

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 RIO LOA

DICIEMBRE 2004

CADE-IDEPE
CONSULTORES EN INGENIERIA

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES	1
2.	RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA.....	3
2.1	Cartografía y Segmentación Preliminar	3
2.2	Sistema Físico Natural.....	5
2.2.1	Clima	5
2.2.2	Geología y volcanismo	6
2.2.3	Hidrogeología.....	9
2.2.4	Geomorfología.....	11
2.2.5	Suelos	12
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del río Loa.....	13
2.3.1	Flora terrestre y acuática	13
2.3.2	Fauna acuática	15
2.4	Sistemas Humanos.....	15
2.4.1	Asentamientos humanos	15
2.4.2	Actividades económicas	16
2.5	Usos del Suelo	17
2.5.1	Uso agrícola.....	17
2.5.2	Uso forestal.....	18
2.5.3	Uso urbano.....	18
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	18
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	20
3.1	Información Fluviométrica.....	20
3.2	Usos del Agua.....	22
3.2.1	Usos in – situ	23
3.2.2	Usos extractivos.....	23
3.2.3	Biodiversidad.....	25
3.2.4	Usos Ancestrales	25
3.2.5	Conclusiones.....	26

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PÁGINA</u>
3.3	Descargas a Cursos de Agua	28
3.3.1	Descargas de tipo domiciliario	28
3.3.2	Residuos industriales líquidos	31
3.4	Datos de Calidad de Aguas	35
3.4.1	Fuentes de Información	35
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	39
4.	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	41
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	41
4.1.1	Análisis por estación	41
4.1.2	Conclusiones	55
4.2	Análisis de la Calidad de Agua	57
4.2.1	Selección de parámetros	57
4.2.2	Análisis de tendencia central	60
4.2.3	Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE	69
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	70
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	71
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	89
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES .	98
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	98
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua a Nivel de la Cuenca	109
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	114
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	122
5.4.1	Conductividad eléctrica	125
5.4.2	Oxígeno Disuelto (OD)	126
5.4.3	RAS	126
5.4.4	Cloruros	127
5.4.5	Sulfatos	127
5.4.6	Sulfuros	128

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PÁGINA</u>
5.4.7	Boro	128
5.4.8	Cobre	129
5.4.9	Cromo	130
5.4.10	Hierro.....	130
5.4.11	Manganeso.....	130
5.4.12	Molibdeno.....	131
5.4.13	Zinc.....	131
5.4.14	Aluminio.....	131
5.4.15	Arsénico.....	132
5.4.16	Sólidos disueltos.....	132
5.4.17	Sólidos suspendidos.....	132
5.4.18	Selenio	133
5.4.19	Plomo.....	133
5.4.20	Nitritos.....	133
5.4.21	Falencias de información.....	134
5.4.22	Conclusiones.....	134
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS	136
6.1	Establecimiento de Tramos	136
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua; Error!Marcador no definido.	
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	142
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES	143
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial.....	143
7.1.1	Antecedentes.....	143
7.1.2	Estimación del ICAS	144
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	145
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	145
7.3	Sistema de Información Geográfico	149
7.4	Referencias	149

Loa

iv.

ANEXOS

Anexo 3.1 : Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Loa

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 Ácida

Anexo 6.1 : Asignación de Clase Actual y Objetivo Cuenca del Río Loa

Anexo 7.1: Índice de Calidad Actual Cuenca del Río Loa

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La única cuenca exorreica que forma parte de las Regiones I y II que logra llevar recursos hídricos desde la cordillera andina hasta el océano Pacífico es la del río Loa, que con un cauce de 440 Km. de longitud atraviesa el desierto de Atacama.

La hoya hidrográfica comprende una superficie de 33.570 km², pero es activa sólo en un 20%, en el sentido de captar recursos hídricos de precipitaciones en la cordillera.

El Loa nace en la falda norte del volcán Miño en Ojos del Miño, casi en el límite entre las dos primeras regiones de Chile; con curso aproximadamente N-S, recorre casi 150 Km. en un profundo cañón de altura variable, desde su nacimiento hasta el oasis de Chiuchiu.

En Chiuchiu su curso dobla sensiblemente hacia el oeste para alcanzar, tras un recorrido de 115 km., la localidad de Chacance, donde se le reúne por su ribera derecha el río San Salvador. En este punto, el Loa toma dirección al norte por 80 km, hasta que alcanza el oasis de Quillagua. A partir de Quillagua, el Loa describe un gran arco y luego desemboca en el Pacífico en caleta Huelén, después de traspasar el macizo costero en un tajo profundo de más de 500 m de altura.

Los tributarios más importantes, que aportan regularmente al Loa, son los ríos Salado y San Salvador.

El río Salado tiene sus orígenes en más de 30 vertientes frías y termales surgentes, en una gran hoyada que se extiende a los pies de la cadena del volcán Tatio, a unos 4.200 m s.n.m. Después de un breve recorrido S-N, toma dirección al W, labrando también un profundo cañón de 100 o más metros de altura en las tobas soldadas e ignimbritas riolíticas. En su curso medio recibe desde el norte el río Toconce reunido con el Hojalar; más abajo recibe por su orilla izquierda al río Caspana. En los afluentes del norte es donde se encuentra la principal toma de agua dulce con fines domésticos para Antofagasta, Tocopilla y las oficinas salitreras.

Ligadas al curso medio del río Salado se encuentran extensas vegas que constituyen lugares de pastoreo para el ganado de los habitantes de Toconce, Caspana y Ayquina; las más famosas de ellas son las vegas de Turi y de Ayquina.

Loa

2.

Desde su nacimiento en los géisers del Tatio hasta su desembocadura en el río Loa, tres kilómetros aguas abajo de Chiuchiu, el Salado tiene un desarrollo de 80 km. y su hoya hidrográfica comprende 2.210 km².

El otro afluente de importancia es el río San Salvador, que viene a afluir en el curso medio del Loa. Nace de la reunión de varias quebradas secas con cabeceras en las proximidades de salares de la pampa. Después de un desarrollo de aproximadamente 25 km., al cauce así formado se le reúne por su ribera izquierda la quebrada Opache, en cuya pared surgen dos poderosas vertientes asociadas a una formación de calizas antiguas y muy compactas. El lugar se conoce con el nombre de Ojos de Opache y se considera el verdadero nacimiento del río. Su recorrido, hasta su junta al Loa en Chacance, es de 56 km. y el caudal aportan las vertientes de Opache es de alrededor de 600 l/s. Su cuenca cubre 619 km².

Los cauces incluidos en el estudio son los siguientes:

- río Loa
- río Salado
- río San Pedro
- río Toconce
- río San Salvador

2. RECOPIACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

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

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

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

b) Segmentación preliminar

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

Loa

4.

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

CUENCA RIO LOA					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Términa en:
0210	Río LOA	LO	1	0210 - LO - 10	NACIENTE	EST. CALIDAD LOA ANTES REPRESA LEQUENA
0210	Río LOA	LO	2	0210 - LO - 20	EST. CALIDAD LOA ANTES REPRESA LEQUENA	EST. CALIDAD LOA SALIDA EMBALSE CONCHI
0210	Río LOA	LO	3	0210 - LO - 30	EST. CALIDAD LOA SALIDA EMBALSE CONCHI	CONFLUENCIA RIO SALADO
0210	Río TOCONCE	TO	1	0210 - TO - 10	NACIENTE	EST. CALIDAD TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN
0210	Río TOCONCE	TO	2	0210 - TO - 20	EST. CALIDAD TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN	CONFLUENCIA RIO SALADO
0210	Río SALADO	SA	1	0210 - SA - 10	NACIENTE	CONFLUENCIA RIO TOCONCE
0210	Río SALADO	SA	2	0210 - SA - 20	CONFLUENCIA RIO TOCONCE	EST. CALIDAD SALADO EN SIFON DE AYQUINA
0210	Río SALADO	SA	3	0210 - SA - 30	EST. CALIDAD SALADO EN SIFON DE AYQUINA	CONFLUENCIA RIO LOA
0210	Río SAN PEDRO	SP	1	0210 - SP - 10	NACIENTE	EMBALSE CONCHI
0211	Río LOA	LO	1	0211 - LO - 10	CONFLUENCIA RIO SALADO	EST. CALIDAD LOA EN YALQUINCHA
0211	Río LOA	LO	2	0211 - LO - 20	EST. CALIDAD LOA EN YALQUINCHA	FRENTE A CALAMA
0211	Río LOA	LO	3	0211 - LO - 30	FRENTE A CALAMA	EST. CALIDAD LOA EN LA FINCA
0211	Río LOA	LO	4	0211 - LO - 40	EST. CALIDAD LOA EN LA FINCA	CONFLUENCIA RIO SAN LOA Y RIO SAN SALVADOR
0211	Río LOA	LO	5	0211 - LO - 50	CONFLUENCIA RIO SAN LOA Y RIO SAN SALVADOR	EST. CALIDAD TRANQUE SLOMAN
0211	Río LOA	LO	6	0211 - LO - 60	EST. CALIDAD TRANQUE SLOMAN	EST. CALIDAD LOA EN QUILLAGUA
0211	Río LOA	LO	7	0211 - LO - 70	EST. CALIDAD LOA EN QUILLAGUA	LIMITE DE SUBCUENCA
0211	Río SAN SALVADOR	SS	1	0211 - SS - 10	NACIENTE	CONFLUENCIA RIO LOA
0212	Río LOA	LO	1	0212 - LO - 10	LIMITE DE SUBCUENCA	DESEMBOCADURA

2.2 Sistema Físico Natural

2.2.1 Clima

La cuenca del río Loa, presenta cuatro tipos climáticos, estos son Clima Desértico Costero Nuboso, Desértico Interior, Desértico Marginal de Altura y Clima de Estepa de Altura.

- a) Clima Desértico Costero Nuboso: este subtipo climático se localiza en el sector costero de la cuenca. Se caracteriza por presentar abundantes nieblas matinales, fenómeno denominado Camanchaca, producto de la corriente fría de Humboldt; este subtipo climático presenta temperaturas medias anuales de 18,0 °C. Las máximas precipitaciones anuales, registradas en la costa, han sido de 2,6 mm, siendo lo normal 0 mm.
- b) 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%.
- c) 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.
- d) 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]

Loa

6.

Los montos de precipitación registrados por la estación meteorológica río Loa en Calama (2.260 metros de altitud), registra como promedio anual 4 mm. La estación meteorológica de Lequena, registra 146 mm/año.

La escorrentía superficial media anual registrada en la cuenca sobre los 4.000 metros de altura por la estación río Loa en Lequena es de 8,5 mm/año.

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación en lagunas y salares son altas, registrando en promedio entre 2.000 y 3.000 mm/año. La estación meteorológica de Calama, registra 3.787 mm/año.[Ref.2.2]

2.2.2 Geología y volcanismo

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

- Sector de Desembocadura: Rocas Qa, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales, subordinadamente coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos.

Rocas JKg, del tipo Intrusivas del Jurásico-Cretácico. Granodioritas, dioritas, monzodioritas y granitos; pórfidos dacíticos y andesíticos.

Rocas CPg, del tipo Intrusivas del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de moscovita.

Rocas OM1c, del tipo sedimentaria del Oligoceno-Mioceno. Secuencias sedimentaria continental parálicas o aluviales: conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón.

- Salar de Llamara: Rocas MQs, del tipo sedimentaria del Mioceno-Cuaternario. Depósitos evaporíticos sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles diestríticos finos, localmente bórax y/o litio.

Al poniente del Salar se ubican rocas DC4, del tipo metamórficas del Deunimico-Carbonifero. Metareniscas, filitas y en menor proporción

mármoles, chesta, metabasaltos y metaconglomerados, metaturbiditas confacies de "melange".

- Zona sur-poniente de la cuenca: Rocas CPg, del tipo intrusivas del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas MP1c, del tipo sedimentarias del Mioceno Superior- Pleioceno. Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales; conglomerados, areniscas y limonitas.

- Zona central de la cuenca: Rocas MP1c, del tipo sedimentarias del Mioceno Superior- Pleioceno. Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales; conglomerados, areniscas y limonitas. Otro tipo de intercalaciones corresponden a:

Rocas MQs, del tipo sedimentaria del Mioceno-Cuaternario. Depósitos evaporíticos sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles diestríticos finos, localmente bórax y/o litio.

Rocas DC4, del tipo metamórficas del Deunimico-Carbonífero. Metareniscas, filitas y en menor proporción mármoles, chesta, metabasaltos y metaconglomerados, metaturbiditas confacies de "melange".

Rocas Qa, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales, subordinadamente coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos.

Rocas KTg, del tipo intrusivas del Cretácico superior-Terciario inferior. Granodioritas dioritas y porfido graníticas.

- Zona nor-oriente de la cuenca: Rocas P3i, del tipo Volcánicas del Plioceno. Centros volcánicos; lavas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos a dacíticos, conos de piroclásticos y lavas basálticos a andesítico basáltica.
- Quebrada de Paqui: Rocas MP11, del tipo sedimentarias del Mioceno superior-Plioceno. Secuencias sedimentarias lacustres, en partes fluviales y aluviales, limos, arenas, conglomerados, calizas y cenizas.

- Zona media alta de la cuenca: Esta está compuesta por numerosos tipos de rocas en las que destacan principalmente:

Rocas EOp, del tipo intrusiva del Eoceno-oligoceno. Pórfidos granodioríticos, monzoníticos, dioríticos, dacíticos y riolíticos de biotita y hornblenda, portadores de mineralización de tipo pórfido cuprífero gigante.

Rocas E3, del tipo volcánicas del Eoceno. Secuencias y centros volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas con intercalaciones de rocas piroclásticas y domos riolíticos.

Rocas KT1c, del tipo sedimentaria del Cretácico superior-Terciario inferior. Secuencias sedimentarias continentales aluviales y fluviales; conglomerados, areniscas y limolitas rojizas.

Rocas Eg, del tipo intrusiva del Eoceno. Granodioritas, tonalitas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita, dioritas y monzodioritas de piroxeno y bioita; pórfidos dacíticos y riolíticos.

Rocas CP3, del tipo volcánicas del Carbonífero-Pérmico. Secuencia volcánica continentales, lavas, domos, tobas y brechas andesíticas a riolíticas con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas. Incluye cuerpos hipabasales riolíticos.

Rocas Trg, del tipo intrusiva del Triásico. Granitos leucocráticos, monzo y sierogranitos de biotita y muscovita, granodioritas de biotita y hornblenda, porfidos hipabasales.

Rocas DC1, del tipo sedimentaria del Devónico-Carbonífero. Secuencias sedimentarias marinas en parte transicionales, areniscas, cuarzo-feldespáticas, lutitas micáceas, conglomerados.

Rocas pCO4, del tipo metamórficas del Precámbrico-Ordovícico. Esquistos micaceanos, migmatitas y en menor proporción anfibolitas, ortoneises, cuarcitas y filitas con protolitos de edades desde precámbrico a paleozoico temprano y de metamorfismo del Cambrico-Ordovícico.

Rocas CPg, del tipo intrusivas del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Ksg, del tipo intrusivas del Cretácico superior. Monzodioritas, granodioritas, gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda pórfidos andesíticas y dioríticos

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán San Pedro (Estratovolcán Histórico cuya última erupción se registra entre 1900 y 1963), Ollague (Estratovolcán del Holoceno en actividad), Apagado, Linzor, San Pablo y Miño, que se ubican en el interior de la cuenca, además del volcán Tatio (Campo hidrotermal, pleistoceno- Géiser, erupción cuaternaria con probable actividad holocena de tipo hidrotermal) que se ubica en el límite con la cuenca de Salar de Atacama.[Ref.2.4]

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrogeológica del río Loa se extiende desde la latitud 20°50' hasta la latitud 22°50' sur.

En la sección nororiente, la cuenca hidrogeológica posee orientación distinta a la hidrológica (hasta aproximadamente la latitud 22°00'), la cual drena a la república de Bolivia. En la parte alta, desde su nacimiento en la falda occidental del Volcán Miño, destacan rocas volcánicas fracturadas formada por coladas, brechas y tobas andesíticas de permeabilidad media que corresponden al periodo Terciario y Cuaternario que coincide con el período de formación del macizo andino. El acuífero en esta sección sigue orientación norte - sur por un lecho de rocas no consolidadas o rellenos hasta el sector de San Pedro. En este sector se reúne con aguas subterráneas procedentes desde el oriente que siguen la trayectoria del río San Pedro.

El acuífero continúa descendiendo hasta la localidad de Calama, donde se forma un embalse subterráneo de aguas debido a que se encuentra limitado por el poniente por formaciones plutónicas e hipabisales de muy baja permeabilidad (Chuquicamata – Cretácico, Terciario). El oriente de Calama se emplaza un pozo DGA de profundidad freática de 19 metros.

2.2.4 Geomorfología

En la cuenca del río Loa desde el punto de vista geomorfológico, se pueden distinguir tres unidades morfoestructurales bien definidas, éstas son el macizo andino, la Depresión Intermedia constituida por sierras y pampas y la Cordillera de la Costa.

El río Loa nace en la falda occidental del volcán Miño a 5.000 metros de altura. En este sector el río Loa está limitado por un relieve dominado por el macizo andino que alcanza importantes alturas, entre ellas el volcán Miño (5.611 m s.n.m), cerro Polán (5.425 m s.n.m) y Cerro Gordo (5.194 m s.n.m). El escurrimiento general que sigue el cauce en este sector, posee orientación Norte – Sur hasta la confluencia con el río Salado donde cambia prácticamente en 90° hacia el poniente. El cauce del río presenta terrazas fluviales muy escarpadas, limitadas por cordones montañosos y pampas de escarpes muy pronunciados.

Siguiendo la trayectoria Norte – Sur, el río Loa limita con la pampa de Puno y Cordón del Millo por el poniente, y al oriente con Loma Alto de la Cueva que destaca en altura por el cerro Chela y Polpana con alturas de 5.644 y 6.023 respectivamente. Siguiendo más al sur, destacan los volcanes de San Pedro (6.145 m s.n.m.) y San Pablo (6.092 m s.n.m.) los que constituyen el límite norte del río San Pedro, uno de los principales aportes del río Loa en el sector alto.

Las características geomorfológicas de esta zona, cambian paulatinamente hasta el segundo de los aportes de mayor importancia del curso principal, el río Salado. En esta zona el relieve andino comienza a descender en altura (4.000 – 5.000 metros de altitud), destacando Cerro del León (5.760 m s.n.m.) y Cerro Toconce (5.419 m s.n.m.). Las terrazas fluviales del río se presentan escarpadas al igual que el sector anterior, limitado por pampas de gran escarpe. Desde la confluencia del río Salado con el cauce principal de la cuenca, el escurrimiento del río presenta orientación Este – Oeste hasta la localidad de Chacance donde nuevamente cambia su trayectoria en 90° (Sur – Norte).

El valle de Calama está constituido por un amplio plano depositacional cuya mayor longitud está en sentido Este – Oeste, siguiendo el mismo recorrido del río Loa. La pendiente general del valle en este sector varía entre 1 a 2%, en sentido Este – Oeste, en un total de 12 km.

El área del valle de Calama se encuentra en la unidad morfoestructural del macizo andino correspondiente a la precordillera, que une moderadamente los rasgos extremos entre la depresión intermedia y la cordillera de los Andes. Ascende lentamente desde los

Loa

12.

1.600 a los 3.000 metros de altitud en las primeras estribaciones andinas, cubriendo con extensos pediplanos el sector oriental de la pampa del Tamarugal y el desierto de Atacama. En este sector la cordillera de Domeyko, cordón desmembrado de la cordillera de Los Andes, se interrumpe frente a Calama. Su altura en esta zona promedia los 3.500 metros de altitud y está compuesta de núcleos de rocas basales antiguas a preterciarias.

La morfología de esta unidad es tabuliforme y dilatada con relieves volcánicos sobre impuestos. En estos relieves se distinguen formas terciarias y cuaternarias, señalando que las primeras corresponden principalmente a coladas de lavas riolíticas, las que aparecen por debajo de los centros volcánicos cuaternarios, tomando en el sector forma de abanico. Más al sur, estas rocas aparecen en prolongados sectores del río Loa con abundantes sedimentos en superficie.

Desde la localidad de Chacance hasta la desembocadura en el mar, el escurrimiento del río sigue trayectoria Sur – Norte de tipo recto (hasta el valle de Quillagua) y con terrazas fluviales de mayor amplitud que en los tramos anteriores. Entre sus alturas más destacables se encuentran Cerro de la Joya (1.287 m s.n.m.) y Cerros de la Angostura (1.259 m s.n.m.).

La cordillera de la costa se presenta elevada y muy escarpada en su ladera poniente dando origen al farellón costero. Las planicies son de breve desarrollo, muy estrechas e interrumpidas por estribaciones desprendidas de la pampa alta y del la cordillera de la Costa.[Ref.2.6][Ref.2.7]

2.2.5 Suelos

La información disponible para la caracterización de los suelos de esta cuenca, corresponden a aquellos emplazados en el sector del oasis de Calama.

En el área de Calama, los suelos son poco evolucionados y se han gestado a partir de estratos arenosos correspondientes a los gases de depositación de grandes conos de deyección de carácter aluvional, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa. Esto último explica la presencia con profundidad de algunos de aquellos perfiles correspondientes a los mejores suelos, de estrato arcilloso.

La calidad de los suelos decrecen hacia el Norte, encontrándose en el extremo Occidental, suelos turbosos con nivel freático alto, además de estas condicionantes, la

presencia de sales en el perfil hacen que estos suelos sean difíciles de habilitar. En general estos suelos decrecen en su calidad agrícola a medida que se avanza hacia el Oeste y se alejan de los márgenes del río Loa. Se exceptúa de esto el sector de Cobija.

Hacia el Este y Noreste, algunos suelos presentan una tosca impermeable a distintas profundidades. Cuando la tosca aparece en la parte superior del perfil, los suelos deben ser habilitados.

Otro gran sector al Norte del río Loa, corresponde a suelos muy estratificados, de texturas moderadamente gruesas a finas, presentando en parte nivel freático alto. La habilitación de estos suelos está supeditada a la realización de obras de drenaje. Los mejores suelos se ubican hacia el Oeste hasta la cota de 2.240 metros aproximadamente, encontrándose su mayor distribución en los márgenes del río Loa. Estos suelos se caracterizan por sus texturas franco – arenosas a arenosas, presentando la mayor parte de éstos una estrata franco – limosa en profundidad. Son los suelos que más se cultivan en la zona y corresponden a las depositaciones más recientes del río. Sin embargo, muchos de estos suelos están parcialmente cultivados. El grado de salinidad de este sector es considerablemente más bajo.

En general, el grado de salinidad de los suelos de Calama alcanza valores más altos que los de las áreas de Chiu – Chiu y Lasana, debido a que el agua del río Loa aumenta su salinidad al recibir el aporte de aguas del río Salado.[Ref.2.7][Ref.2.8]

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del río Loa

2.3.1 Flora terrestre y acuática

Para esta cuenca se han identificado cuatro formaciones vegetales:

- Estepa Alto-Andina: Formación vegetacional heterogénea, que se encuentra ubicada inmediatamente al sur del Altiplano, con el 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 en 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-Puneña: Formación donde predominan los arbustos bajos de escasa cobertura. Comparte muchos elementos florísticos con el desierto y presenta una amplia distribución. En su avance hacia el sur, recibe gradualmente una menor cantidad de precipitación, lo que define en las plantas un conjunto de rasgos morfológicos propios de la adaptación a la aridez, lo cual es un carácter específico de las formaciones propiamente puneñas respecto de aquellas próximas al altiplano. Las asociaciones más características son: Checal-Lejía (*Fabiana densa*-*Baccharis boliviensis*).
- Desierto de la cuenca superior del río Loa: Formación vegetal que muestra características de composición que la relacionan con el piso inferior de la estepa alto-andina de la Puna. Está constituida por arbustos bajos xerófitos y en muchos lugares presenta extensas superficies sin vegetación alguna. Las asociaciones más características son: Rica Rica – *Petaloxa* (*Acantholippia punenis* – *Franseria meyeniana*).
- Desierto de los Aluviones: Formación vegetal que muestra una típica fisionomía de arbustos bajos extremadamente xerófitos, con una cobertura muy rala, encontrándose amplios sectores desprovistos de vida vegetal. Su ubicación geográfica-ecológica corresponde a aquellos sectores que tienen influencia de los grandes aluviones y precipitaciones marginales provocadas por el invierno altiplánico. Las asociaciones más características son: Griasal – Culchao (*Philippiamra* – *pachyphylla* – *Hoffmanseggia ternata*); Ojalar (*Atriplex imbricata*); Allaval – Quiaca (*Adesmia atacamensis* – *Calandrinia salsoloides*) y Ojalar-Malvilla (*Atriplex imbricata* – *Cristaria andicola*).[Ref.2.7][Ref.2.9]

Con respecto a la flora acuática, las especies observadas en la cuenca del Loa son las que se detallan a continuación:

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

Especie	Nombre científico
Junco	<i>Scirpus americanus</i>
Graminia filamentosa	<i>Ruppia maritima</i>
Yaro	<i>Acacia macracantha</i>
Pino de agua	<i>Characea sp.</i>
Helecho de agua	<i>Azolla sp.</i>
Lama verde delgada	<i>Stygeoclonium sp.</i>
Lama delgada azul verdosa	<i>Spirogira sp.</i>

[Ref.2.7]

2.3.2 Fauna acuática

En la siguiente tabla se incluyen la fauna íctica caracterizada según especie presentes en el río Loa.

Tabla 2.3: Fauna íctica presente en el río Loa

Nombre común	Nombre Científico
Trucha arcoiris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Trucha café	<i>Salmo trutta</i>
Pejerrey del Loa	<i>Basilichthys semitilus</i>
Pez mosquito	<i>Gambusia affinis</i>

[Ref.2.7]

Dentro de los organismos bentónicos que se encuentran presentes en el Loa el más representativo es el caracol de agua dulce *Littoridina loaensis*. Por otra parte dentro de los anfibios los más representativos son el Sapo *Telmatobius halli* y el sapo de rulo *bufo atacamensis*. [Ref.2.7]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca del río Loa forma parte de las Regiones I y II, constituyendo el límite occidental entre ambas. La cuenca abarca parte de las provincias de Iquique, Tocopilla y El Loa y las comunas de Iquique, Pozo Almonte, Pica, Tocopilla, María Elena, Calama y Ollagüe.

Loa

16.

La cuenca posee una superficie de 3.357.000 Ha, equivalentes al 27% de la II Región de Antofagasta.

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

Tabla 2.4: Población total cuenca del río Loa

Nombre Asentamiento	Población Total (2002)	Población Total Urbana (2002)	Cauce asociado a Localidad
Calama	138.402	136.600	Río Loa
Chuquicamata*	17.097	ND	San Salvador
María Elena	7.530	7.412	Río Loa
Pedro de Valdivia*	7.769	ND	Río Loa

[Ref. 2.11]

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

2.4.2 Actividades económicas

La actividad económica más importante en la cuenca, deriva de las explotaciones cupríferas de Chuquicamata, El Abra y Radomiro Tomic, lo que le confiere un carácter eminentemente minero a la cuenca y especial vitalidad a la ciudad de Calama. [Ref.2.12]. También es importante la minería no metálica, con la presencia de SOQUIMICH S.A.

Destaca también la actividad agrícola, con presencia de algunos cultivos en oasis de altura, tales como los de Chiu Chiu, Lasana, Calama y Quillagua, donde existen pequeñas huertas dedicadas al cultivo de frutas y hortalizas, así como la presencia de praderas artificiales.

Los poblados de Chiu Chiu y Lasana se dedican al cultivo de maíz y tubérculos, así como a la crianza de ganado bovino y camélidos domésticos. A su vez el río Salado sustenta cierta actividad agropecuaria en el poblado de Ayquina donde se cultiva maíz y alfalfa. Posteriormente en el sector oriente, sur-oriente y sur-poniente de la ciudad de Calama, las aguas del río Loa son utilizadas principalmente para el cultivo de plantas forrajeras como la alfalfa y vegetales para consumo doméstico.

En tanto, la actividad pecuaria se ve centrada en la crianza de ganado ovino, caprino, bovino y porcino. En la misma zona del oasis de Calama (sector nor-poniente), el nacimiento del río San Salvador sustenta principalmente cultivos de maíz para el consumo doméstico y cultivos de plantas forrajeras como la alfalfa, además de alguna crianza de ganado ovino.

En Quillagua se realiza cierta actividad forestal, con 190 Ha. de algarrobo, tamarugo y chañar.

Finalmente, el río Loa sustenta la actividad agropecuaria del poblado de Quillagua en el cual se cultivan plantas forrajeras principalmente alfalfa, algunos cultivos de maíz y crianza de ganado porcino, caprino, ovino y camélidos domésticos.[Ref.2.7]

2.5 Usos del Suelo

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

Tabla 2.5: Clasificación Usos del suelo Cuenca del río Loa

Cuenca del río Loa (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
3.357.000	Praderas	310.097	9,0
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	3.279	0,995
	Plantaciones forestales	< 190	0,005
	Áreas urbanas e industriales	1.990	1,0
	Minería Industrial	< 156	0,0
	Bosque nativo y bosque mixto	0	0,0
	Otros Usos*	200.987	6,0
	Áreas sin vegetación	2.840.648	83,0

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

2.5.1 Uso agrícola

El uso de tipo agrícola en la cuenca se concentra en las proximidades de la ciudad de Calama y en el sector de confluencia entre los ríos Loa y Salado. La superficie

Loa

18.

destinada a este tipo de uso comprende 3.279 Ha equivalentes al 1% de la superficie total de la cuenca. El tipo de agricultura existente en este sector es de tipo intensivo.

Según los antecedentes existentes al año 1997, los principales cultivos en la comuna de Calama corresponden a forrajeras anuales–permanentes y a hortalizas. [Ref.2.11].

2.5.2 Uso forestal

Corresponde a las plantaciones de Algarrobo, Tamarugo y Chañar en Quillagua, abarcando una superficie aproximada de 190 Ha.

2.5.3 Uso urbano

Este tipo de uso del suelo comprende 1.990 ha equivalentes al 1% de la superficie total de la cuenca.[Ref.2.10]

El carácter urbano de la cuenca está representado por las ciudades de Calama y Chuquicamata las que, económicamente, se caracterizan por la explotación cuprífera que constituye la principal actividad económica de la zona. La población urbana, se concentra en estas ciudades.[Ref.2.11]

En la cuenca, además de la actividad cuprífera, existen faenas mineras de explotación de sodio y potasio localizados próximos a la ciudad de María Elena. Esta ciudad y la de Pedro de Valdivia, se caracterizan por la explotación minera no-metálica.

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del río Loa no posee Áreas bajo Protección Oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE).

Los sitios de conservación de la biodiversidad existentes en la cuenca, son los que están incluidos en el documento “Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad en la Región de Antofagasta”. La cuenca no posee sitios incluidos en el documento de la Región de Tarapacá:

Los sitios de conservación de la biodiversidad se presentan a continuación.

Tabla 2.6: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Desembocadura del río Loa	9.182	Único ambiente de estuario de la Región. Alta diversidad de aves marinas y aves migratorias. Presencia de flora endémica: <i>Copiapó a tocopillana</i> (en Peligro de extinción). Pristinidad media.
Oasis de Quillagua	1.822	Condiciones microclimáticas favorables ha permitido el desarrollo de actividades agrícolas. Zona turística.

Ref. [2.13]

3. ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS

3.1 Información Fluviométrica

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

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Loa

Nombre	Período de Registro
RÍO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	1967 - 2002
RÍO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	1979 - 2002
RÍO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	1976 - 2002
RÍO LOA EN YALQUINCHA	1947 - 2002
RÍO LOA EN FINCA	1971 - 2001
RÍO LOA EN DESEMBOCADURA	1989 - 2001
RÍO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1	1967 - 2002
RÍO SAN PEDRO EN PARSHALL N°2	1967 - 2002
RÍO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	1982 - 2000
RÍO SALADO ANTES JUNTA RÍO CURTI	1975 - 2002
RÍO SALADO EN SIFÓN DE AYQUINA	1975 - 2002

El río Loa, a lo largo de sus 440 km. de longitud, atraviesa el desierto de Atacama. Nace en la alta cordillera de Los Andes, en las faldas del volcán Miño en Ojos del Miño, y toma un curso N – S de aproximadamente 150 km. hasta el oasis de Chiuchiu, trayecto en el cual recibe dos importantes afluentes, los ríos San Pedro y Salado. En Chiuchiu el curso del río Loa dobla sensiblemente para tomar una dirección E – O por unos 115 km. hasta Chacance, donde recibe al tercer afluente de importancia, el río San Salvador. En la localidad de Chacance nuevamente dobla para tomar un curso S – N por unos 80 km. hasta el oasis de Quillagua, donde finalmente describe un gran arco y en dirección E – O desemboca en el océano Pacífico.

El régimen del río Loa y el de sus afluentes es pluvial, ya que sus crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera, producto del denominado “Invierno Altiplánico”.

Para el análisis hidrológico se ha utilizado sólo un grupo, el cual tiene un régimen pluvial de lluvias de verano, ya que todas las estaciones muestran éste carácter, aunque algunas, ubicadas en la parte media del Loa, muestran cierta influencia de lluvias invernales.

- Grupo 1; Régimen Pluvial: Este grupo está compuesto por todas las estaciones fluviométricas estudiadas en esta cuenca. Todas ellas muestran una fuerte influencia pluvial de lluvias de verano, producto del denominado “Invierno Altiplánico”. Las estaciones ubicadas en zonas más bajas de la cuenca muestran una cierta influencia pluvial en meses de invierno, producto de leves lluvias invernales.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Pluvial	RÍO LOA ANTES REPRESA LEQUENA
2		RÍO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2
3		RÍO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI
4		RÍO LOA EN YALQUINCHA
5		RÍO LOA EN LA FINCA
6		RÍO LOA EN DESEMBOCADURA
7		RÍO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1
8		RÍO SAN PEDRO EN PARSHALL N°2
9		RÍO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS
10		RÍO SALADO ANTES JUNTA RÍO CURTI
11		RÍO SALADO EN SIFÓN DE AYQUINA

Para poder completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas incompletas se utilizaron correlaciones lineales con las estaciones vecinas que tuvieran un régimen similar. Las estaciones utilizadas para completar y rellenar las estadísticas de las demás estaciones son: Loa en salida embalse Conchi, San Pedro en Parshall N°2, Salado en sifón Ayquina y Loa en La Finca.

En los casos de las estaciones Loa antes represa Lequeña, Toconce antes represa Sendos y Loa en Desembocadura, por problemas para correlacionar sus estadísticas con estaciones cercanas, no se extendieron sus registros. En la estación Loa antes represa Lequeña los datos faltantes se rellenaron con información de aforos, lo que se obtuvo del estudio de BF Ingenieros Civiles “Análisis Estadístico de Caudales en los Ríos de Chile”. En la estación Toconce antes represa Sendos se tuvo que tomar una longitud de registro menor al existente, de 14 años, de modo de no tener datos faltantes en la estadística. En la estación Loa en Desembocadura los datos faltantes se rellenaron correlacionando sus caudales con la estación Loa en La Finca.

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

3.2.1 Usos in – situ

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.

a) Acuicultura

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

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,

Loa

24.

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 del río Loa se desarrolla principalmente el cultivo del maíz y la alfalfa. En menor medida se realizan cultivos de trigo, zanahorias, ajo y otras hortalizas. Esta cuenca cuenta con una infraestructura pequeña de riego, correspondiente a unos 27 canales de regadío y un embalse mayor, los que permiten regar a 710 usuarios, cubriendo una superficie de 1.951 hás, según la información disponible hasta 1991 [Ref. 3.1].

Cabe destacar dentro de la infraestructura de riego el embalse Conchi que abastece la zona de Calama.

Para el año 1997 la demanda bruta anual en la cuenca del río Loa era de 16.801 mill m³ y el consumo neto era de 10.097 mill m³.

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.

Calama se abastece de agua potable a través de las aguas del río Loa, al igual que las zonas pobladas de la Pampa Salitrera, específicamente las oficinas de Pedro de Valdivia, María Elena y Coya Sur. Las captaciones son tres, y corresponden a la captación Lequena a 3.313 m s.n.m, la de Quinchamale a 3.054 m s.n.m. y la de Toconce a 3.367 m s.n.m. Sólo ha sido posible localizar la bocatoma de Lequena, debido a que no se dispone de las coordenadas geográficas de las bocatomas de Quinchamale y Toconce.

Así, la demanda de agua para uso potable en el año 1996 es de 839 l/s, en lo que se incluye la demanda de agua potable para uso industrial de fuentes superficiales. [Ref. 3.2].

c) Generación de energía eléctrica

La cuenca del río Loa se encuentra inserta en el área de abastecimiento del SING. Sin embargo, existe una central hidroeléctrica cercana a la ciudad de Calama que aprovecha las aguas del Ojo de Apache, que no se encuentra actualmente interconectada con el SING. Esta central utiliza una altura bruta de 40 m y está diseñada para un caudal de 1 m³/s,

de manera que tiene una potencia instalada de 250 kW. Generando unos 2 GW de promedio anual. El caudal medio anual utilizado por esta central es de 0,85 m³/2 [Ref. 3.2]

d) Actividad industrial

En la cuenca del río Loa la única fuente de demanda de agua para uso industrial lo constituye el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, localizado en la subcuenca del río San Salvador cerca de la ciudad de Calama que utiliza aguas subterráneas.

e) Actividad minera

Para María Elena, Pedro de Valdivia y Coya Sur, el agua para la actividad minera es superficial y proviene del río Loa.

3.2.3 Biodiversidad

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

En la cuenca del río Loa no existen áreas incluidas en el SNASPE ni en el documento “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad I Región de Tarapacá”. En cuanto a la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad II Región de Antofagasta”, los sitios prioritarios de conservación de la biodiversidad aparecen identificados en el capítulo 2.5.4 “Áreas de Conservación de la Biodiversidad”.

3.2.4 Usos Ancestrales

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

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 segunda 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 han considerado dichos derechos de agua, para los que se ha tomado como referencia el estudio elaborado por AC Consultores.

3.2.5 Conclusiones

En la lámina 1940-LOA-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 de agua por Segmento en la Cuenca del río Loa

Cauce	Segmento	Usos in situ			Extractivos				Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Loa	0210-LO-10	█	█	█	•	█	█	█	█	•
	0210-LO-20	█	█		•	█	█	█	█	█
	0210-LO-30	█	█	•	█	█		█	█	
	0211-LO-10	█	█	•	•	█	█	█	█	█
	0211-LO-20	█	█	•	█	█		█		
	0211-LO-30	█	█	•	█	█		█		
	0211-LO-40	█	█		█	█		•		
	0211-LO-50	█	█		█	█		•		
	0211-LO-60	█	█	•	█	█		█	•	
	0211-LO-70	█	█		█	█		█	•	
	0212-LO-10	█	█		█	█		█	•	
Río Toconce	0210-TO-10	█	█	•	•	█	█	█		•
	0210-TO-20	█	█		█	█	█	█		
Río Salado	0210-SA-10	█	█		█	█	█	█		
	0210-SA-20	█	█	•	█	█	█	█		
	0210-SA-30	█	█		█	█	█	█		
Río San Pedro	0210-SP-10	█	█		█	█	█	█		•
Río San Salvador	0211-SS-10	█	█		█	•	█	█		

[Ref 3.1], [Ref. 3.2]

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

3.3 Descargas a Cursos de Agua

3.3.1 Descargas de tipo domiciliario

La cuenca del río Loa posee una población urbana total estimada de 135.720 habitantes al año 2001 según registros de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Esta población incluye únicamente a la ciudad de Calama, el resto de los asentamientos humanos emplazados en la cuenca, se clasifican como aldeas y caseríos.

Del total de población urbana presente en Calama, el 99,9% posee servicios de cobertura de agua potable y un 92,4% de cobertura de alcantarillado por la Empresa Sanitaria de Antofagasta ESSAN S.A.

La empresa sanitaria además de los servicios anteriores, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. Según estimaciones al año 2002 (SISS), la ciudad de Calama posee una cobertura total en el tratamiento de las aguas servidas (100%).

La localidad de Soquimich no posee servicios de agua potable ni alcantarillado. Según estimaciones al año 2010, esta situación no cambiará.

A continuación, en la tabla 3.4 se incluye información referente a la empresa de servicios sanitarios que opera actualmente en la cuenca; el cuerpo receptor de las aguas servidas; el porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas servidas (estimadas al año 2001) y población total estimada (urbana y saneada) para cada localidad. Los valores de concentración de los parámetros característicos de las aguas servidas, son aquellos estipulados en el Decreto N° 90/00, en el cual se incluyen como límite máximo permisible.

Tabla 3.4: Descargas de Aguas Servidas

Localidad Atendida	Segmentos Asociados a Las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa De Servicios Sanitarios	Cobertura De Tratamiento De Aguas Servidas (%)	Población Urbana Total Estimada (Hab)	Población Estimada Saneada (Hab)	Planta De Tratamiento	Nombre Planta	Caudal (L/S)	DBO ₅ (mg/L)	pH	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	A y G (mg/L)	Cu Total	Fe disuelto (mg/L)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)
Calama	0211-SS-10	Quebrada Quetena - Río San Salvador	ESSAN	100	135.720	125.419	SI	Lodos Activados Calama	270	< 35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	< 1,0E+03

NOTAS:

- ND: información no disponible.
- La información de población Urbana Total y saneada, corresponde a una estimación al año 2001 realizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Las concentraciones de los parámetros característicos de las aguas servidas deben ser proporcionada por la empresa sanitaria ESSAN S.A. Si los efluentes de aguas servidas cumplen con el Decreto N° 90/00 MINSEGPRES, las concentraciones de éstos parámetros son inferiores a aquellas incluidas en la tabla anterior (límite máximo permisible por el Decreto N°90).
- El valor de caudal de descarga del efluente de la empresa de servicios sanitarios, ha sido proporcionado por el Servicio Agrícola Ganadero.
- La información asociada a coberturas, población y plantas de tratamiento, ha sido proporcionada por la SISS.

Loa
30.

3.3.2 Residuos industriales líquidos

A lo largo del extenso cauce del río Loa y sus cercanías, se encuentra una serie de actividades industriales, principalmente relacionadas con la gran actividad minera metálica y no metálica que se desarrolla en la Región. Entre las más importantes se encuentran: Minera El Abra, Minera Radomiro Tomic, Complejo Minero CODELCO – Chuquicamata, Planta de Abatimiento de Arsénico de ESSAN S.A. en Cerro Topater Calama, Planta de Explosivos de ENAEX - Calama, Planta de boratos abandonada en sector Coya Sur – Crucero y Planta de producción de Salitre Potásico de María Elena - Coya Sur de Soquimich (SQM).

La mayoría de estas actividades utilizan las aguas del río Loa para faenas de beneficio de minerales que ellas extraen a través de aducciones en distintos puntos del río y sus afluentes, además algunas de estas actividades históricamente han vertido en forma directa los residuos industriales al río Loa y otras lo estarían haciendo en forma indirecta.

En la tabla siguiente, se incluyen los parámetros típicos que se deberían encontrar en efluentes de las industrias mencionadas anteriormente, acuerdo a su clasificación CIU que se incluyen en el Decreto N°609/98 MOPTT. No se dispone de información de descargas de residuos industriales líquidos, por lo cual sería conveniente contar con un catastro que disponga de tal información.

Loa
32.

Tabla 3.5: Residuos Industriales Líquidos

INDUSTRIA	COMUNA	SEGMENTO ASOCIADO A LA DESCARGA	CUERPO RECEPTOR	CIU	Caudal (L/s)	pH	T	SS	SD	A y G	HC	DBO5	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH4	Pb	SO4	Zn	PE	B	Al	Mn
Minera el Abra	Calama	ND	Río Loa	23031	ND	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
Minera Radomiro Tomic	Calama	0211-LO-10	Río Loa	23031	ND	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
Complejo Minero CODELCO - Chuquicamata	Calama	0211-LO-20	Río Loa	23031	ND	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
Planta abatimiento arsénico ESSAN S.A	Calama	0211-LO-30	Río Loa	42001	ND																							
Planta explosivos ENAEX	Calama	0211-LO-40	Río Loa	35293	ND	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	
Planta salitre Potásico María Elena	María Elena	0211-LO-50	Río Loa	29022	ND			*	*																			

Nota:

ND: información no disponible.

Las unidades de concentración de los parámetros físico-químicos están expresados en mg/L.

3.4 Datos de Calidad de Aguas

3.4.1 Fuentes de Información

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

- a) Monitoreo de calidad de aguas de la DGA, período de registro desde 1981-2002.

Registro de Programa de Monitoreo DGA					
Cuenca	Río Loa				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	Nº Registros
Río Loa					
Antes junta río Salado (*)	NO	33	21	1983-2001	26
Antes Represa Lequena	SI	32	21	1984-2002	38
En Desembocadura	SI	34	21	1990-2002	25
En La Finca	SI	32	21	1983-2002	51
En salida embalse Conchi	SI	33	21	1984-2002	36
En Yalquincha	SI	33	21	1983-2002	50
En Quillagua medidor automático	SI	31	21	1983-2002	204
En Sta. Fé medidor automático	SI	32	21	1997-2002	194
En tranque Sloman medidor automático	SI	32	21	1997-2002	263
En Miño (*)	NO	11	5	1995	1
Antes bocatoma Quillagua (*)	NO	17	15	1997	1
Antes río San Salvador	SI	32	21	1983-2002	7
Antes río San Pedro (*)	NO	18	11	1985-1987	5
Antes zona agrícola Quillagua (*)	SI	17	11	2000	1
Bajo cortina tranque Santa Fé (*)	NO	23	14	2000	1
Después quebrada 1 (*)	NO	17	11	2000	1
Después junta río Salado (*)	NO	23	14	2000	1
En El Toco (*)	NO	17	11	2000	1
En alcantarilla Conchi 1 (*)	NO	19	11	1988-1989	2

Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	N° Parámetros Medidos	N° Parámetros Instructivo	Periodo de Registro	N° Registros
En alcantarilla Conchi 2	SI	21	21	1985-2002	35
En Angostura (*)	NO	14	8	1983	1
En balneario Maria Elena (*)	NO	14	8	2000	2
En cruce ruta 24 (*)	NO	14	8	2000	2
En Panamericana (*)	NO	23	15	1997-2000	3
En Quinchamale (*)	NO	19	5	1990-1995	12
En tranque Sloman 2,5m prof. (*)	NO	14	8	2000	1
Frente a est. Canal Quillagua (*)	NO	20	12	2000	2
En salida tranque Santa Fé (*)	NO	18	11	1997	1
En Sta. Teresa des. Quebrada 2 (*)	NO	23	15	2000	1
Río Salado					
En Sifón Ayquina	SI	32	21	1985-2002	47
Antes junta río Loa (*)	NO	22	14	1983-1995	26
Contrib. Quisquilu (*)	NO	12	6	1995	1
Río San Pedro					
En Parshal N° 1	SI	33	21	1985-2002	32
San Salvador (*)					
Aguas arriba Resp. SQM (*)	NO	17	15	1997	1
Río Toconce					
Antes represa Essan o Ex-Sendos (*)	SI	32	21	1981-2001	45
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores fisico-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 Monitoreo Ambiental Mina El Abra. Sociedad Contractual Minera El Abra (1996-2000)

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO SCM EL ABRA					
Cuenca	Río Loa				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	Nº Registros
Río Loa					
En Alcantarilla Conchi	NO	55	30	1996-2000	60
En Salida embalse Conchi	NO	55	30	1996-2000	60
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores fisico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

- c) Programa de Muestreo del SAG (1997-2000). Informe Dirección Regional SAG II Región de Antofagasta.

Sus principales características son las siguientes:

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO SAG					
Cuenca	Río Loa				
Cuerpos de Agua Monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Instructivo	Período de Registro	Nº Registros
Río Loa					
En Tranque Sloman	NO	14	14	1997-2000	11
En Coya Sur a/j Río San Salvador	NO	25	25	1997-2000	10
En Lasana	NO	16	16	1997-2000	8
Sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	NO	16	16	1997-2000	8
Después de junta Río Salado	NO	17	17	1997-2000	10
Sector Yalquincha arriba	NO	17	17	1997-2000	8
En Quillagua	NO	27	27	1997-2000	9
Río San Salvador					
En Coya Sur a/j Río Loa	NO	4	4	1997-2000	10
Antes junta Quebrada Quetena	NO	19	19	1997-2000	10
Río Salado					
Salado a/j con Río Loa	NO	10	10	1997-2000	7
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		SI	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		SI	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

- d) Declaración de Impacto Ambiental. Plan Regulador comunal de Calama. Cambio de Uso de Suelo Topater (1997).

En este proyecto se realizaron tres campañas de mediciones durante distintos períodos del año 1996 a cargo del MOP-DGA. Los puntos de muestreo fueron los siguientes: Loa Conchi y Loa Escorial. Los parámetros analizados fueron: sólidos suspendidos totales, temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad total, fósforo total, nitrógeno total, carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, calcio, magnesio, potasio, sodio, cobre, cadmio, plomo, cromo, aluminio y arsénico.

- e) Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

El detalle se presenta en el acápite 4.2.3.

3.4.2 Aceptabilidad de los programas de monitoreo

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

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

- Análisis de outliers

Cada vez que, en una estación de monitoreo, un registro o valor de un parámetro aparentemente difiere notoriamente del resto de los valores registrados, se procede a someter estos puntos discordantes al test de Dixon para la detección de outliers. Una vez realizado este proceso de revisión de la información existente en la cuenca del río Loa, se llegó a eliminar un porcentaje inferior al 0,5 % de los datos. Todo esto permite confirmar la validez de los datos contenidos en la red de monitoreo de la DGA para esta cuenca.

- Análisis de límites físicos

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

Loa

40.

- Análisis de límites de detección (LD)

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

En la cuenca del río Loa se encontró que la información del siguiente parámetro es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros existentes: cadmio ($<10 \mu\text{g/l}$). Por lo tanto, este parámetro no es posible de considerar en posteriores análisis de la calidad del agua de la cuenca.

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

4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

4.1 Análisis de Información Fluviométrica

4.1.1 Análisis por estación

a) Subcuenca del Loa

- Loa antes de represa Lequeña

Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Loa, aproximadamente a 1 km. aguas arriba de la represa Lequeña, a 3020 m s.n.m.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se presentan los caudales mensuales para distintas probabilidades de excedencia, se puede observar que esta estación presenta un régimen pluvial con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales altiplánicas. En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y bajos escurrimientos en noviembre y diciembre.

En años secos los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se producen entre enero y marzo, debido a la ausencia de lluvias estivales en años secos.

Tabla 4.1: Río Loa antes represa Lequeña (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.778	0.723	0.762	0.704	0.706	0.843	0.910	0.649	0.610	0.964	1.360	0.971
10	0.696	0.682	0.707	0.674	0.679	0.778	0.814	0.620	0.573	0.814	1.078	0.820
20	0.618	0.635	0.649	0.639	0.646	0.711	0.722	0.586	0.534	0.681	0.833	0.686
50	0.514	0.555	0.562	0.577	0.583	0.609	0.600	0.526	0.476	0.526	0.554	0.528
85	0.440	0.470	0.485	0.509	0.506	0.519	0.512	0.460	0.424	0.434	0.395	0.435
95	0.413	0.426	0.450	0.472	0.460	0.477	0.480	0.426	0.401	0.406	0.349	0.406
Dist	L3	L2	G	L2	N	G	L3	L2	G	L3	L3	L3

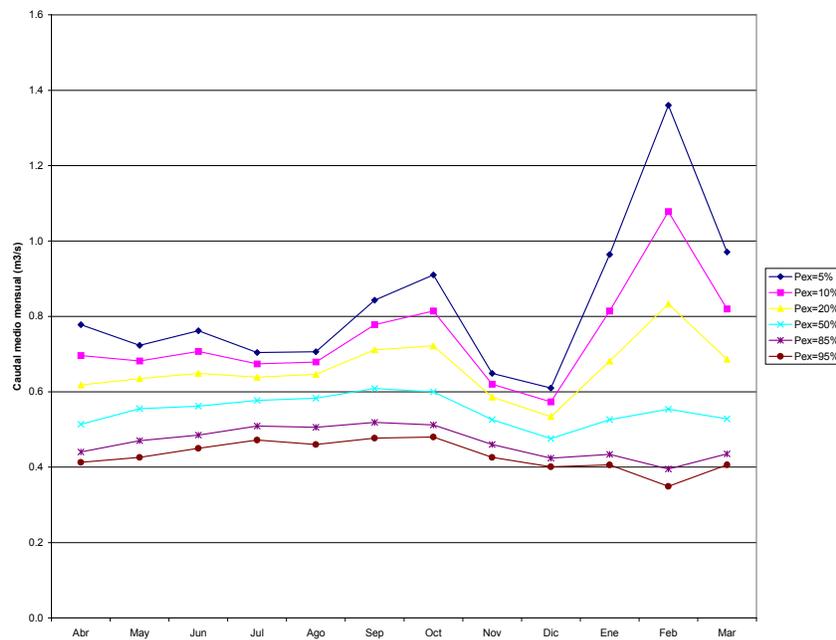


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río Loa antes represa Pequeña

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

- Loa en alcantarilla Conchi N° 2

Esta estación se encuentra en el río Loa, después de la junta del río San Pedro, a 2932 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial, con los caudales más importantes entre enero y marzo, producto de lluvias de verano. En años húmedos, los mayores caudales se observan en febrero, mientras que los menores se presentan en octubre y noviembre.

En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se observan entre octubre y diciembre, debido a las bajas precipitaciones.

Tabla 4.2: Río Loa en alcantarilla Conchi N° 2 (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.375	1.485	1.338	1.413	1.269	1.131	1.000	1.071	1.347	2.388	2.597	1.911
10	1.217	1.305	1.142	1.254	1.145	1.049	0.934	0.986	1.098	1.785	1.917	1.501
20	1.050	1.116	0.962	1.085	1.010	0.949	0.853	0.883	0.879	1.292	1.363	1.156
50	0.791	0.827	0.739	0.823	0.794	0.759	0.700	0.687	0.627	0.778	0.793	0.782
85	0.559	0.571	0.595	0.585	0.591	0.524	0.510	0.445	0.481	0.523	0.514	0.584
95	0.455	0.460	0.548	0.479	0.497	0.386	0.399	0.303	0.437	0.458	0.444	0.531
Dist	L2	L2	L3	L2	L2	N	N	N	L3	L3	L3	L3

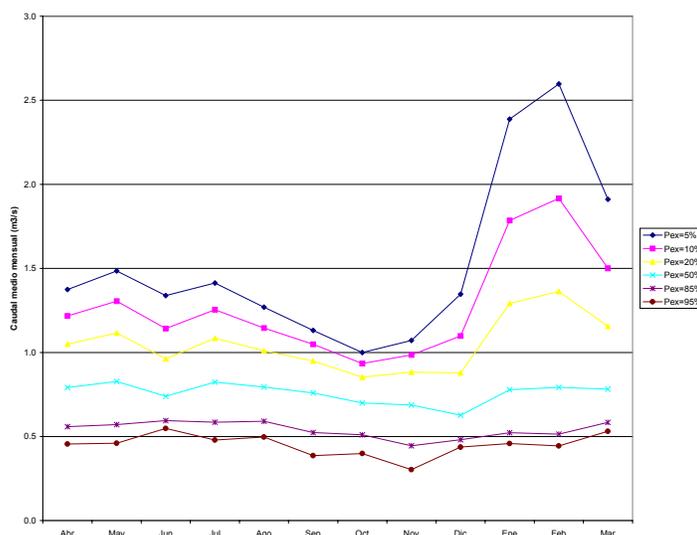


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río Loa en alcantarilla Conchi N° 2

- Loa en salida embalse Conchi

Esta estación se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Loa, en la salida del embalse Conchi, tal como lo señala su nombre.

Los registros de esta estación se ven alterados debido a la operación del embalse Conchi, que almacena agua durante el invierno y la libera en el verano, de manera que se aprecian algunas diferencias en ciertas características de esta estación y ubicada aguas arriba. Sin embargo, el régimen es el mismo para ambas.

Los mayores caudales se producen entre enero y febrero, tanto para años húmedos y secos. En años húmedos los mayores caudales se producen en este período debido a las importantes lluvias estivales. En el caso de años secos, como los estiajes suelen ocurrir en estos meses, el embalse Conchi regula los efluentes de manera de tener un mejor aprovechamiento del agua para el riego, por lo que almacena los caudales de invierno para liberar mayores caudales entre enero y febrero. Los estiajes se observan entre mayo y septiembre.

Tabla 4.3: Río Loa en salida embalse Conchi (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.038	0.748	0.721	0.808	1.013	1.292	1.194	1.448	1.939	2.607	2.192	1.602
10	0.913	0.587	0.561	0.612	0.738	0.940	1.074	1.328	1.739	2.193	1.928	1.392
20	0.774	0.452	0.428	0.454	0.519	0.656	0.940	1.196	1.524	1.825	1.652	1.175
50	0.547	0.306	0.287	0.292	0.300	0.364	0.712	0.978	1.185	1.389	1.237	0.850
85	0.335	0.229	0.214	0.213	0.197	0.222	0.475	0.764	0.869	1.125	0.867	0.570
95	0.241	0.208	0.195	0.194	0.172	0.186	0.356	0.661	0.724	1.045	0.700	0.451
Dist	G2	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L2	L2	L3	G	L2

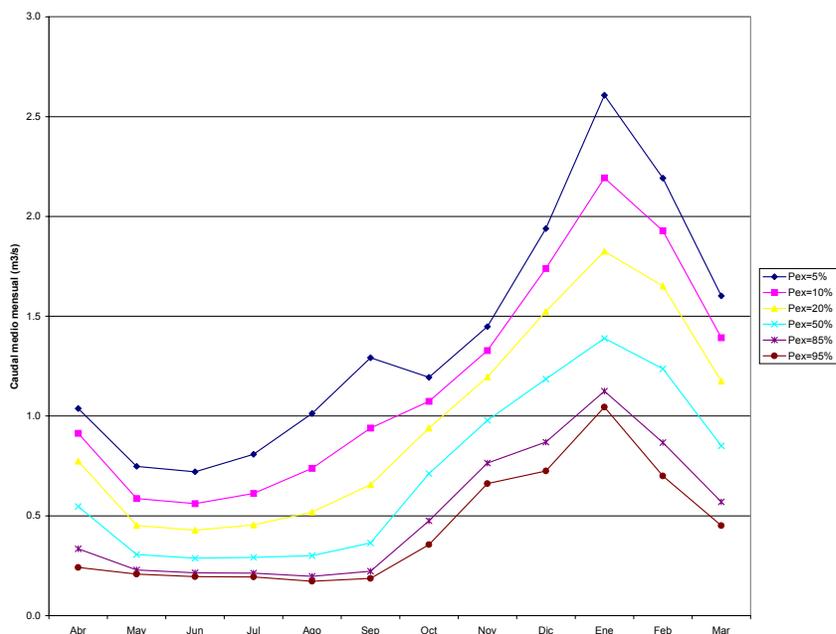


Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Loa en salida embalse Conchi

- **Loa en Yalquincha**

Esta estación se encuentra en la parte media de la cuenca del río Loa y evalúa los recursos de agua antes de la zona agrícola de Calama. Se ubica a 2300 m s.n.m.

En la tabla 4.4 y figura 4.4 se aprecia que esta estación muestra un régimen pluvial, con los mayores caudales en febrero y marzo producto de lluvias estivales. En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y marzo, mientras que en el resto del año los caudales se presentan bastante uniformes.

En años secos los caudales son muy parejos a lo largo del año, mostrando pequeños aumentos en enero y febrero. No se aprecia un período definido de estiajes, sino que éstos se prolongan desde marzo hasta noviembre, sin ser muy pronunciados.

Tabla 4.4: Río Loa en Yalquincha (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.877	2.443	2.085	1.906	1.868	1.928	1.807	2.037	2.225	2.441	3.323	3.869
10	1.718	2.103	1.895	1.750	1.732	1.756	1.658	1.868	2.084	2.215	2.820	3.060
20	1.552	1.790	1.698	1.587	1.581	1.577	1.502	1.681	1.912	1.980	2.362	2.360
50	1.301	1.400	1.400	1.342	1.328	1.307	1.266	1.375	1.584	1.624	1.803	1.571
85	1.079	1.146	1.135	1.124	1.070	1.067	1.057	1.073	1.180	1.308	1.448	1.127
95	0.978	1.062	1.014	1.025	0.943	0.958	0.962	0.928	0.942	1.165	1.334	0.999
Dist	G	L3	G	G	L2	G	G	L2	N	G	L3	L3

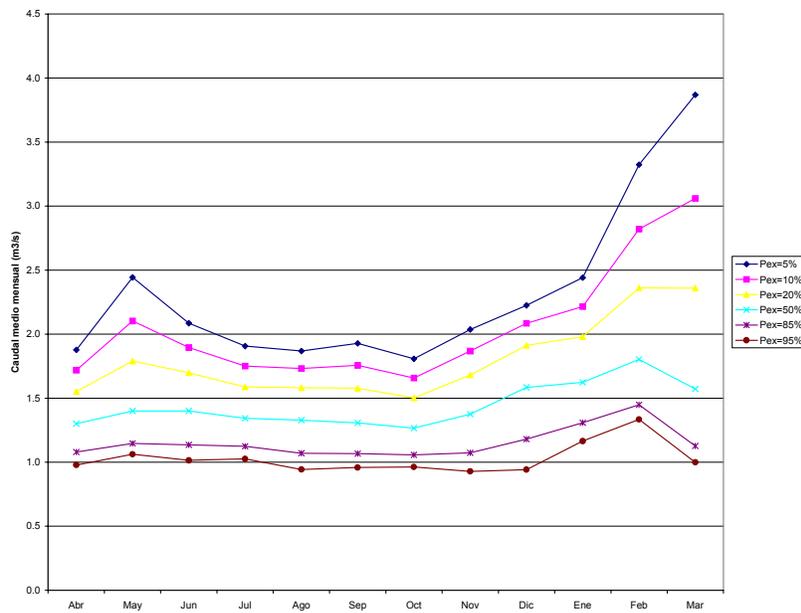


Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Río Loa en Yalquincha

- Loa en La Finca

Se encuentra en la parte media de la cuenca del río Loa, aguas abajo de la estación Loa en Yalquincha, a 2100 m s.n.m.

En la tabla 4.5 y figura 4.5 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial producto de lluvias estivales, y muestra una considerable, pero menor, influencia de lluvias invernales. En años húmedos los mayores caudales se observan en febrero y marzo, mientras que los menores ocurren entre octubre y diciembre.

En años secos se aprecian aumentos en los caudales de invierno, producto de lluvias invernales, mientras que en el resto del año se observan caudales bastante uniformes.

Tabla 4.5: Río Loa en La Finca (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.676	2.062	1.780	1.590	1.423	1.090	0.699	0.642	0.613	1.415	3.103	3.728
10	1.229	1.630	1.535	1.387	1.237	0.923	0.609	0.546	0.539	1.108	1.999	2.281
20	0.860	1.226	1.279	1.175	1.044	0.754	0.516	0.449	0.458	0.825	1.206	1.305
50	0.472	0.711	0.893	0.855	0.756	0.512	0.375	0.309	0.324	0.469	0.527	0.545
85	0.276	0.364	0.549	0.571	0.507	0.318	0.25	0.195	0.200	0.234	0.276	0.302
95	0.226	0.245	0.394	0.441	0.401	0.241	0.193	0.149	0.145	0.155	0.228	0.262
Dist	L3	L2	G	G	L2	L2	G	L2	G2	L2	L3	L3

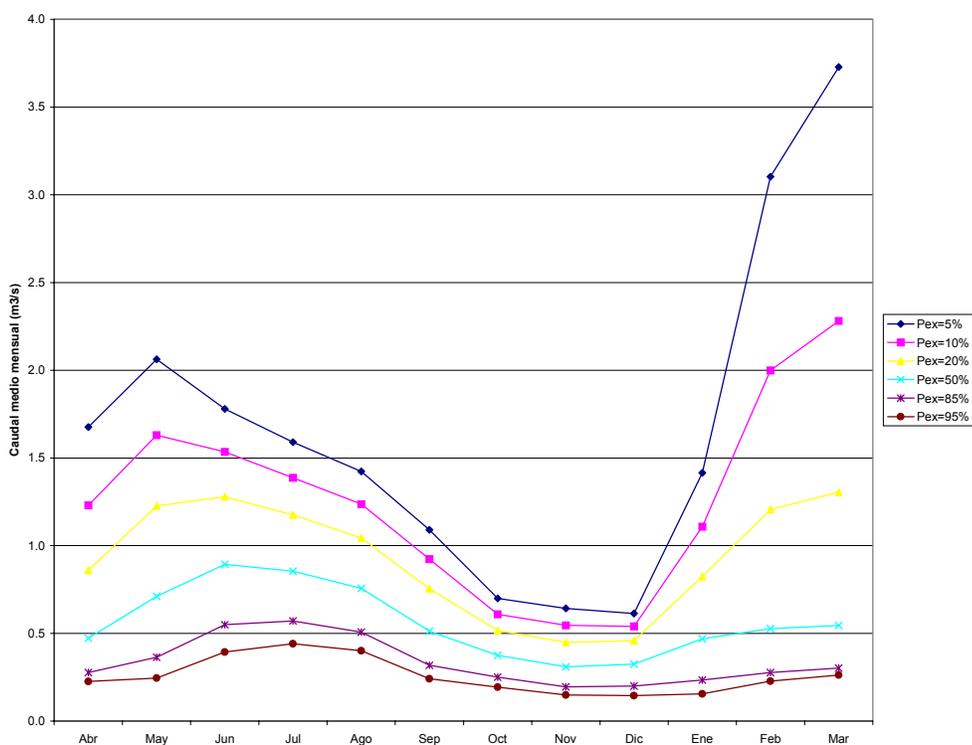


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Río Loa en La Finca

- Loa en Desembocadura

Esta estación está ubicada muy próxima a la desembocadura del río Loa en el océano Pacífico.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial con sus mayores caudales en verano, producto de lluvias estivales. En los meses de invierno se observan crecidas considerables debido a lluvias invernales en la zona baja de la cuenca. En años húmedos los mayores caudales se observan en febrero, mientras que en años normales y secos, los mayores caudales se aprecian en invierno.

Tabla 4.6: Río Loa en Desembocadura (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.495	0.340	0.454	0.621	0.651	0.588	0.569	0.417	0.350	0.278	1.859	0.390
10	0.347	0.292	0.391	0.558	0.601	0.556	0.483	0.338	0.280	0.230	0.988	0.289
20	0.238	0.243	0.324	0.481	0.542	0.518	0.404	0.272	0.222	0.188	0.480	0.210
50	0.141	0.171	0.224	0.336	0.427	0.446	0.307	0.202	0.163	0.140	0.159	0.133
85	0.104	0.110	0.135	0.156	0.287	0.357	0.246	0.166	0.134	0.111	0.085	0.098
95	0.097	0.086	0.095	0.051	0.204	0.304	0.226	0.156	0.126	0.103	0.076	0.090
Dist	L3	L2	G	N	N	N	L3	L3	L3	L3	L3	L3

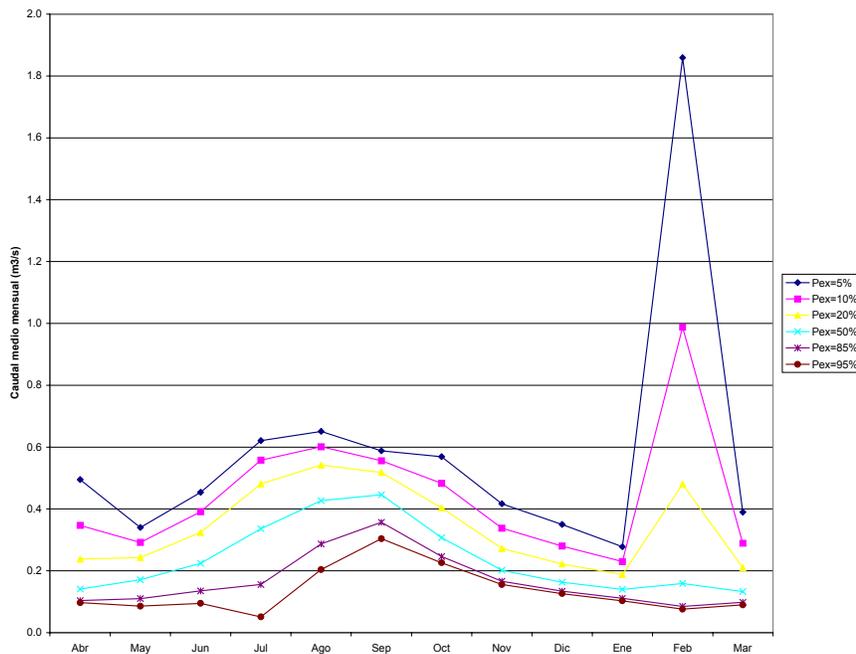


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Río Loa en Desembocadura

b) Subcuenca del San Pedro

- San Pedro en Parshall N° 1

Esta estación se ubica en el río San Pedro, unos 4 Km. aguas abajo de los drenes de Ojos de San Pedro, los que captan el agua que anteriormente formaba parte de la laguna San Pedro. Está ubicada a 3700 m s.n.m.

En la tabla 4.7 y figura 4.7 se puede observar que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales en el mes de marzo, producto de las lluvias estivales existentes en la zona. Tanto en años húmedos y secos, el resto del año presenta caudales bastante uniformes, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.7: Río San Pedro en Parshall N° 1 (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.320	1.308	1.294	1.196	1.248	1.170	1.162	1.374	1.353	1.411	1.314	2.015
10	1.190	1.192	1.158	1.086	1.129	1.096	1.103	1.219	1.218	1.237	1.178	1.642
20	1.065	1.071	1.026	0.977	1.012	1.013	1.033	1.070	1.078	1.069	1.047	1.282
50	0.902	0.888	0.849	0.828	0.848	0.871	0.897	0.870	0.865	0.847	0.872	0.798
85	0.785	0.725	0.720	0.715	0.720	0.723	0.731	0.724	0.677	0.687	0.744	0.445
95	0.744	0.652	0.673	0.672	0.671	0.648	0.633	0.671	0.591	0.630	0.698	0.316
Dist	L3	G	L3	L3	L3	L2	N	L3	L3	L3	L3	L2

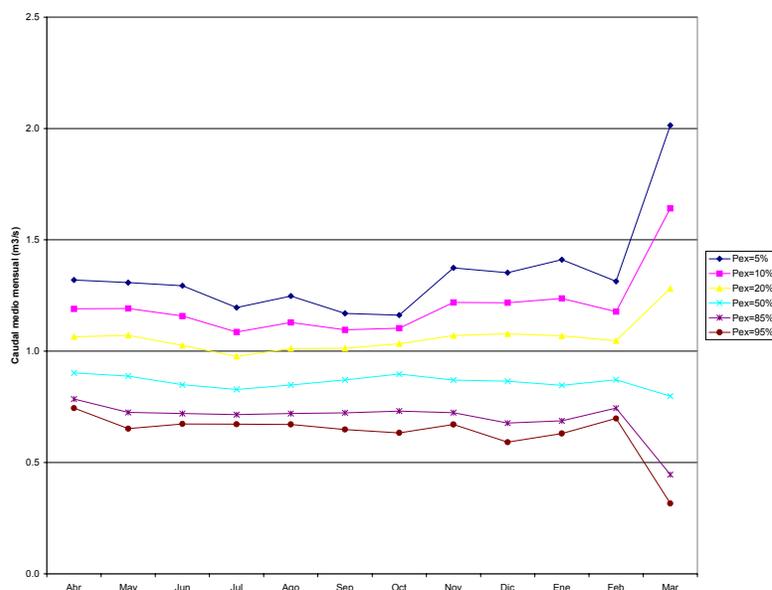


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Río San Pedro en Parshall N° 1

- San Pedro en Parshall N° 2

Se ubica en el río San Pedro, aguas debajo de la estación San Pedro en Parshall N° 1, a 3318 m s.n.m.

En la tabla 4.8 y figura 4.8 se observa que esta estación muestra un régimen muy similar a la de la estación ubicada aguas arriba, de carácter pluvial producto de lluvias estivales. Los mayores caudales se observan entre febrero y marzo, tanto que en el resto del año los caudales se mantienen sin mayores variaciones.

En años secos se aprecian caudales muy uniformes, salvo leves disminuciones entre enero y marzo, producto de las bajas lluvias de verano en años secos.

Tabla 4.8: Río San Pedro en Parshall N° 2 (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.197	1.128	1.133	1.149	1.158	1.211	1.154	1.175	1.275	1.156	1.719	1.888
10	1.109	1.076	1.073	1.068	1.080	1.121	1.086	1.110	1.160	1.094	1.491	1.592
20	1.021	1.016	1.005	0.984	0.998	1.027	1.010	1.036	1.046	1.023	1.270	1.311
50	0.896	0.910	0.887	0.857	0.875	0.885	0.879	0.907	0.889	0.900	0.957	0.935
85	0.799	0.795	0.760	0.744	0.765	0.759	0.740	0.771	0.768	0.768	0.699	0.648
95	0.760	0.734	0.695	0.693	0.715	0.702	0.669	0.701	0.722	0.700	0.591	0.535
Dist	L3	L2	L2	G	G	G	L2	L2	L3	L2	LG2	LG2

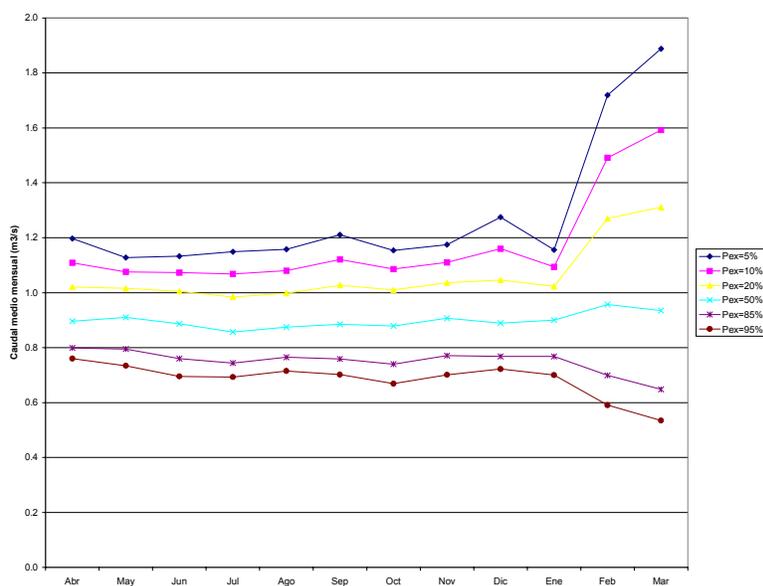


Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Río San Pedro en Parshall N° 2

- c) Subcuenca del Salado
- Toconce antes represa Sendos

Esta estación está ubicada en el río Toconce, afluente del Salado, antes de la represa Sendos, tal como lo señala su nombre.

En la tabla 4.9 y figura 4.9 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales en verano, producto de lluvias altiplánicas. En años húmedos, los mayores caudales se observan en enero, mientras que desde abril a diciembre se observan caudales muy parejos.

En años secos los caudales son prácticamente constantes en todo el año, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.9: Río Toconce antes represa Sendos (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.487	0.476	0.468	0.480	0.475	0.475	0.459	0.457	0.457	1.044	0.598	0.653
10	0.476	0.468	0.463	0.470	0.469	0.465	0.455	0.450	0.450	0.827	0.566	0.591
20	0.462	0.459	0.456	0.460	0.462	0.456	0.449	0.443	0.443	0.656	0.530	0.533
50	0.437	0.442	0.444	0.443	0.448	0.441	0.439	0.429	0.429	0.486	0.468	0.458
85	0.408	0.421	0.428	0.427	0.431	0.427	0.427	0.411	0.411	0.408	0.401	0.406
95	0.392	0.409	0.419	0.419	0.420	0.421	0.419	0.401	0.401	0.389	0.366	0.389
Dist	L2	N	N	L3	N	G	N	N	N	L3	L2	L3

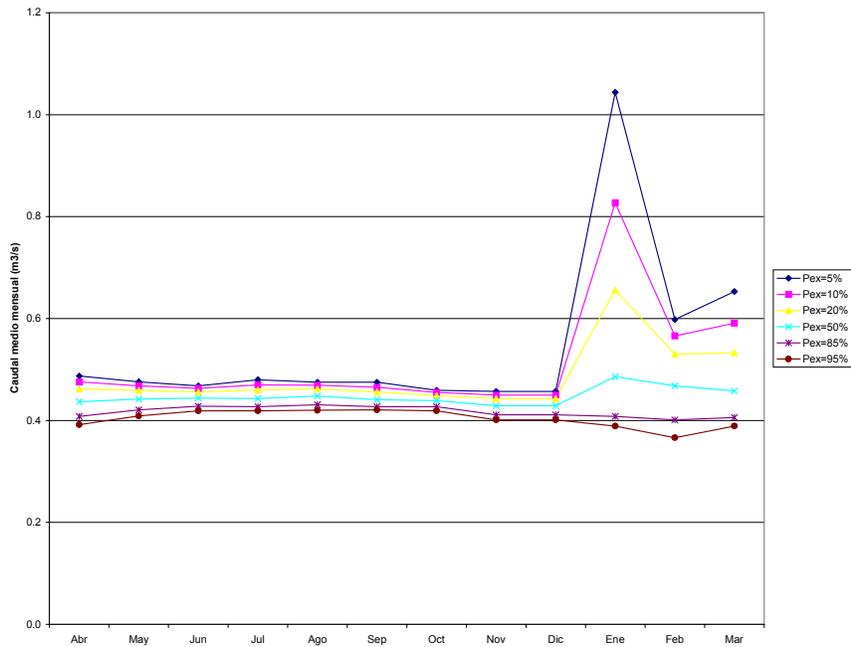


Figura 4.9: Curva de Variación Estacional Río Toconce antes represa Sendos

- Salado antes junta río Curti

Se encuentra en el río Salado, aguas arriba de la junta del río Curti, tal como lo señala su nombre.

En la tabla 4.10 y figura 4.10 se observa que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales. En años húmedos se aprecian importantes caudales en el verano, mientras que en el resto del año los caudales se presentan muy bajos.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos a lo largo de todo el año, sin mostrar variaciones de importancia.

Tabla 4.10: Río Salado ante junta río Curti (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.395	0.247	0.262	0.197	0.193	0.225	0.202	0.157	0.169	1.716	2.848	1.106
10	0.258	0.180	0.197	0.165	0.159	0.182	0.144	0.120	0.133	0.938	1.605	0.719
20	0.156	0.125	0.141	0.132	0.126	0.141	0.098	0.087	0.100	0.458	0.801	0.427
50	0.066	0.069	0.081	0.087	0.081	0.086	0.051	0.047	0.057	0.130	0.212	0.157
85	0.031	0.042	0.048	0.052	0.047	0.047	0.029	0.022	0.029	0.045	0.041	0.046
95	0.024	0.035	0.039	0.038	0.034	0.033	0.024	0.014	0.019	0.033	0.016	0.022
Dist	L3	L3	L3	L2	L2	L2	L3	L2	L2	L3	L2	L2

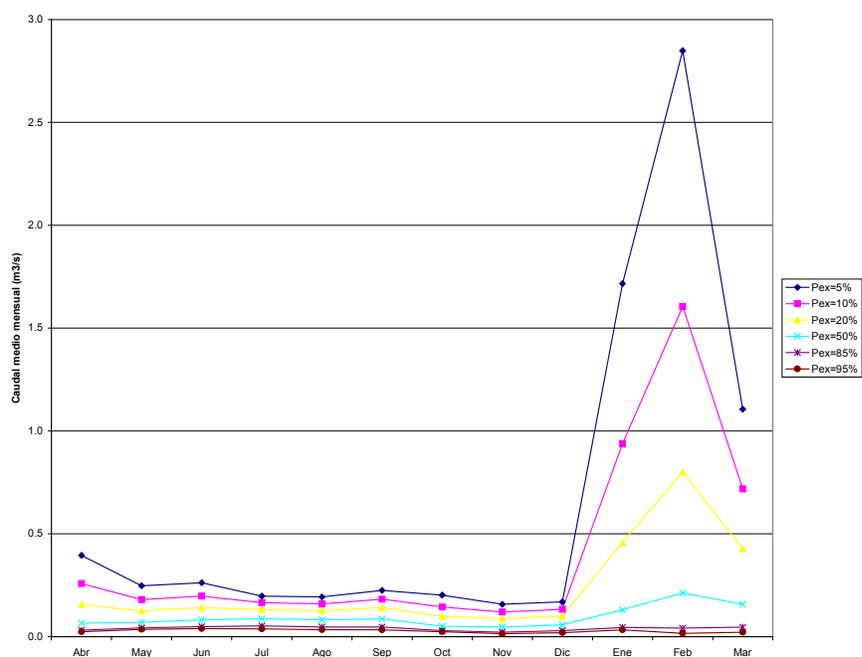


Figura 4.10: Curva de Variación Estacional Río Salado antes junta río Curti

- Salado en sifón de Ayquina

Esta estación se encuentra en el río Salado, aguas abajo de la estación Salado antes junta río Curti, a 3031 m s.n.m.

En la tabla 4.11 y figura 4.11 se puede observar que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales. En años húmedos los mayores caudales ocurren en verano, mientras que en el resto del año no se presentan variaciones de consideración.

En años secos se observa que los caudales son bastante uniformes a lo largo del año, sin mostrar variaciones de importancia.

Tabla 4.11: Río Salado en sifón de Ayquina (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0.624	0.730	0.593	0.555	0.555	0.514	0.433	0.425	0.920	1.266	2.661	1.239
10	0.562	0.622	0.539	0.514	0.510	0.478	0.408	0.395	0.705	0.956	1.716	0.942
20	0.494	0.522	0.485	0.471	0.463	0.441	0.383	0.363	0.527	0.700	1.049	0.697
50	0.387	0.399	0.410	0.406	0.392	0.384	0.345	0.317	0.339	0.432	0.494	0.439
85	0.287	0.319	0.353	0.348	0.329	0.334	0.311	0.279	0.245	0.295	0.298	0.310
95	0.240	0.293	0.331	0.321	0.300	0.311	0.295	0.263	0.220	0.260	0.262	0.276
Dist	L2	L3	L3	G	G	G	G	L3	L3	L3	L3	L2

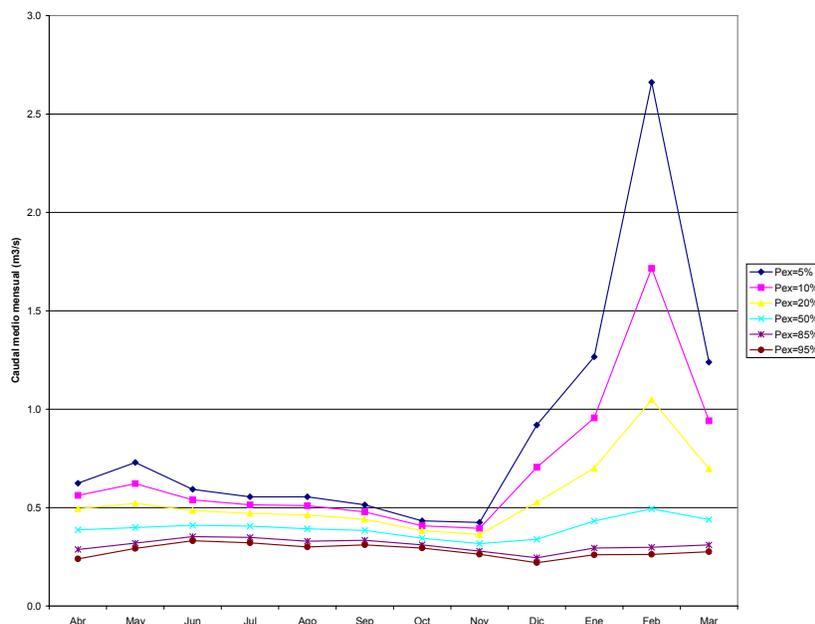


Figura 4.11: Curva de Variación Estacional Río Salado en sifón de Ayquina

4.1.2 Conclusiones

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

a) Subcuenca Alta del Loa

Corresponde a la parte alta de la cuenca del río Loa, desde su nacimiento en la alta cordillera de Los Andes en Ojos del Miño, hasta antes de la entrada al embalse Conchi. Muestra un régimen pluvial, con los mayores caudales en meses de verano, producto de las lluvias estivales del “Invierno Altiplánico”. En años normales y secos los caudales son bastante uniformes a lo largo del año.

El período de menores caudales ocurre en el trimestre dado por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

b) Subcuenca Media del Loa

Es el área drenada por la parte media del río Loa, desde el embalse Conchi hasta aguas abajo de la estación fluviométrica Loa en Yalquincha. En todo este tramo del río Loa se aprecia la importante influencia del embalse Conchi, ya que disminuyen considerablemente los caudales invernales, cuando el embalse está en la fase de acumulación, y aumentan los caudales en meses de verano, especialmente en años secos, para tener un mejor aprovechamiento del agua para el riego y agua potable. Sin embargo el régimen sigue siendo el mismo que el de la subcuenca anterior; régimen pluvial con importantes caudales en meses de verano producto de lluvias altiplánicas.

El período de menores caudales se observa en el trimestre dado por los meses de junio, julio y agosto.

c) Subcuenca Baja del Loa

Corresponde a la parte baja de la cuenca del río Loa, desde aguas abajo de la estación fluviométrica Loa en Yalquincha, hasta la desembocadura del Loa en el océano Pacífico. En este tramo del río Loa comienzan a hacerse importantes los aportes pluviales de invierno, ya que se aprecian aumentos en los caudales invernales. Sin embargo, los mayores caudales siguen ocurriendo en los meses de verano, especialmente en febrero y marzo. En

Loa

56.

años secos los caudales son bastante bajos, y se aprecian los mayores caudales en meses de invierno.

El período de estiaje se da en el trimestre dado por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

d) Subcuenca del San Pedro

Corresponde a la hoya hidrográfica del río San Pedro, desde su nacimiento en la alta cordillera de Los Andes en la aguada de Inacaliri, hasta su junta con el río Loa. El río San Pedro muestra caudales muy parejos a lo largo del año, con la excepción de los meses de verano, cuando muestra sus mayores caudales producto de lluvias altiplánicas. Tanto para años húmedos y secos, los caudales se presentan sin variaciones de importancia entre abril y enero.

El período de menores caudales se prolonga entre abril y enero, ya que no se distinguen variaciones en los caudales durante este período.

e) Subcuenca del Salado

Es la zona drenada por el río Salado, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes, en la cadena del volcán Tatio, hasta su junta con el río Loa, incluyendo la hoya hidrográfica del río Toconce. Muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales en el verano producto de lluvias estivales. Tanto en años húmedos y secos, los caudales entre abril y noviembre son muy bajos.

El período de menores caudales se prolonga entre abril y noviembre, producto de la baja escorrentía que se observa durante todo este período.

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

Tabla 4.12: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del río Loa

Nº	Subcuenca	Subsubcuenca	Período Estiaje
1	Loa	Alta	Octubre – Noviembre – Diciembre
2		Media	Junio – Julio – Agosto
3		Baja	Octubre – Noviembre – Diciembre
4	San Pedro		Abril a Enero
5	Salado		Abril a Noviembre

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 periodo estacional

4.2.1 Selección de parámetros

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

a) Parámetros obligatorios

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

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

b) Parámetros principales

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

En la tabla 4.13 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 4.13: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del río Loa

PARÁMETROS	UNIDAD	FUENTE	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	μS/cm	DGA	645	21650	<600	Obligatorio
DBO5	mg/L	SAG	2	21	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	-	s/i	s/i	<16	No
Oxígeno Disuelto	mg/L	DGA	2.6	16.1	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	DGA	6.3	8.9	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	DGA	2.0	30.4	<2.4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	SAG	1200	6310	<400	Si
Sólidos suspendidos	mg/L	SAG	9.4	108.0	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	-	<0.5	No
INORGANICOS						
Amonio	mg/L	-	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	μg/L	SCM EL ABRA	<5	<5	<4	No
Cloruro	mg/L	DGA	86.6	6381.0	<80	Si
Fluoruro	mg/L	SCM EL ABRA	0.33	0.78	<0.8	No
Nitrito	mg/L	SAG	0.005	22.5	<0.05	Si
Sulfato	mg/L	DGA	20.0	2293.4	<120	Si
Sulfuro	mg/L	SAG	0.004	5	<0.04	Si
ORGANICOS						
Aceites y Grasas	mg/L	SAG	0.1	3.8	<4	No
Detergentes (SAAM)	mg/L	SAG	0.003	0.4	<0.16	Si
Índice de Fenol	μg/L	SCM EL ABRA	<2	<2	<1.6	No
Hidrocarburos	mg/L	SAG	0.8	11.9	<0.04	Si
ORGANICOS PLAGUICIDAS						
	-	-	s/i	s/i	-	No
METALES ESENCIALES						
Boro	mg/l	DGA	<1	94	<0.4	Si
Cobre	μg/L	DGA	<10	370	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	DGA	<10	140	<8	Si
Hierro	mg/L	DGA	<0.01	11.3	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	DGA	<0.01	9.5	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	DGA	<0.01	0.14	<0.008	Si
Níquel	μg/L	DGA	<10	130	<42	Si
Selenio	μg/L	SAG	0.04	85	<4	Si
Zinc	mg/L	DGA	<0.01	0.99	<0.096	Si
METALES NO ESENCIALES						
Aluminio	mg/L	DGA	<0.01	9.00	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	DGA	<0.04	14.5	<0.04	Si
Cadmio	μg/L	DGA	<10	<10	<1.8	No
Estaño	μg/L		s/i	s/i	<4	No
Mercurio	μg/L	DGA	<1	9	<0.04	Si
Plomo	mg/L	DGA	<0.01	0.07	<0.002	Si
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	SCM EL ABRA	4	7.8	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	SCM EL ABRA	5	500	<200	Si

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

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

- Parámetros Principales
 - RAS
 - Sólidos Disueltos
 - Cloruro
 - Nitrito
 - Sulfato
 - Sulfuro
 - Detergentes (SAAM)
 - Hidrocarburos
 - Boro
 - Cobre
 - Cromo
 - Hierro
 - Manganeso
 - Molibdeno
 - Níquel
 - Selenio
 - Zinc
 - Aluminio
 - Arsénico
 - Mercurio
 - Plomo
 - Coliformes Totales

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

- Color Aparente
- Cianuro

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: fluoruro, aceites y grasas y amonio.

No es posible realizar un análisis para los parámetros: estaño, índice de fenol y cadmio 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 abscisa se representa el periodo de tiempo expresado en años y en la ordenada el valor del parámetro.

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

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 4.14.

Tabla 4.14: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
Conductividad Eléctrica:
<p><u>Río Loa:</u> Se observa un comportamiento constante en un solo valor para cada estación de monitoreo, desde la parte alta del río Loa en la estación antes represa Lequena hasta Loa en la Finca con una tendencia central plana en todas las estaciones en una serie de tiempo de aproximadamente quince años. El valor de la conductividad aumenta a lo largo del río hasta la desembocadura. En la estación antes represa Lequena la tendencia central de la conductividad tiene un valor de 1.000 $\mu\text{S/cm}$, en la estación Alcantarilla Conchi 2.500 $\mu\text{S/cm}$ y las estaciones salida Embalse Conchi y a/j río Salado presentan un mismo valor de 3.000 $\mu\text{S/cm}$, en Loa en Yalquincha, La Finca presentan valores de 6.000 y 8.000 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente. En las estaciones tranque Santa Fe y Sloman el comportamiento es disímil en una serie de tiempo restringida de dos años con un valor de la tendencia de 11.000 $\mu\text{S/cm}$. En la parte baja del río Loa, estaciones Quillagua y Desembocadura el comportamiento presentado es a aumentar constantemente en una serie de tiempo doce años con una tendencia central creciente en un valor de 13,000 y 18,000 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente.</p> <p><u>Río Salado:</u> Se observa una tendencia central plana a lo largo del río en una serie de tiempo de trece años con un valor de 6000 $\mu\text{S/cm}$ en la estación Sifón y de 6500 $\mu\text{S/cm}$ en la estación antes de la junta con el río Loa.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de catorce años con un valor de 1.000 $\mu\text{S/cm}$.</p> <p><u>Río Toconce:</u> En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de diez años con un valor de 1.000 $\mu\text{S/cm}$.</p>
Oxígeno Disuelto :
<p><u>Río Loa:</u> Se observa un comportamiento común a las estaciones antes represa Lequena y salida embalse Conchi con una serie de tiempo de quince años, hasta el año 2000 la tendencia central es plana en un valor de 8,0 mg/L presentando en los últimos años de la serie una disminución con una tendencia central decreciente en un valor de 7,8 mg/L. La estación Loa alcantarilla Conchi N° 2 presenta una tendencia central plana en la misma serie de tiempo con un valor de 7,8 mg/L. En la estación Loa a/j río Salado se observa la misma tendencia central plana con un valor inferior igual a 7,0 mg/L en una serie de tiempo restringida a ocho años. En la estación Yalquincha se observa una tendencia central decreciente con un valor de 8.2 mg/L en una serie de tiempo de quince años. En la estación La Finca en los primeros cinco años de la serie de tiempo desde 1989 a 1994 el comportamiento es constante en un valor de 8,6 mg/L, en los últimos ocho años se observa una tendencia central decreciente en un valor de 8.0 mg/L. El comportamiento inverso se observa en la estación Quillagua en los primeros ocho años de la serie de tiempo se observa un comportamiento decreciente hasta el años 1997 de un valor de 10,0 a 9,0 mg/L para permanecer constante en los últimos cinco años en este último valor. En la serie de tiempo de siete años, en la estación desembocadura, se observan dos comportamientos en los primeros cuatro años la tendencia central es plana en un valor de 10,0 mg/L para luego tender a decrecer hasta el año 2002 con un valor de 9,0 mg/L.</p> <p><u>Río Salado:</u> Se observa una tendencia central decreciente en cada estación, sin embargo a lo largo del río la tendencia es aumentar en una serie de tiempo de siete años con un valor de 8,0 mg/L en la estación Sifón y de 9.8 mg/L en la estación antes de la junta con el río Loa.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de catorce años con un valor de 7,0 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce:</u> En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de diez años con un valor de 8.0 mg/L.</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA	
pH :	
	<p><u>Río Loa:</u> Se observa que a lo largo de todo el río el comportamiento del pH es constante en un rango con valores entre 8,2 y 7,8, que tienden a la basicidad. La tendencia central es plana en todas las estaciones de monitoreo con el valor más alto en la estación antes represa Lequena (8.2) y el menor valor en la estación Alcantarilla Conchi N ° 2 (7,4). Todas las demás estaciones presentan un valor de la tendencia central de 7,8 o 8,0.</p> <p><u>Río Salado:</u> Se observa una tendencia central plana con un comportamiento constante en cada estación, sin embargo a lo largo del río la tendencia es aumentar en una serie de tiempo de ocho años con un valor de 7.5 en la estación Sifón y de 7.9 en la estación antes de la junta con el río Loa.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de diez años con un valor de 7,8.</p> <p><u>Río Toconce:</u> En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de diez años con un valor de 8.0, lo que indica que tiende a cierta basicidad.</p>
RAS:	
	<p><u>Río Loa:</u> Se observa un comportamiento común a todas las estaciones de monitoreo en una serie de tiempo de quince años con una tendencia central plana. El valor más bajo se observa en la estación antes represa Lequena (3), para presentar un valor de 6,2 en las estaciones Alcantarilla Conchi N° 2 y salida embalse Conchi. El valor de la tendencia central aumenta aguas abajo del río Loa con un valor de 15 y 17 en las estaciones Yalquincha y La Finca respectivamente. En la parte baja de la cuenca el valor aumenta a 23 en la estación Quillagua y a 26 en la estación Desembocadura.</p> <p><u>Río Salado:</u> Se observa una tendencia central plana con un comportamiento constante en cada estación, sin embargo, a lo largo del río la tendencia es aumentar en una serie de tiempo de ocho años con un valor de 15 en la estación Sifón y de 18.5 en la estación antes de la junta con el río Loa.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de quince años con un valor de 3.0.</p> <p><u>Río Toconce:</u> En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de cinco años con un valor de 5.0.</p>
Cloruro :	
	<p><u>Río Loa:</u> Se observa un comportamiento común a todas las estaciones de monitoreo en una serie de tiempo de dieciocho años con una tendencia central plana excepto en las estaciones Loa en La Finca y Quillagua, la tendencia es creciente con un valor de 2.500 y 3.800 mg/L respectivamente. Los valores de la tendencia central aumentan desde la parte alta hacia la desembocadura con valores que van desde 200 mg/L en la estación antes represa Lequena, 600 mg/L en Alcantarilla Chonchi N° 2 y salida embalse Chonchi, 750 mg/L a/j río Salado para aumentar a 1.800 y 2.500 mg/L en las estaciones Yalquincha y La Finca. Para observar los valores más altos en la parte baja de 3.800 y 5.800 mg/L en Quillagua y Desembocadura respectivamente.</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
<p><u>Río Salado</u>: Se observa una tendencia central plana con un mismo comportamiento en cada estación. Sin embargo, a lo largo del río aumenta en aproximadamente en 350 mg/l de una estación a otra. La tendencia central es plana en ambas estaciones con valores de 1750 mg/L en la estación Sifón y de 2.100 mg/L en la estación a/j río Loa.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central creciente en una serie de tiempo de quince años con un valor de 210 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central decreciente en una serie de tiempo de quince años con un valor de 140 mg/L.</p>
<p>Sulfato:</p> <p><u>Río Loa</u>: Se observa un comportamiento constante en un solo valor en las estaciones desde antes de represa Lequena hasta la estación en tranque Sloman. La tendencia central es plana con valores de 200 mg/L en la parte alta, para aumentar a 400 mg/L en La Finca, y en tranque Santa Fe y tranque Sloman con valores de 550 y 600 mg/L respectivamente. En las estaciones Quillagua y Desembocadura ubicadas en la parte baja del río el comportamiento es creciente con valores de 800 y 1600 mg/L. El valor de la tendencia central del sulfato aumenta a lo largo del río incrementándose en 1400 mg/L.</p> <p><u>Río Salado</u>: Se observa un comportamiento disímil entre estaciones, aumentando el valor a lo largo del río. En la estación río Salado en Sifón la tendencia central es plana con un valor de 110 mg/L, en una serie de tiempo de nueve años. En la estación a/j río Loa la tendencia central es decreciente con un valor de 135 mg/L.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: En la estación Parshal N°1 se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de doce años con un valor de 90 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo de doce años con un valor de 70 mg/L.</p>
<p>Boro:</p> <p><u>Río Loa</u>: Se observa un comportamiento común desde la estación antes represa Lequena hasta la estación salida embalse Conchi con una tendencia central plana en una serie de tiempo de quince años con valores de 5, 8 y 13 mg/L respectivamente. El mismo comportamiento se observa en la estación a/j río Salado en una serie de tiempo más restringida con un valor de la tendencia central de 10 mg/L. La estación Yalquincha presenta dos comportamientos en la serie de tiempo de quince años, hasta 1992 se observa una disminución de la tendencia central para luego permanecer constante hasta el fin de la serie de tiempo en el año 2002 en un valor de 13 mg/L. En la estación La Finca se observa una tendencia central plana en un valor de 17 mg/L en la misma serie de tiempo desde la estación tranque Santa Fe hasta Quillagua con una tendencia central plana en un valor de 30 mg/L. El comportamiento de la tendencia central en la Desembocadura es el mismo, aumentando su valor a 40 mg/L.</p> <p><u>Río Salado</u>: Se observa un comportamiento disímil de una estación a otra. Sin embargo, a lo largo del río se mantiene el mismo valor. En la estación Sifón la serie de tiempo está interrumpida, existen datos desde 1987 a 1994 y luego desde 1999 hasta el 2002. En los últimos registros se observa una tendencia creciente con un valor de 11 mg/L. En la estación a/j río Loa la tendencia central es decreciente en una serie de tiempo de diez años, suspendida desde 1995, con un valor de 11 mg/L.</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA	
<u>Río San Pedro:</u>	En la estación Parshal N°1 se tiene una serie de tiempo suspendida en el tiempo con registros desde 1987 a 1994 y desde 1999 a 2001. El comportamiento es constante en un mismo valor con una tendencia central plana con un valor de 3 mg/L.
<u>Río Toconce:</u>	En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central decreciente en una serie de tiempo suspendida e interrumpida en el tiempo. Los registros van desde 1985 a 1995 observándose una tendencia central decreciente en un valor de 3 mg/L. En el año 2000 se tienen nuevos registros que no permiten análisis de la tendencia central, permaneciendo en el mismo valor anterior.
Cobre:	
<u>Río Loa:</u>	El comportamiento del cobre a lo largo del río es disímil. En la estación antes represa Lequena se observa una tendencia central plana en un valor de 20 µg/L en una serie de tiempo de doce años. En la misma serie de tiempo en la estación Alcantarilla N° 2 se observan dos comportamientos, desde 1990 hasta 1998 el comportamiento es constante en un solo valor para aumentar fuertemente en el resto de la serie de tiempo con una tendencia central creciente en la serie de los últimos cinco años con un valor de 50 µg/L. En la estación salida embalse Conchi la tendencia central en la serie de tiempo de doce años se observa levemente decreciente con un valor de 15 µg/L, el comportamiento de la estación a/j río Salado es diferente a las demás estaciones con un valor de la tendencia central de 35 µg/L en una serie de tiempo de ocho años. En la estación Loa en Yalquincha la tendencia es creciente en los primeros ocho años, para presentar un peak de disminución en 1997 y luego permanecer constante con una tendencia central plana en un valor de 30 µg/L. En la estación La Finca la tendencia central es fuertemente decreciente en una serie de tiempo de diez años en un valor de 40 µg/L. Las estaciones tranque santa Fe y Sloman tienen una serie de tiempo restringida a dos años con un valor de 20 µg/L. En la parte baja del río en la estación Quillagua el comportamiento es creciente hasta 1993 para disminuir entre los años 1997-1999 y luego permanecer constante con una tendencia central plana en los últimos tres años de la serie de tiempo doce años. En la estación Desembocadura la tendencia central es decreciente con un valor de 45 µg/L en la serie de tiempo de diez años.
<u>Río Salado:</u>	En la estación Sifón la serie de tiempo está interrumpida, existen datos desde 1989 a 1993 y luego desde 1998 hasta el 2002. En la primera parte de la serie de tiempo el comportamiento es decreciente variando en 0,5 µg/L en cinco años, en los últimos cinco años de la serie de tiempo la tendencia central es decreciente en un valor de 25 µg/L. En la estación a/j río Loa la tendencia central es creciente en una serie de tiempo de seis años, suspendida desde 1993, con un valor de 28 µg/L. Se observa un comportamiento disímil de una estación a otra. Sin embargo, a lo largo del río se mantiene aproximadamente un mismo valor.
<u>Río San Pedro:</u>	En la estación Parshal N°1 se tiene una serie de tiempo interrumpida con registros de cinco años entre 1989 y 1994 con una tendencia central creciente con un valor de 24 µg/L. Los próximos registros corresponden a una serie de tiempo de cinco años con una tendencia central decreciente con un valor de 20 µg/L.
<u>Río Toconce:</u>	En la estación antes represa ESSAN la serie de tiempo que se inicia en 1987 está interrumpida entre 1994 y 1997. En los últimos cuatro años de registro se observa una tendencia central creciente con un valor de 18 µg/L.
Cromo total:	
<u>Río Loa:</u>	Se observa un comportamiento común desde la estación antes represa Lequena hasta la estación salida embalse Conchi, para variar el comportamiento en la estación a/j río Salado (que decrece hasta 1999 para luego permanece constante)

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
<p>continuyendo a lo largo del río se observa el mismo comportamiento en el resto de todas las otras estaciones hasta la estación Desembocadura. Las series de tiempo son restringidas entre tres y cuatro años, la tendencia central es plana con valores entre 10 y 13 $\mu\text{g/L}$ hasta la estación La Finca, luego aumenta a 18 $\mu\text{g/L}$ desde tranque Santa Fe a estación Quillagua, aumentando a 20 $\mu\text{g/L}$ en la Desembocadura.</p> <p>■</p> <p><u>Río Salado</u>: En la estación Sifón la tendencia central es plana con un valor de 11 $\mu\text{g/L}$, en una serie de tiempo restringida a cuatro años desde 1998 a 2002. En la estación a/j río Salado no es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: En la estación río San Pedro la serie de tiempo es restringida a cuatro años, observándose un comportamiento decreciente con un valor de 12 $\mu\text{g/L}$.</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central levemente creciente en una serie de tiempo restringida a tres años con un valor de 13 $\mu\text{g/L}$.</p> <p>■</p>
<p>Hierro:</p> <p><u>Río Loa</u>: En la estación antes represa Lequena se observa un comportamiento constante en un valor con un peak en 1998 para seguir constante la tendencia central es plana en un valor de 0.2 mg/L en una serie de tiempo de trece años. En la estación Alcantarilla Conchi N° 2 en los primeros diez años de la serie de tiempo el comportamiento es constante en un valor para presentar un fuerte aumento en 1998 y disminuir hasta el término de la serie de tiempo, la tendencia central es decreciente con un valor de 1.2 mg/L. En la estación salida embalse Conchi la tendencia central es plana en un valor de 0.09 mg/L en la serie de tiempo de ocho años. En la misma serie de tiempo el comportamiento varía en la estación a/j río Salado observándose una fuerte disminución con una tendencia central decreciente en un valor de 0.15 mg/L. En Loa en Yalquincha la tendencia central es plana con un valor de 0.05 mg/L. En la Finca se observa una leve disminución con una tendencia central decreciente con un valor de 0.09 mg/L. En la estación Quillagua el comportamiento es disímil con una tendencia central creciente en un valor de 0,2 mg/L, en la Desembocadura la tendencia central es decreciente en una serie de tiempo de ocho años con un valor de 0,2 mg/L. En las estaciones tranque Santa Fe y Sloman los datos son restringidos con valores en la tendencia central de 0.5 y 0.25 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Salado</u>: En una serie de tiempo que va desde 1987 a 1994, se observa en el periodo de 1990 a 1995 que el comportamiento de ambas estaciones a lo largo del río tiende a disminuir. Las estaciones Sifón y a/j río Loa tienen un comportamiento similar, en el mismo periodo, tienden a disminuir a lo largo de la serie de tiempo en aproximadamente 0.02 mg/l con una tendencia central decreciente con valores de 0.09 y 0.06 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: En la estación río San Pedro Parshal N°1 la serie de tiempo es de doce años, observándose un comportamiento disímil creciente-decreciente con una tendencia central creciente, en el último año, con un valor de 0.75 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa una tendencia central plana en una serie de tiempo continua de seis años (desde 1986 a 1994) con un valor de 0.18 mg/L. Desde 1994 en adelante la serie de tiempo esta interrumpida hasta 1996 donde se observa en el mismo año un aumento en aproximadamente en 0.17 mg/l.</p> <p>■ ■ ■ ■</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
<p>Manganeso:</p> <p>Río Loa: Las estaciones: antes represa Lequena, salida embalse Conchi, a/j río Salado y tranques Santa Fe y Sloman presentan una curva que aumenta en la serie de tiempo de cinco años con una tendencia central creciente con valores de 0.08 mg/L, 0.04 mg/L, 0.07 mg/L y de 0,60 mg/L en las estaciones tranque Santa Fe y tranque Sloman. La estación Alcantarilla Conchi N°2 no posee registros suficientes para el análisis de la tendencia central. En la estación Quillagua desde 1999 se observa un comportamiento constante en un valor con una tendencia central plana en un valor de 0.5 mg/L, en la estación Desembocadura el comportamiento es decreciente en la serie de tiempo de cuatro años con una tendencia central decreciente en un valor de 0.04 mg/L.</p> <p>Río Salado: En la estación Sifón la tendencia central es creciente con un valor de 0.48 mg/L, en una serie de tiempo restringida y suspendida con registros entre los años 1998 al 1999 y desde el año 2000 al 2002.</p> <p>Río San Pedro: En la estación río San Pedro Parshal N°1 la serie de tiempo es de siete años, observándose un comportamiento creciente con una tendencia central creciente con un valor de 0.04 mg/L.</p> <p>Río Toconce: En la estación antes represa ESSAN se observa un comportamiento disímil con una tendencia central creciente en una serie de tiempo 4 años en un valor de 0.14 mg/L.</p>
<p>Molibdeno :</p> <p>Río Loa: Las estaciones Alcantarilla Conchi N°2, a/j río Salado, Yalquincha, La Finca tienen un comportamiento común con una tendencia central plana en valores de 0.012, 0.013, 0.015 y 0.015 mg/L en una serie de tiempo de cinco años. En la estación antes represa Lequena el comportamiento es a disminuir lentamente con una tendencia central decreciente en un valor de 0.015 mg/L, en la serie de tiempo de cuatro años. Las estaciones salida embalse Conchi y Desembocadura tiende a disminuir con una tendencia central decreciente con un valor de 0.015 y 0.070 mg/L respectivamente en una serie de tiempo de cinco años. En las estaciones tranque Sloman y Quillagua la tendencia central es plana con valores de 0.025 y 0.032 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años.</p> <p>Río Salado: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p>Río San Pedro: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p>Río Toconce: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p>
<p>Aluminio:</p> <p>Río Loa: En la estación antes represa Lequena el comportamiento es descendiente desde el año 1998 hasta el año 2001 con una tendencia central decreciente en un valor de 0.5, en el año 2002 la tendencia central es creciente con un valor de 0.75 mg/L. En Conchi N° 2 la tendencia central sigue el mismo comportamiento decreciente con un valor de 1,5 mg/L. En las estaciones salida embalse Conchi, a/j río Salado, Yalquincha y La Finca el comportamiento es el mismo siendo uniforme y constante en un mismo valor en toda la serie de tiempo de cinco años con una tendencia central plana con valores de 0.25 mg/L para las dos primeras estaciones y 0.4 mg/L en Yalquincha y La Finca. En las estaciones automáticas de tranque Santa Fe, Sloman y Quillagua la serie de tiempo es restringida, se observa un valor de la tendencia central de 0.6, 0.8 y 0.5 mg/L respectivamente. En la estación Desembocadura el comportamiento es a disminuir con una tendencia central decreciente en una serie de tiempo de cinco años con un valor de 0.25 mg/L.</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
<p><u>Río Salado</u>: La serie de tiempo está interrumpida entre el año 2000 y 2001. Hasta el 2000 en una serie de tiempo de cuatro años, la tendencia central es decreciente con un valor de 0.4 mg/L. El comportamiento de los registros del último año es a aumentar a un valor de 0.58 mg/L.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: Posee una serie de tiempo restringida a tres años con una tendencia central creciente en un valor de 0.7 mg/L</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa un comportamiento que tiende a disminuir con una tendencia central decreciente en una serie de tiempo restringida tres años en un valor de 0.62 mg/L.</p>
<p>Arsénico:</p> <p><u>Río Loa</u>: En las estaciones antes represa Lequena, salida embalse Conchi, a/j río Salado, Yalquincha y La Finca se observa un mismo comportamiento constante en un valor a lo largo de toda la serie de tiempo, con una tendencia central plana con valores en 0.22, 0.22, 0.3, 1.0 y 1.8 mg/L respectivamente. En la estación Alcantarilla Conchi N°2 en una serie de tiempo que va desde 1985 hasta 2003 el comportamiento es constante en un mismo valor a través del tiempo hasta 1999, en el año 1999 se presenta un aumento de 0.3 mg/l para continuar con el comportamiento anterior hasta el término de la serie de tiempo, la tendencia central es creciente en un valor de 0.5 mg/L. En la estación Desembocadura el comportamiento es crecer en toda la serie de tiempo con una tendencia central creciente con un valor de 1.8 mg/l en una serie de tiempo de doce años</p> <p><u>Río Salado</u>: El comportamiento de ambas estaciones a lo largo del río es el mismo. Las estaciones Sifón y a/j río Loa presentan una tendencia central decreciente con valores de 0.36 mg/L en una serie de tiempo de diez años y 1.2 mg/L en una serie de tiempo de seis años respectivamente. En la estación Sifón en el año 1999 se observa un fuerte aumento a un valor de 0.5 mg/L.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: En la estación río San Pedro Parshall N°1 la serie de tiempo es de quince años, observándose un comportamiento constante en un mismo valor con una tendencia central plana con un valor de 0.44 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce</u>: En la estación antes represa ESSAN se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en una serie de tiempo que va desde 1986 a 1994 en un valor de 0.56 mg/L. En 1994 se observa un aumento de 0.17 mg/l en el mismo año permaneciendo con una tendencia central plana hasta 1998 con un valor de 0.35 mg/l.</p>
<p>Mercurio:</p> <p><u>Río Loa</u>: Las estaciones antes represa Lequena y salida embalse Conchi presentan un comportamiento que va en aumento a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central creciente con un valor de 1.3 y 1.5 µg/L respectivamente. Las estaciones Yalquincha y tranque Santa Fe presentan un comportamiento constante en un mismo valor con una tendencia central plana en un valor de 1.3 y 1.2 µg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Salado</u>: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río San Pedro</u>: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río Toconce</u>: No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p>

Tabla 4.14 (Continuación): Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA RIO LOA
Plomo:
<p><u>Río Loa:</u> La estación Alcantarilla Conchi N° 2 presenta un constante aumento a lo largo de la serie de tiempo de cinco años con una tendencia central creciente en un valor de 0.03 mg/L. La estación Tranque Sloman, con muestreador automático, presenta en una serie muy restringida de dos años una tendencia central plana en un valor de 0.02 mg/L. Las demás estaciones en el río Loa poseen registros correspondientes a su límite de detección, por lo que no es posible realizar análisis de la tendencia central.</p> <p>■</p> <p><u>Río Salado:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río Toconce:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p>
Níquel :
<p>■</p> <p><u>Río Loa:</u> Las estaciones antes represa Lequena y, salida embalse Conchi presentan un comportamiento que va en aumento a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central creciente con un valor de 12 y 13 µg/L respectivamente en una serie de tiempo de cinco años. Las estación Yalquincha presenta una tendencia central decreciente con un valor de 15 µg/L en una serie de tiempo de cinco años y las estaciones tranque Santa Fe y tranque Sloman presentan un comportamiento constante en un mismo valor con una tendencia central plan en un valor de 12 y 10 µg/L respectivamente.</p> <p>■</p> <p><u>Río Salado:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p> <p><u>Río Toconce:</u> No es posible el análisis de tendencia central por no poseer registros.</p>
Zinc :
<p><u>Río Loa:</u> En la estación antes represa Lequena se observa un comportamiento constante que va en aumento en una serie de tiempo de cinco años con una tendencia central creciente en un valor de 0.015 mg/L. En la estación Alcantarilla Conchi N° 2 se observa un comportamiento constante disminuyendo a lo largo de la serie de tiempo de cuatro años con una tendencia central decreciente en un valor de 0.025 mg/L. En la estación tranque Sloman se observa un comportamiento que va en aumento a lo largo de la serie de tiempo con una tendencia central creciente con un valor de 0.05 mg/L. La estación Quillagua el comportamiento es disímil con una tendencia central decreciente con un valor de 0.03 mg/L en una serie de tiempo de cuatro años. En la Desembocadura la tendencia central es decreciente en un valor de 0.019 mg/L en una serie de tiempo de cinco años. A lo largo del río el valor de la tendencia central se mantiene relativamente constante.</p> <p><u>Río Salado:</u> El comportamiento observado en la estación Sifón es aumentar con una tendencia central creciente con un valor de 0.054 mg/L en una serie de tiempo de cinco años. En la estación a/j río Loa no es posible el análisis de la tendencia central no posee registros.</p> <p><u>Río San Pedro:</u> En la estación río San Pedro Parshall N°1 en una serie de tiempo de cinco años el comportamiento es disminuir con una tendencia central decreciente con un valor de 0.013 mg/L.</p> <p><u>Río Toconce:</u> En la estación antes represa ESSAN no es posible el análisis de la tendencia central no posee registros.</p>

4.2.3 Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE

Este programa está orientado a complementar la información existente en la base de datos disponible y considera tres aspectos claves: en primer lugar, la red actual de monitoreo existente está orientada a medir parámetros inorgánicos de tal modo que no se dispone de información orgánica; en segundo término, la información complementaria está enfocada a verificar la clase actual en algunos segmentos de los cauces seleccionados y en tercer lugar, se requiere contar con una información puntual en cauces en los cuales se carece de toda otra información. En el caso de esta cuenca, se han privilegiado las mediciones en seis puntos, con el fin de caracterizar lo más ampliamente posible el río y sus tributarios principales, desde su parte alta hasta la desembocadura, concentrándose en los sitios donde se encuentran los factores incidentes más relevantes de la cuenca. Dado su extenso recorrido se muestrearon en lugares claves como antes de confluencias y privilegiándose además lugares que coincidan con estaciones de mediciones 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.

En el caso de la cuenca del río Loa se ha privilegiado las mediciones inmediatas en zonas donde hay posibles efectos antrópicos no monitoreados en la actualidad, como es la situación del río San Salvador donde descargan aguas servidas de la ciudad de Calama.

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

Tabla 4.15: Programa de Muestreo

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0211LO10	Río Loa en Yalquincha	Estación Vigente	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0211LO30	Río Loa en La Finca	Estación Vigente	
0211LO50	Río Loa en Tranque Sloman	Estación Vigente	
0211SS10	Río San Salvador aguas abajo descarga aguas servidas Calama	No existe medición	

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

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

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

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

La información que contiene la *Base de Datos Integrada* BDI para la cuenca del río Loa 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

- Información de Otras Fuentes:
 - Estudio Sociedad Contractual Minera El Abra (1996-2000), información nivel 2
 - Programa muestreo SAG (1997-2000), información nivel 3
 - Declaración de Impacto Ambiental.
 - Plan Regulador comunal de Calama. Cambio de Uso de Suelo Topater (1997), información nivel 3

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

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

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

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

Para la información proveniente de la DGA, en la tabla 4.16 se presentan los valores característicos por período estacional de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Loa, incluyendo la clase correspondiente para cada uno de ellos de acuerdo al Instructivo.

Tabla 4.16: Calidad de Agua por Periodos Estacionales en la Cuenca del Río Loa. Información DGA.

ESTACION DE MONITOREO	Conductividad Eléctrica (µS/cm)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	(1050.6)	2	1111.7	2	1151.3	2	((1078.8))	2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((2994.0))	4	2847.2	4	3026.4	4	(2031.9)	3
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((2627.5))	4	2799.3	4	2858.3	4	((2672.8))	4
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((3265.6))	4	(3006.9)	4	3378.2	4	(2936.2)	4
RIO LOA EN YALQUINCHA	(6757.5)	4	6657.0	4	6441.1	4	6056.5	4
RIO LOA EN LA FINCA	(7689.0)	4	8441.7	4	9702.5	4	((7808.8))	4
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	(15985.0)	4	((17034.1))	4	13490.6	4	13880.0	4
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	(16437.5)	4	((16974.5))	4	13830.7	4	14826.0	4
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	17208.6	4	16997.6	4	11810.2	4	15332.8	4
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((17001.1))	4	(17311.6)	4	(17092.3)	4	(18718.2)	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((1329.5))	2	(1151.0)	2	1381.6	2	((1386.3))	2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	(739.1)	1	738.2	1	739.5	1	((634.8))	1
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	(5791.1)	4	6253.2	4	6078.8	4	(5559.4)	4
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((6233.5))	4	7085.2	4	6507.4	4	((7259.5))	4

ESTACION DE MONITOREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((6.8))	2	9.3	0	9.3	0	((7.0))	2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((5.9))	2	(7.4)	2	7.6	0	((7.1))	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((7.4))	2	8.4	0	8.3	0	((6.3))	2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((7.2))	2	(6.9)	2	(7.0)	2	((7.2))	2
RIO LOA EN YALQUINCHA	((7.0))	2	(8.4)	0	8.7	0	((7.0))	2
RIO LOA EN LA FINCA	((7.4))	2	8.6	0	8.4	0	((7.6))	0
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO								
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO								
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO			(9.0)	0	(8.6)	0	((8.8))	0
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((8.3))	0	(9.6)	0	(8.6)	0	((7.2))	2
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((6.9))	2	7.6	0	8.3	0	((6.9))	2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	(8.1)	0	8.3	0	7.9	0	((6.8))	2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((6.9))	2	8.5	0	7.7	0	((7.1))	2
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA			(9.6)	0	(9.0)	0		

ESTACION DE MONITOREO	pH							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	(8.2)	0	8.4	0	8.5	0	((7.5))	0
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((7.1))	0	7.9	0	7.1	0	(7.2)	0
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((8.1))	0	8.0	0	7.9	0	((7.8))	0
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((8.3))	0	(7.8)	0	8.0	0	(7.9)	0
RIO LOA EN YALQUINCHA	(8.0)	0	7.9	0	7.8	0	((7.5))	0
RIO LOA EN LA FINCA	(7.9)	0	8.0	0	7.7	0	((7.9))	0
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	(8.0)	0	(8.0)	0	8.0	0	8.0	0
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	(8.0)	0	(8.0)	0	8.0	0	8.0	0
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	8.0	0	8.0	0	8.1	0	8.1	0
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((8.0))	0	(7.9)	0	(7.9)	0	(7.9)	0
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((8.2))	0	8.6	4	7.7	0	((7.2))	0
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	(7.9)	0	7.8	0	7.6	0	((7.7))	0
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	(7.6)	0	8.1	0	7.9	0	(7.1)	0
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((7.7))	0	8.1	0	7.9	0	((7.8))	0

ESTACION DE MONITOREO	RAS							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((3.0))	1	3.1	2	3.2	2	((2.7))	1
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((5.9))	2	(6.1)	3	7.1	3	((4.7))	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((5.9))	2	7.3	3	6.4	3	((5.8))	2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((6.5))	3	((6.7))	3	(6.5)	3	((6.9))	3
RIO LOA EN YALQUINCHA	(13.8)	4	14.8	4	15.4	4	((14.1))	4
RIO LOA EN LA FINCA	(17.0)	4	17.6	4	18.4	4	((16.2))	4
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO								
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO								
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	((21.1))	4	22.2	4	21.8	4	((20.8))	4
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((25.0))	4	((25.2))	4	((25.7))	4	((26.8))	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((3.1))	2	(3.1)	2	3.5	2	((3.5))	2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((5.3))	2	(4.9)	2	5.3	2	((4.0))	2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((15.0))	4	(14.6)	4	16.5	4	(14.6)	4
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((17.8))	4	19.1	4	19.1	4	((19.2))	4

Tabla 4.16 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Río Loa. Información DGA

ESTACIÓN DE MONITOREO	Cloruro (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((138.6))	2	139.9	2	146.7	2	((116.6))	2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((635.0))	4	(593.7)	4	645.1	4	((460.8))	4
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((551.5))	4	633.6	4	632.5	4	((565.8))	4
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((748.8))	4	((730.9))	4	743.7	4	((650.8))	4
RIO LOA EN YALQUINCHA	((1886.2))	4	1931.1	4	1936.8	4	((1681.9))	4
RIO LOA EN LA FINCA	((2289.0))	4	2581.5	4	2935.7	4	((2303.2))	4
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO								
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO								
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	((3526.0))	4	4226.8	4	3834.1	4	((3690.3))	4
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((5216.6))	4	((5602.2))	4	(5483.5)	4	((6101.5))	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((207.7))	4	(189.6)	3	223.4	4	((216.7))	4
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((137.3))	2	(145.8)	2	135.8	2	((107.8))	2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((1654.2))	4	(1705.9)	4	1809.1	4	(1484.4)	4
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((1932.0))	4	2075.2	4	2183.0	4	((2236.5))	4

ESTACIÓN DE MONITOREO	Sulfato (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((200.9))	2	200.0	2	217.9	2	((243.8))	2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((187.7))	2	(191.0)	2	210.4	2	(235.8)	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((192.7))	2	206.4	2	187.1	2	((214.7))	2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((232.5))	2	((232.9))	2	229.3	2	((222.5))	2
RIO LOA EN YALQUINCHA	161.8	2	209.6	2	240.0	2	((270.6))	2
RIO LOA EN LA FINCA	389.9	2	386.8	2	488.3	2	((361.9))	2
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO								
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO								
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	((694.5))	3	894.6	3	853.0	3	848.4	3
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((1615.8))	4	((2015.9))	4	(1507.6)	4	((1453.2))	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((77.2))	0	(96.9)	0	95.1	0	(96.3)	0
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((66.2))	0	(61.7)	0	68.1	0	(81.3)	0
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((79.6))	0	(103.6)	0	112.8	0	(125.5)	1
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((123.0))	1	127.0	1	129.3	1	((125.0))	1

ESTACIÓN DE MONITOREO	Boro (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((8.0))	4	4.0	4	5.3	4	((5.0))	4
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((13.5))	4	(7.3)	4	11.0	4	(5.3)	4
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((9.5))	4	7.0	4	10.3	4	((6.5))	4
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((17.0))	4	(8.3))	4	(10.8)	4	((7.5))	4
RIO LOA EN YALQUINCHA	((21.7))	4	11.0	4	18.4	4	((12.0))	4
RIO LOA EN LA FINCA	((23.7))	4	16.0	4	21.8	4	((15.5))	4
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	(25.9)	4	30.9	4	38.8	4	69.3	4
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	(26.9)	4	31.9	4	41.8	4	90.0	4
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	30.0	4	33.7	4	39.0	4	83.0	4
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((41.0))	4	((28.8))	4	(45.8)	4	((41.0))	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((5.0))	4	(2.4)	4	3.9	4	((2.5))	4
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((4.0))	4	(2.4)	4	3.6	4	((2.5))	4
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((22.5))	4	(8.2)	4	10.0	4	((12.3))	4
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((17.0))	4	11.9	4	10.9	4	((12.0))	4

ESTACIÓN DE MONITOREO	Cobre (µg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((23))	2	(14)	2	14	2	((40))	2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((23))	2	(21)	2	(19)	2	(104)	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((18))	2	(14)	2	20	2	((15))	2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((17))	2	(52)	2	(19)	2	(42)	2
RIO LOA EN YALQUINCHA	((23))	2	20	2	36	2	((28))	2
RIO LOA EN LA FINCA	((25))	2	30	2	49	2	((18))	2
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	<10	<2	<10	<2	<10	<2	<10	<2
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	<10	<2	<10	<2	<10	<2	<10	<2
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	<10	<2	11	2	20	2	<10	<2
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((43))	2	(48)	2	(56)	2	((25))	2
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((20))	2	(20)	2	(22)	2	((15))	2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((20))	2	11	2	(15)	2	((48))	2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((23))	2	20	2	(30)	2	((40))	2
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((60))	2	(20)	2	(26)	2	((50))	2

Tabla 4.16 (Continuación) : Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Río Loa. Información DGA

ESTACIÓN DE MONITOREO	Niquel (µg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((13))	0	((<10))	0	((<10))	0	((13))	0
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((<10))	0	<10	0	((<10))	0	((15))	0
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO LOA EN YALQUINCHA	((<10))	0	(20)	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO LOA EN LA FINCA	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	<10	0	20	0	<10	0	14	0
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	<10	0	11	0	<10	0	12	0
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	<10	0	12	0	<10	0	<10	0
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0	((<10))	0

ESTACIÓN DE MONITOREO	Zinc (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,03))	0
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	(0,03)	0
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO LOA EN YALQUINCHA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO LOA EN LA FINCA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	<0,01	0	<0,01	0	<0,01	0	0,04	0
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	0,03	0	7,86	4	7,85	4	0,02	0
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	<0,01	0	<0,01	0	<0,01	0	0,02	0
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((<0,01))	0	((0,02))	0	((0,02))	0	((0,03))	0
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((0,02))	0	((<0,01))	0
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0	((<0,01))	0

ESTACIÓN DE MONITOREO	Aluminio (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((0,48))	2	((0,50))	2	((0,26))	2	((1,66))	3
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((0,45))	2	((0,50))	2	((0,27))	2	2,74	3
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((0,37))	2	((0,50))	2	((0,33))	2	((0,24))	2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((0,4))	2	((0,50))	2	((0,35))	2	((0,24))	2
RIO LOA EN YALQUINCHA	((0,37))	2	((0,50))	2	((0,46))	2	((0,30))	2
RIO LOA EN LA FINCA	((0,37))	2	((0,50))	2	((0,45))	2	((0,22))	2
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	0,15	2	0,20	2	0,51	2	0,50	2
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	0,50	2	0,50	2	0,50	2	0,50	2
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	0,50	2	0,50	2	0,50	2	0,50	2
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((0,30))	2	((0,50))	2	((0,28))	2	((0,12))	2
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((1,23))	3	((0,50))	2	((0,68))	2	((0,52))	2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((0,75))	2	((0,73))	2	((0,42))	2	((0,69))	2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((0,83))	2	((0,50))	2	((0,53))	2	((0,26))	2
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((0,50))	2	((0,50))	2	((0,50))	2	((0,50))	2

ESTACIÓN DE MONITOREO	Arsénico (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((0,24))	4	0,23	4	0,26	4	((0,22))	4
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((0,20))	4	(0,20)	4	0,22	4	(1,28)	4
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((0,22))	4	0,26	4	0,23	4	((0,22))	4
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((0,28))	4	(0,31)	4	0,28	4	(0,27)	4
RIO LOA EN YALQUINCHA	(0,96)	4	1,10	4	1,05	4	((1,43))	4
RIO LOA EN LA FINCA	(1,66)	4	1,65	4	1,89	4	((1,81))	4
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	2,77	4	2,97	4	2,50	4	4,40	4
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	2,60	4	3,50	4	2,51	4	3,90	4
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	2,80	4	3,36	4	2,73	4	4,04	4
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((1,79))	4	(1,81)	4	(1,69)	4	((2,04))	4
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((0,43))	4	(0,43)	4	0,48	4	((0,45))	4
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((0,88))	4	0,84	4	0,84	4	((0,59))	4
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((1,09))	4	0,33	4	0,37	4	(2,44)	4
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA	((0,99))	4	0,94	4	0,98	4	((1,39))	4

Tabla 4.16 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Río Loa. Información DGA

ESTACIÓN DE MONITOREO	Mercurio (µg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,5))	4
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((2,5))	4
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO LOA EN YALQUINCHA	((1,9))	4	1,1	4	((1,0))	3	((1,3))	4
RIO LOA EN LA FINCA	((0,9))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	1,2	4	1,0	3	1,0	3	1,0	3
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	1,0	3	1,4	4	1,0	3	1,0	3
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	1,0	3	1,0	3	1,0	3	1,0	3
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((0,9))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((1,0))	3	1,2	4	((1,0))	3	((1,3))	4
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((1,0))	3	1,0	3	((1,0))	3	((1,0))	3
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA			((1,0))	3	((1,0))	3		

ESTACIÓN DE MONITOREO	Plomo (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	((0,02))	2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((0,03))	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO LOA EN YALQUINCHA	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO LOA EN LA FINCA	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO LOA EN TRANQUE SANTA FE MUESTREADOR AUTOMATICO	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2
RIO LOA EN TRANQUE SLOMAN MUESTREO AUTOMATICO	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2
RIO LOA EN QUILLAGUA MUESTREADOR AUTOMATICO	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,01	<2
RIO LOA EN DESEMBOCADURA	((0,03))	2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO SAN PEDRO EN PARSHAL N°1	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO TOCONCE ANTES REPRESA ESSAN O EX-SENDOS	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2	((<0,01))	<2
RIO SALADO ANTES JUNTA RIO LOA								

En el caso del Programa de Monitoreo Ambiental Mina El Abra, Sociedad Contractual Minera El Abra (1996-2000), se cuenta con información adicional a la presentada por la DGA, en lo que respecta a: sólidos disueltos, sólidos suspendidos, cianuro, fluoruro, aceites y grasas, detergentes, índice de fenol, hidrocarburos, coliformes fecales y coliformes totales. A continuación en la tabla 4.17 se presenta por período estacional la información de dichos parámetros.

Tabla 4.17: Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la Cuenca del Loa. Información Sociedad Contractual Minera El Abra (1996-2000)

ESTACIÓN DE MONITOREO	Sólidos Disueltos (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(1989)	4	(2099)	4	(1949)	4	(2025)	4
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(1966)	4	(1913)	4	(1806)	4	(1910)	4

ESTACIÓN DE MONITOREO	Sólidos Suspendidos (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(31)	2	(35)	2	(36)	2	(45)	2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(62)	3	(25)	1	(59)	3	(28)	1

Tabla 4.17 (Continuación): Calidad de Agua por Períodos Estacionales en la cuenca del Loa. Información Sociedad Contractual Minera El Abra (1996-2000)

ESTACIÓN DE MONITOREO	Cianuro ($\mu\text{g/l}$)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(<5)	<1	(<5)	<1	(<5)	<1	(<5)	<1
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<5)	<1	(<5)	<1	(<5)	<1	(<5)	<1

ESTACIÓN DE MONITOREO	Fluoruro (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(0,53)	0	(0,60)	0	(0,64)	0	(0,53)	0
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(0,58)	0	(0,55)	0	(0,61)	0	(0,54)	0

ESTACIÓN DE MONITOREO	Aceites y Grasas (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(<5)	<2	(<5)	<2	(<5)	<2	(<5)	<2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<5)	<2	(<5)	<2	(<5)	<2	(<5)	<2

ESTACIÓN DE MONITOREO	Detergentes (SAAM) (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(<0,05)	0	(<0,05)	0	(<0,05)	0	(<0,05)	0
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<0,05)	0	(<0,05)	0	(<0,05)	0	(<0,05)	0

ESTACIÓN DE MONITOREO	Índice de Fenol ($\mu\text{g/l}$)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(<2)	<2	(<2)	<2	(<2)	<2	(<2)	<2
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<2)	<2	(<2)	<2	(<2)	<2	(<2)	<2

ESTACIÓN DE MONITOREO	Hidrocarburos (mg/l)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(<5)	<4	(<5)	<4	(<5)	<4	(<5)	<4
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<5)	<4	(<5)	<4	(<5)	<4	(<5)	<4

ESTACIÓN DE MONITOREO	Coliformes Fecales (NMP/100ml)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(5,0)	0	(9,3)	0	(8,2)	0	(12,8)	1
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(<2)	0	(<2)	0	(<2)	0	(12,5)	1

ESTACIÓN DE MONITOREO	Coliformes Totales (NMP/100ml)							
	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI	(66)	0	(46)	0	(70)	0	(245)	1
RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	(23)	0	(23)	0	(5)	0	(34)	0

La información del programa de monitoreo del SAG de la que se dispone para esta cuenca entrega información que a continuación se presenta en la Tabla 4.18:

**Tabla 4.18: Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	C.E ($\mu\text{S/cm}$)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((4600))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((9260))	4
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((6773))	4
Río Loa en Lasana	((2898))	4
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((6023))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((4727))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((4727))	4
Río Loa en Quillagua	((17248))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((9482))	4

ESTACION DE MONITOREO	DBO5 (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((5,4))	2
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((0,5))	0
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,5))	0
Río Loa después de junta con Río Salado	((4,5))	1
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,4))	0
Río Loa en Quillagua	((4,8))	1
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((2,8))	1

ESTACION DE MONITOREO	pH	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((7,6))	0
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((8,2))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((8,1))	0
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((7,9))	0
Río Loa en Lasana	((8,3))	0
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((8,1))	0
Río Loa después de junta con Río Salado	((8,1))	0
Río Loa sector Yalquincha arriba	((8,1))	0
Río Loa en Quillagua	((8,0))	0
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((8,0))	0

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	SDT (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador		
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((6290))	4
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((3257))	4
Río Loa en Lasana	((1390))	3
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((2797))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((2717))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((3772))	4
Río Loa en Quillagua		
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((4683))	4

ESTACION DE MONITOREO	SST (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((108,0))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((20,2))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana		
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater		
Río Loa después de junta con Río Salado		
Río Loa sector Yalquincha arriba		
Río Loa en Quillagua	((65,1))	3
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((107,9))	4

ESTACION DE MONITOREO	Cloruro (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((5220,0))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((2492,5))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((3124,4))	4
Río Loa en Lasana	((923,2))	4
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((2212,7))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((2042,9))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((2118,4))	4
Río Loa en Quillagua	((5764,5))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((2393,4))	4

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	Nitritos (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((3,8))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana		
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater		
Río Loa después de junta con Río Salado		
Río Loa sector Yalquincha arriba		
Río Loa en Quillagua	((7,4))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((11,6))	4

ESTACION DE MONITOREO	Sulfato (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((946,0))	3
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((532,7))	3
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((503,9))	3
Río Loa en Lasana	((429,8))	2
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((679,6))	3
Río Loa después de junta con Río Salado	((388,4))	2
Río Loa sector Yalquincha arriba	((483,7))	2
Río Loa en Quillagua	((1519,6))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((1823,7))	4

ESTACION DE MONITOREO	Sulfuros (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((2,4))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((2,0))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana		
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater		
Río Loa después de junta con Río Salado	((5,0))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba		
Río Loa en Quillagua	((1,8))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena		

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	Aceites y grasas (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((2,15))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((0,95))	0
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((0,90))	0
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,10))	0
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,85))	0
Río Loa sector Yalquincha arriba	((<0,10))	0
Río Loa en Quillagua	((2,35))	0
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((<0,10))	0

ESTACION DE MONITOREO	Detergentes (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,40))	1
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,02))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((0,03))	0
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((0,03))	0
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,08))	0
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,02))	0
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,01))	0
Río Loa en Quillagua	((0,04))	0
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((0,15))	0

ESTACION DE MONITOREO	Hidrocarburos (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((3,5))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((1,2))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa	((3,0))	4
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((3,4))	4
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((8,5))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((5,2))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((11,9))	4
Río Loa en Quillagua	((2,5))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((11,0))	4

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	Boro (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((78,2))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((34,5))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((55,6))	4
Río Loa en Lasana	((19,2))	4
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((13,4))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((12,2))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((15,9))	4
Río Loa en Quillagua	((60,8))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((51,0))	4

ESTACION DE MONITOREO	Cobre (µg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((107))	2
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((236))	3
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((80))	2
Río Loa en Lasana	((50))	2
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((30))	2
Río Loa después de junta con Río Salado	((30))	2
Río Loa sector Yalquincha arriba	((30))	2
Río Loa en Quillagua	((230))	3
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((2340))	4

ESTACION DE MONITOREO	Hierro (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,26))	0
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,36))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((0,29))	0
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,49))	0
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,25))	0
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,16))	0
Río Loa en Quillagua	((0,33))	0
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((2,81))	2

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	Manganeso (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,33))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,07))	2
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((0,08))	2
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,10))	2
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,06))	2
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,07))	2
Río Loa en Quillagua	((0,61))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((0,57))	4

ESTACION DE MONITOREO	Molibdeno (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,17))	3
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,99))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((0,14))	2
Río Loa en Lasana	((0,08))	2
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((0,21))	3
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,28))	3
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,21))	3
Río Loa en Quillagua	((0,43))	3
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((0,77))	4

ESTACION DE MONITOREO	Selenio (µg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,1))	0
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,04))	0
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana	((4,1))	1
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((5,1))	2
Río Loa después de junta con Río Salado	((5,0))	1
Río Loa sector Yalquincha arriba	((5,3))	2
Río Loa en Quillagua	((0,1))	0
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((20,0))	2

**Tabla 4.18 (Continuación): Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información SAG 1997-2000**

ESTACION DE MONITOREO	Zinc (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((0,08))	0
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((0,39))	2
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa		
Río Loa en Lasana		
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater		
Río Loa después de junta con Río Salado	((0,47))	2
Río Loa sector Yalquincha arriba	((0,37))	2
Río Loa en Quillagua	((0,10))	1
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((0,96))	2

ESTACION DE MONITOREO	Aluminio (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman		
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((1,33))	3
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((0,55))	2
Río Loa en Lasana	((1,48))	3
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((1,43))	3
Río Loa después de junta con Río Salado	((1,95))	3
Río Loa sector Yalquincha arriba	((1,22))	3
Río Loa en Quillagua	((1,00))	2
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((3,21))	3

ESTACION DE MONITOREO	Arsénico (mg/l)	CLASE
Río Loa en Tranque Sloman	((12,3))	4
Río Loa en Coya Sur, antes de la junta con el Río San Salvador	((11,5))	4
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el Río Loa		
Río Salado, antes de la junta con el Río Loa	((39,4))	4
Río Loa en Lasana	((2,9))	4
Río Loa sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater	((5,4))	4
Río Loa después de junta con Río Salado	((3,3))	4
Río Loa sector Yalquincha arriba	((4,2))	4
Río Loa en Quillagua	((7,8))	4
Inicio Río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena	((8,3))	4

Se cuenta con la Declaración de Impacto Ambiental “Plan Regulador Comunal de Calama. Cambio de Uso de Suelo Topater”, donde se realizaron tres campañas de mediciones por parte del MOP-DGA durante el año 1996. La mayoría de parámetros que se analizaron en esa ocasión están contenidos en la base de datos de la DGA, encontrándose que la única información adicional que aporta este estudio radica en la concentración de sólidos suspendidos, valores que a continuación se presentan:

**Tabla 4.19: Calidad de Agua en la Cuenca del Loa.
Información EIA 1996**

Estación de Monitoreo	SST (mg/l)	Clase
Río Loa en Conchi	((4,5))	0
Río Loa en Escorial	((3,1))	0

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

**Tabla 4.20: Calidad de Agua Cuenca del río Loa
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	10	2
Río Salado a/j río Loa	6	2
Río Loa en Yalquincha	<1.5	0
Río Loa en la Finca	<1.5	0
Río San Salvador a/j río Loa	7	2
Río Loa en Desembocadura	<5	<1

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	10	0
Río Salado a/j río Loa	10	0
Río Loa en Yalquincha	10	0
Río Loa en la Finca	10	0
Río San Salvador a/j río Loa	30	2
Río Loa en Desembocadura	10	0

**Tabla 4.20 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Loa
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	1030	3
Río Salado a/j río Loa	4280	4
Río Loa en Yalquincha	3730	4
Río Loa en la Finca	6000	4
Río San Salvador a/j río Loa	6000	4
Río Loa en Desembocadura	13600	4

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<10	0
Río Salado a/j río Loa	<10	0
Río Loa en Yalquincha	<10	0
Río Loa en la Finca	<10	0
Río San Salvador a/j río Loa	<10	0
Río Loa en Desembocadura	<10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	0.04	0
Río Salado a/j río Loa	0.03	0
Río Loa en Yalquincha	0.05	0
Río Loa en la Finca	0.03	0
Río San Salvador a/j río Loa	0.06	0
Río Loa en Desembocadura	0.08	0

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<3	0
Río Salado a/j río Loa	126	4
Río Loa en Yalquincha	<3	0
Río Loa en la Finca	<3	0
Río San Salvador a/j río Loa	158	4
Río Loa en Desembocadura	104	4

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	0.4	0
Río Salado a/j río Loa	0.3	0
Río Loa en Yalquincha	0.4	0
Río Loa en la Finca	0.5	0
Río San Salvador a/j río Loa	0.7	0
Río Loa en Desembocadura	0.7	0

**Tabla 4.20 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Loa
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<0.01	0
Río Salado a/j río Loa	<0.01	0
Río Loa en Yalquincha	<0.01	0
Río Loa en la Finca	<0.01	0
Río San Salvador a/j río Loa	<0.01	0
Río Loa en Desembocadura	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<0.01	0
Río Salado a/j río Loa	<0.01	0
Río Loa en Yalquincha	<0.01	0
Río Loa en la Finca	0.02	0
Río San Salvador a/j río Loa	<0.01	0
Río Loa en Desembocadura	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño (µg/L)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<10	<2
Río Salado a/j río Loa	<10	<2
Río Loa en Yalquincha	<10	<2
Río Loa en la Finca	<10	<2
Río San Salvador a/j río Loa	<10	<2
Río Loa en Desembocadura	<200	<4

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	<2	0
Río Salado a/j río Loa	17	1
Río Loa en Yalquincha	23	1
Río Loa en la Finca	<2	0
Río San Salvador a/j río Loa	900	1
Río Loa en Desembocadura	<2	0

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río Loa antes represa Lequena	34	0
Río Salado a/j río Loa	22	0
Río Loa en Yalquincha	50	0
Río Loa en la Finca	<2	0
Río San Salvador a/j río Loa	1.6e3	1
Río Loa en Desembocadura	41	0

**Tabla 4.20 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Loa
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Parámetro	Unidad	Río San Salvador a/j río Loa	
		Valor	Clase
Arsénico	mg/L	1.93	4
Aluminio	mg/L	<0.07	0
Cadmio	□g/L	<1	0
Cloruro	mg/L	2780	4
Boro	mg/L	20.8	4
Hierro	mg/L	4.36	2

Parámetro	Unidad	Río Loa en Desembocadura	
		Valor	Clase
Arsénico	mg/L	0.057	2
Aluminio	mg/L	<0.07	0
Cadmio	□g/L	<1	0
Cloruro	mg/L	5860	4
Boro	mg/L	49.6	4
Hierro	mg/L	0.06	0
Selenio	□g/L	3	0

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

En la tabla antes presentada, se han incluido los resultados entregados por el laboratorio externo contratado para llevar a cabo los análisis. En los casos en que el límite de detección analítico es superior al valor correspondiente a la clase de excepción, correspondería verificar si existe otra metodología de análisis, o bien redefinir el valor a fijar en la clase de excepción. Por otra parte, cuando el análisis de laboratorio entrega un valor en límite de detección analítico que se encuentra entre los límites definidos para dos clases de calidad, por el momento sólo es posible señalar que el parámetro podría ser clasificado en una clase de calidad “menor” a aquella correspondiente al límite superior entre ambas. Por ejemplo, a una concentración de estaño de < 20 µg/l se le debería asignar, tal como está definido actualmente el Instructivo, una clase de calidad < 2. Se estima que, en casos como éste, el Instructivo

debería definir un criterio de modo tal que fuese posible asignar siempre una clase de calidad en particular y no dejar su clasificación sin definir.

4.3 Factores Incidentes en la Calidad del Agua

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

En la Tabla 4.21 se explica los factores incidentes en la cuenca del río Loa, de acuerdo a la información presentada en la tabla 4.16 (estaciones de calidad DGA).

Tabla 4.21: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa antes represa Lequena 0210-LO-10	Lixiviación de filones mineralizados de la franja metalogénica Lixiviación superficial y volumétrica de litología del sector asociado a esta parte de la cuenca Concentración de compuestos debido a la evaporación Lixiviación de compuestos de origen volcánicos	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por ganadería de bofedales	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SD Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas correspondientes a rocas volcánicas fracturadas, compuesta por coladas, tobas y brechas andesíticas con intercalaciones de sedimentos clásticos continentales, ignimbritas, riolíticas y dacíticas, correspondiente a los períodos Terciario y Cuaternario • Litología: Franja metalogénica F-8 • Poblado de Lequena • Volcanes: Miño, Ollagüe • Bofedales con presencia de auquénidos • Clima: Alta radiaciónSolar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso
Río Loa en Alcantarilla Conchi N°2 * 0210-LO-20	Lixiviación de filones mineralizados de la franja metalogénica Sales provenientes de actividad volcánica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por ganadería de bofedales Contaminación difusa por actividad minera	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SD, SS Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas de rocas volcánicas fracturadas en conjunto con depósitos no consolidados de origen coluvial. • Litología: Franja metalogénica F-8 • Poblado de Calachuz • Volcanes San Pedro y San Pablo • Termas de Taira • Minería: Pequeña minería

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa en Alcantarilla Conchi N°2 * (Continuación) 0210-LO-20	Surgencia de aguas ricas en sales (Termales) Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas. Contaminación difusa por ganadería de bofedales Lixiviación de depósitos de estériles y aguas de drenaje de minas ²	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SD, SS, CF, CT Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima: Alta radiación solar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso
Río Loa en Salida Embalse Conchi * 0210-LO-30	Aporte de otro curso de agua Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por ganadería de bofedales Lixiviación de depósitos de estériles y aguas de drenaje de minas ² Contaminación difusa por actividad minera	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SD, SS Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas de rocas volcánicas fracturadas en conjunto con depósitos no consolidados de origen coluvial. • Embalse Conchi • Poblado de San Pedro • Hidrología: Incorporación de Río San Pedro • Bofedales • Volcanes San Pedro y San Pablo • Clima: Alta radiaciónSolar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa en Lasana ¹ 0210-LO-30	Lixiviación de filones mineralizados de la franja metalogénica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por ganadería de bofedales Lixiviación de depósitos de estériles y aguas de drenaje de minas ² Contaminación difusa por actividad Agrícola	CE, SD, Cl, SO ₄ ⁻² , HC, B, Mn, Mo, Al, As, Se Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas consistente en rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados. • Litología: Franja metalogénica F-8 • Poblado de Lasana y Chiu-Chiu • Minería: C.M. Radomiro Tomic • Clima: Alta radiación Solar • Agricultura: Maíz y tubérculos.
Río Loa a/j Río Salado 0210-LO-30	Lixiviación de filones mineralizados de la franja metalogénica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por actividad minera Contaminación difusa por actividad agrícola	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas consistente en rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados • Litología: Franja metalogénica F-8 • Poblado de Lasana y Chiu-Chiu • Minería: C.M. Radomiro Tomic y Minera El Abra. • Agricultura: Cultivos de Maíz y tubérculos • Clima: Alta radiación Solar
Río Loa d/j río Salado ¹ 0211-LO-10	Efectos del aporte de un tributario Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad agrícola	CE, DBO ₅ , SDT, Cl, SO ₄ ⁻² , S, HC, B, Mn, Mo, Zn, Al, As, se	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas consistente en rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados • Hidrología: Aporte de aguas del río Salado • Agricultura: Cultivos de Maíz y tubérculos • Clima: Alta radiación solar

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa en Yalquincha Río Loa en Yalquincha frente ESSAN ¹ Río Loa en Yalquincha arriba ¹ 0211-LO-10	Lixiviación de filones mineralizados de franja metalogénica Lixiviación superficial y volumétrica de formaciones geológicas Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad minera Contaminación difusa por actividad agrícola Extracción de agua para potabilizar y para riego Contaminación difusa por tranque de relave.	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SDT, HC, Zn, Se, CF	<ul style="list-style-type: none"> • Minería: Tranque relaves Talabre y Complejo minero Chuquicamata, C.M. Tuine • Planta de tratamiento de A.P. ESSAN (Extracción de As) • Clima: Alta radiación Solar • Litología: Franja metalogénica F-8 • Litología: Formaciones geológicas consistente en rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados
Río Loa en la Finca 0211-LO-30	Lixiviación de franja metalogénica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad minera Contaminación difusa por descarga de RILES Contaminación difusa por actividad agrícola Contaminación difusa por filtraciones de tranque de relaves	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mo, Al, As, Hg, Pb, SD	<ul style="list-style-type: none"> • Minería: Tranque de relave Salar El Indio • Clima: Alta radiación Solar • RILES: ENAEX • Agricultura: Oasis de Calama (alfalfa, maíz, ganadería) • Hidrología: Canales de regadío • Formaciones geológicas consistente en rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa a/j San Salvador ¹ 0211-LO-40	Lixiviación de franja metalogénica Lixiviación de Caliche ² Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por descarga de RILES Contaminación difusa por percolados de planta de boratos	CE, DBO ₅ , SST, Cl, NO ₃ , SO ₄ ⁻² , S, HC, B, Mn, Mo, Zn, Al, As	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Depósitos no consolidados o rellenos en conjunto con rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados. • Minería: Planta de boratos • RILES: laguna con hidrocarburos de SOQUIMICH en Coya Sur • Planta de Caliche Pedro de Valdivia (Actualmente cerrada) • Clima: Alta radiación solar • Litología: Franja Metalogénica F-8 y F-7 • Suelos: Cercanía de Salar de Mirage. Capas de suelo con intercalaciones de caliches.
Río Loa en Tranque Sta. Fe 0211-LO-50	Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad minera Acumulación de agua Contaminación difusa por percolados de tranque de relaves.	CE, B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb	<ul style="list-style-type: none"> • Litología: Depósitos no consolidados o rellenos • Minería: Oficina Salitrera María Elena, Pequeña minería • Hidrología: Incorporación de río San Salvador. Tranque Sta. Fé. • Clima: Alta radiación solar • Suelos: Capas de suelo con intercalaciones de caliches.
Río Loa en Tranque Sloman ¹ 0211-LO-50	Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad minera Acumulación de agua	CE, B, Cu, Cr, Mn, Mo, Zn, Al, As, Hg, Pb, SST, Cl, SO ₄ ⁻² , S, detergente, HC	<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos no consolidados o rellenos • Minería: Pequeña minería • Clima: Alta radiación Solar • Hidrología: Tranque Sloman • Suelos: Capas de suelo con intercalaciones de caliches.

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Loa en Quillagua ¹ 0211-LO-60	Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por actividad minera Contaminación difusa por actividad agrícola Contaminación difusa por actividad ganadera	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, SST, NO ₃ , S, HC, Zn Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas formadas por rocas de origen volcánicas • Minería: Minera El Inca (plata) • Agricultura: Cultivos de alfalfa, maíz • Ganadería: Ganadería ovina y caprina • Clima: Alta radiación Solar • Suelos: Capas de suelo con intercalaciones de caliches.
Río Loa en Desembocadura 0212-LO-10	Aportes de compuestos inorgánicos de salar. Concentración de compuestos debido a la evaporación	No se registran factores incidentes relevantes	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb, DBO ₅ , CN	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas formadas por rocas de origen intrusivas y sedimentarias • Suelos: Salar de Llamara y capas de suelo con intercalaciones de caliches. • Clima: Alta radiación solar
Río San Pedro en Parshal N°1 0210-SP-10	Actividad volcánica Existencia de bofedales Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Extracción de agua para actividad minera	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de agua: C.M. Radomiro Tomic y División Chuquicamata Codelco. • Poblado de San Pedro • Volcán San Pedro • Clima: Alta radiación solar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso • Litología variada rica en minerales y sales

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Toconce antes Represa ESSAN 0210-TO-10	Surgencia de Aguas termales Existencia de bofedales Actividad Volcánica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas. Actividad turística	CE, OD, RAS, Cl, B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Volcán Linzor y Tatio • Geiser del Tatio • Poblados de Toconce, Caspana • Cordillera de la Sal • Alta radiación Solar, además la altura favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso • Litología variada rica en minerales y sales
Río Salado en sifón Ayquina 0210-SA-20	Surgencia de aguas termales Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa de aguas servidas Actividad turística	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, As, Hg, Pb Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas compuestas por rocas volcánicas fracturadas del período Terciario y Cuaternario, compuestas por coladas, brechas tobas de permeabilidad media a alta. • Poblado de Ayquina, Caspana • Termas de Turi • Clima: Alta radiación solar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso
Río Salado a/j río Loa ¹ 0210-SA-30	Existencia de bofedales Concentración de compuestos debido a la evaporación Lixiviación de franja metalogénica	Actividad agrícola	CE, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, Cu, Cr, Al, As, Hg, SDT, Mo, DBO ₅ , CN, CF Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas consistentes en depósitos no consolidados y rellenos de alta permeabilidad hídrica. • Poblado de Chiu-Chiu • Agricultura: Plantaciones de maíz y tubérculos • Clima: Alta radiación solar. Altitud favorece que el agua se encuentre en estado gaseoso • Litología: Franja Metalogénica F-8

Tabla 4.21 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Loa

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río San Salvador en inicio ¹ 0211-SS-10	Lixiviación de franja metalogénica Concentración de compuestos debido a la evaporación	Contaminación difusa por aguas servidas Contaminación difusa por actividad agrícola Contaminación difusa por actividad minera	CE, DBO ₅ , SDT, SST, NO ₃ , SO ₄ ⁻² , HC, B, Fe, Mn, Mo, Zn, Al, As, Se Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Formaciones geológicas consistentes en rocas carbonatadas compuestas por calizas, areniscas y lutitas calcáreas que le confieren a las aguas subterráneas calidad química deficiente. • Clima: Alta radiación Solar • Ciudad de Calama (con Pta. de tratamiento con cobertura de 100% de aguas servidas) • Litología: Franja Metalogénica F-8 • Litología compuesta por rocas sedimentarias lacustres
Río San Salvador a/j río Loa ¹ 0211-SS-10	Lixiviación de franja metalogénica Lixiviación de descartes mineros ² Concentración de compuestos debido a la evaporación	Descarga de aguas servidas libres de arsénico Contaminación difusa debido a actividad minera	CE, Cl, HC, SDT, DBO ₅ , Color, CN, CF, CT, As, Cl, B, Fe Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos no consolidados o rellenos en conjunto con rocas carbonatadas compuesta por calizas, areniscas y lutitas calcáreas, además de depósitos no consolidados. • Clima: Alta radiación Solar • Litología: Franja metalogénica F-7 • Minería: Minera Coya • Suelos: Capas de suelo con intercalaciones de caliches.

*: Muestreo Minera EL Abra

¹ Información SAG. Esta información es de origen puntual y no proviene de un programa de monitoreo.

² Las tortas de material de estériles son consideradas fuentes de contaminación difusa de origen antrópico, peor que inciden en la calidad natural por su efecto irreversible. Sin embargo se espera que en el futuro, cuando opere la norma de cierre de faenas mineras, estas tortas sean netamente factores incidentes antrópicos.

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 de la calidad de agua del cauce principal, río Loa, en la cuenca de éste se cuenta con diez estaciones de monitoreo, que son:

- Loa antes represa Lequena
- Loa en alcantarilla Conchi N° 2
- Loa en salida Embalse Conchi
- Loa antes junta Río Salado
- Loa en Yalquincha
- Loa en La Finca
- Loa en Tranque Santa Fé
- Loa en Tranque Sloman
- Loa en Quillagua
- Loa en Desembocadura

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, oxígeno disuelto, pH, RAS, cloruro, sulfato, boro, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, aluminio y arsénico.

No se presentan las representaciones gráficas por existir en su mayoría registros en el límite de detección (LD) de los siguientes parámetros: zinc, mercurio y plomo. 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.

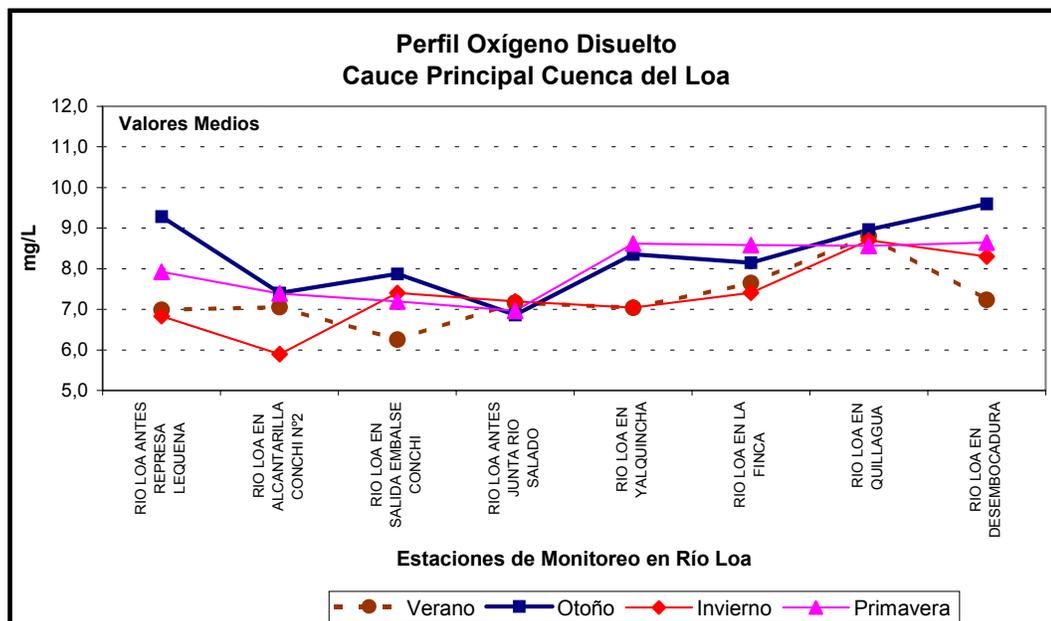
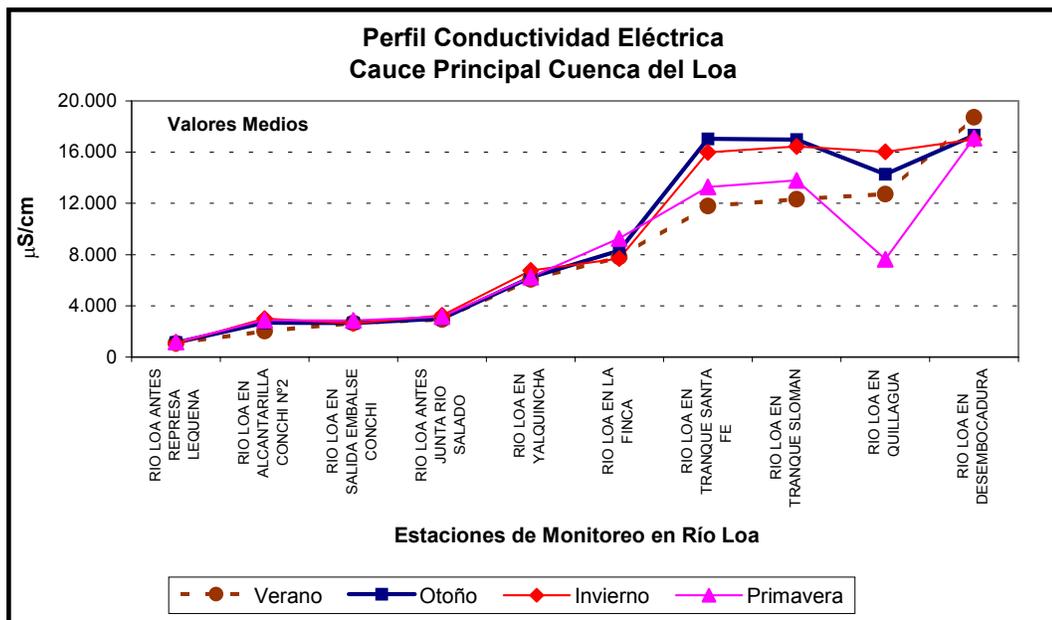


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

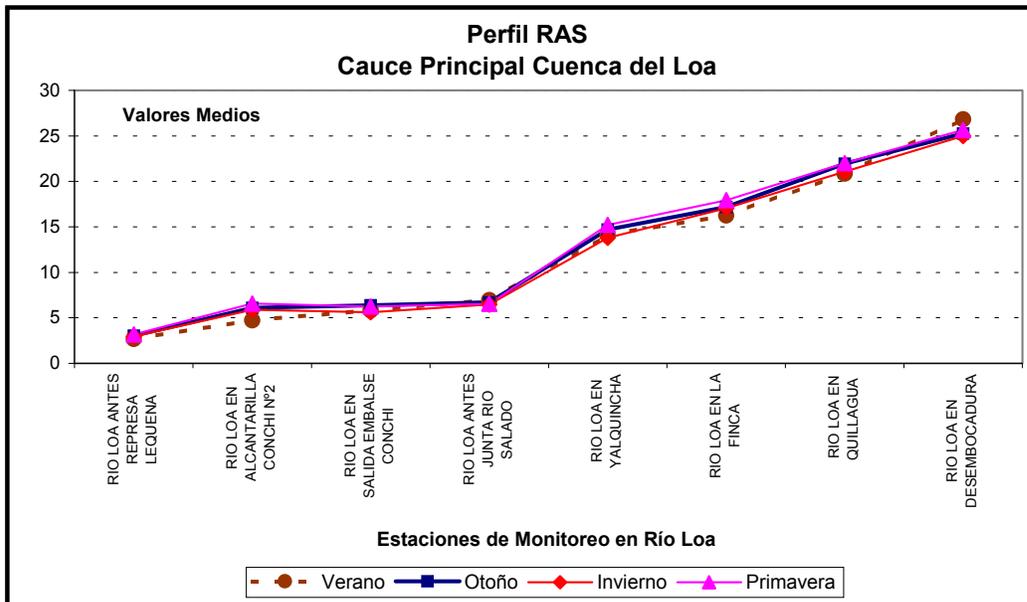
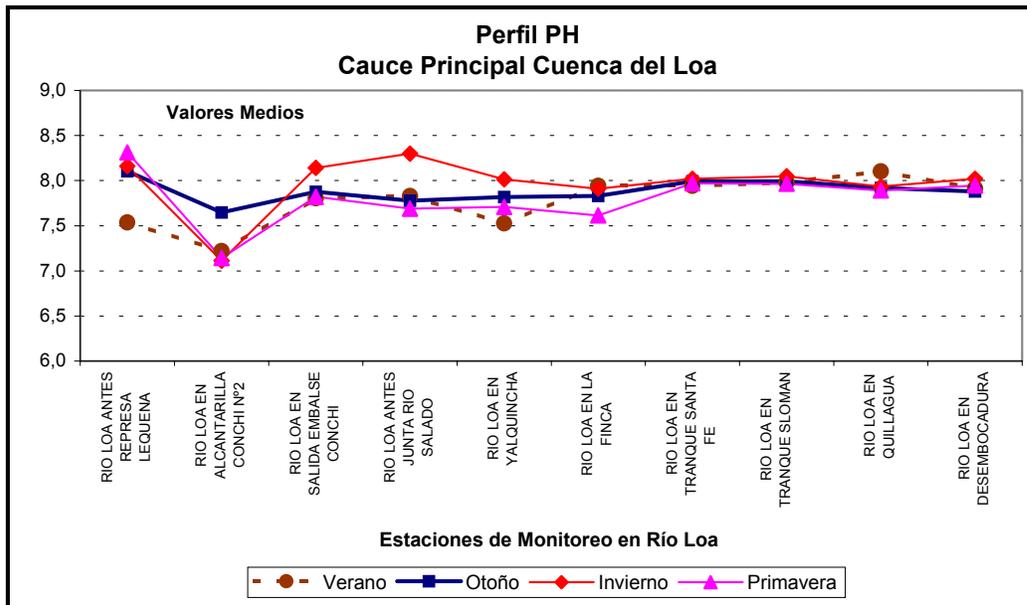


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

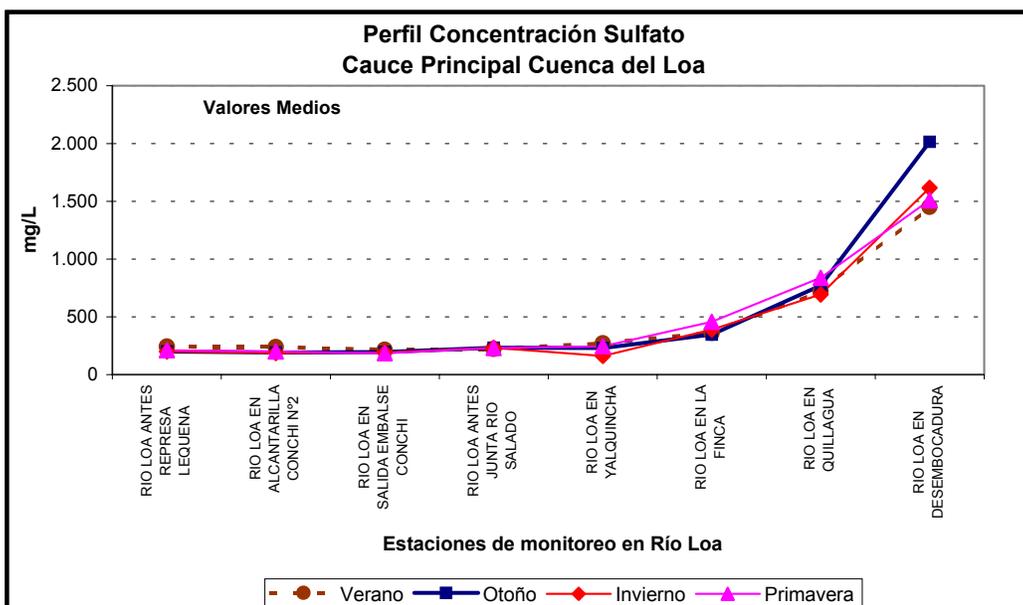
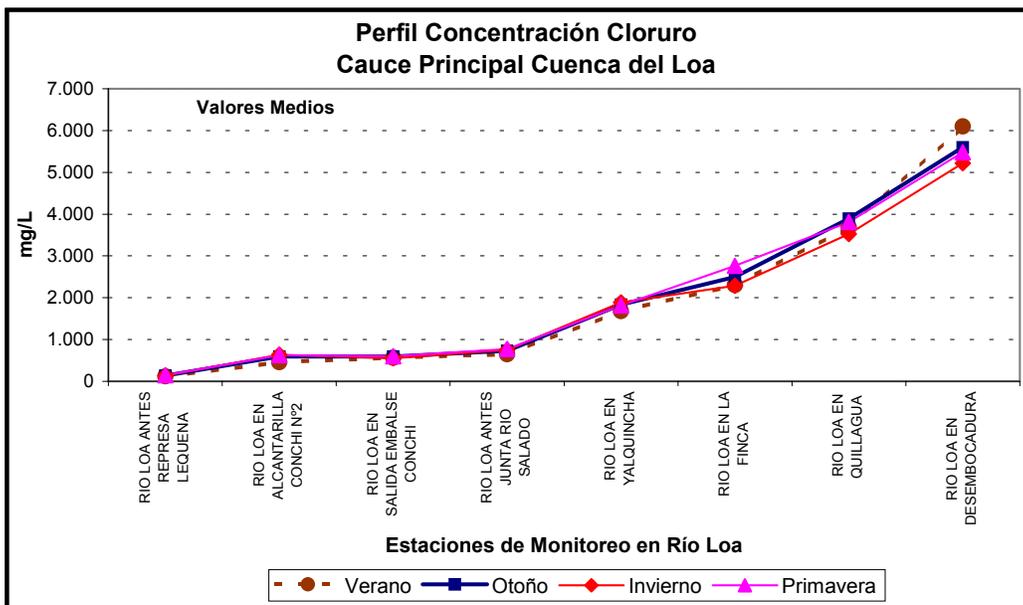


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

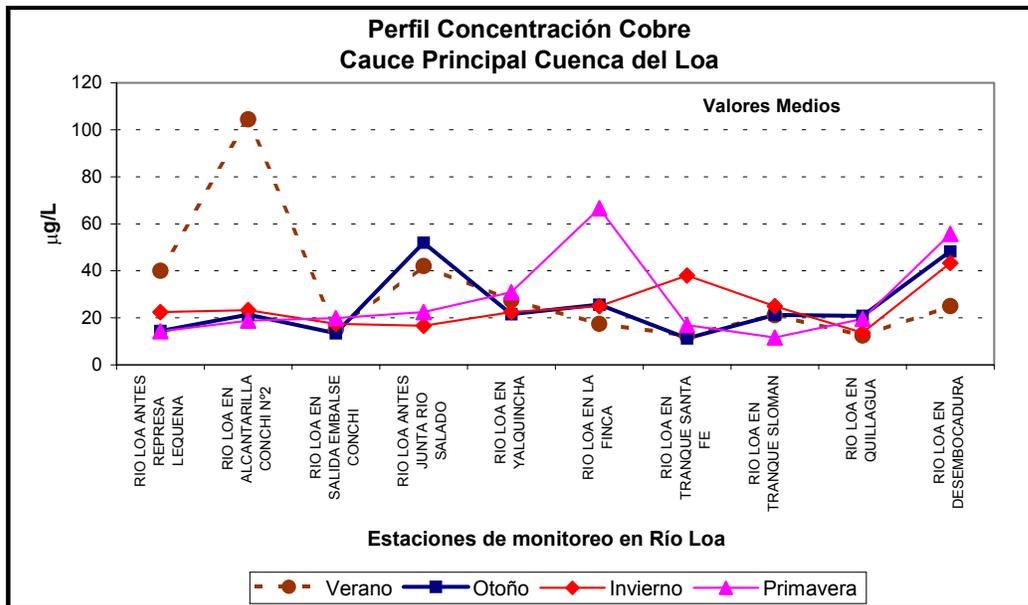
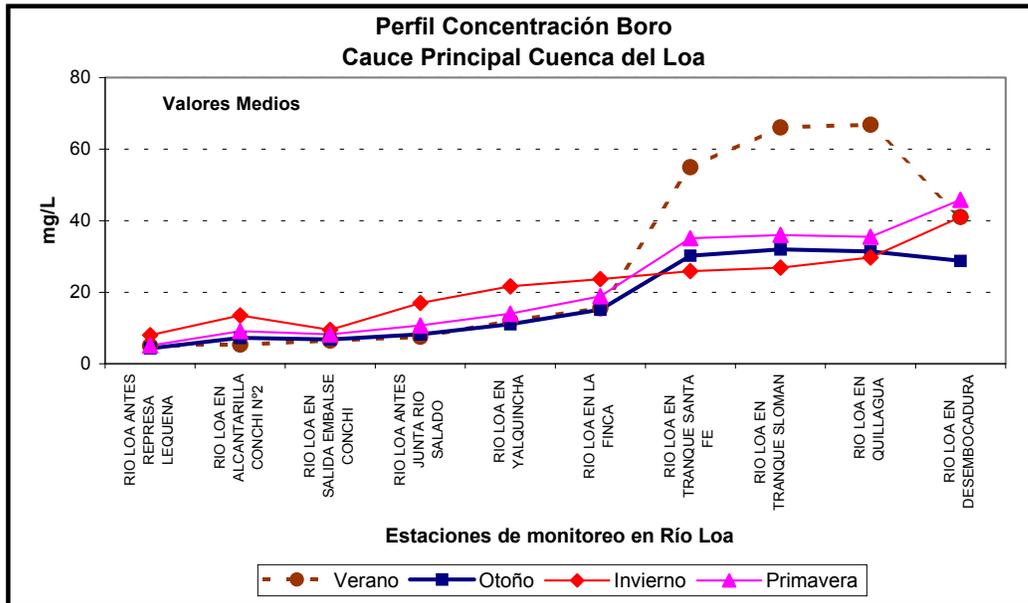


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

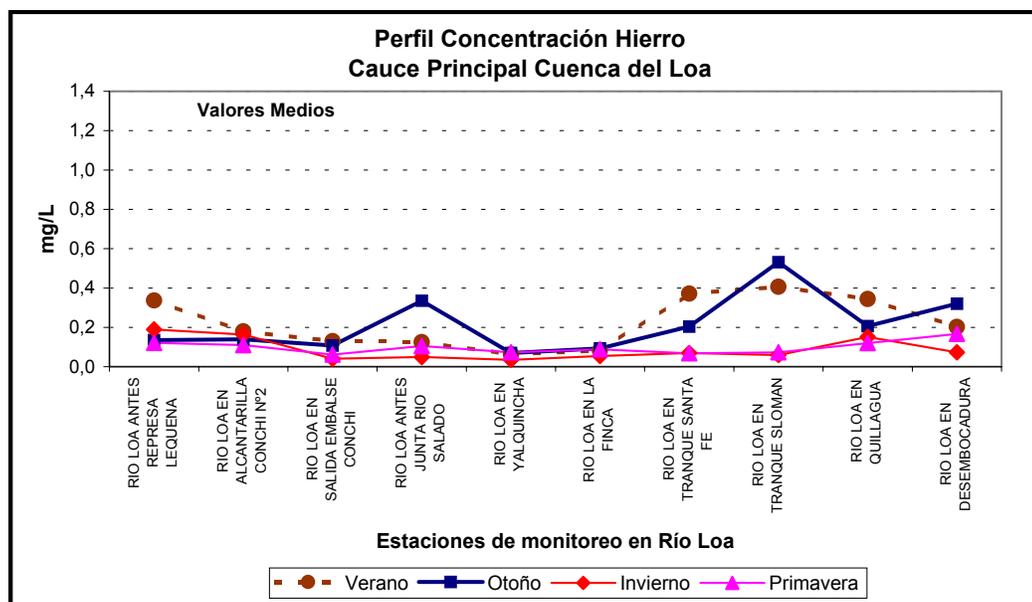
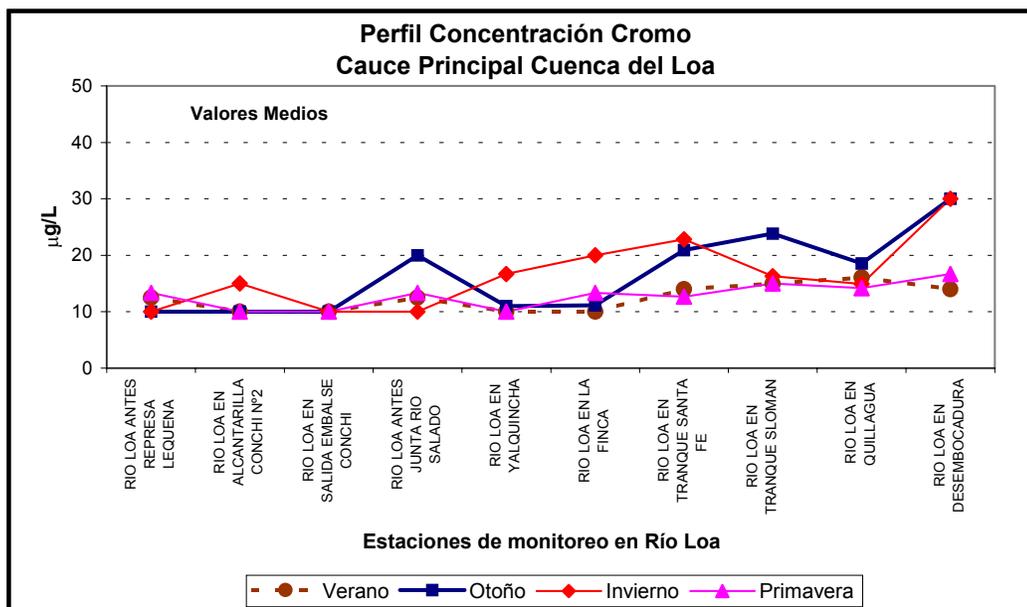


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

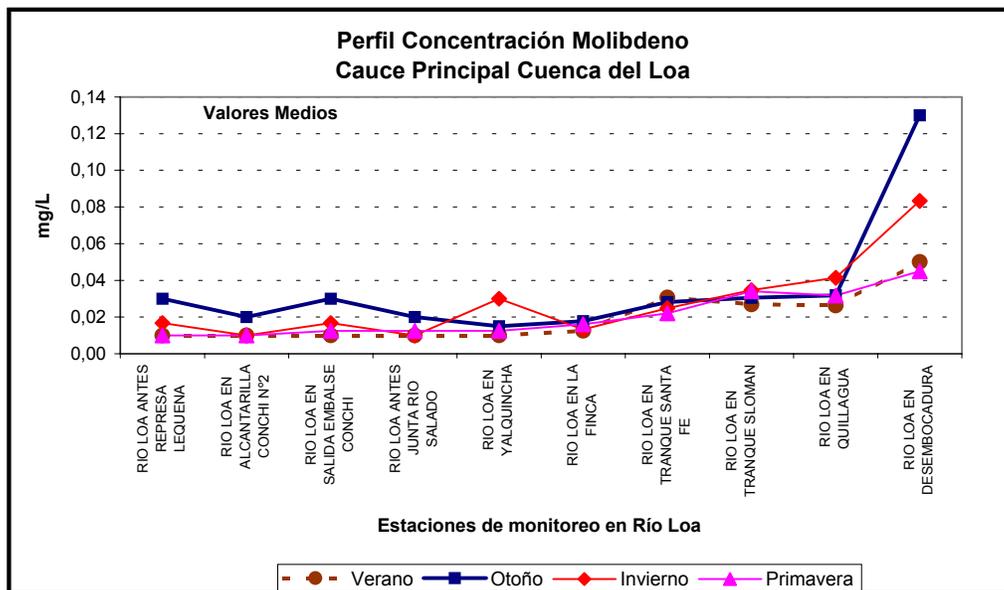
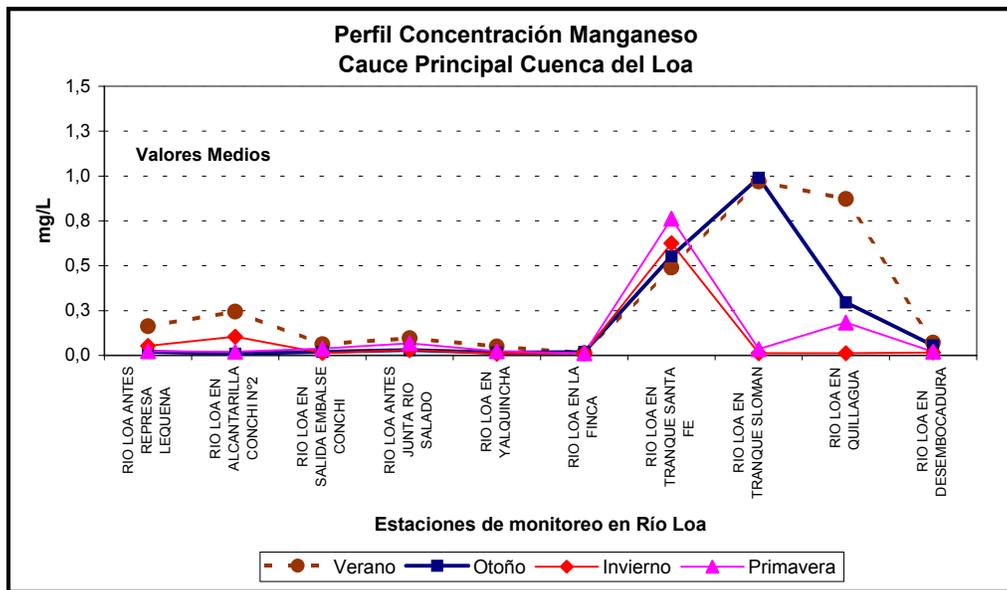


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

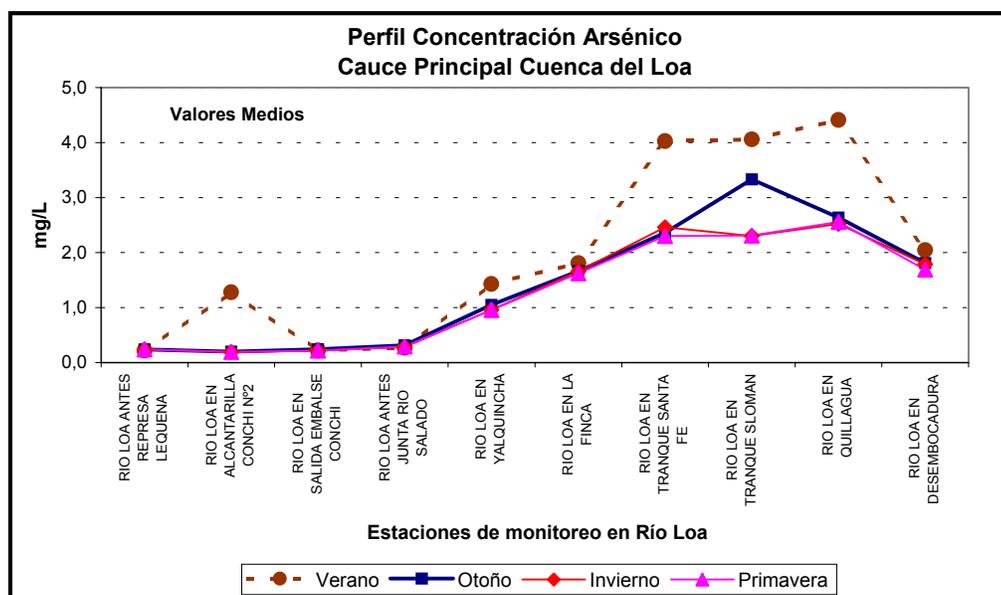
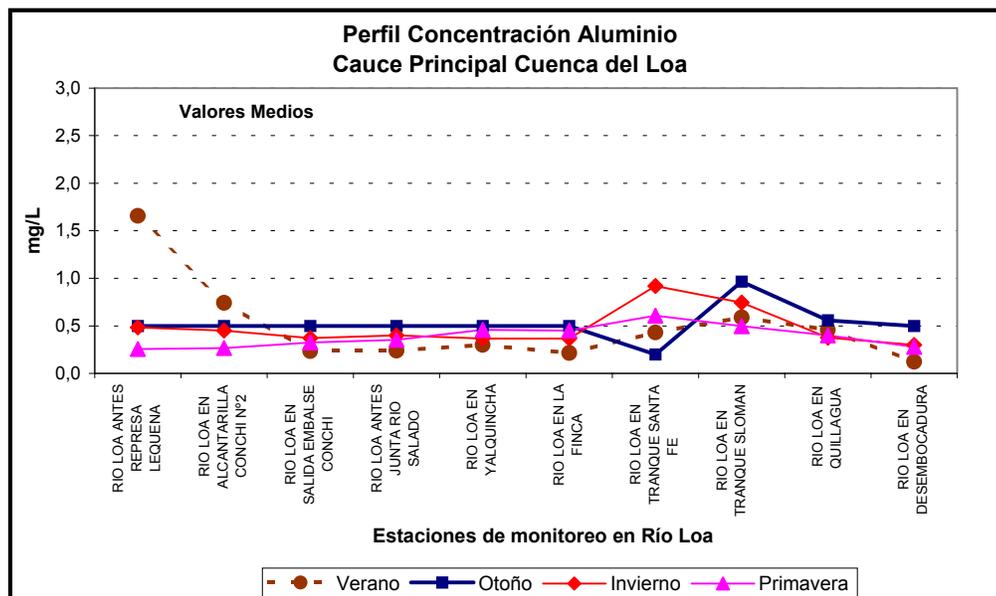


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en la Cuenca del Loa

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-verano-otoño e invier
- no con valores que tienden aumentar hacia la parte baja del río Loa hasta la estación Desembocadura clasificados en clase 4. Los valores observados son altos a lo largo de todo el río clasificado en clase 4 desde la estación Alcantarilla Conchi N° 2. La envolvente inferior corresponde a primavera y verano con valores en clase 2,3 y 4. El punto de mayor concentración es el río Loa en la estación Desembocadura con valores en clase 4 (envolvente superior) y el de menor concentración es en la estación antes de represa Lequena en clase 2 (envolvente inferior).
- OD: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos del OD (envolvente superior) se presentan en otoño- primavera con todos los valores en clase 0, excepto en la estación a/j río Salado se observa en verano con los valores en clase 2. El perfil de concentración presenta un comportamiento variado a lo largo del río. La envolvente inferior se observa en todos los periodos estacionales, con todos los valores en clase 2, excepto en la estación Quillagua con valores en clase 0. El menor valor se encuentra en la estación Alcantarilla Conchi N° 2 en clase 2 presentando el mismo comportamiento que la envolvente superior.
- pH: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de pH (envolvente superior) se presentan en los cuatro periodos estacionales con todos los valores en clase 0. El perfil de concentración presenta un comportamiento variado a lo largo del río, permaneciendo constante y plano desde la estación tranque Santa Fe hasta la Desembocadura. La envolvente inferior se observa en todos los periodos estacionales, con todos los valores en clase 0. El menor valor se encuentra en la estación Alcantarilla Conchi N° 2 presentando el mismo comportamiento que la envolvente superior.
- RAS: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos del Ras (envolvente superior) se presentan en otoño, verano y primavera con un aumento de la concentración a lo largo del río con valores que van desde la clase 1 en la parte alta, clase 2 hasta a/j río Salado

y clase 4 desde Yalquincha hasta la Desembocadura. La envolvente inferior se observa en verano-primavera-invierno con valores desde clase 1 a clase 4 el comportamiento del perfil es idéntico a la envolvente superior.

- Cloruro: Los perfiles longitudinales del cloruro permiten observar que la envolvente superior se presenta en los cuatro períodos estacionales con los valores en clase 2 en la estación antes represa Lequena y clase 4 en las demás estaciones a lo largo del río. El comportamiento del perfil de calidad es idéntico para la envolvente superior e inferior aumentando a lo largo del río desde la parte alta a la Desembocadura. Se observa una mayor pendiente desde la estación a/j río Salado hasta la parte baja del río. La envolvente inferior se observa en los períodos de verano e invierno con valores en clase 2 y en la estación antes represa Lequena y clase 4 en el resto del río.
- Sulfato: Los perfiles longitudinales del sulfato permiten observar que la envolvente superior se presenta en verano-primavera y otoño, con un comportamiento constante plano hasta la estación Yalquincha para presentar un perfil creciente de concentración desde agua debajo de dicha estación hasta la Desembocadura, con valores en clase 2 hasta la estación La Finca y clase 3 en Loa en Quillagua y clase 4 en la Desembocadura. El comportamiento del perfil de calidad es idéntico para la envolvente superior e inferior. La envolvente inferior a lo largo del río se observa en todos los períodos estacionales. Los valores inferiores se encuentran en la parte alta del río con valores en clase 2.
- Boro: La envolvente superior se observa en invierno a lo largo del río hasta la estación La Finca, aguas abajo se presenta en verano con un comportamiento fuertemente creciente, en la Desembocadura se observa nuevamente en invierno disminuyendo su concentración con todos los valores en clase 4. La envolvente inferior se observa en otoño-invierno-verano con un comportamiento idéntico a la envolvente superior hasta la estación La Finca, aguas abajo la tendencia es a aumentar más moderadamente que en la envolvente superior para presentar un valor de 30 mg/L en la desembocadura en el período de otoño todos los valores están en clase 4.
- Cobre: Se observa un comportamiento disímil a lo largo del río con altos y bajos entre estaciones. Este comportamiento se presenta hasta la estación La

Finca para disminuir hasta Quillagua y luego aumentar su concentración en la Desembocadura con todos los valores en clase 2. El valor más alto observado está sobre 100 µg/L en la estación Alcantarilla Conchi N° 2. Para la envolvente inferior se observa un comportamiento con un perfil de concentración más plano, el valor inferior se observa en la estación salida embalse Conchi. Todos los valores del río Loa se clasifican en clase 2.

- Cromo_{total}: Los perfiles longitudinales de la concentración del cromo total, señalan un aumento de éste desde la parte alta del río hasta su Desembocadura. La envolvente superior, que se presenta en invierno, verano y otoño, va de una concentración de 15 µg/L en la estación antes represa Lequena hasta 30 µg/L en la Desembocadura. El comportamiento es creciente a lo largo del río excepto aguas abajo de las estaciones Alcantarilla Conchi, antes junta río Salado y tranque Sloman. La envolvente superior se presenta en invierno, verano y primavera con todos los valores en clase 2. La envolvente inferior se observa en primavera-invierno-verano con valores en clase 1 y 2.
- Hierro: La envolvente superior se observa en los períodos de verano-otoño con un perfil que disminuye desde la parte más alta hasta la salida del embalse Conchi, para observar un notorio aumento en la estación a/j río Salado y volver a disminuir hasta la estación La Finca e incrementar hasta el Tranque Sloman y finalmente decrecer hasta la Desembocadura, todos los valores en clase 0. La envolvente inferior presenta un perfil de concentración plano a lo largo del río con todos los valores en clase 0.
- Manganeso: Los perfiles longitudinales del manganeso permiten observar que la concentración se mantiene relativamente constante hasta la estación La Finca aumentando. La envolvente superior se observa en los períodos de verano-primavera-otoño con un comportamiento similar hasta La finca y aumentando fuertemente hasta la estación Quillagua para disminuir en Desembocadura con valores hasta clase 4. La envolvente inferior presenta un comportamiento similar hasta La Finca, observándose una fuerte aumento en la estación tranque Santa Fe con un valor en clase 4, para volver al comportamiento anterior con valores en clase 0 y clase 2.
- Molibdeno: La envolvente superior se observa en otoño, invierno y verano con un comportamiento homogéneo constante en un rango hasta la estación

La Finca. Aguas abajo de esta estación presenta un incremento hasta la Desembocadura con los valores en clase 2. La envolvente inferior presenta el mismo comportamiento siendo más atenuado el aumento en la Desembocadura. Todos los valores, tanto envolvente superior e inferior, están asignados a clase 2.

- Aluminio: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos del aluminio en el río Loa (envolvente superior) se presentan en verano en la parte alta hasta la estación Alcantarilla N° 2, y en otoño en el resto del río, excepto en tranque Santa Fe, que se observa en invierno con uno de los valores más alto del río en clase 2. Los tranques Santa Fe y Slocman presentan los valores más altos del río con todos los valores en clase 2. La envolvente inferior, valores de concentración más bajos de aluminio en el Loa, se presentan en los períodos de primavera-verano-otoño con un perfil constante y plano hasta la estación La Finca para observar, aguas abajo hasta la estación Desembocadura, un comportamiento alterado.
- Arsénico: El perfil longitudinal de la concentración de arsénico es creciente desde la parte alta a la estación Quillagua, en la estación Desembocadura decrece. Todos los valores son asignados a la clase 4. La envolvente superior, valores más altos del aluminio en el río Loa, se presentan en el período de verano. La envolvente inferior se observa en primavera con un comportamiento similar a la envolvente superior con valores asignados a clase 4.

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

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual en los ríos seleccionados de la cuenca del río Loa 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 RÍO LOA	
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO ₅ , Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.	
<p>CE: En los ríos San Pedro, Toconce y Salado no se observa variación estacional con valores en clase 2, 1 y 4 respectivamente. El río Loa presenta todos los valores asignados a la clase 2 en la parte alta del río en la estación antes Represa Lequena. Aguas abajo de esta estación tampoco se observa variación estacional y los valores tienden a aumentar pasando a clase 4. La única variación se presenta en verano en Alcantarilla Conchi N° 2 en clase 3.</p>	
<p>DBO₅: En el río Loa se observan valores en clase 2 en Coya Sur, antes de la junta con el río Salvador. En Lasana, sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater y sector Yalquincha arriba se presentan valores en clase 0. En estaciones después de junta con río Salado y Quillagua se observan valores en clase 1. En inicio río San Salvador, antes de la junta con Quebrada Quetena se presentan valores en clase 1 (SAG). El río Loa antes represa Lequena el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 2, en Yalquincha y la Finca esta asignado a la clase 0. En los ríos Salado y San Salvador el valor esta asignado a la clase 2.</p>	
<p>Color Aparente: En los ríos Salado, y Loa antes represa Lequena, Yalquincha, La Finca, y Desembocadura los valores en clase 0 (muestreo puntual) .En el río San Salvador el valor esta asignado a la clase 2.</p>	
<p>OD: En el río Loa se observa un comportamiento disímil. En invierno los valores se mantienen en clase 2 disminuyendo en la parte baja del río pasando a clase 0 en Desembocadura. En otoño y primavera los valores se mantienen en clase 0 a lo largo del río, a excepción de las estaciones Alcantarilla Conchi N° 2 y antes junta río Salado, en clase 2. En verano los valores se mantienen en clase 2 durante la mayor parte del río, excepto en la parte media del río, estaciones La Finca y Quillagua, donde se presentan valores en clase 0. Las estaciones Tranque Santa Fe y tranque Sloman no poseen datos. En el río San Pedro no se observa variación estacional entre invierno-verano y otoño-primavera con valores en clase 2 y 0 respectivamente. El río Toconce no presenta variación durante el año con valores en clase 0, excepto en verano en clase 2. El río Salado presenta valores en clase 2 en estación Sifón Ayquina en invierno-verano y en clase 0 en otoño-primavera. Esta situación se mantiene agua abajo, antes de la junta río Salado en otoño y primavera.</p>	
<p>pH: Todos los valores están asignados a la clase 0, excepto río San Pedro en otoño (clase 4).</p>	
<p>RAS: En el río Loa en las estaciones antes Represa Lequena, Alcantarilla Conchi N° 2 y en Salida Embalse Conchi no se observa variación estacional entre invierno-verano y otoño-primavera, los cuales tienden a aumentar desde la parte alta del río pasando de clase 2 a 3. Aguas abajo de estas estaciones no hay variación durante todos el año, con valores en clase 3 en estación antes Junta río Salado y en clase 4 en el resto del río. Las estaciones Tranque Santa Fe y tranque Sloman no poseen datos. En los ríos San Pedro, Toconce y Salado los valores son similares para todo el año, asignados a la clase 2 para los ríos San Pedro y Toconce, y a la clase 4 para el río Salado.</p>	
<p>SD: Valores en clase 4 sin variación estacional en río Loa Alcantarilla Conchi y Salida Embalse Conchi (SCM El Abra). En el río Loa en sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater, después de junta con río Salado y sector Yalquincha arriba se observan valores en clase 4. En ríos San Salvador y Salado también se presentan valores en clase 4 (SAG).El río Loa antes de la represa Lequena el valor del muestreo puntual de primavera esta asignado a la clase 3.</p>	

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

CUENCA RÍO LOA
<p><u>SST</u>: En el río Loa estación Alcantarilla Conchi no se observa variación estacional con valores en clase 2. En estación Salida Embalse Conchi los niveles son similares entre invierno-primavera y otoño-verano en clase 3 y 1 respectivamente (SCM El Abra). Río Loa en tranque Sloman y en Quillagua en clases 4 y 3 respectivamente. En el río San Salvador se observan valores en clase 4 (SAG). En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, Desembocadura y los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual esta asignado a la clase 0.</p>
<p>Inorgánicos (IN): NH_4^+, CN^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, S^{2-}</p>
<p><u>Cl⁻</u>: En el río Loa no se observa variación durante el año, con valores en clase 2 antes de Represa Lequena y en clase 4 en el resto del río. Las estaciones Tranque Santa Fe y tranque Sloman no poseen datos. El río San Pedro presenta niveles de concentración semejantes en invierno-primavera-verano en clase 4. En los ríos Toconce y Salado tampoco se observa variación estacional con valores en clase 2 y 4 respectivamente. El valor del muestreo puntual en primavera en el río Loa en la estación Desembocadura y en el río San Salvador en la estación a/j río Loa está asignado a la clase 4.</p> <p><u>SO₄²⁻</u>: El río Loa no presenta variación estacional con los valores en clase 2 hasta estación La Finca. Aguas abajo de esta estación los valores tienden a aumentar pasando a clase 3 en Quillagua y clase 4 Desembocadura. Las estaciones Tranque Santa Fe y tranque Sloman no poseen datos. En los ríos San Pedro y Toconce tampoco se observa variación durante el año con todos los valores en clase 0. En el río Salado los niveles de concentración se mantienen similares durante el año, asignados a la clase 0 en Sifón Ayquina, excepto en verano (clase 1). En la estación antes de la junta río Loa los valores tienden a aumentar pasando a clase 1.</p> <p><u>CN⁻</u>: Los valores están en límite de detección superior al de la clase 0 (SCM El Abra). En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 0 y en Desembocadura esta en clase 4. En los ríos Salado y San Salvador este valor esta asignado a la clase 4.</p> <p><u>NH₄⁺</u>: En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, Desembocadura y los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 0.</p> <p><u>F⁻</u>: La información obtenida del programa de monitoreo SCM El Abra permite clasificar los valores en clase 0. En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, Desembocadura y los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 0.</p> <p><u>NO₂⁻</u>: Valores en clase 4 en el río Loa en Coya Sur y en Quillagua y en el río San Salvador (SAG). En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, Desembocadura en los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 0.</p> <p><u>S²⁻</u>: Valores en clase 4 en el río Loa en tranque Sloman, en Coya Sur, después de junta con río Salado y en Quillagua (SAG). En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, Desembocadura en los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a la clase 0.</p>
<p>Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tretracloroetano, tolueno</p>
<p><u>Aceites y Grasas</u>: Valores en clase 0 en ríos Loa y San Salvador (SAG).</p>

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

CUENCA RÍO LOA
<p>SAAM: Valores en clase 0 en el río Loa, excepto en estación Tranque Sloman en clase 1. El río San Salvador también presenta valores en clase 0 (SAG).</p> <p>Fenol: Valores en límite de detección, no permite análisis (SCM El Abra).</p> <p>HC: Todos los valores en ríos Loa y San Salvador en clase 4 (SAG).</p> <p>No se dispone de información para el resto de los parámetros orgánicos.</p>
<p>Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demetón, DDT, diclofop-metil, dieldrín, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión, pentaclorofenol, siazina, trifluralina.</p>
<p>No se dispone de información para los parámetros orgánicos plaguicidas.</p>
<p>Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr <small>total</small>, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn</p>
<p>B: Todos los valores se clasifican en clase 4. El valor del muestreo puntual en primavera en el río Loa en la estación Desembocadura y en el río San Salvador en la estación a/j río Loa está asignado a la clase 4.</p> <p>Cu: El río Loa presenta todos sus valores en clase 2, salvo en estaciones en tranque Santa Fe, en tranque Sloman y en Quillagua, donde se observan valores en límite de detección. En los ríos San Pedro, Toconce y Salado los niveles de concentración también se clasifican en clase 2.</p> <p>Cr total: En todas las estaciones del río Loa, a excepción de Desembocadura, se observan valores en clase 2 en algunos periodos del año, mientras que el resto del año los valores están en límite de detección. Esta situación se repite también en los ríos Toconce y Salado en Sifón Ayquina. En la estación Desembocadura del río Loa los valores se asignan a la clase 2 durante todo el año sin variación estacional, al igual que en el río San Pedro.</p> <p>Fe: Todos los valores en clase 0, salvo en el río Loa estaciones antes de Represa Lequena y Alcantarilla Conchi N° 2 en verano, y río San Pedro en invierno, donde se observan valores en clase 2. El valor del muestreo puntual en primavera en el río Loa en la estación Desembocadura y en el río San Salvador en la estación a/j río Loa está asignado a la clase 2 y clase 0 respectivamente.</p> <p>Mn: La concentración de manganeso en el río Loa presenta un comportamiento disímil a lo largo del río. En general, los valores máximos se observan en verano. Dichos valores se asignan a la clase 2 para gran parte del río, salvo para las estaciones Alcantarilla Conchi N° 2 y Tranque Sloman en clase 4 y estación La Finca con valores en clase 0 durante todo el año. El río San Pedro no presenta variación estacional con valores en clase 1, excepto en otoño (clase 0). En el río Toconce se observa un comportamiento disímil con el máximo en verano en clase 4. El río Salado en Sifón Ayquina no presenta variación durante el año con todos los valores en clase 4.</p> <p>Mo: En el río Loa hasta la estación La Finca se observan valores en clase 2 en algunos periodos del año, mientras que el resto del año los valores están en límite de detección. Aguas abajo de esta estación los valores se asignan en clase 2 sin variación estacional. En los ríos Toconce, San Pedro y Salado estación Ayquina los valores están en límite de detección durante todos el año.</p> <p>Ni: En todos los ríos todos los valores están en clase 0. La estación río Salado antes de Junta Río Loa no posee información.</p>

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

CUENCA RÍO LOA
<p><u>Se</u>: Comportamiento disímil a lo largo del río, con el valor máximo en clase 2 en estación en sector Yalquincha frente a planta ESSAN Cerro Topater. En el nacimiento del río San Salvador también se presentan valores en clase 2 (SAG). El valor del muestreo puntual en primavera en el río Loa en la estación Desembocadura y en el río San Salvador en la estación a/j río Loa está asignado a la clase 0.</p> <p><u>Zn</u>: Todos los valores están en clase 0, excepto el río Loa en Tranque Sloman con valores en clase 4 en otoño y primavera. La estación río Salado antes de Junta Río Loa no posee información.</p>
<p>Metales no Esenciales (MN): Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb</p>
<p>Al: Todos los valores en clase 2, salvo en el río Loa estaciones Represa Lequena y Alcantarilla Conchi N° 2 en verano, y río San Pedro en invierno, donde se observan valores en clase 3. El valor del muestreo puntual en primavera en los ríos Loa en la estación Desembocadura y San Salvador a/j río Loa está asignado a la clase 0.</p> <p>As: Todos los valores están asignados a la clase 4. El valor del muestreo puntual en primavera en los ríos Loa en la estación Desembocadura y San Salvador a/j río Loa está asignado a la clase 2 y 4 respectivamente.</p> <p>Cd: No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el Instructivo, por corresponder el dato al límite de detección superior a la clase 0. El valor del muestreo puntual en primavera en el río Loa en la estación Desembocadura y en el río San Salvador en la estación a/j río Loa está asignado a la clase 0.</p> <p>Sn: En el río Loa en las estaciones represa Lequena, Yalquincha, la Finca, en los ríos Salado y San Salvador el valor del muestreo puntual en primavera esta asignado a una clase <2. En el río Loa en Desembocadura esta asignado a una clase <4.</p> <p>Hg: En el río Loa en Alcantarilla Conchi N° 2, antes de junta Río Salado, en La Finca, en Quillagua y en Desembocadura los valores se asignan en clase 3 sin variación estacional. En estaciones antes de Represa Lequena, Embalse Conchi, tranque Santa Fe y tranque Sloman los valores están en clase 3 durante la mayor parte del año, salvo en verano antes de Represa Lequena y Embalse Conchi, en invierno en Tranque Santa Fe y en otoño en Tranque Sloman (clase 4). En Yalquincha los niveles de concentración son similares entre invierno, otoño y verano, en clase 4. En los ríos San Pedro y Salado todos los valores están en clase 3. El río Toconce no presenta variación entre invierno-primavera y otoño-verano con valores en clase 3 y 4 respectivamente.</p> <p>Pb: Prácticamente todos los valores están en límite de detección. Sin embargo, es posible observar niveles de concentración en clase 2 en río Loa en Alcantarilla Conchi N° 2 en verano e invierno y en Desembocadura en invierno. La estación río Salado antes de Junta Río Loa no posee información.</p>
<p>Indicadores Microbiológicos (IM): CF, CT</p>
<p>CF: Valores en clase 0 en el río Loa en Alcantarilla Conchi y Salida Embalse Conchi, excepto en verano en clase 1 (SCM El Abra). En los ríos Salado y San Salvador los valores en clase 1 (muestreo puntual). En el río Loa en Yalquincha el valor en clase 1 (muestreo puntual).</p> <p>CT: Valores en clase 0 en el río Loa en Alcantarilla Conchi y Salida Embalse Conchi, excepto Alcantarilla Conchi en verano en clase 1 (SCM El Abra). En el muestreo puntual en primavera para los ríos Salado y Loa en represa Lequena, Yalquincha, La Finca, y Desembocadura los valores en clase 0. Excepto en el río San Salvador a/j río Loa en clase 1.</p>

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

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

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable.
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del río Loa, estos parámetros son: DBO₅, color, 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).

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

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Loa antes represa Lequena	0210LO10	pH, Ni, Zn, color aparente , SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	■	CE, OD, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, DBO ₅	Al, SD	B, As, Hg	Pb, Cd	SAAM, HC, Se	Información DGA nivel 3. Información nivel 4 , muestreo puntual primavera : DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT.
Río Loa en alcantarilla Conchi N° 2	0210LO20	pH, SAAM, Ni, Zn	CF, CT	OD, SST, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Fe, Mo, Pb	DBO ₅ , RAS, Al, Hg	CE, SD, Cl, B, Mn, As	Cd, HC	NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , Se	Información DGA nivel 3. Información SCM El Abra nivel 2 para SD, SST, SAAM, HC, CF y CT. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ .
Río Loa en salida embalse Conchi	0210LO20	pH, SAAM, Fe, Ni, Zn, CT	CF	OD, SO ₄ ⁻² , Cu, Mn, Mo, Al	DBO ₅ , SST, RAS	CE, SD, Cl, B, As, Hg	Cr, Pb, Cd, HC	NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , Se	Información DGA nivel 3. Información SCM El Abra nivel 2 para SD, SST, SAAM, HC, CF y CT. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ .
Río Loa en Conchi	0210LO20	SST						Obligatorios y principales excepto SST	Información EIA nivel 3 para SST
Río Loa a/j río Salado	0210LO30	pH, Fe, Ni, Zn	CF	OD, SST, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mn, Mo, Al	DBO ₅ , RAS, Hg	CE, Cl, B, As	Pb, Cd	SD, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , SAAM, HC, Se, CT	Información DGA nivel 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Loa: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, RAS, , Sólidos Disueltos, Cloruro, Nitrito, Sulfato, Sulfuro, SAAM, Hidrocarburos, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Selenio, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Plomo, Coniformes Totales, Color aparente, Cianuro.

Loa
116.

Tabla.5.2a (Continuación): Cauce Principal - Río Loa

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en limite detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Loa en Lasana	0210LO30	DBO ₅ , pH, SAAM, Fe	Se	SO ₄ ⁻² , Cu, Mn, Mo	SD, Al	CE, Cl, HC, B, As		OD, SST, CF, RAS, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , Cr, Zn, Hg, Pb, CT	Información SAG nivel 3 para CE, DBO ₅ , pH, SD, Cl, SO ₄ ⁻² , SAAM, HC, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Al, As
Río Loa después de junta con río Salado	0211LO10	pH, SAAM, Fe	DBO ₅ , Se	SO ₄ ⁻² , Cu, Mn, Zn	Mo, Al	CE, SD, Cl, S ²⁻ , HC, B, As		OD, SST, CF, RAS, NH ₄ ⁺ , Cr, Ni, Hg, Pb, CT	Información SAG nivel 3 para CE, DBO ₅ , pH, SD, Cl, SO ₄ ⁻² , S ²⁻ , SAAM, HC, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, Al, As
Río Loa en Yalquincha	0211LO10	DBO ₅ , pH, SAAM, Fe, Ni, color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT	CF	OD, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mn, Al, Se	Mo	CE, SD, RAS, Cl, HC, B, As, Hg	Pb, Cd	Zn	Información DGA niveles 2 y 3. Información SAG nivel 3 para DBO ₅ , SD, SO ₄ ⁻² , SAAM, HC, Mo, Se. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: Color aparente, SD corrobora información SAG SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT.
Río Loa en La Finca	0211LO30	pH, Fe, Mn, Ni, Zn, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	█	OD, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mo, Al	Hg	CE, RAS, Cl, B, As, SD	Pb, Cd	SAAM, HC, Se	Información DGA nivel 3. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: DBO ₅ , Color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ ,

Tabla.5.2a (Continuación): Cauce Principal - Río Loa

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			
									CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT.
Río Loa en Coya Sur, a/j con río San Salvador	0211LO40	pH, SST, SAAM, Fe, Se		DBO ₅ , Mn, Zn	SO ₄ ⁻² , Cu, Al	S ²⁻ , CE, Cl, NO ₂ ⁻ , HC, B, Mo, As		OD, CF, RAS, SD, NH ₄ ⁺ , Cr, Ni, Hg, Pb, CT	Información SAG nivel 3 para CE, DBO ₅ , pH, SST, SAAM, HC, S ²⁻ , SO ₄ ⁻² , NO ₂ ⁻ , As
Río Loa en tranque Santa Fe muestreador automático	0211LO50	SST, pH, Fe, Ni, Zn	CF	DBO ₅ , Cr, Mn, Mo, Al	█	CE, B, As, Hg	Cu, Pb, Cd	OD, RAS, SD, Cl ⁻ , NH ₄ ⁺ , SO ₄ ⁻² , S ²⁻ , SAAM, HC, Se, CT	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.
Río Loa en tranque Sloman muestreo automático	0211LO50	pH, Fe, Ni, Se	SAAM, CF	DBO ₅ , Cr, Mo, Al, Cu	SO ₄ ⁻²	CE, SST, Cl, S ²⁻ , HC, B, Mn, Zn, As, Hg	Pb, Cd	OD, RAS, SD, NH ₄ ⁺ , CT	Información DGA niveles 1, 2 y 3. Información SAG nivel 3 para SS, Cl, SO ₄ ⁻² , S ²⁻ , SAAM, HC y Se. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , CF.

Loa
118.

Tabla.5.2a (Continuación): Cauce Principal - Río Loa

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetro seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Loa en Quillagua muestreador automático	0211LO60	OD, pH, SAAM, Fe, Ni, Se, Zn	CF, DBO ₅	Cu, Cr, Mn, Mo, Al	SST, Hg	CE, RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , HC, B, As	Pb, Cd	SD, NH ₄ ⁺ , CT	Información DGA niveles 1 y 3. Información SAG nivel 3 para DBO ₅ , SST, NO ₂ ⁻ , SO ₄ ⁻² , S ²⁻ , SAAM, HC, Se. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para CF.
Río Loa en Desembocadura	0212LO10	pH, Fe, Ni, Zn , DBO ₅ , color aparente, CF, CT, SST, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Al, Cd, Se		OD, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, Pb	Hg	RAS, Cl, SO ₄ ⁻² , B, As, SD, CN ⁻		CE, SAAM, HC	Información DGA nivel 3. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: DBO ₅ , Color aparente, SD corrobora información SAG SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, Cd, Cl, B, Fe, Se

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río San Pedro

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Límites de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río San Pedro en Parshal N °1	0210SP10	SST, SO ₄ ⁻² , Ni, Zn, CF	DBO ₅ , Mn	CE, OD, RAS, Cu, Cr, Fe	Al, Hg	pH, Cl, B, As	Mo, Pb, Cd	SD, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , SAAM, HC, Se, CT	Información DGA nivel 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.

Tabla 5.2c: Cauce Secundario: Río Toconce

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Límites de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Toconce antes represa Essan o ExSendos	0210TO10	SST, pH, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, CF	DBO ₅ , CE	OD, RAS, Cl, Cu, Cr, Al		B, Mn, As, Hg	Mo, Pb, Cd	SD, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , SAAM, HC, Se, CT	Información DGA nivel 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.

Loa
120.

Tabla 5.2d: Cauce Secundario: Río Salado

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Límites de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Salado en Sifón Ayquina	0210SA20	SST, pH, Fe, Ni, Zn, CF	DBO ₅ , SO ₄ ⁻²	OD, Cu, Cr, Al	Hg	CE, RAS, Cl, B, Mn, As	Mo, Pb, Cd	SD, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , SAAM, HC, Se, CT	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5 estimada por CADE-IDEPE para DBO ₅ , SST y CF.
Río Salado a/j río Loa	0210SA30	OD, pH, Fe, color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CT	CF, SO ₄ ⁻²	DBO ₅ , Cu, Al, Mo	Hg	CE, SD, RAS, Cl, B, As, CN ⁻	Cd	SAAM, HC, Cr, Mn, Ni, Se, Zn, Pb	Información DGA niveles de información 2 y 3. Información SAG nivel 3 para SD, SO ₄ ⁻² y Mo. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: DBO ₅ , Color aparente, SD corrobora información SAG, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT

Tabla 5.2e: Cauce Secundario: Río San Salvador

Estación de Calidad	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Límites de detección	Parámetros sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Inicio río San Salvador, antes de la junta con quebrada Quetena	0211SS10	pH, SAAM	DBO ₅	Fe, Se, Zn	Al	CE, SD, SST, Cl, NO ₂ ⁻ , SO ₄ ⁻² , HC, B, Cu, Mn, Mo, As		OD, CF, RAS, NH ₄ ⁺ , S ²⁻ , Cr, Ni, Hg, Pb, CT	Información SAG nivel 3 para pH, SAAM, DBO ₅ , Fe, Se, Zn, Al, CE, SD, SST, Cl, NO ₂ ⁻ , SO ₄ ⁻² , HC, B, Cu, Mn, Mo, As
Río San Salvador en Coya Sur, antes de la junta con el río Loa	0211SS10	pH, SAAM, SST, NH ₄ ⁺ , F-NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Al, Cd	CF, CT	DBO ₅ , Fe, color aparente		CE, SD, HC, CN ⁻ , As, Cl, B		OD, RAS, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Se, Zn, Hg, Pb	Información SAG nivel 3 para pH, SAAM, CE, SD, HC. Información nivel 4, muestreo puntual en primavera: DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, As, Al, Cd, Cl, B, Fe

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

En la Tabla 5.3 se identifican los parámetros que exceden la clase 0 en los diferentes cursos de agua de la cuenca del río Loa, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.16.

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

Estación	Segmento	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	RAS	S ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	B (mg/L)	Cu ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Sn (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Pb (mg/L)	SD (mg/L)	SS (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	Se ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Río Loa antes represa Lequena	0210-LO-10	1151,3	((6,8))	3,2	s/i	146,7	((243,8))	((8))	((40))	((13))	((1,34))	((0,16))	((0,03))	10		((1,66))	0,26	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Loa en Alcantarilla Conchi n°2 *	0210-LO-20	3026,4	((5,9))	7,1	s/i	645,1	(235,8)	((13,5))	(104)	((15))	(4,75)	(0,24)	((0,02))	s/i		2,74	(1,28)	((0,02))	(2099)	(45)	s/i	s/i
Río Loa en Salida Embalse Conchi *	0210-LO-30	2858,3	((6,3))	7,3	s/i	633,6	((214,7))	10,3	20	((<10))		((0,06))	((0,03))	s/i		((0,5))	0,26	((<0,01))	(1966)	(62)	s/i	s/i
Río Loa en Lasana ¹	0210-LO-40	2898	s/i	s/i	s/i	923,2	429,8	19,2	50	S/i		0,08	0,08	s/i	s/i	1,48	2,9		1390	s/i	s/i	4,1
Río Loa a/j Río Salado	0210-LO-40	3378,2	(6,9)	((6,9))	s/i	((748,8))	((232,9))	((17))	(52)	((20))		(0,1)	((0,02))	s/i		((0,5))	(0,31)	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Loa d/j río Salado ¹	0211-LO-10	4727	s/i	s/i	5	2042,9	388,4	12,2	30	s/i		0,06	0,28	s/i	0,47	1,95	3,3	•	2717	s/i	s/i	5
Río Loa en Yalquincha (frente ESSAN ¹)	0211-LO-10	(6757,5)	((7))	15,4	s/i	1936,8	((270,6))	((21,7))	36	((17))		((0,05))	((0,03))	10		((0,5))	((1,43))	((<0,01))	•	s/i	s/i	5,1
Río Loa en la Finca	0211-LO-30	9702,5	((7,4))	18,4	s/i	2935,7	488,3	((23,7))	49	((20))			(0,02)	10		((0,5))	1,89	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Loa a/j San Salvador ¹	0211-LO-40	4600	s/i	s/i	2	2492,5	532,7	34,5	236	S/i		0,07	0,99	s/i	0,39	1,33	11,5		s/i		3,8	
Río Loa en Tranque Santa Fe	0211-LO-50	((17034))	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	69,3	<10	20		0,11	0,04	s/i		0,51	4,4	<0,01	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Loa en Tranque Sloman ¹	0211-LO-50	((16974))	s/i	s/i	2,4	s/i	s/i	90	<10	20		1,04	0,05	s/i	7,86	0,5	3,9	<0,01	s/i	108	s/i	

Tabla 5.3 (Continuación): Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca del río Loa

Estación	Segmento	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	RAS	S ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	B (mg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Sn (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Pb (mg/L)	SD (mg/L)	SS (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	Se (µg/L)
Río Loa en Quillagua ¹	0211-LO-60	17208,6	Clase 0	22,2	1,8	4226,8	849,6	83	20	20	Clase 0	0,11	0,05	s/i	Clase 0	0,5	4,04	<0,01	s/i	65,1	7,4	
Río Loa en Desembocadura	0212-LO-10	(18718)	((7,2))	((26,8))	s/i	((6101,5))	((2015,9))	(445,8)	(56)	((30))	0,06	(0,07)	((0,13))	200	Clase 0	((0,5))	((2,04))	((0,03))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río San Pedro en Parshal n°1	0210-SP-10	((1386))	((6,9))	3,5	s/i	223,4	(96,9)	((5))	(22)	((15))	Clase 0	((0,05))	((<0,01))	s/i	Clase 0	((1,23))	0,48	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Toconce antes Represa ESSAN	0210-TO-10	739,5	((6,8))	5,3	s/i	(145,8)	Clase 0	((4))	((48))	((20))	Clase 0	((0,31))	((<0,01))	s/i	Clase 0	((0,75))	((0,88))	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Salado en sifón Ayquina	0210-SA-20	6253,2	((6,9))	16,5	s/i	1809,1	(125,5)	((22,5))	((40))	((13))	Clase 0	((1,14))	((<0,01))	s/i	Clase 0	((0,83))	(2,44)	((<0,01))	s/i	s/i	s/i	s/i
Río Salado a/j río Loa ¹	0210-SA-30	((7259))	s/i	((19,2))	s/i	((2236,5))	129,3	((17))	((60))	s/i	s/i	s/i	s/i	10	s/i	((0,5))	((1,39))	s/i	3257	s/i	s/i	s/i
Río San Salvador en inicio ¹	0211-SS-10	9482	s/i	s/i	s/i	2393,4	1823,7	51	2340	s/i	2,81	0,57	0,77	s/i	0,96	3,21	8,3	s/	4683	s/i	11,6	20
Río San Salvador a/j río Loa ¹	0211-SS-10	9260	s/i	s/i	s/i	5860	s/i	49,6	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	10	s/i	s/i	0,057	s/	6290		s/i	s/i

Fuente: Elaboración propia

*: Muestreo Minera EL Abra

¹ Información SAG

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)

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

- El río Loa en el segmento de calidad más desmejorada es en desembocadura.
- La Conductividad eléctrica, boro, cobre, molibdeno, arsénico y aluminio son parámetros que se encuentran presentes en todos los cauces de la cuenca.
- Los resultados del muestreo indican que es muy probable que se encuentre estaño ampliamente distribuido en la cuenca del río Loa.

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

5.4.1 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica detectada presenta valores comprendidos entre 695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Est. DGA Toconce antes represa ESSAN – verano) a 18.718 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (est. DGA Loa en desembocadura – 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, la litología y volcanismo de la cuenca, la que se caracteriza por tener formaciones geológicas de origen volcánicas fracturadas, rocas carbonatadas y formaciones sedimentarias que hasta antes del período geológico Terciario formaron parte del fondo marino. Los factores que a continuación se detallan individualizan con mayor precisión el aumento de la concentración de iones:

- La alta radiación solar que existe a esta latitud, permite una tasa elevada de evaporación de agua, lo cual origina en consecuencia una concentración de varios parámetros de calidad.
- En la zona geomorfológica de altiplano y de montaña el agua tiende a cambiar a fase vapor, lo cual permite la concentración de los parámetros de calidad.
- El río Salado, adiciona un gran contenido de iones al Loa. El origen salobre de este río proviene de las recargas de aguas geotermales (baños de Turi y geiser del Tatio), su paso por la cercanía a salares como el de Turi y a la litología propia del lugar constituida por rocas volcánicas fracturadas como

tobas ignimbríticas que adicionan $\text{Na} / \text{HCO}_3^-$ y Andesitas del Cuaternario adicionan al agua compuestos del tipo Na-Ca-SO_4^- , los cuales acidifican las aguas de este tributario.

- El Loa antes de llegar a Calama atraviesa en toda su extensión al Salar de Rudolph, el cual le cambia su composición química notablemente.
- La formación geológica ubicada en el sector Calama, se encuentra constituida por una gran depósito de rocas carbonatadas constituidas por calizas areniscas y lutitas calcáreas.
- 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 del Loa.

5.4.2 Oxígeno Disuelto (OD)

Los valores de OD procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 5,9 mg/L (Est. DGA Loa en alcantarilla Conchi - invierno) a 8,8 mg/L (Est. DGA Río Loa en Quillagua -verano), estos infringen la clase de excepción en aproximadamente 22 %.

En general, el Loa presenta valores aceptables de OD, que permite el desarrollo de diversas especies acuáticas. En general, puede afirmarse que en los tramos altiplánicos o de montaña, la baja concentración de oxígeno en el aire, merma la difusión de este elemento hacia el agua, por lo cual se debe esperar aguas no muy ricas en OD en estos tramos.

En otro orden, la existencia de tranques (Sloman, Sta. Fé y Conchi) cambian el régimen natural del río de lótico a léntico con lo cual disminuye la concentración de oxígeno disuelto. Por otra parte observaciones realizadas en los tranques Sta. Fé y Sloman han detectado presencia de algas microscópicas que consumen oxígeno para sus procesos fotosintéticos que se expresan con más fuerza durante el período de estiaje.

5.4.3 RAS

Los valores de RAS procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 2,7 (Est. DGA Loa en represa Lequena -verano) a 26,8 (Est. DGA Río Loa en desembocadura -verano).

El suelo constitutivo de la zona geomorfológica de desierto es rica en compuestos inorgánicos conocido como caliches – nitrato de sodio principalmente -, los cuales son fuentes permanentes de aporte de iones de calcio, sodio y magnesio.

5.4.4 Cloruros

Los valores de cloruros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 108 mg/L (Est. DGA Toconce antes represa ESSAN - verano) a 6.102 mg/L (Est. DGA Río Loa en desembocadura –verano).

El incremento de cloruros en la calidad del Loa se debe a los mismos factores que inciden en la conductividad eléctrica (ver ítem 5.4.1).

5.4.5 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 61,7 mg/L (Est DGA Toconce antes represa ESSAN - otoño) a 2015,9,9 mg/L (Est DGA Río Loa en desembocadura – verano..)

El origen de este parámetro se debe tanto a factores naturales como antropogénicos. Los factores naturales se deben principalmente a los sulfatos que existen en las rocas volcánicas fracturadas del maciso andino y a las rocas sedimentarias ubicadas en la zona geomorfológica de desierto.

En la parte alta el volcanismo es un factor importante en el aporte de sulfatos que se encuentran presentes en las coladas, tobas, andesitas y brechas del período cuaternario del maciso andino, los que aportan principalmente Na-Ca-SO_4^- a los tributarios andinos del Loa

En la parte media alta, subyace la franja metalogénica F-8 la cual aporta sulfuros que se encuentran en los filones mineralizados de piritas y calcopiritas, que se lixivian en presencia de oxígeno y agua formando iones sulfato en solución, los cuales ingresan al río principalmente a través de las recargas de agua subterránea.

En el sector geomorfológico de desierto las rocas sedimentarias, constituidas por evaporitas (yesos y boratos), aportan permanentemente sulfatos por procesos de disolución al Loa en su parte baja.

Finalmente, los efectos antrópicos que adicionan sulfatos a las aguas quedan dados por los aportes difusos de tranques de relaves que aportan metales, iones y sulfatos en solución al Loa antes y después de la ciudad de Calama.

5.4.6 Sulfuros

Los valores de sulfuros procedentes de la campaña de monitoreo de la SAG presentan valores comprendidos entre los 1,8 mg/L (Est. Loa en Quillagua) a 5 mg/L (Est. Río Loa después de río Salado).

El origen de este parámetro es la gran cantidad metales presentes en la litología de la cuenca, especialmente en zonas en donde predominan los yacimientos de mineral, las cuales se encuentran contenidas en la franja metalogénica F-8.

Los sulfuros son principalmente minerales de piritas, calcopiritas y ácido sulfhídrico.

5.4.7 Boro

Los valores de boro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 2,4 mg/L (Est DGA San Pedro en Parshal N°1 - otoño) a 90 mg/L (Est DGA Río Loa en tranque Sloman - verano).

El origen de este parámetro se debe tanto a factores naturales como antropogénicos. Los factores naturales se deben principalmente a los depósitos de bórax y ácido bórico existente en los salares y en rocas de origen sedimentarias ubicadas en la zona geomorfológica de desierto.

En la parte alta de la cuenca se encuentran varios salares que constituyen evaporitas con alto contenido de – bórax y ác. bórico -, las cuales hacen permanentemente aportes importantes al Loa y tributarios.

En las cercanías de Calama, el río atraviesa el Salar de Rudolph, el cual adiciona una gran cantidad de boro disuelto al río.

Más abajo de Calama, en la zona geomorfológica de desierto, existen de extensos mantos de caliche que aportan lixiviados de boro junto a otros compuestos salinos.

En las proximidades de la zona costera, el paso del río Loa por el Salar de Llamara termina por enriquecer de boro el Loa en las cercanías de la desembocadura.

Finalmente las recargas del río por agua subterráneas aporta los lixiviados del subsuelo los que se agregan en ciertos puntos desde donde emergen como vertientes.

El aporte antrópico de boro al Loa queda dado principalmente por los drenajes difusos de los materiales de acopio de estériles de yacimientos de bórax en los alrededores del río Salado.

5.4.8 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $<10 \mu\text{g/L}$ (Est DGA Loa en Tranque Sta. Fe - invierno) a $104 \mu\text{g/L}$ (Est. DGA Río loa en alcantarilla Conchi N° 2 - verano).

La sección de la cuenca del Loa cercana a la longitud 69°W , se caracteriza por tener los depósitos minerales de cobre más grandes del país, los que se encuentran insertos en formaciones geológicas volcánicas de los períodos Cretácico y Terciario, que originaron en su formación inmediata y posterior una concentración importante de minerales de cobre y molibdeno en forma de depósitos porfíricos.

La presencia de cobre es atribuible esencialmente a la existencia de la franja metalogénica (F-8 – Ver Mapa de Potencial de Generación Acida en Anexo 4.3), la cual por procesos de lixiviación de los filones mineralizados y minerales de pirita oxidada adicionan cobre a todos los cauces de la cuenca.

En el sector medio de la cuenca (latitud 69°) se encuentran gran cantidad de minas de cobre (El Abra, Radomiro Tomic y Chuquicamata) junto con relaves, plantas de beneficio de minerales y depósitos de estériles que aumentan la cantidad de cobre en solución al río.

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 Salado a/j río Loa - invierno) a $30 \mu\text{g/l}$ (Est DGA Río Loa en desembocadura - invierno).

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

5.4.10 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $0,04 \text{ mg/L}$ (Est DGA Río Loa salida embalse Conchi - invierno) a $4,75 \text{ mg/L}$ (Est DGA Loa en alcantarilla Conchi N°2 - verano).

El origen probable de este fenómeno 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-8). 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 $<0,01 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Río Loa salida embalse Conchi - invierno) a $1,14 \text{ mg/L}$ (Est DGA Río Salado en sifón Ayquina - verano).

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.

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 San Pedro en Parshal nº1 -invierno) a 0,13 mg/L (Est DGA Río Loa en desembocadura - otoño).

La aparición de molibdeno en los cursos de agua es atribuible esencialmente a la lixiviación de minerales del depósito porfírico cuprífero, 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.

Adicionalmente los depósitos de material de descarte procedentes de la minería constituyen fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales, las cuales toman su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones. La minería asociada a la cuenca presenta características irreversibles, dadas por los drenajes de aguas de minas y el depósito de los materiales de descarte los cuales en su mayor parte no cuentan con un diseño de un sistema de disposición que permita la contención o tratamiento de la esorrentía de estos.

5.4.13 Zinc

Los valores de zinc procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los <0,01 mg/L (Est. DGA Río Loa antes represa Laquena - invierno) a 7,9 mg/L (Est. DGA Río Loa en tranque Sloman - otoño).

El origen probable de este fenómeno es la gran cantidad de sales y metales presentes en la litología de la cuenca; en la naturaleza el zinc se encuentra generalmente asociado a otros metales como el cobre y el plomo.

5.4.14 Aluminio

Los valores de aluminio procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,12 mg/L (Est. DGA Río Loa en Desembocadura - verano) a 2,74 mg/L (Est. DGA Río Loa en alcantarilla Conchi Nº2 - verano).

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

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. 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.

5.4.15 Arsénico

Los valores de arsénico procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,2 mg/L (Est DGA Loa en alcantarilla Conchi N°2 - invierno) a 4,4 mg/L (Est. DGA Río Loa en tranque Sta Fe - 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-8 presente en la zona es rica en arsénico, lo cual se manifiesta como un contaminante de importancia en la minería del cobre de la región.

5.4.16 Sólidos disueltos

Los valores de sólidos disueltos procedentes de la campaña de monitoreo de la SAG presentan valores comprendidos entre los 1.390 mg/L (Est. Río Loa en Lasana) a 6.290 mg/L (Est. Río San Salvador en Coya Sur).

El incremento de sólidos disueltos en la calidad del Loa se debe a los mismos factores que inciden en la conductividad eléctrica (ver ítem 5.4.1).

5.4.17 Sólidos suspendidos

Los valores de sólidos disueltos procedentes de la campaña de monitoreo de la SAG presentan valores comprendidos entre los 20 mg/L (Loa en Coya Sur) a 108 mg/L (Loa en tranque Sloman).

Este parámetro se manifiesta más fuertemente cuando se presentan cambios importantes de la geomorfología. El río para mantenerse en equilibrio cuando existen grandes pendientes, tiende a socavar el lecho y las riberas adicionando sólidos sedimentables y suspendidos como carga sólida. Los cursos de agua de la cuenca alta tienden a tener sólidos en suspensión.

5.4.18 Selenio

Los valores de selenio procedentes de la campaña de monitoreo de la SAG presentan valores comprendidos entre los $<0,10 \mu\text{g/L}$ (Loa en Quillagua) a $5,3 \mu\text{g/l}$ (Est Loa en Yalquincha arriba), estos superan la clase de excepción en aproximadamente 33%.

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-8.

5.4.19 Plomo

Los valores de plomo procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los $<0,01 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Río Loa en tranque Santa Fe - invierno) a $0,02 \text{ mg/L}$ (Est. DGA Río Loa en salida embalse Conchi - invierno).

En la naturaleza el plomo se encuentra generalmente asociado a otros metales como el cobre y el zinc, los que están ampliamente esparcidos por la cuenca (franjas metalogénicas). Por tanto el plomo presente en la cuenca se debe al lixiviado de alguna mina de cobre, depósitos de estériles de alguna minera, tranques de relave alrededor del cauce u otro factor antrópico.

5.4.20 Nitritos

Los valores de nitritos procedentes de la campaña de monitoreo de la SAG presentan valores comprendidos entre los $3,8 \text{ mg/L}$ (Est Loa en Coya Sur) a 12 mg/L (Est Inicio San Salvador).

Este parámetro es muy común encontrarlo como aporte de aguas subterráneas, las cuales se adicionan al cauce en los puntos de aporte de vertientes.

5.4.21 Falencias de información

En informes elaborados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), se indica de la existencia de contaminación de los cursos por materia orgánica – río Salado especialmente - de origen natural. No se pudo analizar este efecto por falencias de información. Adicionalmente han acontecidos fenómenos severos de contaminación del río Loa – aguas abajo de la junta con el río San Salvador - en los cuales no se tiene claro si el origen es natural o antrópico.

5.4.22 Conclusiones

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

- En general, la calidad natural del río es clasificada como de regular a mala calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, cromo, molibdeno, boro, aluminio, los sólidos disueltos y conductividad eléctrica.
- La parte media de la cuenca posee actividad minera importante cuyos efectos antrópicos han cambiado la calidad natural, las que sumadas a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro y cromo.
- Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos.
- La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales y iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8.
- La existencia de dos franjas metalogénicas F-8 y F-7 son las grandes modificadoras de la calidad natural en la cuenca, en lo referente a metales.
- El río Salado provoca una alteración importante en la calidad natural del río Loa debido a que en el existen suelos salinos y surgencia de aguas geotermales.

- Existen varias recargas de aguas subterráneas en el río Loa que modifican significativa la calidad natural del río Loa.
- La existencia de tranques (Santa Fe y Sloman) modifican la calidad natural del agua del río, introduciendo disminución del oxígeno disuelto, y provoca un aumento de metales y iones concentrados en los sedimentos de estos tranques.
- La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad.

6. PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS

6.1 Establecimiento de Tramos

Como se definió en la Metodología, la unidad básica para la definición de la red fluvial es el segmento. De esta manera, toda la Base de Datos de la cuenca está referenciada a los segmentos.

La segmentación preliminar de la cuenca del río Loa 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 los cauces de la cuenca.

Tabla 6.1: Tramos de la Cuenca del río Loa

Ríos	Código Segmento	Código del Tramo	Límites Tramos
Río Loa	0210LO10	LO-TR-10	Desde: Naciente río Loa Hasta: Est. Calidad Los antes Represa Lequena
	0210LO20	LO-TR-20	Desde: Est. Calidad Los antes Represa Lequena Hasta: Confluencia río Salado
	0210LO30		
	0211LO10	LO-TR-30	Desde: Confluencia río Salado Hasta: Confluencia río Loa y río San Salvador
	0211LO20		
	0211LO30		
	0211LO40		
	0211LO50	LO-TR-40	Desde: Confluencia río Loa y río San Salvador Hasta: Desembocadura
	0211LO60		
	0211LO70		
0212LO10			
Río Toconce	0210TO10	TO-TR- 10	Desde: Naciente río Toconce Hasta: Confluencia con río Salado
	0210TO20		
Río Salado	0210SA10	SA-TR-10	Desde: Naciente río Salado Hasta: Confluencia con río Loa
	0210SA20		
	0210SA30		
Río San Salvador	0211-SS-10	SS-TR-10	Desde: Naciente río San Salvador Hasta: Confluencia con río Loa
Río San Pedro	0210-SP-10	SP-TR-10	Desde: Est. Calidad San Pedro Parshall 1 Hasta: Entrada Embalse Conchi

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

6.2 Requerimientos de Calidad según Usos del Agua

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

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

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

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

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

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Loa	LO-TR-10	--	--	--	2	No hay	2	0	DBO ₅ , pH, Ni, Zn, color aparente, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , CF, CT	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								3	SD, AR	
								4	B, As, Hg	
	LO-TR-20	--	--	Clase 1 a 3	3	3	3	0	pH, SAAM, Ni, Zn, CF, CT, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados
								1	Se	
								2	OD, SO ₄ ²⁻ , Cu, FeCr, Mo, Mn, Pb	
								4	CE, SD, Cl, B, As, Hg, HC	
	LO-TR-30	--	--	Clase 1 a 3	4	3	3	0	DBO ₅ , pH, SAAM, Fe, Ni, color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , CT,	Otros parámetros seleccionados
								1	CF	
								2	Mn, Zn, OD, Cr, Se, Cu	
								4	CE, RAS, Cl ⁻ , B, As, Hg, SD, HC	

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

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Loa (continuación)	LO-TR-40	--	(*)	Clase 1 a 3	4	3	3	0	pH, Fe, Ni, Se, color, CF, CT, F, Cd	Otros parámetros seleccionados
								1	DBO ₅ , SAAM	
								2	Cu, Cr, Mo, Al, OD, Pb	
								4	CE, RAS, Cl, SO ₄ ²⁻ , B, Mn, As, Hg, Zn, HC, NH ₄ ⁺ , SD, CN ⁻	

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

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Loa: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Coliformes Fecales, RAS, , Sólidos Disueltos, Cloruro, Nitrito, Sulfato, Sulfuro, SAAM, Hidrocarburos, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Selenio, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Plomo, Coniformes Totales, Color aparente, Cianuro.

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

Cauce	Tramo	Acuicultura y pesca deportiva	Biodiversidad	Riego	Clase actual más característica	Clase de uso a preservar	Clase objetivo del tramo	Excepciones en el tramo		Parámetros seleccionados que requieren más estudios
								Clase Excep.	Parámetros que difieren de la clase Objetivo	
Río Toconce	TO-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	2	2	2	0	SST, pH, SO ₄ ⁻² , Fe, Ni, Zn, CF, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados
								1	CE	
								3	--	
								4	B, Mn, As, Hg	
Río Salado	SA-TR-10	--	--	Clase 1 a 3	3	2	2	0	SST, pH, NO ₂ ⁻ , S ²⁻ , Fe, Ni, Zn, CT, F ⁻ , color	Otros parámetros seleccionados
								1	CF	
								3	Hg, SO ₄ ⁻²	
								4	CE, SD, RAS, Cl, B, As, Mn, CN ⁻	
Río San Salvador	SS-TR-10	--	--	--	4	No hay	3	0	pH, SAAM, NH ₄ ⁺ , F ⁻ , S ²⁻ , CF, CT, CD, SST, Al, Cd	Otros parámetros seleccionados
								1	--	
								2	Fe, Se, Zn, DBO ₅ , color aparente	
								4	CE, SDT, HC, CN ⁻ , As, Cl ⁻ , B.	
Río San Pedro	SP-TR-10	--	--	--	2	No hay	2	0	SST, SO ₄ ⁻² , Ni, Zn, CF, DBO ₅	Otros parámetros seleccionados
								1	Mn	
								3	Al, Hg	
								4	pH, Cl, B, As	

6.3 Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo

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

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

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

7. OTROS ASPECTOS RELEVANTES

7.1 Indice de Calidad de Agua Superficial

7.1.1 Antecedentes

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

El ICAS de la cuenca del río Loa, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 22 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

- RAS
- Sólidos disueltos
- Cloruro
- Nitrito
- Sulfato
- Sulfuro
- Detergente
- Hidrocarburos
- Boro
- Cobre
- Cromo
- Hierro
- Manganeseo
- Molibdeno
- Niquel
- Selenio
- Zinc
- Aluminio
- Arsénico

- Mercurio
- Plomo
- Coliformes Totales

Debido a que 7 de los parámetros seleccionados (Detergentes, hidrocarburos, NO₃, Sulfuro, Se, SDT, Coliformes Totales), han sido estudiados en monitoreos realizados a zonas específicas de la cuenca por lo que sería de gran utilidad incorporarlos en el futuro al ICAS, en este momento no se considerarán, debido a la escasez de información para el resto de la cuenca.

7.1.2 Estimación del ICAS

Los resultados que se muestran en la tabla adjunta, son una estimación basada en la información de calidad de agua que se presenta en 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 Loa antes represa Laquena	76
Río Loa en alcantarilla Conchi n°2	65
Río Loa en salida embalse Conchi	73
Río Loa a/j Salado	64
Río Loa en Yalquincha	73
Río Loa en la Finca	66
Río Loa en tranque Sta Fe	65
Río Loa en tranque Sloman	58
Río Loa en Quillagua	71
Río Loa en desembocadura	64
Río San Pedro en Parshal n°1	69
Río Toconce antes represa ESSAN	75
Río Salado en sifón Ayquina	70
Río Salado a/j Loa	74

De los resultados de ésta, se puede observar que el agua del río Loa posee tributarios de regular calidad. El cauce principal, calidad regular a mala. 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 Loa antes represa Laquena	2
Río Loa en alcantarilla Conchi n°2	3
Río Loa en salida embalse Conchi	3
Río Loa a/j Salado	3
Río Loa en Yalquincha	3
Río Loa en la Finca	3
Río Loa en tranque sta Fe	3
Río Loa en tranque Sloman	3
Río Loa en Quillagua	3
Río Loa en desembocadura	3
Río San Pedro en Parshal n°1	2
Río Toconce antes represa ESSAN	2
Río Salado en sifón Ayquina	2
Río Salado a/j Loa	2

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: Color Aparente, RAS, Sólidos Disueltos, Cianuro, Cloruro, Nitrito, Sulfato, Sulfuro, Detergentes, Hidrocarburos, Boro, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Selenio, Zinc, Aluminio, Arsénico, Mercurio, Plomo, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Índice de Fenol, Cadmio,
- Parámetros Sin Información: 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	Río Loa al j río Salado	Río Loa antes Represa Lequeña	Río Loa en Desembocadura	Río Loa en La Finca	Río Loa en salida embalse Conchi	Río Loa en Yakuincha	Río Loa en Quillagua medidor automático	Río Loa en Sta. Fé medidor automático
	COD_SEG	0210LO40	0210LO10	0212LO10	0211LO30	0211LO30	0211LO10	0211LO60	0211LO60
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS									
Conductividad Eléctrica	µS/cm	O	O	O	O	O	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
Color aparente	Pt-Co	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O	O	O	O	O
INORGANICOS									
Amonio	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cianuro	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l								
Nitrato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
ORGANICOS									
A y G	mg/l								
Bifenilos policlorados (PCBs)	µg/l								
Detergentes (SAAM)	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
I de Fenol	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	µg/l								
Hidrocarburos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Tetracloroetano	mg/l								
Tolueno	mg/l								
METALES ESCENCIALES									
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cobre	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Níquel	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Selenio	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Zinc	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
METALES NO ESCENCIALES									
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cadmio	µg/l	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
Estaño	µg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Mercurio	µg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Plomo	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS									
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL

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

7.3 Sistema de Información Geográfico

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

- 1940-LOA-01: Usos del suelo
- 1940-LOA-02: Estaciones de medición y usos del agua
- 1940-LOA-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. Hojas: Calama, Tocopilla, Quillagua y Ollagüe, escala 1:250.000. 1986.
2.7	JJ. Consultores Asociados. Caracterización y Delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. CODELCO.
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 – CONAMA. Catastro de Bosque Nativo
2.11	INE, Instituto Nacional de Estadísticas http://www.censo2002.cl
2.12	EDITEC Ltda. Compendio de Minería Chilena. 2003.
2.13	CONAMA, Comisión 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	BCN, Biblioteca del Congreso Nacional, www.bcn.cl