontes por corresponder a materiales resistentes a la meteorización. Se presentan virtualmente en todos los climas sobre superficies fisiográficas recientes, ya se trate de empinadas pendientes sujetas a intensa erosión o sobre planos de sedimentación en donde se han depositado los materiales recién transportados. También pueden encontrarse sobre superficies fisiográficas antiguas, en donde por la intervención del hombre se ha destruido el perfil del suelo o bien cuando se trata de materiales resistentes que no han permitido su desarrollo. En el sector de la Pampa del Tamarugal este tipo de suelos derivan de sedimentos gruesos con alto contenido salino y pH elevado.[Ref.2.8]

2.3 Flora y Fauna Cuenca Quebrada de Tarapacá

2.3.1 Flora terrestre y acuática

Para esta cuenca se han identificado tres formaciones vegetales:

- Estepa Altoandina subdesértica: Formación vegetacional heterogénea, que se encuentra ubicada inmediatamente al sur del Altiplano, con la cual comparte muchos de sus elementos florísticos y parcialmente su geomorfología de extensas mesetas, aunque aquí son frecuentes las formas montañosas. La diferencia fundamental que permite delimitarla como unidad propia y diferente, está en la menor cantidad de precipitaciones que recibe, lo que provoca una fisonomía vegetal de carácter más árido, llegando a manifestar a ciertos lugares un aspecto de tipo desértico. Las asociaciones más características son: Llaretilla – ojo de agua (*Pycnophyllum molle – oxalis exigua*); Tola – Lampayo (*Baccharis incarum – Lampaya medicinalis*); Paja iro – Pata de pizaca (*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*).
- Estepa arbustiva pre-altiplánica: Formación vegetacional que se ubica en los sectores montañosos de la pre-cordillera, también denominada Cordillera Central, la cual a pesar de ocupar una posición intermedia respecto al eje longitudinal del país, en ciertos lugares alcanza altitudes de más de 5.000 m s.n.m. Constituye un medio ambiente esencialmente montañoso con gran diversidad de condiciones de hábitat, lo que se refleja en una fisonomía vegetal muy variada. Predominan en el paisaje los arbustos bajos (tolares), pero también se encuentran interpenetrados elementos altiplánicos y desérticos posible causa de su diversidad florística, donde son abundantes las especies endémicas. Las asociaciones más características son: Queñoa – Checal (*Polylepis besseri – Fabiana densa*) y Checal – Suico (*Fabiana densa- Tagetes multiflora*).
- Matorral desértico con suculentas columnares: Es la continuación de una formación vegetal que presenta un mayor desarrollo y riqueza florística en situaciones ecológicas correspondientes a regiones más nortinas, en especial el sur del Perú. Es por excelencia un ambiente de cactáceas, para el cual en

Quebrada de Tarapacá

10.

Chile cuenta con mucha información. La comunidad más típica para la cual se encuentran referencias es la siguiente: Candelabro (*Browningia candularis*); verbena (*verbena gynobasis*) y Añahuilla – Pupuña (*Adesmia spinosissima – Balbisia stitchkinii*).[Ref.2.9]

La flora acuática de la cuenca, es aquella identificada en el cauce de la Quebrada de Tarapacá. En la tabla siguiente, se incluyen estas especies.

Tabla 2.2: Flora acuática Quebrada de Tarapacá

Especie	Estado de conservación
Eleocharis sp.	No listada
Juncus sp.	No listada
Oxichloe andina	No listada
Distichia muscoides	No listada
Lilaeopsis lineada	No listada
Catabrosa verdermanni	No listada
Distichlis humilis	No listada
Carex sp.	No listada
Sarcocornia pulvinata	No listada
Scirpus atacamensis	No listada
Drabella sp.	No listada
Potamogeton strictum	No listada
Ranunculus sp.	No listada

[Ref.2.10]

2.3.2 Fauna acuática

En la siguiente tabla se incluyen aquellas especies identificadas en la Quebrada de Tarapacá.

Tabla 2.3: Fauna íctica cuenca Quebrada de Tarapacá

Nombre Científico	Nombre Común	Estado de conservación
Trichomycterus rivulatus	Bagrecito	Peligro de extinción
Trichomycterus sp	Bagre	Vulnerable
Gambusia affinis	Gambusia	No listada
Orestias sp	Corvinilla	No definido

[Ref.2.11] [Ref.2.12] [Ref.2.13] [Ref.2.14] [Ref.2.15]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos Humanos

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca de la Quebrada de Tarapacá forma parte de la I Región de Tarapacá, abarcando parcialmente la comuna de Huará y Pica, ambas pertenecientes a la provincia de Iquique. La cuenca posee una superficie de 173.482 Ha, equivalentes al 3% de la Región. [Ref.2.16]

En la cuenca se emplaza un total de 9 asentamientos humanos, clasificados como *Aldeas* o *Caseríos*.

2.4.2 Actividades económicas

La principal actividad económica de la cuenca Quebrada de Tarapacá corresponde a la actividad minera no metálica dada por la faena Cala Cala emplazada en el sector bajo de la cuenca.[Ref.2.17]

Según antecedentes existentes al año 1997, la actividad agrícola, es otra actividad importante en la cuenca. La comuna de Pica posee cultivos de frutales. [Ref.2.18]

2.5 Usos del Suelo

La información referente a los Usos del suelo en la cuenca se presenta en la lámina 1940-TAR-01 y se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2.4: Clasificación Usos del suelo Cuenca Quebrada de Tarapacá

Cuenca Quebrada de Tarapacá (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
173.482	Praderas	15.355	9
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	3.238	2
	Plantaciones forestales	0	0
	Áreas urbanas e industriales	0	0
	Minería Industrial	<156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	0	0
	Otros Usos*	104.332	60
	Áreas sin vegetación	50.557	29

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. [Ref. 2.16]

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

2.5.1 Uso agrícola

El uso del suelo de tipo agrícola en la cuenca, se concentra en las proximidades del poblado de Guaviña, Pachica y Tarapacá. La superficie destinada a este tipo de uso comprende 3.238 Ha equivalentes al 2% de la superficie total de la cuenca. El tipo de agricultura existente en este sector es de tipo intensivo. [Ref.2.16]

2.5.2 Uso forestal

Este tipo de uso del suelo, no se presenta en la cuenca. [Ref.2.16]

2.5.3 Uso urbano

Este tipo de uso del suelo, no se presenta en la cuenca.

En la cuenca, las faenas de explotación minera, cubren una superficie menor a 156,25 Ha. Próximo a la localidad de Guaviña se explotan los minerales de yodo y potasio por la minera Cala Cala y también se explota el mineral de cobre por la minera Sagasca. [Ref.2.16][Ref.2.17]

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca de la Quebrada de Tarapacá no posee Áreas bajo Protección Oficial perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), ni sitios de Conservación de la Biodiversidad. [Ref.2.19]

Quebrada de Tarapacá

14.

3. ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS

3.1 Información Fluviométrica

La información utilizada para la realización del presente estudio hidrológico ha sido proporcionada por el Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) de la Dirección General de Aguas. El detalle para la cuenca de la Quebrada de Tarapacá es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca de la quebrada de Tarapacá

Nombre	Período de Registro
QUEBRADA DE TARAPACÁ EN SIBAYA	1995 - 2001
RÍO TARAPACÁ EN MINA SAN JUAN	1984 - 2001
RÍO COSCAYA EN SAITOCO	1985 - 2001

La quebrada de Tarapacá corresponde al recurso de agua más importante de la pampa del Tamarugal. Nace en la alta cordillera de Los Andes en la reunión de dos quebradas, y luego riega zonas agrícolas altiplánicas como Sibaya y Limacsiña, entre otras. Luego recibe su afluente más importante, la quebrada de Coscaya. Ésta también tiene su origen en la alta cordillera de Los Andes, y drena la pampa Lirima.

El régimen de la quebrada de Tarapacá es pluvial, con sus mayores crecidas en verano producto de lluvias altiplánicas estivales. En el caso de la quebrada de Coscaya, ésta muestra sus mayores crecidas en invierno y verano, debido a lluvias invernales y estivales.

Para el análisis hidrológico se ha utilizado un solo grupo, el cual tiene régimen pluvial, producto de lluvias de verano y en menor medida de lluvias invernales.

- Grupo1; Régimen Pluvial: Este grupo está compuesto por las tres estaciones fluviométricas de esta cuenca, Tarapacá en Sibaya, Tarapacá en mina San Juan y Coscaya en Saitoco.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Pluvial	QUEBRADA DE TARAPACÁ EN SIBAYA
2		RÍO TARAPACÁ EN MINA SAN JUAN
3		RÍO COSCAYA EN SAITOCO

Para poder completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas incompletas se utilizaron correlaciones lineales con una estación patrón, Tarapacá en mina San Juan, la cual ha sido seleccionada en base a que sus registros son bastante completos.

La estadística completada y extendida utilizada para el análisis de frecuencia de esta cuenca se encuentra en el anexo 3.1, donde se señalan los valores calculados 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:

- Sistema de Información Integral de Riego (SIIR).
- “Actualización Recursos Hídricos para reestablecimiento de derechos ancestrales indígenas I y II Regiones” AC Consultores.
- Catastro Bosque Nativo CONAF – CONAMA.
- “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad I Región de Tarapacá”, 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.

Quebrada de Tarapacá

16.

3.2.1 Usos in – situ

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

a) Acuicultura

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

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

b) Pesca deportiva y recreativa

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

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

3.2.2 Usos extractivos

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

a) Riego

El uso del agua para riego es aquel que incluye la aplicación del agua desde su origen natural o procedente de tratamiento. Se distingue riego irrestricto y restringido. El primero es el que contempla agua, cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para su uso regular en cada una de las etapas de desarrollo de cultivos agrícolas,

plantaciones forestales o praderas naturales. En el riego restringido, en cambio, la aplicación se debe controlar, debido a que sus características no son las adecuadas para utilizarlas en todas las etapas de cultivos y plantaciones. En este acápite, sin embargo, no se desagregan estas clasificaciones de riego porque no existen antecedentes para hacerlo.

En la cuenca de la quebrada de Tarapacá hasta 1991 existían 35 canales, los que abarcaban un número de 653 usuarios, correspondiente a una superficie total de 125,64 has [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 de la quebrada de Tarapacá no se han detectado bocatomas para este uso.

c) Generación de energía eléctrica, actividad industrial

No se han detectado bocatomas para estos tipos de usos en la cuenca de la quebrada de Tarapacá.

d) Actividad minera

En esta cuenca si bien existe actividad minera, los recursos hídricos se obtienen de forma subterránea.

3.2.3 Biodiversidad

La protección y conservación de comunidades acuáticas, a la que hace referencia el Instructivo, son abordadas en el presente estudio desde el punto de vista del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), de la Estrategia de Biodiversidad y algunos otros sitios de interés que pudieran sobresalir de la información recopilada (sitios CONAF, etc.).

Quebrada de Tarapacá

18.

En la cuenca de la quebrada de Tarapacá no existen áreas incluidas en el SNASPE ni en la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad I Región de Tarapacá”.

3.2.4 Usos ancestrales

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

Sin embargo, se estima que a futuro estén claramente establecidos los derechos otorgados por la DGA a las comunidades indígenas de las distintas etnias de la primera región. Esto de acuerdo al convenio DGA-Conadi, “Convenio Marco para la Protección, Constitución y Reestablecimiento de los derechos de Agua de Propiedad Ancestral de las Comunidades Aymaras y Atacameñas, 1987”, que responde al restablecimiento de los derechos ancestrales de agua.

En este informe se ha supuesto la localización de dichos derechos de agua, en ciertos segmento, tomando como referencia el estudio elaborado por AC Consultores. Esta localización se expresa en la tabla 3.3. Sin embargo, como no se conoce la ubicación específica, estos usos no aparecen en la lámina 1940-TAR-02.

3.2.5 Conclusiones

En la lámina 1940-TAR-02: “Estaciones de Medición y Usos del Agua” se muestran los cauces seleccionados para el presente estudio, con su respectiva segmentación y los distintos usos asociados a cada cauce. Esta misma información se presenta en la tabla 3.3, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

La tabla 3.3 ha sido concebida como una matriz, ubicando los segmentos en las filas y los usos de agua en las columnas. Para definir las columnas se han considerado los usos prioritarios establecidos en el Instructivo, complementándolos con otros usos (hidroelectricidad, actividad industrial, etc.) que si bien no aparecen en él, permiten tener una visión más global de la cuenca.

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

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Quebrada de Tarapacá	0173-TA-10	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	0173-TA-20	■	■	•	■	■	■	■	■	■
	0173-TA-30	■	■	•	■	■	■	■	■	■
	0173-TA-40	■	■	•	■	■	■	■	■	■
Quebrada Coscaya	0173-CO-10	■	■		■	■	■	■	■	•
	0173-CO-20	■	■	•	■	■	■	■		

[Ref. 3.1]

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

Quebrada de Tarapacá

20.

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca de la Quebrada de Tarapacá posee un total de 9 asentamientos humanos clasificados como *Aldeas o Caseríos* que no cuentan con sistema de alcantarillado ni agua potable. La cuenca no posee población urbana.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

En esta cuenca no se han identificado establecimientos industriales que hagan uso de las aguas del cauce principal ni sus afluentes.

3.4 Datos de Calidad de Aguas

3.4.1 Fuentes de Información

Las fuentes de información utilizadas en este estudio para el análisis de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá son las siguientes:

- a) Monitoreo de calidad de aguas de la DGA, período de registro desde 1980-2001.

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Quebrada de Tarapacá				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	Nº Registros
Quebrada de Tarapacá					
En Laonsana (*)	NO	33	21	1985-2001	19
En Mocha (*)	NO	20	15	1981-1994	2
En Sibaya (*)	NO	22	13	1984-1995	9
En Pachica (*)	NO	16	9	1980-1987	56

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Quebrada de Tarapacá				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Instructivo	Período de Registro	N° Registros
Río Coscaya					
En Mosquito de Oro (*)	NO	14	9	1981-1983	2
En Pampa Lirima (*)	NO	18	10	1980-1994	16
En Saitoco (*)	NO	33	21	1997-2001	12
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		NO	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

(*) Estaciones de monitoreo suspendidas

b) Programa de Muestro 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 de la Quebrada de Tarapacá, se llegó a eliminar un porcentaje inferior al 0,05 % de los datos. Todo esto permite

Quebrada de Tarapacá

22.

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 de la Quebrada de Tarapacá se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: níquel ($<10 \mu\text{g/l}$), selenio ($<1 \mu\text{g/l}$), cadmio ($<10 \mu\text{g/l}$), mercurio ($<1 \mu\text{g/l}$) 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 la Quebrada de Tarapacá, se presenta en la forma de un archivo digital en el anexo 3.2.

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca Quebrada de Tarapacá

- Quebrada de Tarapacá en Sibaya

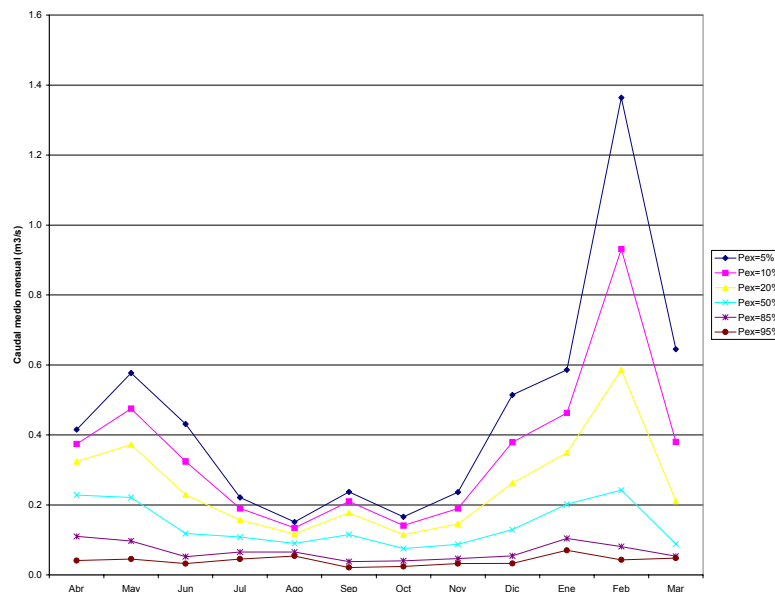
Se ubica en la quebrada de Tarapacá, en el sembrío de Sibaya.

En la tabla 4.1 y figura 4.1 se puede observar que esta estación presenta un régimen pluvial, con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias altiplánicas estivales. En años húmedos los mayores caudales ocurren en febrero, mientras que los menores lo hacen entre agosto y octubre.

En años secos los caudales son más uniformes, presentando leves aumentos en los meses de verano, entre enero y marzo, y bajos caudales entre septiembre y diciembre.

Tabla 4.1: Quebrada de Tarapacá en Sibaya (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.415	0.577	0.431	0.221	0.151	0.237	0.166	0.236	0.514	0.586	1.364	0.645
10	0.374	0.475	0.324	0.190	0.134	0.210	0.141	0.190	0.379	0.463	0.931	0.380
20	0.324	0.372	0.229	0.157	0.117	0.177	0.115	0.145	0.262	0.349	0.586	0.211
50	0.228	0.221	0.118	0.108	0.090	0.115	0.075	0.087	0.129	0.202	0.242	0.088
85	0.110	0.097	0.052	0.065	0.065	0.038	0.040	0.047	0.054	0.104	0.081	0.053
95	0.041	0.045	0.032	0.045	0.054	0.021	0.024	0.032	0.032	0.070	0.043	0.048
Dist	N	L3	L2	G	L2	N	G	L2	L2	L2	L2	L3

**Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Quebrada de Tarapacá en Sibaya**

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

- Quebrada de Tarapacá en Mina San Juan

Esta estación se ubica en la quebrada de Tarapacá, inmediatamente aguas abajo de la junta del río Coscaya.

En la figura 4.2 y tabla 4.2 se observa que esta estación muestra un claro régimen pluvial, con sus mayores caudales en los meses de febrero y marzo, producto de lluvias estivales altiplánicas. En años húmedos los mayores caudales se observan en febrero y marzo, y los menores en octubre y noviembre.

En años secos los caudales son más uniformes, con leves aumentos en los meses de invierno, producto de lluvias invernales. Los menores caudales se presentan entre noviembre y diciembre.

Tabla 4.2: Quebrada de Tarapacá en Mina San Juan (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.340	0.516	0.765	0.640	0.538	0.364	0.269	0.259	0.579	1.306	2.769	2.689
10	0.313	0.448	0.589	0.559	0.459	0.331	0.244	0.210	0.425	0.927	1.805	1.740
20	0.281	0.377	0.441	0.469	0.377	0.292	0.213	0.163	0.292	0.612	1.074	1.026
50	0.221	0.271	0.281	0.325	0.253	0.216	0.155	0.100	0.143	0.276	0.399	0.375
85	0.146	0.181	0.197	0.193	0.142	0.123	0.083	0.055	0.059	0.104	0.118	0.108
95	0.102	0.143	0.174	0.136	0.092	0.068	0.041	0.039	0.035	0.059	0.057	0.052
Dist	N	L2	L3	G2	G	N	N	L2	L2	L2	L2	L2

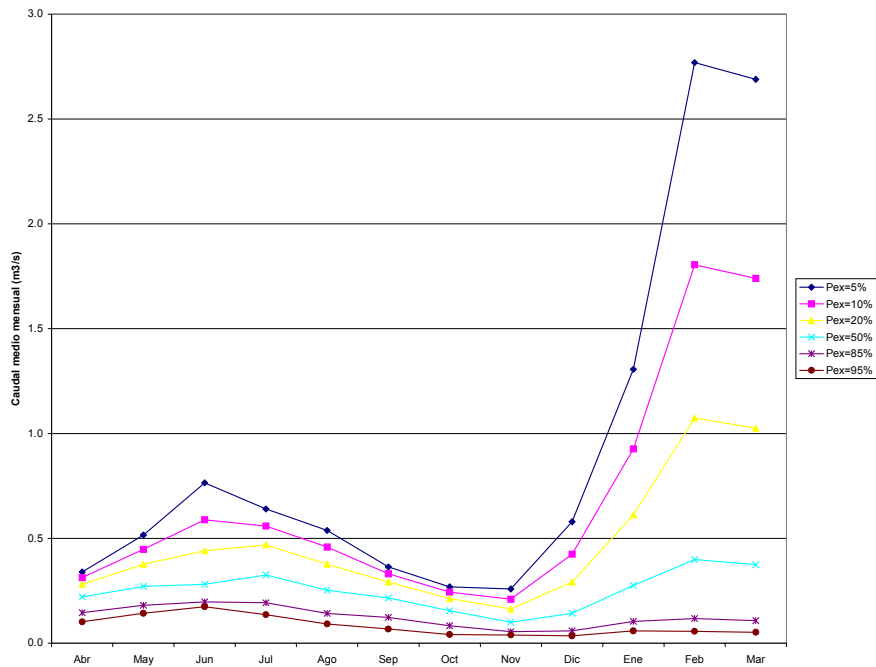


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Quebrada de Tarapacá en Mina San Juan

b) Subcuenca del Coscaya

- Río Coscaya en Saitoco

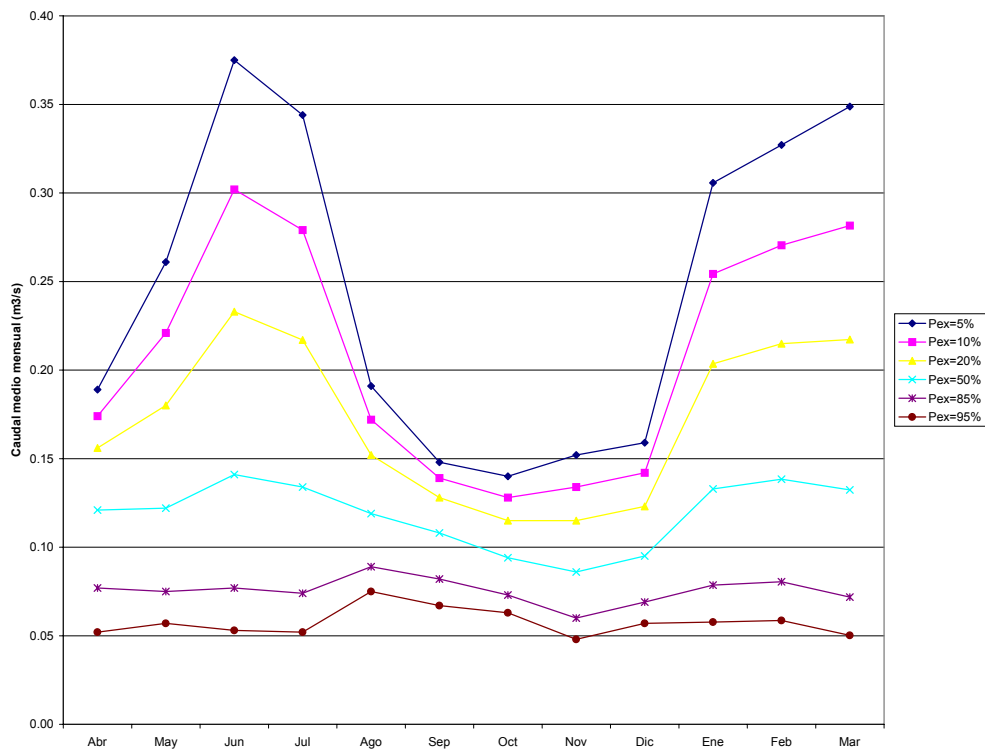
Esta estación se ubica en la parte alta del río Coscaya.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales tanto en invierno como en verano, producto de lluvias invernales y estivales. Los mayores caudales para años húmedos se observan en junio y julio, y en febrero y marzo. Los menores se aprecian entre septiembre y diciembre.

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

Tabla 4.3: Río Coscaya en Saitoco (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.189	0.261	0.375	0.344	0.191	0.148	0.140	0.152	0.159	0.306	0.327	0.349
10	0.174	0.221	0.302	0.279	0.172	0.139	0.128	0.134	0.142	0.254	0.270	0.282
20	0.156	0.180	0.233	0.217	0.152	0.128	0.115	0.115	0.123	0.204	0.215	0.217
50	0.121	0.122	0.141	0.134	0.119	0.108	0.094	0.086	0.095	0.133	0.138	0.132
85	0.077	0.075	0.077	0.074	0.089	0.082	0.073	0.060	0.069	0.079	0.081	0.072
95	0.052	0.057	0.053	0.052	0.075	0.067	0.063	0.048	0.057	0.058	0.059	0.050
Dist	N	L2	L2	L2	L2	N	L2	L2	L2	L2	L2	L2

**Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Coscaya en Saitoco**

4.1.2 Conclusiones

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

a) Subcuenca Quebrada de Tarapacá

Corresponde a la hoya hidrográfica de la Quebrada de Tarapacá, incluyendo uno de sus tributarios, la Quebrada de Tarapacá. Este último nace en la alta cordillera de Los Andes, y luego de juntarse con el río Coscaya, da origen a la Quebrada de Tarapacá, el cual alimenta el acuífero del subsuelo de la pampa del Tamarugal.

En años húmedos se observan caudales importantes en el mes de febrero, que superan los $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ en Tarapacá en mina San Juan. En el caso de años secos, los caudales se presentan muy bajos a lo largo de todo el año, especialmente entre septiembre y diciembre.

El período de menores caudales se observa en el trimestre dado por los meses de septiembre, octubre y noviembre.

b) Subcuenca del Coscaya

Corresponde a la hoya hidrográfica del río Coscaya, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su junta con la quebrada de Tarapacá, dando origen a la Quebrada de Tarapacá.

Se observa un régimen pluvial, producto de aportes de lluvias invernales y estivales. Sus mayores caudales se presentan entre junio y julio, y entre enero y marzo, tanto para años húmedos y secos. En años secos los caudales se presentan bastantes uniformes a lo largo del año, sin mostrar variaciones de importancia.

El período de menores caudales está dado por el trimestre de octubre, noviembre y diciembre.

A continuación se muestra una tabla resumen con los períodos de estiaje para las distintas subcuencas de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá.

Tabla 4.4: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá

N°	Subcuenca	Período Estiaje
1	Tarapacá	Septiembre – Octubre – Noviembre
2	Coscaya	Octubre – Noviembre – Diciembre

4.2 Análisis de la Calidad de Agua

De acuerdo a la metodología corresponde realizar los siguientes análisis:

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

4.2.1 Selección de parámetros

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

a) Parámetros obligatorios

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

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

b) Parámetros principales

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

Quebrada de Tarapacá

30.

En la tabla 4.5 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 4.5: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	μS/cm	673	3530	<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	6.0	14.1	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	7.1	9.5	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	1.9	7.7	<2.4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	s/i	s/i	<400	No
Sólidos suspendidos	mg/L	s/i	s/i	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	<0.5	No
INORGANICOS					
Amonio	mg/L	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	μg/L	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	mg/L	45.4	365.5	<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	175	720	<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	1	14	<0.4	Si
Cobre	μg/L	<10	70	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	<10	80	<8	Si
Hierro	mg/L	0.01	4.01	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	0.02	0.30	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	<0.01	0.03	<0.008	Si
Niquel	μg/L	<10	<10	<42	No
Selenio	μg/L	<1	<1	<4	No
Zinc	mg/L	<0.01	0.06	<0.096	No

Tabla 4.5 (Continuación): Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
METALES NO ESENCIALES					
Aluminio	mg/L	0.01	3.80	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	0.003	0.525	<0.04	Si
Cadmio	µg/L	<10	<10	<1.8	No
Estaño	µg/L	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	µg/L	<1	<1	<0.04	No
Plomo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.002	No
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	s/i	s/i	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	s/i	s/i	<200	No

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

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

- Parámetros Principales
 - RAS
 - Cloruro
 - Sulfato
 - Boro
 - Cobre
 - Cromo
 - Hierro
 - Manganeso
 - Molibdeno

Quebrada de Tarapacá

32.

- Aluminio
- Arsénico

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

- Sólidos Disueltos
- Cianuro
- Fluoruro
- Selenio
- Coliformes Totales

Los parámetros cuyo valor máximo registrado en la BDD no excede el límite de la clase 0 se consideran que siempre pertenecen a dicha clase. Estos parámetros son: zinc, color aparente, amonio, nitrito y sulfuro. Los parámetros níquel y selenio también se clasifican en clase 0, aunque su valor corresponde al límite de detección.

No es posible realizar un análisis para los parámetros: cadmio, mercurio y plomo ya que su valor corresponde al límite de detección (LD) y es superior al valor de la clase 0.

4.2.2 Análisis de tendencia central

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

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

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

Las observaciones que se derivan de las figuras de tendencia central se incluyen en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACA	
Conductividad Eléctrica:	
■	<u>Quebrada de Tarapacá</u> : En la estación Quebrada de Tarapacá en Loansana el comportamiento es decreciente en un valor de 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en una serie de tiempo de cinco años. En la estación Sibaya no es posible el análisis de la tendencia central por tener muy pocos registros.
■	<u>Río Coscaya</u> : Se observa una tendencia central decreciente en la estación Saitoco con un valor de 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en una serie de tiempo de cuatro años.
Oxígeno Disuelto:	
■	<u>Quebrada de Tarapacá</u> : La única estación posible de realizar el análisis de la tendencia central es Laonsana. Sibaya no posee registros. En la estación Laonsana la tendencia central es creciente en un valor de 7,8 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años.
■	<u>Río Coscaya</u> : Se observa un comportamiento disímil en la estación Saitoco en la serie de tiempo de cuatro años. En un primer período el comportamiento tiende a disminuir hasta fines del año 2000 para luego presentar un aumento con una tendencia central creciente en un valor de 9.5 mg/L. En la estación Sibaya no es posible realizar análisis de la tendencia central por no poseer registros.
pH:	
■	<u>Quebrada de Tarapacá</u> : La única estación con registros que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con una tendencia central creciente en una serie de tiempo de ocho años con un valor de 8,0.
■	<u>Río Coscaya</u> : En la estación Coscaya en Saitoco en una serie de tiempo restringida a tres años se observa un comportamiento que disminuye en 0.3 unidades a lo largo de la serie de tiempo para aumentar en el último valor, la tendencia central es decreciente en un valor de 8,0. En la estación Pampa Lirima en una serie de tiempo de trece años se observa un aumento entre 1983-1984 para permanecer constante en un mismo valor hasta el término de la serie de tiempo, con una tendencia plana en un valor de 7.5 unidades.
RAS:	
■	<u>Quebrada de Tarapacá</u> : La única estación con registros que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con una tendencia central creciente en una serie de tiempo de cinco años con un valor de 5.5.
■	<u>Río Coscaya</u> : Se observa en la estación Saitoco una tendencia central plana con un valor de 3.5 en una serie de tiempo restringida a tres años.

Tabla 4.6 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACA	
Cloruro :	
<p><u>Quebrada de Tarapacá:</u> La única estación con registros que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con un valor de 220 mg/L en una serie de tiempo de seis años.</p> <p><u>Río Coscaya:</u> Se observa en Saitoco una tendencia central plana con valores de 90 mg/L en una serie de tiempo de tres años. En la estación Coscaya en Pampa Lirima en una serie de tiempo de ocho años se observa un comportamiento constante en un mismo valor a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central plana en un valor alrededor de 60 mg/l.</p>	
Sulfato:	
<p><u>Quebrada de Tarapacá:</u> La única estación con registros que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con un valor de 480 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años.</p> <p><u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco la tendencia central es plana con un valor de 250 mg/L en una serie de tiempo de tres años. En la estación Coscaya en Pampa Lirima en una serie de tiempo de siete años se observa un comportamiento constante en un mismo valor a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central plana en un valor alrededor de 210 mg/l.</p>	
Boro:	
<p><u>Quebrada de Tarapacá:</u> La única estación con datos restringidos a cuatro años y un comportamiento disímil que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con un valor de 6.8 mg/L.</p> <p><u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco la tendencia central es creciente con un valor de 4.9 mg/L en una serie de tiempo restringida a dos años. En la estación Coscaya en Pampa Lirima en una serie de tiempo de ocho años e interrumpida entre 1991-1993, se observa un comportamiento que se mueve en un rango entre 3 y 4 mg/l a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central plana en un valor alrededor de 3.0 mg/l.</p>	
Cobre:	
<p><u>Quebrada de Tarapacá:</u> Las estaciones de Laonsana y Sibaya no poseen registros suficientes que permitan el análisis de la tendencia central.</p> <p><u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco el comportamiento tiende a aumentar en la serie de tiempo de cuatro años. La tendencia central es creciente con un valor de 14 µg/L. En la estación Coscaya en Pampa Lirima en una serie de tiempo de seis años, se observa un comportamiento constante hasta 1986 y luego tiende a disminuir hasta el término de la serie de tiempo en 5 µg/L, con una tendencia central decreciente en un valor alrededor de 5.0 µg/l.</p>	
Cromo_{total} :	
<p><u>Quebrada de Tarapacá:</u> La única estación con registros que permite el análisis de la tendencia central es Laonsana con un comportamiento decreciente con un valor de 20 µg/L para la tendencia central en una serie de tiempo de cinco años.</p> <p><u>Río Coscaya:</u> La única estación con registros que permite el análisis es Saitoco con una tendencia central plana en un valor de 12 µg/L en una serie de tiempo de cinco años.</p>	

Tabla 4.6 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACA
Hierro :
<u>Quebrada de Tarapacá:</u> La estación de Laonsana es la única estación que de acuerdo a sus registros permite análisis de la tendencia central con un comportamiento que tiende a disminuir. Se presenta una tendencia central decreciente en un valor de 0.7 mg/L en una serie de tiempo de siete años.
<u>Río Coscaya:</u> La estación Saitoco desde el año 1999 presenta un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 0.6 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años.
Manganeso:
<u>Quebrada de Tarapacá:</u> La estación Laonsana es la única que de acuerdo a sus registros permite análisis de la tendencia central con un comportamiento disímil que tiende a disminuir en los tres primeros años de la serie de tiempo desde 1997 hasta el año 2000 para después presentar un incremento en 0,002 mg/L, la tendencia central es creciente en un valor de 0.013 mg/L en una serie de tiempo de cinco años.
<u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco se observa un comportamiento constante que disminuye a lo largo de la serie de tiempo de tres años con una tendencia central decreciente en un valor de 0.078 mg/L.
Molibdeno :
<u>Quebrada de Tarapacá:</u> La estación Laonsana es la única que de acuerdo a sus registros permite análisis de la tendencia central con un comportamiento que va en aumento en la serie de tiempo cinco años hasta fines de 1999 se presenta constante en un valor para incrementarlo en 0.003 mg/L y seguir aumentando hasta el término de la serie de tiempo. La tendencia central es creciente en un valor de 0.013 mg/L.
<u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco se observa un comportamiento constante hasta fines del año 1999 para presentar un peak de incremento y luego presentar el mismo comportamiento constante en un valor. La tendencia central es creciente en un valor de 0.011 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años.
Aluminio:
<u>Quebrada de Tarapacá:</u> La estación Laonsana es la única que de acuerdo a sus registros permite análisis de la tendencia central con un comportamiento que va en aumento en la serie de tiempo cuatro años con una tendencia central creciente en un valor de 1,0 mg/L.
<u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco se observa un comportamiento que tiende a disminuir en la serie de tiempo de tres años, con una tendencia central decreciente en un valor de 0.85 mg/L.
Arsénico:
<u>Quebrada de Tarapacá:</u> La estación Laonsana es la única que de acuerdo a sus registros permite análisis de la tendencia central con un comportamiento constante en un mismo valor a lo largo de la serie de tiempo de cinco años con una tendencia central plana en un valor de 0.08 mg/L.
<u>Río Coscaya:</u> En la estación Saitoco se observa un comportamiento disímil en la serie de tiempo de tres años con una disminución hasta el año 2000 para luego presentar un incremento de 0.02 mg/L, con una tendencia central creciente en un valor de 0.26 mg/L.

Quebrada de Tarapacá

36.

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 han privilegiado las mediciones en dos puntos, con el fin de caracterizar la Quebrada de Tarapacá propiamente tal tanto en su zona de montaña (alta) como en la zona de desierto (baja). Dado su escaso recorrido se muestrearon en Laonsana y en Sibaya, a la vez que coincide con las estaciones de calidad de la DGA.

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 4.7: Programa de Muestreo Puntual de CADE-IDEPE

Código Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0173TA10	Quebrada de Tarapacá en Sibaya	Estación Vigente	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0173TA30	Quebrada de Tarapacá en Laonsana	Estación Vigente	
0173CO10	Rio Coscaya en Saitoco	Estación Vigente	

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

Para la caracterización de la calidad de agua de la cuenca, se establece la denominada *Base de Datos Integrada (BDI)*, la cual contiene datos recopilados de monitoreos o muestreos realizados a la fecha (información de nivel 1 al nivel 3), datos del Programa de Muestreo Puntual realizado por CADE-IDEPE durante el desarrollo de la presente consultoría (información nivel 4) y estimaciones teóricas (información nivel 5) de los parámetros

obligatorios DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, en caso de carecer de información de nivel superior. El método de cálculo de estos parámetros se presenta en la Sección II del Informe Final, la cual está destinada a presentar la metodología general del estudio.

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

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

La información que contiene la Base de Datos Integrada BDI para la cuenca de la Quebrada de Tarapacá es la siguiente:

- Información DGA: Nivel 1, 2 y 3 para los períodos estacionales de invierno, verano, primavera y otoño.
- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Información estimada por el consultor: Nivel 5

Para la cuenca de la Quebrada de Tarapacá, 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 periodo estacional: verano, otoño, invierno y primavera.

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

Para la información proveniente de la DGA, en la tabla 4.8 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca de la Quebrada de Tarapacá, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Tabla 4.8: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica (µS/cm)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((926,0))	2	((956,3))	2	((1020,0))	2	((1530,7))	3
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((1373,0))	2	((956,3))	2	((1782,0))	3	((1190,0))	2
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	(1692,0))	3	(1605,0))	3	(2030,7))	3	((2385,3))	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((7,2))	2	((9,5))	0	((8,3))	0	((12,0))	0
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA							((7,5))	0
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((8,6))	0	((8,5))	0	((8,1))	0	((6,9))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((7,7))	0	((7,8))	0	((7,7))	0	((8,8))	4
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((8,3))	0	((7,9))	0	((8,0))	0	((7,9))	0
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((8,1))	0	((7,8))	0	(7,9)	0	((8,3))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	RAS							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((3,2))	2	((3,3))	2	((3,9))	2	((3,5))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((5,9))	2	((3,7))	2	((5,9))	2	((4,9))	2
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((5,4))	2	((5,0))	2	(6,0))	2	((5,9))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((83,3))	1	((81,4))	1	((99,6))	1	((106,7))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((155,6))	3	((102,4))	2	((186,0))	3	((142,0))	2
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((178,2))	3	((175,4))	3	(225,4))	4	((259,6))	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((255,0))	2	((247,2))	2	((262,0))	2	((287,5))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((333,3))	2	((244,0))	2	((411,0))	2	((329,1))	2
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((399,5))	2	((428,7))	2	(512,8))	3	((533,3))	3

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((5,0))	4	((3,8))	4	((4,0))	4	((6,0))	4
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((5,0))	4	((3,3))	4	((7,0))	4	((9,0))	4
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((7,8))	4	((6,7))	4	((7,3))	4	((4,5))	4

Tabla 4.8 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá. Información DGA

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre ($\mu\text{g/l}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((<10))	<2	((13))	<2	((<10))	<2	((19))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((<10))	<2					((20))	2
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((<10))	<2			(<10)	<2	((<10))	<2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cromo ($\mu\text{g/l}$)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((<10))	<1	((<10))	<1	((<10))	<1	((20))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA								
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((28))	2	((<10))	<1	(22)	2	((13))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((0,4))	0	((0,9))	1	((0,5))	0	((0,2))	0
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((4,0))	2	((2,9))	2			((11,5))	4
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((0,7))	0	((0,7))	0	0,4	0	((0,6))	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((0,15))	2	((0,05))	1	((0,10))	2	((0,05))	1
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA								
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((0,24))	4	((0,03))	0	(0,11)	2	((0,14))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Molibdeno (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((<0,010))	<1	((<0,010))	<1	((<0,010))	<1	((0,013))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA								
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((<0,010))	<1	((0,030))	2	(0,012)	2	((0,013))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((0,7))	2	((1,2))	3	((0,7))	2	((0,5))	2
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA								
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((2,2))	3	((0,5))	2	(0,7)	2	((0,9))	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Arsénico (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO COSCAYA EN SAITOCO	((0,23))	4	((0,21))	4	((0,24))	4	((0,38))	4
QUEBRADA TARAPACA EN SIBAYA	((0,11))	4	((0,07))	2	((0,04))	1	((0,05))	1
QUEBRADA TARAPACA EN LAONSANA	((0,10))	4	((0,07))	2	(0,06)	2	((0,09))	2

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

**Tabla 4.9: Calidad de Agua Cuenca de la Quebrada de Tarapacá
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	1.5	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	1.5	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	15	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	5	0

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	949	2
Qda.Tarapacá en Laonsana	1210	3

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	58	3
Qda.Tarapacá en Laonsana	10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	0.03	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	0.03	0

Punto de Muestreo	Cianuro (µg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	<3	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	5	1

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	0.8	1
Qda.Tarapacá en Laonsana	1.0	1

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	<0.01	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	<0.01	0

**Tabla 4.9 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca de la Quebrada de Tarapacá
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	<0.01	0
Qda.Tarapacá en Laonsana	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño (µg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	<10	<2
Qda.Tarapacá en Laonsana	<10	<2

Punto de Muestreo	Selenio (µg/L)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	240	4

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	23	1
Qda.Tarapacá en Laonsana	240	1

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Qda.Tarapacá en Sibaya	240	1
Qda.Tarapacá en Laonsana	1.6e3	1

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

En la tabla antes presentada, se han incluido los resultados entregados por el laboratorio externo contratado para llevar a cabo los análisis. En los casos en que el límite de detección analítico es superior al valor correspondiente a la clase de excepción, correspondería verificar si existe otra metodología de análisis, o bien redefinir el valor a fijar en la clase de excepción. Por otra parte, cuando el análisis de laboratorio entrega un valor en límite de detección analítico que se encuentra entre los límites definidos para dos clases de calidad, por el momento sólo es posible señalar que el parámetro podría ser clasificado en una clase de calidad “menor” a aquella correspondiente al límite superior entre ambas. Por ejemplo, a una

concentración de estaño de $< 20 \mu\text{g/l}$ se le debería asignar, tal como está definido actualmente el Instructivo, una clase de calidad < 2 . Se estima que, en casos como éste, el Instructivo debería definir un criterio de modo tal que fuese posible asignar siempre una clase de calidad en particular y no dejar su clasificación sin definir.

4.3 Factores Incidentes en la Calidad del Agua

El análisis de los factores incidentes que afectan la calidad del agua se realiza mediante una tabla de doble entrada en la cual se identifica en la primera columna el segmento en estudio, mediante la estación de calidad asociada 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.

En la tabla 4.10 se explica los factores incidentes en la cuenca de Qda. de Tarapacá.

Quebrada de Tarapacá

44.

Tabla 4.10: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca de la Quebrada de Tarapacá

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Coscaya en Saitoco 0173-CO-10	Lixiviación superficial y volumétrica de litología del sector asociado a esta parte de la cuenca Existencia de humedales. Concentración de compuestos debido a la evaporación Lixiviación de compuestos de origen volcánicos		CE, OD, pH, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, As,	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Formaciones geológicas volcánicas fracturadas consistente en coladas, brechas, tobas del período Terciario y Cuaternario. Rocas Intrusivas. • Clima: Alta radiación, la altura favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso. • Volcanismo: Volcán Isluga que está fuera de la cuenca, pero ejerce influencia en ella.
Qda Tarapacá en Sibaya 0173-TA-10	Concentración de compuestos debido a la evaporación Lixiviación de compuestos de origen volcánicos Surgencia de aguas termales	Actividad Minera Contaminación difusa por aguas servidas	CE, RAS, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, As, SD, F ⁻ , SS Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Centro urbano: Caserío de Sibaya. • Minería: Mina Paguanta. • Hidrogeología: Termas de Chusmisa • Volcanismo: Volcán Isluga que está fuera de la cuenca, pero ejerce influencia en ella.
Qda Tarapacá en Laonsana 0173-TA-30	Lixiviación de minerales de filones mineralizados Concentración de compuestos debido a la evaporación	Actividad Minera Contaminación difusa por aguas servidas	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, SD, CN, F ⁻ Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Minería: Minera San Juan, Ocharaza Mina Cala-Cala de K, I. • Litología: Franja metalogénica F-6. • Clima: Alta radiación, la altura favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso. • Centros urbanos: Poblados de Poroma, Mocha y Pachica.

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 la Quebrada de Tarapacá, se cuenta con 2 estaciones de monitoreo a lo largo de éste, que son:

- Quebrada de Tarapacá en Sibaya
- Quebrada de Tarapacá en Laonsana

En la Figura 5.1, con información de la DGA, se incluye el perfil longitudinal de aquellos parámetros seleccionados que exceden, al menos una vez, la clase 0 en la cuenca, para los cuatro períodos estacionales. Dichos parámetros son los siguientes: conductividad eléctrica, RAS, cloruro, sulfato, boro, hierro y arsénico. No se presenta la representación gráfica de los parámetros: oxígeno disuelto, manganeso y aluminio, por no contar con información en la estación de monitoreo Quebrada de Tarapacá en Sibaya. En el caso de los parámetros: cobre, cromo y molibdeno, no se presenta la gráfica por contar en su mayoría con registros en el límite de detección (LD). Debido al reducido número de registros con que se cuenta por período estacional, en esta cuenca se grafican valores medios de cada uno de los parámetros antes mencionados.

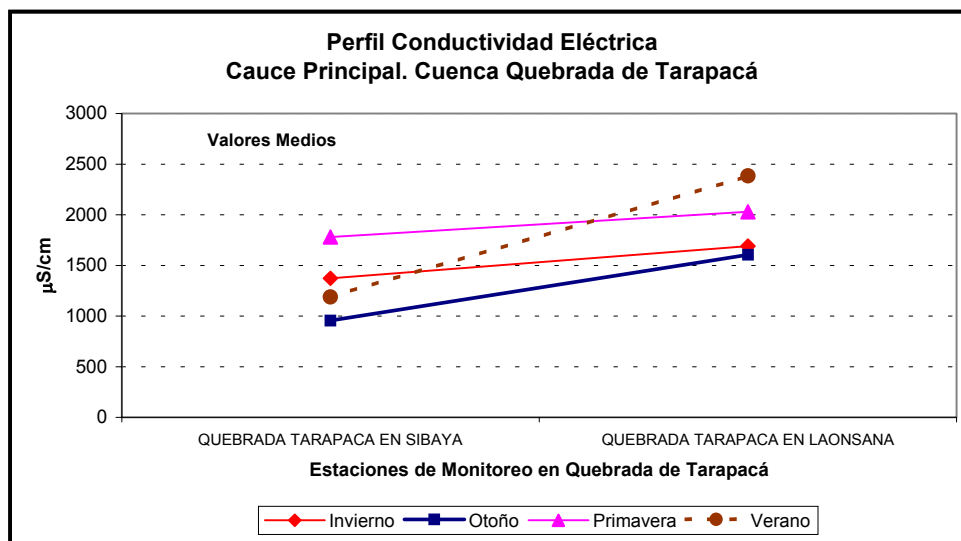


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca Quebrada de Tarapacá

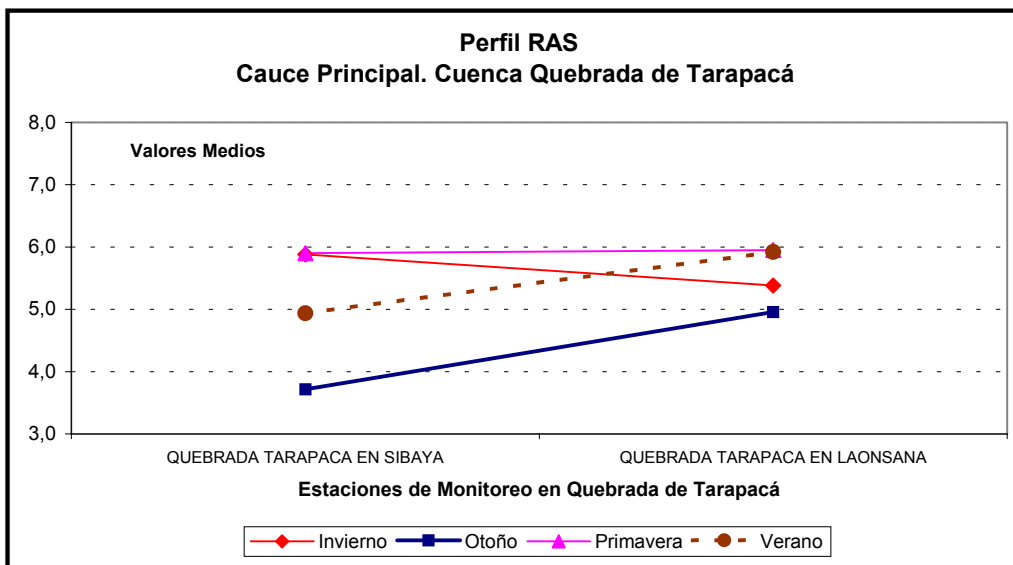
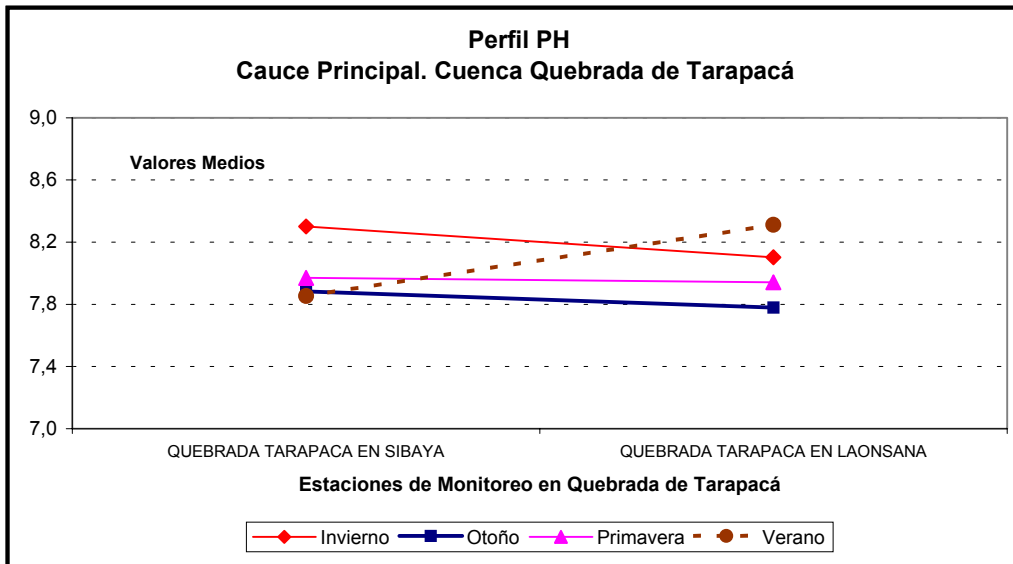


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca Quebrada de Tarapacá

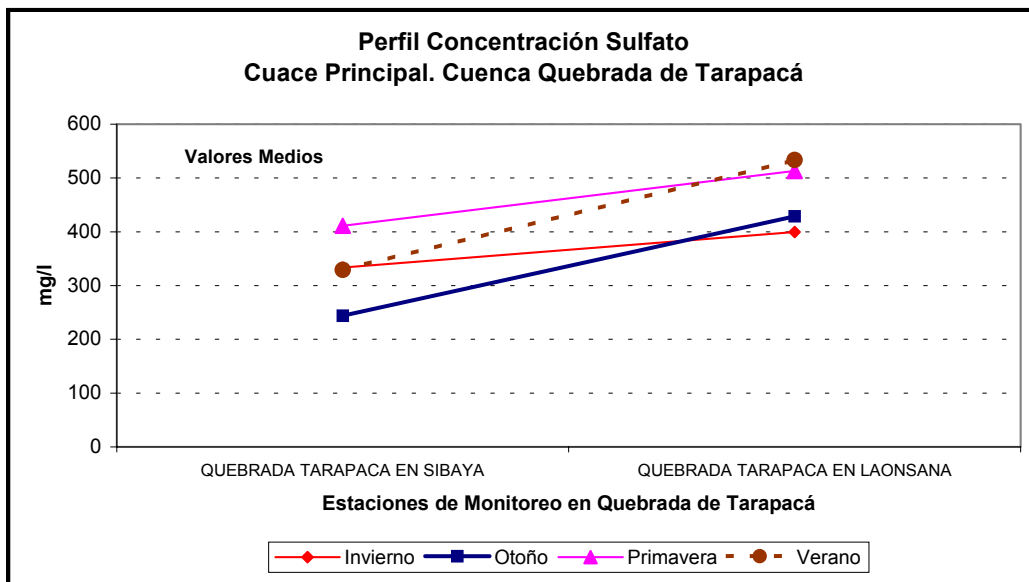
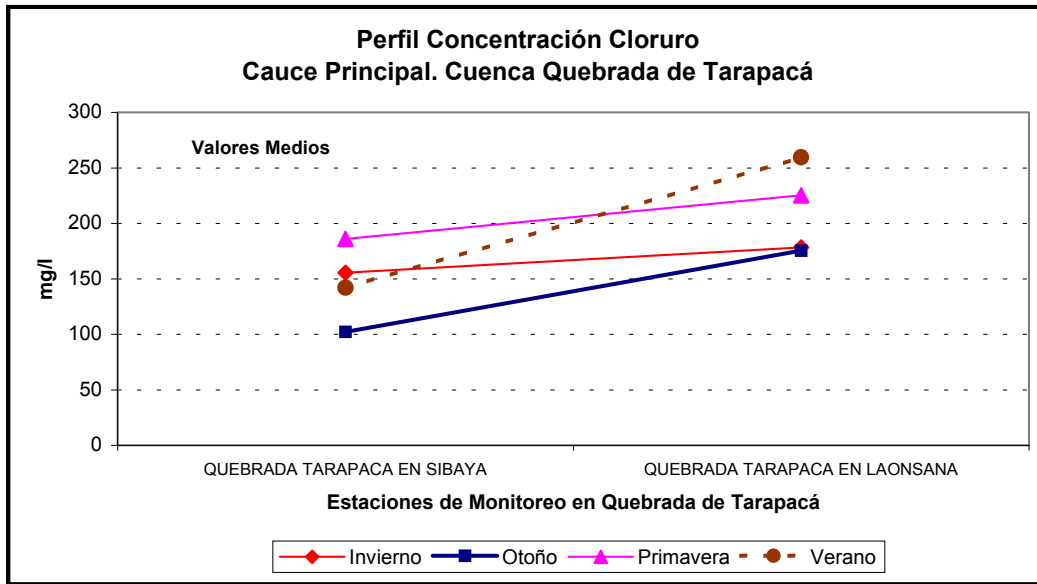


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca Quebrada de Tarapacá

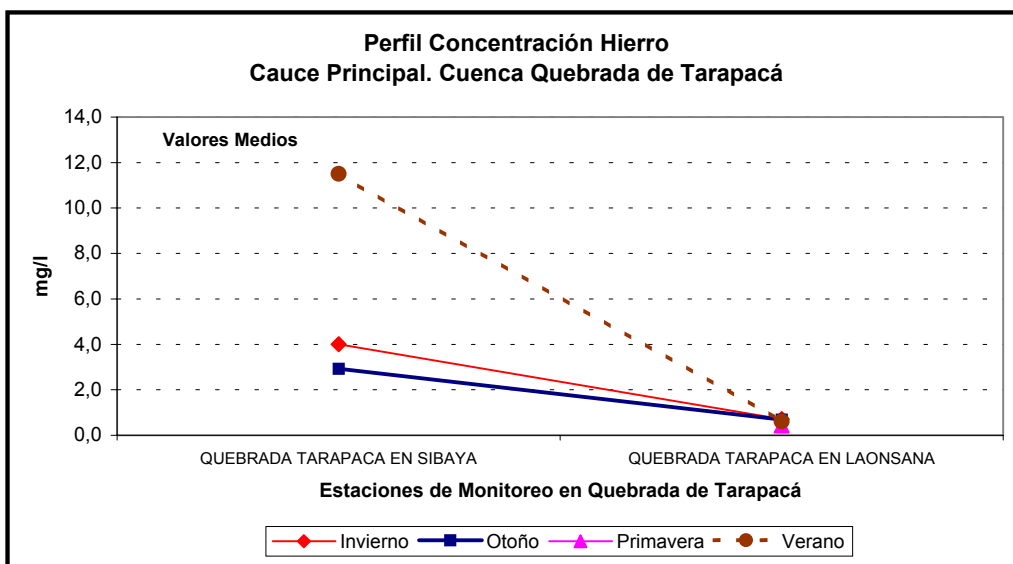
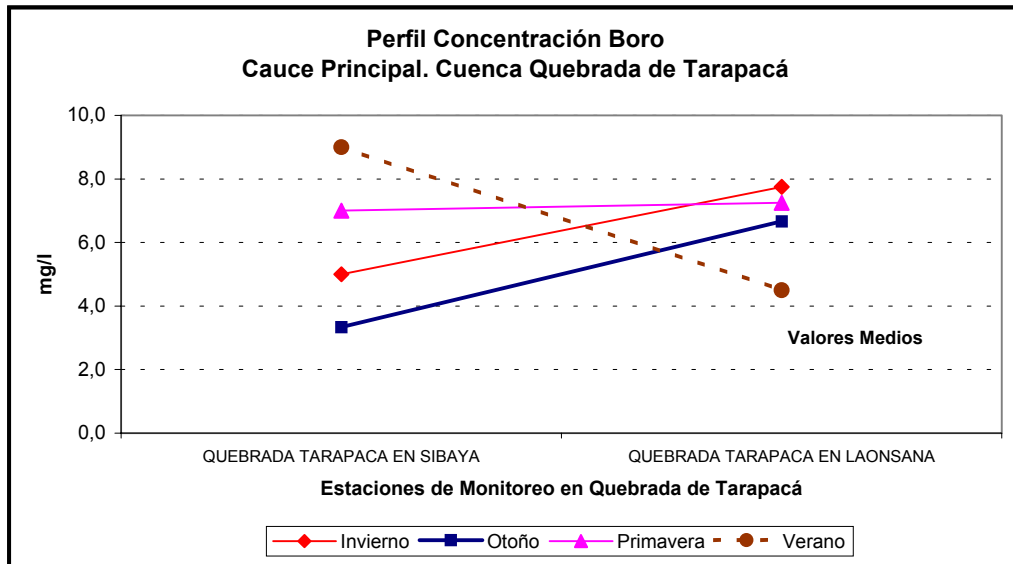


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca Quebrada de Tarapacá

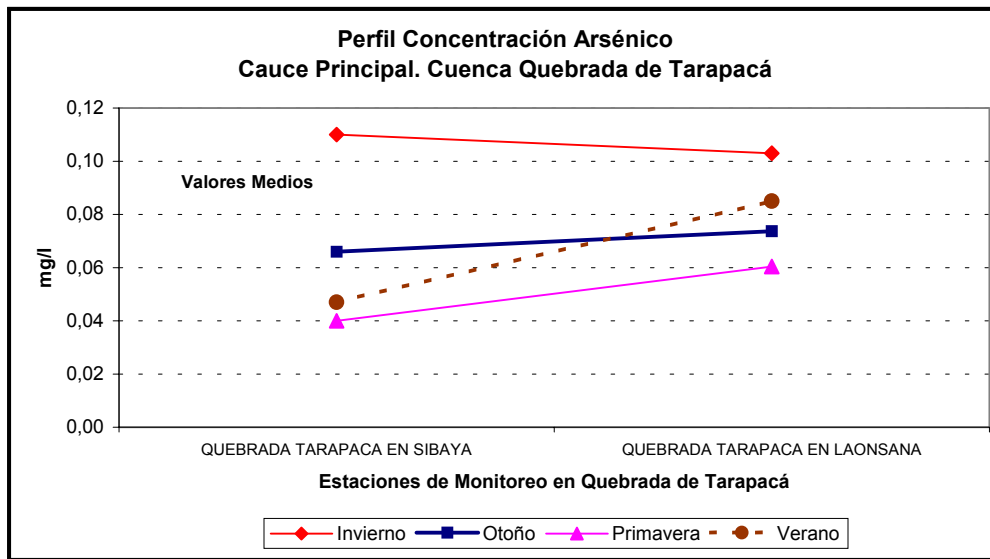


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca Quebrada de Tarapacá

De las figuras 5.1 se pueden extraer lo siguiente:

- CE: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de la conductividad (envolvente superior) se presentan en primavera y verano con valores que tienden a aumentar hacia la parte baja de la Quebrada de Tarapacá pasando de clase 3 a clase 4. La envolvente inferior corresponde al período de otoño y tiende a aumentar a lo largo del río de modo muy similar a la envolvente superior con valores que pasan de clase 2 a clase 3.
- pH: Los perfiles longitudinales permiten observar que la envolvente superior del pH se presenta en los períodos de invierno y verano con todos los valores en clase 0 y se mantiene prácticamente constante a lo largo de la quebrada. La envolvente inferior se observa en verano y otoño con todos los valores en clase 0 al igual que la envolvente superior. Sin embargo, esta última presenta una leve disminución hacia la estación en Laonsana.

- RAS: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos del RAS (envolvente superior) se presentan en primavera con un valor que prácticamente se mantiene constante en clase 2. La envolvente inferior se observa en otoño con un aumento desde la estación Sibaya hacia Laonsana con los valores también en clase 2.
- Cloruro: En los perfiles longitudinales se observa que la envolvente superior de la concentración de cloruro se presenta en primavera y verano con valores que tienden a aumentar hacia la parte baja de la Quebrada de Tarapacá pasando de clase 3 a clase 4. La envolvente inferior corresponde al período de otoño y tiende a aumentar a lo largo de la quebrada de modo muy similar a la envolvente superior con valores que pasan de clase 2 a clase 3.
- Sulfato: Los perfiles longitudinales del sulfato permiten observar que la envolvente superior se presenta en primavera y verano, con un comportamiento que va en aumento hacia la parte baja de la quebrada con valores que pasan de clase 2 a 3. La envolvente inferior se observa en otoño e invierno con valores en clase 2 y un comportamiento similar a la envolvente superior, aunque con una pendiente levemente mayor.
- Boro: Los perfiles longitudinales del boro permiten observar que la envolvente superior de la concentración, que se presenta en verano e invierno, disminuye desde la parte baja de la quebrada. El comportamiento de la envolvente inferior, de manera contraria tiende a aumentar hacia la estación Laonsana, presentándose en los períodos de otoño y verano. Todos los valores se observan en clase 4.
- Hierro: La envolvente superior se observa en los períodos de verano y otoño con un perfil que disminuye notablemente desde la parte más alta de la quebrada de Tarapacá, pasando los valores de clase 4 a clase 0. La envolvente inferior presenta un perfil de concentración con igual tendencia, pero con una pendiente mucho menor. Los valores en la parte alta de la quebrada, estación Sibaya, se encuentran en clase 2 y en Laonsana en clase 0.
- Arsénico: Los perfiles longitudinales del arsénico permiten observar que la envolvente superior de la concentración, que se presenta en invierno,

disminuye desde la parte alta de la quebrada hacia la estación Laonsana con valores en clase 4. El comportamiento de la envolvente inferior, de manera contraria tiende a aumentar hacia la parte baja. Los valores inferiores se presentan en ambas estaciones de monitoreo en primavera y pasan de clase 1 a clase 2.

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

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual en los cuerpos de agua seleccionados de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá presentada por grupos de parámetros y por parámetro según el *Instructivo*. Este análisis esta basado en la información presentada en el punto 4.2.4.

Tabla 5.1: Análisis de los Parámetros de Calidad Actual

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACÁ
Parámetros físicos- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO₅, Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.
<p><u>CE</u>: En la Quebrada de Tarapacá la conductividad eléctrica tiene un comportamiento disímil, que tiende a aumentar hacia la parte baja del río observándose valores que pasan de clase 3 a clase 4. En Coscaya no hay variación estacional con valores en clase 2, excepto en verano (clase 3).</p> <p><u>DBO₅</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá está asignado en la clase 0.</p> <p><u>Color Aparente</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado en la clase 0.</p> <p><u>SD</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en la estación Sibaya esta asignado a la clase 2 y en la estación Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado en la clase 3.</p> <p><u>SST</u> : El valor del muestreo puntual en primavera en la estación Sibaya esta asignado a la clase 3 y en la estación Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado en la clase 0.</p> <p><u>OD</u>: En la Quebrada de Tarapacá en Laonsana no hay variación estacional con valores en clase 0, excepto en verano (clase 2). La estación Sibaya no posee datos, excepto en verano en clase 0. En Coscaya no presenta variación durante el año con valores en clase 0.</p> <p><u>pH</u> : Todos los valores están asignados a la clase 0, excepto en la estación Coscaya en Saitoco en verano en clase 4.</p> <p><u>RAS</u>: La Quebrada de Tarapacá presenta todos sus valores en clase 2. En la estación Coscaya no se observa variación estacional con valores en clase 2.</p>

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

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACÁ	
Inorgánicos (IN): NH_4^+ , CN^- , Cl^- , F^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , S^{2-}	
■	<p><u>Cl⁻</u>: En la Quebrada de Tarapacá la concentración de cloruro tiene un comportamiento disímil, que tiende a aumentar hacia la parte baja del río, observándose los valores máximos en clase 3 en Sibaya en invierno y primavera, y en clase 4 en Laonsana en primavera y verano. En Coscaya no hay variación estacional en Saitoco con valores en clase 1, excepto en verano en clase 2.</p> <p><u>SO₄²⁻</u>: Todos los valores se encuentran asignados a la clase 2, a excepción de la Quebrada de Tarapacá en Laonsana en primavera y verano en clase 3.</p> <p><u>NH₄⁺</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 0.</p> <p><u>CN⁻</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en la estación Sibaya en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 0 y en la estación Laonsana esta asignado a la clase 1.</p> <p style="text-align: center;">■</p> <p><u>F⁻</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 1.</p> <p><u>NO₂⁻</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 0.</p> <p><u>S²⁻</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 0.</p>
Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tretracloroeteno, tolueno	
No se dispone de información para los parámetros orgánicos.	
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.	
No se dispone de información para los parámetros orgánicos plaguicidas.	
Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn	
<p><u>B</u>: Todos los valores se clasifican en clase 4.</p> <p><u>Cu</u>: Existen pocos registros. La mayoría de los valores observados están en límite de detección, excepto río Coscaya en Saitoco y Quebrada de Tarapacá en Sibaya en verano, ambos en clase 2.</p> <p><u>Cr_{total}</u>: La Quebrada de Tarapacá en Laonsana tiene valores en clase 2 durante todo el año, excepto en otoño en límite de detección. En Coscaya en Saitoco presenta valores en límite de detección en invierno, otoño y primavera. En verano se observan valores en clase 2.</p>	

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

CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACÁ
<p><u>Fe</u>: En la quebrada de Tarapacá no hay variación estacional en las estaciones Sibaya entre invierno-otoño (clase 2) y Laonsana durante todo el año (clase 0). En la estación Coscaya presenta todos sus valores en clase 0, a excepción de otoño en clase 1.</p> <p><u>Mn</u>: En la quebrada de Tarapacá no hay variación estacional entre primavera y verano en clase 2. El valor máximo se observa en invierno en clase 4. En Coscaya los niveles de concentración son similares entre invierno-primavera y otoño-verano en clase 2 y 1 respectivamente.</p> <p><u>Mo</u>: La Quebrada de Tarapacá en Laonsana tiene valores en clase 2 durante todo el año, excepto en invierno en límite de detección. En Coscaya en Saitoco presenta valores en límite de detección en invierno, otoño y primavera. En verano se observan valores en clase 2.</p> <p><u>Ni, Zn</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0.</p> <p><u>Se</u>: Los registros históricos permiten calificar sus valores siempre en clase 0, excepto en quebrada de Tarapacá en Sibaya, muestreo puntual primavera asignado a clase 4.</p>
Metales no Esenciales (MN) : Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb
<p><u>Al</u>: Sólo se tiene registros de la Quebrada de Tarapacá en Laonsana y Coscaya en Saitoco con valores en clase 2, excepto quebrada de Tarapacá en invierno y Coscaya en otoño en clase 3.</p> <p><u>As</u>: En la quebrada de Tarapacá los niveles de concentración del arsénico tienen un comportamiento disímil. Los máximos valores se observan en clase 4 en invierno en Sibaya y Laonsana. En Coscaya todos los valores se asignan a la clase 4.</p> <p><u>Cd, Hg y Pb</u>: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al límite de detección superior a la clase 0.</p> <p><u>Sn</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá solo nos permite señalar que esta asignado a una clase inferior a la clase 2.</p>
Indicadores Microbiológicos (IM): CF, CT
<p><u>CF</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá esta asignado a la clase 1.</p> <p><u>CT</u>: El valor del muestreo puntual en primavera en las estaciones Sibaya y Laonsana en la Quebrada de Tarapacá solo nos permite señalar que está asignado a la clase 1.</p>

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

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

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

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

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

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

Quebrada de Tarapacá

56.

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual
Tabla.5.2a: Cauce Principal: Quebrada de Tarapacá

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Quebrada de Tarapacá en Sibaya	0173TA10	OD, pH, Ni, Se, Zn, CF, NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , DBO ₅ , color aparente	CT, CF, F ⁻	RAS, SO ₄ ⁻² , Cu, SD	CE, Cl, SST	B, Fe, As, Se	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: DBO ₅ , color aparente, CT, CF, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , SD, SST, Se.
Quebrada de Tarapacá en Laonsana	0173TA30	DBO ₅ , color aparente, S ²⁻ , NO ₂ ⁻ , SST, NH ₄ ⁺ , pH, Fe, Ni, Se, Zn	CF, F ⁻ , CN ⁻ , CT	OD, RAS, Cr, Mo	SO ₄ ⁻² , Al, SD	CE, Cl, B, Mn, As	Cu, Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información nivel 4 muestreo puntual en primavera : DBO ₅ , SST, SD, CF, color aparente, F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , SD, SST, CT

Parámetros seleccionados de la cuenca de la quebrada Tarapacá: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales, RAS, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Sólidos Disueltos, Cianuro, Fluoruro, Estaño, Coliformes Totales.

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Quebrada Coscaya

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Coscaya en Saitoco	0173CO10	Ni, Se, Zn	DBO ₅ , Fe, CF	OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mn, Mo,	CE, Al	pH, SST, B, As	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA nivel 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.

- Todos los cauces seleccionados en la cuenca poseen información.

Quebrada de Tarapacá

58.

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 Quebrada de Tarapacá, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.8.

Tabla 5.3: Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca de la Quebrada de Tarapacá

Estación	Segmento	CE ($\mu\text{S/cm}$)	OD (mg/L)	pH	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)	Se (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)
Río Coscaya en Saitoco	0173-CO-10	((1530,7))	((7,2))	((8,8))	((3,9))	((106,7))	((287,5))	((6))	((19))	((20))	((0,9))	((0,15))	((0,013))		((1,2))	((0,38))
Qda Tarapacá en Sibaya	0173-TA-10	((1782))			((5,9))	((186))	((411))	((9))	((20))	s/i	((11,5))	s/i	s/i	240	s/i	((0,11))
Qda Tarapacá en Laonsana	0173-TA-30	((2385,3))	((6,9))		(6)	((259,6))	((533,3))	((7,8))	(<10)	((28))		((0,24))	((0,03))		((2,2))	((0,1))

Fuente: Elaboración propia

s/i: sin información

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

Valores con 2 paréntesis : Promedios (información nivel 3)

Quebrada de Tarapacá

60.

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

- El boro, cobre y arsénico están presentes en todas las estaciones de calidad.
- El oxígeno disuelto es muy variable en las quebradas analizadas.
- La conductividad se manifiesta en rangos altos en toda la cuenca.
- La Qda Tarapacá presenta mejor calidad que la de Coscaya.

A continuación se analizarán las causas que originan la existencia de los parámetros que exceden la clase de excepción, considerando los factores particulares que inciden en la calidad de las aguas de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá.

5.4.1 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica detectada presenta valores comprendidos entre 926 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco –invierno) a 2385,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Qda Tarapacá en Laonsana –verano).

El origen de este fenómeno se debe a la disolución y lixiviación de la gran cantidad de sales minerales y metales presentes en el suelo y la litología de la cuenca, la que se caracteriza por tener rocas de origen volcánicas fracturadas y formaciones sedimentarias que alguna vez formaron parte del fondo marino. Adicionalmente, los factores que a continuación se detallan contribuyen al aumento de la concentración de iones:

- La alta radiación solar que existe a esta latitud, permite una elevada evaporación de agua, lo que origina una mayor concentración de varios parámetros de calidad.
- En la zona geomorfológica de desierto, se encuentran capas de sales minerales conocidas como caliches, las cuales son fuentes permanentes de aporte de iones a las aguas de las quebradas.

5.4.2 Oxígeno disuelto (OD)

Los valores de OD procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 6,9 mg/L (Est. DGA Qda Tarapacá en Laonsana - verano) a 12 mg/L (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - verano).

En general las Quebradas de Tarapacá presentan valores aceptables de oxígeno disuelto, que permite el desarrollo de especies acuáticas andinas. Sin embargo, la atmósfera a esta altitud es pobre en oxígeno, por lo que la capacidad de difusión al agua se reduce bastante. En la zona geomorfológica de desierto sin embargo, la alta radiación solar eleva la temperatura disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto.

5.4.3 pH

Los valores de pH procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 7,7 (Est. Río Coscaya en Saitoco -invierno) a 8,8 (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco -verano), estos infringen la clase de excepción en aproximadamente 3 %.

Las formaciones sedimentarias de origen calcáreo, así como los suelos y mantos calicheros contribuyen a darle alcalinidad al agua.

5.4.4 RAS

Los valores de RAS procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 3,2 (Est. Río Coscaya en Saitoco -invierno) a 6 (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana -primavera).

El aumento del RAS se debe a los motivos indicados con mayor detalle en el punto 5.4.1.

5.4.5 Cloruro

Los valores de cloruros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 81 mg/L (Est. DGA Río Coscaya Saitoco -otoño) a 260 mg/L (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana -verano).

El aumento del cloruro se debe a los motivos indicados con mayor detalle en el punto 5.4.1.

Quebrada de Tarapacá

62.

5.4.6 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 244 mg/L (Est DGA Qda Tarapacá en Sibaya - otoño) a 533 mg/L (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana - verano).

El origen de este parámetro se debe a la existencia de rocas sedimentarias constituidas por evaporitas (yesos y boratos), las cuales por procesos de disolución y lixiviación aportan constantemente sulfatos en la cuenca. En la parte alta el volcanismo es un factor importante en el aporte de sulfatos constituyente de las coladas, tobas y brechas fracturadas del maciso andino. En la parte media alta, subyace una franja metalogénica F-6 la cual aporta sulfuros que lixivian en presencia de oxígeno y agua formando iones de sulfato en solución, los cuales ingresan al río a través de las recargas de agua subterránea.

5.4.7 Boro

Los valores de boro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 3,3 mg/L (Est DGA Qda Tarapacá en Sibaya - otoño) a 9 mg/L (Est. DGA Qda. Tarapacá en Sibaya - verano).

En la parte alta de la cuenca se encuentran suelos salados que constituyen evaporitas con alto contenido de – bórax y ác. bórico -, los cuales hacen aportes importantes a la Qda. Tarapacá y tributarios.

5.4.8 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los <10 µg/L (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - invierno) a 20 µg/l (Est DGA Qda. Tarapacá en Sibaya - verano).

La litología de la cuenca, es rica en metales, las que por procesos de fracturación de las rocas lixivian, dejando iones en solución que forman parte de esta singularidad en las características naturales de la cuenca. Además se suman los aportes que pueden efectuar las aguas subterráneas.

5.4.9 Cromo

Los valores de cromo procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $<10 \mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - invierno) a $28 \mu\text{g/L}$ (Est DGA Qda Tarapacá en Laonsana- invierno).

La aparición de cromo es atribuible esencialmente a la litología de la corteza terrestre 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 el curso principal.

5.4.10 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $0,2 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - verano) a $11,5 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Qda. Tarapacá en Sibaya - verano).

El origen de este parámetro es la lixiviación natural de gran cantidad de sales y metales presentes en la litología de la cuenca, la que se caracteriza por tener rocas de distinta naturaleza y edad (Franja metalogénica F-6). Esto se puede observar en la gran minería que existe en la cuenca que se desarrolla sobre pórfido cupríferos. Mayor información respecto a esto se puede encontrar en la tabla de factores incidentes.

5.4.11 Manganeso

Los valores de manganeso procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $0,03 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana - otoño) a $0,24 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana - invierno).

La aparición del manganeso se debe a tres fenómenos independientes: la lixiviación de las rocas volcánicas de la alta cordillera, las actividades mineras desarrolladas en la cuenca y el afloramiento de napas subterráneas en distintas secciones de la cuenca, en las cuales los acuíferos asociados a las secciones recargan los cursos superficiales.

Quebrada de Tarapacá

64.

5.4.12 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $<0,01$ mg/L (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - invierno) a $0,03$ mg/L (Est DGA Qda Tarapacá en Laonsana - otoño).

La aparición de molibdeno en los cursos de agua es atribuible esencialmente a la lixiviación de minerales de un depósito porfirico cuprífero (franja metalogénica F-6), del cual el molibdeno es parte. 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.

5.4.13 Aluminio

Los valores de aluminio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $0,5$ mg/L (Est, DGA Río Coscaya en Saitoco - verano) a $2,2$ mg/L (Est. DGA Qda. Tarapacá en Laonsana - invierno).

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

5.4.14 Arsénico

Los valores de arsénico procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $0,04$ mg/L (Est. DGA Qda. Tarapacá en Sibaya - primavera) a $0,38$ mg/L (Est. DGA Río Coscaya en Saitoco - verano).

El origen de este parámetro es la gran cantidad de sales y metales presentes en la litología de la cuenca, en especial la franja metalogénica F-6 presente en la zona es rica en arsénico.

5.4.15 Selenio

Los valores de selenio procedentes del muestreo (Octubre 2003) indicaron valores por sobre la clase de excepción en Sibaya dichos valores que son mayores de 240 $\mu\text{g/L}$ (clase 4).

Si bien estos valores no son representativos del comportamiento del selenio en la cuenca, dan indicios de la existencia de este elemento en este curso de agua.

La presencia del selenio se encuentra asociada a minerales de cobre de origen porfirico, que son los que se encuentran en la franja metalogénica F-6.

5.4.16 Falencias de información

Para realizar un estudio más detallado de la calidad natural de la cuenca de la Quebrada de Tarapacá se hace imprescindible continuar con el programa de monitoreo de la Dirección General de Aguas.

El muestreo realizado demostró que el selenio y el fluoruro se encuentra presente en el sector de Sibaya. Para poder valorar su presencia en todos los cursos se deberá agregar en el programa de monitoreo futuro.

El muestreo de cianuro en Laonsana dio valores de 5 $\mu\text{g/L}$, lo cual indica una actividad minera en el sector, o bien de depósitos de descartes de minerales de oro, lo cual se debe confirmar.

5.4.17 Conclusiones

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

- La calidad natural de la cuenca de las quebradas que componen la Qda. Tarapacá varía de buena a mala, observándose principalmente gran concentración de metales e iones.

Quebrada de Tarapacá

66.

- La calidad natural de los tributarios de la parte alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales, los que son de origen natural (litología, edafología, etc.)
- La existencia de franja metalogénicas F-6 es una gran modificadora de la calidad natural en la cuenca, en lo referente a metales.
- La edafología interviene de manera considerable en las características de salinidad de las aguas.
- La alta radiación solar contribuye de manera activa a los fenómenos de concentración
- El régimen de esta cuenca es discontinuo, por lo que los resultados de calidad son muy dependientes de la época en que se realicen.

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 Quebrada de Tarapacá fue presentada en el capítulo 2. En este capítulo se presentan los tramos, los cuales se forman por la sumatoria de segmentos adyacentes de calidad similar. 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 la Quebrada de Tarapacá

Ríos	Código Segmento	Tramos	Límites de Tramos
Quebrada de Tarapacá	0173-TA-10	TA-TR-10	Desde: Naciente Quebrada de Tarapacá Hasta: Límite de cuenca
	0173-TA-20		
	0173-TA-30		
	0173-TA-40		
Quebrada Coscaya	0173-CO-10	CO-TR-10	Desde: Naciente río Coscada Hasta: Confluencia con Quebrada de Tarapacá
	0173-CO-20		

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

6.2 Requerimientos de Calidad según Usos del Agua

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

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

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

Quebrada de Tarapacá

70.

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

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	
Quebrada de Tarapacá	TA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	pH, Ni, Zn, CF,CT, NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , NH ₄ ⁺ , DBO ₅ , color	Otros parámetros seleccionados
								1	F-, CN-	
								2	RAS, Cu, OD, Cr, Mo	
								4	B, Fe, As, Se, CE, Mn, Cl	
Quebrada Coscaya	CO-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	Ni, Se, Zn, DBO ₅ , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
								1	Fe	
								3	CE, Al	
								4	pH, SST, B, As	

Parámetros seleccionados de la cuenca de la quebrada Tarapacá: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, RAS, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Sólidos Disueltos, Cianuro, Fluoruro, Estaño, Coliformes Totales.

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 de la Quebrada de Tarapacá se presentan en el anexo 6.1.

Quebrada de Tarapacá

72.

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

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- RAS
- Cloruro
- Sulfato
- Boro
- Cobre
- Cromo
- Hierro
- Manganeso
- Molibdeno
- Aluminio
- Arsénico

7.1.2 Estimación del ICAS

Los resultados que se muestran en la tabla adjunta, son una estimación basada en la información de calidad de agua que se presenta en éste documento. Para aquellos parámetros obligatorios de los cuales no se dispone de información se utiliza para ciertas

estaciones críticas de la cuenca información nivel 4 (muestreo descrito en el punto 4.2.3) y para las restantes, información nivel 5 (estimaciones realizadas por el consultor).

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Coscaya en Saitoco	81
Qda de Tarapacá en Sibaya	86
Qda de Tarapacá en Laonsana	88

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua de la Quebrada de Tarapacá posee tributarios de calidad similar al cauce principal. El cauce principal, calidad buena. La memoria de cálculo de la tabla se encuentra en anexo 7.1.

7.1.3 Estimación del ICAS objetivo

El Índice de Cumplimiento se basa en la estimación de un ICAS para la calidad objetivo asignada a cada tramo del río. La clase objetivo asignada a los segmentos donde se ubican las estaciones de muestreo aparece en la siguiente tabla:

Tabla 7.2: Clases Objetivos para cada Estación de Muestreo

Estación de Muestreo	Clase Objetivo
Río Coscaya en Saitoco	2
Qda de Tarapacá en Sibaya	3
Qda de Tarapacá en Laonsana	3

El cumplimiento de los valores de la clase objetivo por todos los parámetros permite el cálculo de un nuevo ICAS. Sin embargo, en función del análisis de esta cuenca, se ha concluido que todos los parámetros que difieren de la clase asignada son de origen natural, de modo que los valores de ICAS serían iguales a los de calidad actual.

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

	Punto de Muestreo	Qda de Tarapacá en Sibaya	Qda. Coscaya en Saitoco	Qda. Tarapacá en Laonsana
	COD_SEG	0173TA10	0173CO10	0173TA30
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS				
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	S/I	S/I	S/I
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O
pH	unidad	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O
INORGANICOS				
Amonio	mg/l	S/I	S/I	S/I
Cianuro	µg/l	PPL	PPL	PPL
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	PPL	PPL	PPL
Nitrito	mg/l	S/I	S/I	S/I
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES				
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l	PPL	PPL	PPL
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL
Níquel	µg/l			
Selenio	µg/l	PPL	PPL	PPL
Zinc	mg/l			
METALES NO ESCENCIALES				
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l	PPL	PPL	PPL
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	S/I	S/I	S/I
Mercurio	µg/l	LD	LD	LD
Plomo	mg/l	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS				
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL

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

7.3 Sistema de Información Geográfico

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

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

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	APICULTURA.CL 2003 http://www.apicultura.cl
2.2	MOP. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile. 1987.
2.3	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.
2.4	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. Hoja: Pisagua, escala 1:250.000. 1986.
2.7	IGM, Instituto Geográfico Militar. Geografía de Chile. Tomo II: Geomorfología. Primera Edición. 1983.
2.8	IGM, Instituto Geográfico Militar. Geografía de Chile. Tomo V: Geografía de los Suelos. 1984.
2.9	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
2.10	CONAF, Corporación Nacional Forestal. Plan de Manejo Reserva Nacional Pampa del Tamarugal. 1997
2.11	ARRATIA G. ROJAS G&A CHANG. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Publicación Ocasional Museo Nacional Historia Natural, Santiago de Chile 34:3-108. 1981.
2.12	ARRATIA G. Peces del Altiplano de Chile. En el Hombre y los ecosistemas de montaña. MAB-6. El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Anca, Lat. 18° 28'S). Volumen I. La vegetación y los vertebrados inferiores de los pisos latitudinales entre Arica y el Lago Chungará, pp. 93-133. 1982.
2.13	ARRATIA G. Preferencias de hábitat de peces Siluriformes de aguas continentales de Chile (Fam. Diplomystidae y Trichomycteridae Studies on Neotropical Fauna and Environment 18(4):217-237. 1983.
2.14	CONAF, Corporación Nacional Forestal. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Ministerio de Agricultura. 1993.
2.15	PEQUEÑO G. Peces de Chile, Lista sistemática revisada y comentada: addendum. Revista de Biología Marina y Oceanografía 32 (2):77-94. 1997.

Quebrada de Tarapacá

78.

Referencia	Título del Informe
2.16	CONAF-CONAMA. Catastro de Bosque Nativo.
2.17	EDITEC Ltda.. Compendio de Minería Chilena. 2003.
2.18	INE, Instituto Nacional de Estadísticas, VI Censo Nacional Agropecuario. 1997
2.13	CONAMA, Corporación Nacional del Medio Ambiente http://www.conama.cl
3.1	RICARDO EDWARDS – INGENIEROS LTDA..Estudio de Síntesis de Catastro de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento, Octubre 1991.
3.2	IPLA Ltda, Análisis uso actual y futuro de los recursos hídricos de Chile. 1996.