

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

**DIAGNOSTICO Y CLASIFICACION DE LOS
CURSOS Y CUERPOS DE AGUA
SEGUN OBJETIVOS DE CALIDAD**

CUENCA DEL RIO HUASCO

DICIEMBRE 2004

CADE-IDEPE
CONSULTORES EN INGENIERIA

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
1.	ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES	1
2.	RECOPILACION 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.....	7
2.2.4	Geomorfología.....	8
2.2.5	Suelos	9
2.3	Flora y Fauna de la Cuenca del Río Huasco.....	10
2.3.1	Flora terrestre y acuática	10
2.3.2	Fauna acuática	13
2.4	Sistemas Humanos.....	13
2.4.1	Asentamientos humanos	13
2.4.2	Actividades económicas	14
2.5	Usos del Suelo	15
2.5.1	Uso agrícola.....	15
2.5.2	Uso forestal.....	16
2.5.3	Uso urbano.....	16
2.5.4	Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad.....	17
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA BASE DE DATOS.....	19
3.1	Información Fluviométrica.....	19
3.2	Usos del Agua.....	20
3.2.1	Usos in – situ	21
3.2.2	Usos extractivos.....	22
3.2.3	Biodiversidad.....	23
3.2.4	Usos ancestrales.....	24
3.2.5	Conclusiones.....	24

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
3.3	Descargas a cursos de agua	27
3.3.1	Descargas aguas servidas	27
3.3.2	Residuos Industriales Líquidos	30
3.4	Datos de Calidad de Aguas	34
3.4.1	Fuentes de Información	34
3.4.2	Aceptabilidad de los programas de monitoreo	35
4.	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	37
4.1	Análisis de Información Fluviométrica	37
4.1.1	Análisis por estación	37
4.1.2	Conclusiones	48
4.2	Análisis de la Calidad del Agua	49
4.2.1	Selección de parámetros	49
4.2.2	Análisis de tendencia central	53
4.2.3	Programa de muestreo puntual CADE-IDEPE	58
4.2.4	Base de Datos Integrada (BDI)	58
4.2.5	Procesamiento de datos por período estacional	60
4.3	Factores Incidentes en la Calidad del Agua	65
5.	CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES .	69
5.1	Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal	69
5.2	Caracterización de la Calidad de Agua	78
5.3	Asignación de Clases de Calidad Actual a Nivel de la Cuenca	81
5.4	Calidad Natural y Factores Incidentes	85
5.4.1	Conductividad eléctrica	87
5.4.2	Oxígeno disuelto	87
5.4.3	Relación de absorción de sodio (RAS)	88
5.4.4	Cloruros	88
5.4.5	Sulfatos	89
5.4.6	Boro	89

INDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
5.4.7	Cobre	90
5.4.8	Cromo	90
5.4.9	Hierro.....	90
5.4.10	Manganeso.....	91
5.4.11	Molibdeno.....	91
5.4.12	Zinc.....	92
5.4.13	Aluminio.....	92
5.4.14	Falencias de información.....	92
5.4.15	Conclusiones.....	93
6.	PROPOSICION DE CLASES OBJETIVOS	94
6.1	Establecimiento de Tramos	94
6.2	Requerimientos de Calidad según Usos del Agua.....	95
6.3	Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo	99
7.	OTROS ASPECTOS RELEVANTES	100
7.1	Indice de Calidad de Agua Superficial	100
7.1.1	Antecedentes.....	100
7.1.2	Estimación del ICAS	100
7.1.3	Estimación del ICAS objetivo	101
7.2	Programa de Monitoreo Futuro	102
7.3	Sistema de Información Geográfico	105
7.3	Sistema de Información Geográfico	105
7.4	Referencias	105

ANEXOS

- Anexo 3.1 : Estadísticas de Caudales Medios Mensuales Cuenca del Río Huasco
- 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 Huasco
- Anexo 7.1: Índice de Calidad Actual Cuenca del Río Huasco

1. ELECCION DE LA CUENCA Y DEFINICION DE CAUCES

La cuenca hidrográfica del río Huasco está ubicada en la III Región de Atacama y se extiende aproximadamente entre los paralelos 28°30' y los 29°40' de latitud sur, con una extensión de 9.850 km².

El río Huasco se forma en Junta del Carmen, a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia de los ríos del Tránsito que viene del NE y del Carmen del SE.

La hoya del río del Carmen o de Españoles tiene una superficie de 2.860 km². En su límite norte se encuentra la sierra del Medio o Tatul, que disminuye paulatinamente de altura desde la frontera hasta la Junta del Carmen.

Dos ríos principales y de escurrimiento permanente contribuyen a la formación del río del Carmen. Desde la cordillera baja el río Potrerillo, que confluye con el río Matancilla en la localidad de Potrerillo, para formar el río del Carmen propiamente tal.

El desarrollo total del río del Carmen, desde el nacimiento del tributario más largo hasta Junta del Carmen, es de 145 km.

La hoya del río del Tránsito o de Naturales se desarrolla al NE y comprende una superficie de 4.135 km². La longitud de este río tomada desde el nacimiento de su subtributario principal es de 108 km hasta la Junta del Carmen. Se forma de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, en la Junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen. A su vez el Conay proviene de la confluencia en plena cordillera andina, de los ríos Laguna Grande y Laguna Chica, que se generan en sendas lagunas homónimas.

Un rasgo interesante de destacar y que se repite en la mayoría de los ríos chilenos, es que la red hidrográfica del río Huasco se encuentra orientada en un sentido general sur-este a nor-oeste, de tal manera que el Huasco desemboca al mar a la misma altura que el nacimiento del río septentrional de los dos cordilleranos que lo forman. Este rasgo se atribuye a la dirección del viento que provoca lluvias, que hace que las vertientes expuestas a él reciban mayor cantidad de aguas que las protegidas, imprimiendo, en consecuencia, las primeras, su dirección a las redes hidrográficas.

Huasco

2.

Los cauces incluidos en el estudio son los siguientes:

- río Huasco
- río del Tránsito
- río del Carmen
- río Conay

2. RECOPILACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

2.1 Cartografía y Segmentación Preliminar

a) Cartografía

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

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

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

b) Segmentación preliminar

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

Huasco

4.

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

CUENCA RIO HUASCO					Límites de los segmentos	
SubCuenca	Cauce	REF	SubSeg	Código	Inicia en:	Termina en:
0380	Río CONAY	CO	1	0380 - CO - 10	NACIENTE RÍO CONAY	EST. CALIDAD RÍO CONAY EN LAS LOZAS
0380	Río CONAY	CO	2	0380 - CO - 20	EST. CALIDAD RÍO CONAY EN LAS LOZAS	CONFLUENCIA RÍO CHOLLAY
0380	Río DEL TRANSITO	TR	1	0380 - TR - 10	CONFLUENCIA RÍO CONAY Y CHOLLAY	CONFLUENCIA RÍO DEL CARMEN
0381	Río DEL CARMEN	CA	1	0381 - CA - 10	NACIENTE RÍO DEL CARMEN	EST. FLUVIOMÉTRICA RÍO CARMEN EN CORRAL
0381	Río DEL CARMEN	CA	3	0381 - CA - 20	EST. FLUVIOMÉTRICA RÍO CARMEN EN CORRAL	CONFLUENCIA RÍO DEL TRÁNSITO
0382	Río HUASCO	HU	1	0382 - HU - 10	CONFLUENCIA RÍO DEL TRÁNSITO Y RÍO DEL CARMEN	ENTRADA EMBALSE SANTA JUANA
0382	Río HUASCO	HU	2	0382 - HU - 20	SALIDA EMBALSE SANTA JUANA	EST. CALIDAD RÍO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA
0382	Río HUASCO	HU	3	0382 - HU - 30	EST. CALIDAD RÍO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	EST. CALIDAD RÍO HUASCO EN HUASCO BAJO
0382	Río HUASCO	HU	4	0382 - HU - 40	EST. CALIDAD RÍO HUASCO EN HUASCO BAJO	DESEMBOCADURA

2.2 Sistema Físico - Natural

2.2.1 Clima

El área se encuentra bajo la influencia de un bioclima mediterráneo, caracterizado por presentar un incremento y máximo estacional de precipitaciones durante el invierno en su sector más árido, con déficit hídrico durante más de la mitad del año.

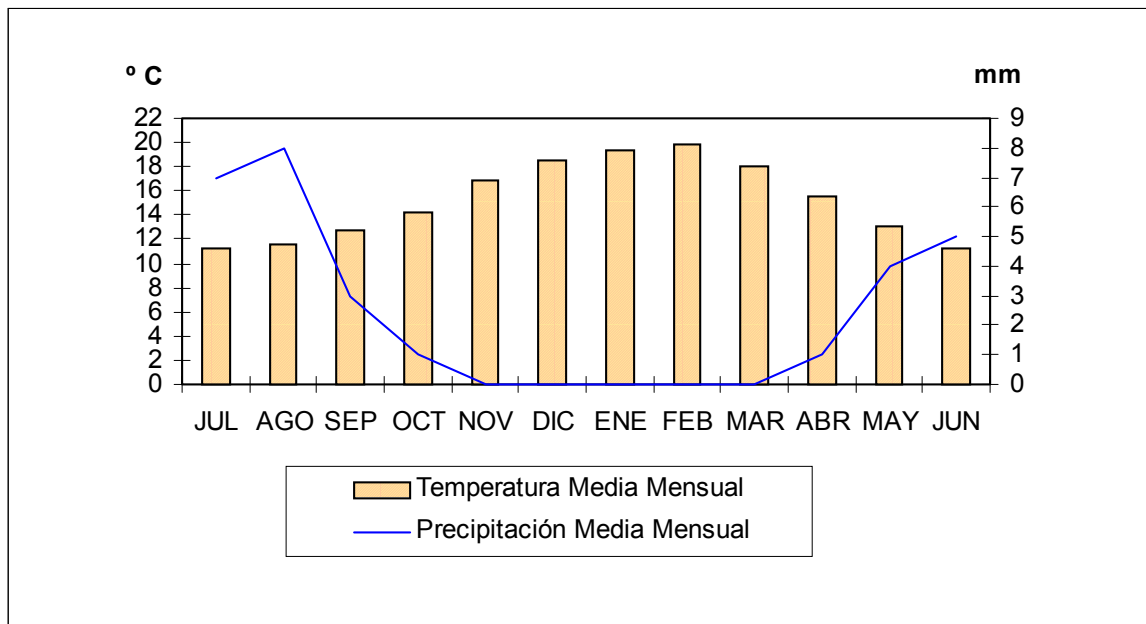
El tipo bioclimático dominante es el mediterráneo desértico - oceánico y la variabilidad está dada por cambios en el origen y montos de precipitaciones desde la costa hacia la cordillera y por la variación térmica que se produce en el mismo sentido. La zona litoral es alimentada de agua fundamentalmente por las neblinas costeras cuyos montos son considerables.

Las precipitaciones aumentan conforme se asciende en el gradiente altitudinal en dirección a la cordillera andina. Ellas se originan en los frentes polares provenientes desde el sudoeste y la barrera climática de los Andes produce su acumulación en los sectores altos de la cordillera. Las temperaturas y la oscilación térmica disminuyen hacia el Este debido la combinación del efecto de la altitud y del incremento de la distancia al mar.

Las características principales de los valles de los ríos Huasco, del Tránsito y del Carmen están dadas por un período libre de heladas de 11 meses (agosto a junio). La temperatura mínima de julio es de 5° C y la máxima del mes de enero es de 28°C.

Aparecen dos tipos climáticos, el desértico transicional en la parte oriental y el desierto costero con nublados abundantes en el plano occidental. En la ciudad de Vallenar, el promedio anual de precipitaciones es de 40mm, el período libre de heladas es de 11 meses (agosto a junio), la temperatura mínima de julio es de 6°C, y la máxima de enero es de 26°C, el período seco dura todo el año y el índice de humedad estival es de 0. En general, estas características son válidas para toda la unidad, salvo que la temperatura máxima del mes de enero disminuye en 1°C, en el sector costero, donde la influencia marina es mayor. [Ref. 2.1]

En el siguiente diagrama climático, figura 2.1, se presentan los montos de precipitación y temperaturas medias mensuales del río Huasco en el sector de Vallenar.



[Ref. 2.2]

Figura 2.1: Diagrama Ombrotérmico, sector de Vallenar

2.2.2 Geología y volcanismo

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

- Quebrada San Antonio

Rocas JK3 de tipo volcánicas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Secuencias volcánica, lavas, basálticas a riolíticas, domos brechas y aglomerados andesíticos a dacíticos con intercalaciones clásticas continentales y marinas.

- Quebrada Camarones

Rocas Kibg de tipo intrusivas del Cretácico Inferior bajo. Monzodioritas y dioritas de piroxeno, hornenda y biotita, granodioritas y tonalitas. Mineralizaciones de Fe.

Rocas K₁ de tipo intrusivas del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzodioritas de hornblenda y biotita. Asociados a mineralización de Fe, Cu, Au.

- Subcuenca del río del Carmen

Rocas K₂ de tipo sedimentarias del Cretácico inferior. Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas calcarenitas areniscas, margas y coquinas.

- Quebrada del río Grande y Quebrada Cantaritos

Rocas PEG de tipo intrusivas del Paleoceno-Eoceno. Monzodioritas de piroxeno y biotita, granodioritas y monzodioritas de hornblenda y biotita, dioritas, gabos y pórfidos riolíticos y dacíticos, asociados a mineralización de Cu-Au.

No existe influencia volcánica en esta cuenca.

2.2.3 Hidrogeología

La cuenca hidrogeológica del río Huasco se extiende desde la latitud 28°34' hasta la latitud 29°39' Sur.

En la parte alta destaca la existencia de permeabilidad muy baja, debido a la existencia de rocas plutónicas e hipabisales del paleozoico formado por intrusivos graníticos y basamentos impermeables junto con rocas volcánicas, coladas y depósitos piroclásticos reolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos del período jurásico de muy baja permeabilidad.

El escurrimiento es en sentido NNW, para luego virar en las cercanías de Alto del Carmen en sentido NWW, desde esta ciudad en adelante la permeabilidad se hace de media a alta al pasar de rocas sedimentarias – volcánicas depósitos no consolidados o rellenos, encajonadas por intercalaciones de rocas sedimentarias, plutónicas e hipabisales.

A partir de Vallenar existen recargas del río Huasco por afloramientos (Pozo Dirección General de Aguas con nivel freático de 1 m) los cuales continúan hasta su desembocadura.

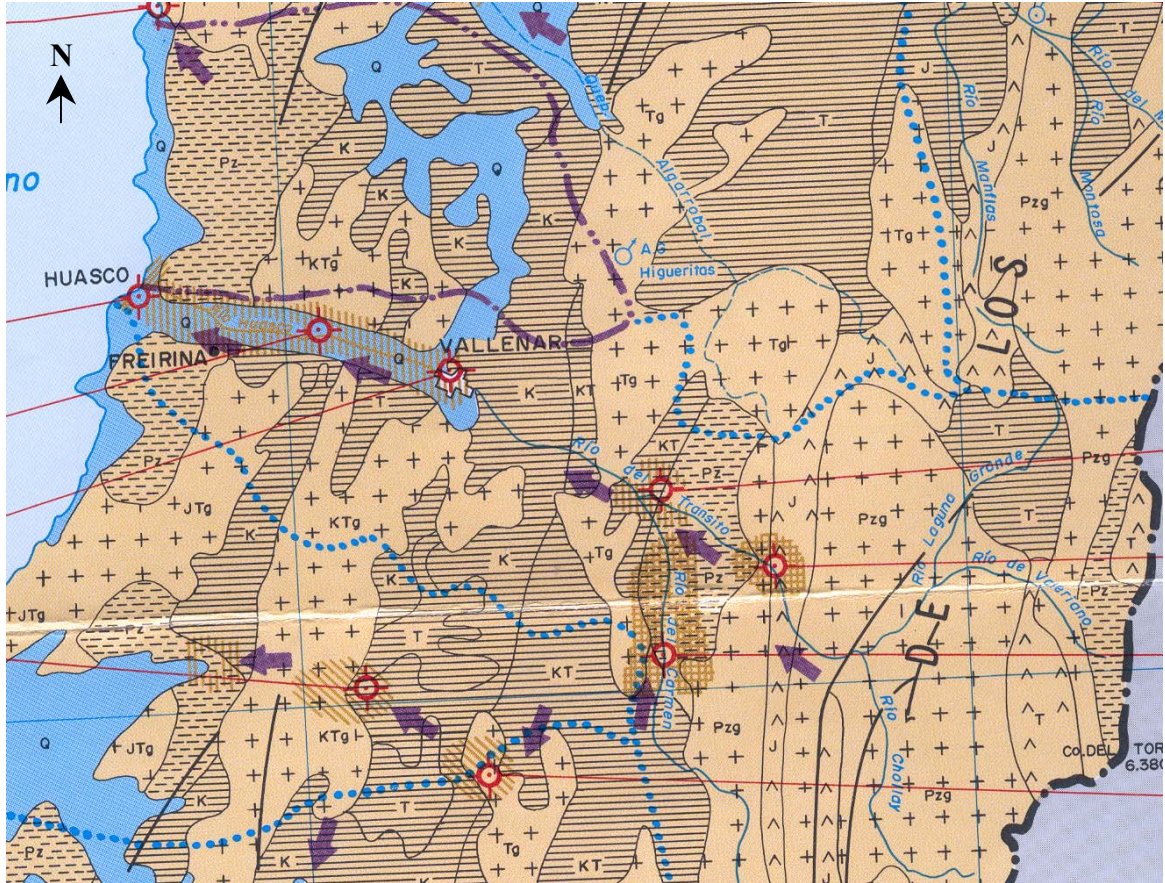


Figura 2.2: Características Hidrogeológicas de la Cuenca del Río Huayco

Al sur de la III Región de Atacama aparece el segundo valle transversal que constituye el curso del río Huasco. En general el relieve de esta zona se caracteriza por la alternancia sucesiva de cordones montañosos y valles de sentido transversal. La Cordillera de la Costa es discontinua, producto de la presencia de éstos cordones transversales, y en menor medida por la erosión marina, dando cabida a planicies costeras amplias en la zona de Chañaral.

El río Huasco nace de la confluencia de los ríos del Tránsito y del Carmen, posee una hoya hidrográfica de 9.850 km² y su curso en general sigue una orientación Este – Oeste. El valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores:

Desde su nacimiento, el río Huasco posee una longitud de 88 km hasta que desemboca en el mar, al norte de la ciudad del mismo nombre. En el sector del nacimiento de este curso y la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 Km al oriente de Vallenar, el río escurre por un típico cajón cordillerano, en un lecho relativamente estrecho, confinado por altos cerros de roca fundamental mezoica. Las quebradas laterales interrumpen con sus conos de deyección el curso del río, desviándolo a uno y otro lado.

En su curso inferior, desde El Jilguero hasta la desembocadura en el mar, con longitud de 55 km, la caja del río se ensancha y el valle se presenta acompañado de extensas terrazas fluviales cuaternarias. Próximo a su desembocadura, al norte de la localidad de Huasco, la caja del río alcanza a más de 2 Km de ancho.

Los principales tributarios, los ríos del Tránsito y del Carmen, también se presentan encajonados, rodeados por elevados cerros rocosos, de laderas escarpadas, aunque la caja misma del río del Tránsito es bastante ancha desde la localidad de Conay a la Junta del Carmen, y deja extensas playas ripiosas por donde el curso del río presenta múltiples meandros. Son característicos también en ellos los grandes conos de deyección de las quebradas laterales, que son aprovechados en cultivos. [Ref. 2.5]

2.2.5 Suelos

En el sector preandino de la cuenca, los suelos corresponden en general a suelos xerosoles cálcicos y litosuelos. Los suelos del Valle del Huasco y sus afluentes en el curso medio, son derivados de materiales aluviales sin salinidad o muy ligera. La mayoría ocupa una topografía de terrazas planas con pendiente suave y drenaje normal. En general son suelos de espesor mediano a delgado, textura suelta, generalmente francoarenosos, de color pardo en su superficie y textura más pesada en profundidad. En la mayoría de los casos presentan acumulaciones salinas variables profundas en los horizontes de la superficie (B y C). La gran mayoría los suelos presentan perfiles pedregosos y muy pobres en materia orgánica. La permeabilidad es normal.

El Valle del río Huasco, en general presenta suelos derivados principalmente de sedimentos aluviales aunque hay algunos derivados de sedimentos marinos en las cercanías de

la desembocadura; se presentan en una topografía de terrazas planas y drenaje normal. Los suelos son delgados. La parte baja de las terrazas próximas al río, presentan sectores de mal drenaje y alta concentración de sales, condiciones que se agravan por mal manejo. Los suelos son ricos en calcio y moderados a bajos en materia orgánica, los rendimientos altos y la calidad de los productos buena. De Freirina a la costa, los suelos muestran serios problemas de salinidad agravado por mala calidad de aguas de riego. La aptitud de los suelos está dada por su ubicación, posición topográfica y clima. De Vallenar al Este los suelos presentan aptitud frutal; entre Vallenar y Freirina, empastadas de alfalfa, cebada y linaza y, desde Freirina a la costa, los suelos presentan aptitud para plantaciones de olivos.

Las condiciones edáficas son similares en el sector de la Cordillera de la Costa y las planicies litorales a las del subsistema anterior (Subsistema de la Pampa Ondulada). Sin embargo, a medida que se avanza hacia la costa aparecen suelos también derivados de materiales aluviales, pero de mayor salinidad. Son generalmente suelos con mal drenaje, salinos a alcalinos y a veces fuertemente alcalinos, con gran concentración de sales, casi siempre solubles en agua. Estos suelos al secarse, presentan visibles eflorescencias salinas.

Las texturas de estos suelos son generalmente arenosas en superficie y un poco más pesadas en profundidad, presentando un moteado muy intenso que refleja la fluctuación de las napas freáticas. La permeabilidad es muy lenta, la fertilidad es baja y presentan mayores porcentajes de materia orgánica, pues permanecen casi siempre cubiertos con vegetación adaptada al mal drenaje y a la salinidad. La profundidad es variable [Ref 2.6].

2.3 Flora y Fauna de la Cuenca del Río Huasco

2.3.1 Flora terrestre y acuática

En la cuenca se han identificado cuatro formaciones vegetales:

- Desierto Costero del Huasco: Se encuentra en los sectores litorales, debido a la presencia de neblinas. En esta formación, la vegetación presenta mayor continuidad respecto la formación que se encuentra más al norte, debido a que ocasionalmente recibe influencia de precipitaciones. La comunidad más importante de esta formación es *Heliotropium stenophyllum* y *Oxalis gigantea*, matorral con arbustos bajos y cactáceas de los géneros *Echinopsis*, *Opuntia* y *Copiapoa*.

- **Desierto Florido del Llano:** Se encuentra en los llanos y serranías intermedias, en las planicies arenosas entre Vallenar y Copiapó. Destaca por la presencia de comunidades dominadas por *Skytanthus acutus* y *Encelia tomentosa* y la emergencia ocasional de plantas efímeras entre las que destacan especies de los géneros *Cristaria* y *Calandrinia*.
- **Desierto Florido de las Serranías:** Se localiza en los sectores de relieve más heterogéneo que tienden a ubicarse próximos al macizo andino. Las comunidades típicas son matorrales abiertos donde dominan *Bulnesia chilensis* Rara, *Adesmia argentea* y *Balsamocarpon brevifolium* especie Vulnerable, las que albergan un conjunto muy diverso de especies vegetales perennes y efímeras, concentrando la mayor parte de los taxa leñosos amenazados de la zona (e.g. *Cordia decandra*, *Krameria cistoidea*, *Pintoa chilensis*).
- **Estepa Altoandina de Coquimbo:** Se encuentra en los sectores andinos, donde las precipitaciones son superiores a los 150 mm anuales y las temperaturas tienden a disminuir a mayor altitud. Su fisionomía corresponde matorrales bajos y pajonales dominados por especies arbustivas del género *Adesmia* (*A. hystrix*, *A. echinus*, *A. remyana*), *Haplopappus baylahuen* y *Senecio johnstonianus* y gramíneas cespitosas del género *Stipa* (e.g. *Stipa chrysophylla*). En las partes altas de esta formación se encuentra la llaretilla (*Laretia acaulis*, Vulnerable) en su límite norte de distribución. [Ref. 2.7]

Con respecto a la flora acuática, el incremento y permanencia del recurso agua se refleja en la riqueza de especies de flora y fauna. La Tabla siguiente se señalan las especies de plantas acuáticas, las cuales alcanzan a 40, con 87,5% de especies nativas y 37,5% de ellas endémicas de la región.

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

ESPECIE	ORIGEN
<i>Apium andinum</i> Phil.	N
<i>Apium leptophyllum</i> (Pers.) F. Muel	N
<i>Baccharis sagittalis</i> (Less.) DC.	N-E
<i>Cardamine glaciales</i> (G. Forster) D.	N-E
<i>Carex gayana</i> Desv.	N
<i>Carex maritima</i> Gunn.	N
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	I
<i>Eleocharis albibracteata</i> Nees. Et	N
<i>Eleocharis dombeyana</i> Kunth.	N
<i>Eleocharis melanostachys</i> (D'Urv.)	N
<i>Epilobium barbeyanum</i> Lev.	N
<i>Equisetum giganteum</i> L.	N-E
<i>Habenaria paucifolia</i> Lindl.	N-E
<i>Juncus balticus</i> Willd.	N
<i>Juncus bufonius</i> L.	I
<i>Juncus chilensis</i> Gay	N
<i>Juncus scheuchzerioides</i> Gaud.	N-E
<i>Juncus stipulatus</i> Nees. et Mey.	N
<i>Lilaeopsis andina</i> A.W. Hill.	N
<i>Mimulus depressus</i> Phil.	N-E
<i>Mimulus glabratus</i> HBK.	N-E
<i>Mimulus luteus</i> L.	N-E
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Ver	N
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	N-E
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchen	N-E
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	C
<i>Polypogon monspelliensis</i> (L.) Desf	I
<i>Potamogeton strictus</i> Phil.	N-E
<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh.	N
<i>Ranunculus uniflorus</i> Phil.	N
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.)	I
<i>Scirpus americanus</i> Pers.	N
<i>Scirpus atacamensis</i> (Phil.) Boeck.	N-E
<i>Scirpus deserticola</i> Phil.	N-E
<i>Spergularia pissisii</i> (Phil.) Johns	N
<i>Tessaria absinthioides</i> (H. et A.)	N
<i>Triglochin palustris</i> L.	N
<i>Verónica anagallis-aquatica</i> L.	I
<i>Werneria pinnatifida</i> Remy ex Gay	N-E
<i>Werneria pygmaea</i> Gill. Ex H. et A.	N-E

Origen: E = endémico y Nativo, N = nativo, C =cosmopólita, I = introducido.

[Ref. 2.8]

2.3.2 Fauna acuática

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

Tabla 2.3: Fauna Íctica Presente en el Río Huasco

ESPECIE	Estados de Conservación
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	P
<i>Cheirodon pisciculus</i>	P
<i>Galaxias maculatus</i>	V
<i>Mugil cephalus</i>	Nd
<i>Trichomyterus areolatus</i>	V

P = Peligro de extinción; V = vulnerable.

Nd: información no disponible

[Ref. 2.8]

2.4 Sistemas Humanos

2.4.1 Asentamientos humanos

Desde el punto de vista político- administrativo, la cuenca del río Huasco se ubica en la III Región de Atacama, abarcando la provincia del mismo nombre y las comunas de Freirina, Huasco, Vallenar y Alto del Carmen. Además, esta cuenca abarca parte de la provincia del Elqui.

Geográficamente la superficie total de la cuenca equivale al 13% de la superficie regional (III Región de Atacama).

Basándose en la información disponible del censo del 2002, en la cuenca existen 15 localidades pobladas, de las cuales dos son ciudades y el resto, corresponden a entidades rurales (aldeas). Las ciudades emplazadas en la cuenca son, Vallenar con 48.040 habitantes y Huasco con 7.945 habitantes.

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 Huasco

Nombre Asentamiento	Población Total 2002	Población Total Urbana 2002	Cauces asociados
Vallenar	48.040	43.750	Río Huasco
Huasco	7.945	6.445	Río Huasco
Freirina	5.666	3.469	Río Huasco
Alto del Carmen	4.840	0	Río Huasco y del Tránsito

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

2.4.2 Actividades económicas

Las condiciones climáticas y de suelo de la cuenca del Huasco, más la presencia del recurso agua, facilitan el desarrollo de productos frutícolas de calidad, hortalizas y viñedos. Aunque la superficie explotable es limitada, se aprovecha intensamente en la producción de paltos, duraznos, uvas, damascos y chirimoyas.

Parte de la producción de uva se usa en la elaboración de alcoholes y pisco. La superficie cultivada de uva de mesa, ha experimentado fuertes incrementos en su tecnología y capital, siendo su principal mercado la exportación a Estados Unidos, Europa, Asia y América Latina. Además, la incorporación de la infraestructura de riego en la región, le ha permitido convertirse en los primeros oferentes de primores de uva de mesa a nivel internacional, obteniendo mejores precios.

Las ventajas climáticas permiten que algunos productos frutícolas maduren más tempranamente que en el resto del país, lo cual aumenta su valor en el mercado. Esto ocurre también con la producción de olivos y hortalizas. El olivo es la segunda especie con mayor participación, teniendo gran proyección en la región, dado que las condiciones climáticas permiten una excelente calidad y, por otro lado, la demanda mundial aceite de oliva ha sido creciente. Sin embargo, este rubro no cuenta con una infraestructura regional adecuada para integrarse a formar parte de la oferta exportadora de aceite de oliva.

En la producción minera metálica la zona destaca por la existencia de yacimientos de hierro que poseen alto porcentaje de metal. La planta de pellet de Huasco transforma el mineral en un concentrado de hierro que alcanza mejor precio en el mercado.

En el sector preandino hay yacimientos de minerales no metálicos como la baritina, cuarzo, y mármol. La ciudad de Huasco también es un importante puerto de embarque de minerales.

2.5 Usos del Suelo

La información referente a los usos de suelo en la cuenca, se presenta en el plano 1940-HUA-01 y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.5: Clasificación Usos del suelo Cuenca del río Huasco

Cuenca del río Huasco (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
985.000	Praderas	13.459	1,4
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	30.194	3
	Plantaciones forestales	0	0
	Áreas urbanas e industriales	321	0,03
	Minería Industrial	< 156,25	0
	Bosque nativo y bosque mixto	0	0
	Otros Usos*	656.697	66,7
	Áreas sin vegetación	284.329	28,9

*Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral – pradera, rotación cultivo – pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves – glaciares y humedales. Ref [2.9]

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

2.5.1 Uso agrícola

El uso del suelo de tipo agrícola en la cuenca comprende 30.194 Ha equivalentes al 3% de la superficie total.

Los terrenos agrícolas se presentan principalmente a lo largo del valle del río Huasco aguas abajo de la localidad de Vallenar hasta la desembocadura. Estos terrenos se presentan únicamente en áreas aledañas a las terrazas fluviales de este cauce. En el sector alto del río (nacimiento en la confluencia de los ríos del Tránsito y del Carmen) la superficie de terrenos de agrícolas es muy reducida, sin embargo, se logra desarrollar una pequeña superficie en algunos sectores del río del Tránsito y río Conay, afluente de este último.

Los frutales ocupan la mayor parte de la superficie sembrada de la región. En esta actividad destaca la provincia de Huasco, que posee un 40% del suelo de especies frutales. La mayor superficie la ocupa la uva de mesa, la cual ha experimentado fuertes incrementos en su tecnología y capital.

El olivo es la segunda especie con mayor participación, teniendo gran proyección en la región, dado que las condiciones climáticas permiten una excelente calidad y, por otro lado, la demanda mundial de aceite de oliva ha sido creciente. Las plantaciones de olivos se concentran en la provincia de Huasco, específicamente en las comunas de Huasco y Freirina. [Ref. 2.9]

El resto de la producción hortícola, se encuentra en la provincia de Huasco con 824 hectáreas (44%) de superficie destinadas a este rubro en el año 1997, siendo el poroto verde, la arveja, el choclo y el tomate los principales cultivos.

La provincia de Huasco es la que concentra la mayor cantidad de productores pisqueros y la mayor cantidad de superficie plantada, siendo la comuna de Alto del Carmen y Vallenar las que concentran la mayor plantación. [Ref. 2.10]

2.5.2 Uso forestal

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

2.5.3 Uso urbano

El uso del suelo de tipo urbano en la cuenca, alcanza las 321 Ha equivalentes al 0,03% de la superficie total. La población urbana total al año 2002 es de 53.664 habitantes. [Ref. 2.9]

El sector urbano más importante de la cuenca, lo constituye la ciudad de Vallenar, capital provincial, donde se concentra el mayor número de población urbana. La ciudad de Huasco y la localidad de Freirina, también poseen un importante número de población urbana. El sector de Alto del Carmen, sólo presenta población rural (4.840 habitantes).

La cuenca del río Huasco, incluye en su territorio además de los antiguos asentamientos de Freirina y Huasco, el área denominada sector minero Los Cristales, ubicado en la parte norte de la comuna de La Higuera.

El sector minero de la cuenca se emplaza preferentemente en los alrededores de la ciudad de Vallenar, Quebrada Honda y localidad de Domeyko donde se han identificado un total de 34 faenas mineras que extraen principalmente cobre y en menor proporción oro y carbonato. También destaca la comuna de Freirina con un total de 19 faenas mineras siendo el único mineral explotado el cobre.

2.5.4 Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del río Huasco 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 que se incluyen en el documento “Estrategia y Plan de Acción para la Conservación y Protección de la Biodiversidad en Atacama”, se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 2.6: Áreas de Conservación de la Biodiversidad

Nombre del sitio	Superficie (Ha)	Característica del ecosistema
Estuario del río Huasco y Carrizal	2.178	Humedal costero y área marina. Alta diversidad de invertebrados, mamíferos y aves marinas. Diversidad de hábitats representativos del litoral del Norte de Chile. Pristinidad media – baja.
Zona del Desierto Florido	75.986	El fenómeno del Desierto Florido, se desarrolla en la zona comprendida entre el nivel del mar y los 800 msnm. En esta zona existen ecosistemas con presencia de flora única y singular. Pristinidad media.
Laguna Valeriano	2.957	Presencia de flora y fauna en algún grado de conservación. Mamíferos: Pseudalopex culapeus, Pseudalopex griseus y Lama huanicoe. Pristinidad alta.
Laguna Grande	5.865	Presencia de flora y fauna en algún grado de conservación. Mamíferos: Chinchilla brevicaudata, Pseudalopex culapeus, Pseudalopex griseus y Lama huanicoe. Flora: Adesmia divaricata, Heliotropium chenopodiaceum, Atriplex imbrica, Stipa sp., Adesmia hystrix y adesmia aegyceras. Pristinidad alta.

[Ref. 2.11][Ref. 2.12]

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 Huasco es el siguiente:

Tabla 3.1: Estaciones Fluviométricas de la Cuenca del río Huasco

Nombre	Período de Registro
RÍO DEL CARMEN EN EL CORRAL	1991 - 2002
RÍO DEL CARMEN EN PUENTE LA MAJADA	1988 - 1999
RÍO CONAY EN LAS LOZAS	1984 - 2002
RÍO DEL TRÁNSITO EN ANGOSTURA PINTE	1965 - 2002
RÍO DEL TRÁNSITO ANTES JUNTA RÍO DEL CARMEN	1961 - 2002
RÍO HUASCO EN ALGODONES	1961 - 2001
RÍO HUASCO EN SANTA JUANA	1961 - 2002
RÍO HUASCO EN PUENTE NICOLASA	1971 - 1986

El río Huasco se forma de la reunión de los ríos del Carmen y del Tránsito, en La Junta del Carmen, a 90 km del océano Pacífico, a 790 m s.n.m. El principal formativo del río del Tránsito es el Conay, que se junta con el Chollay 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen.

El régimen del río Huasco es nival, ya que sus principales formativos nacen en la alta cordillera de Los Andes. Todas las estaciones fluviométricas estudiadas en esta cuenca muestran una fuerte influencia nival, y en las que se ubican en la parte baja del curso del río Huasco se aprecia una pequeña influencia pluvial.

Para el análisis hidrológico se ha utilizado sólo un grupo, el cual tiene un régimen nival, ya que todas las estaciones muestran éste carácter.

- Grupo1; Régimen Nival: Este grupo está compuesto por todas las estaciones fluviométricas estudiadas de esta cuenca. Todas las estaciones

muestran una fuerte influencia nival y las estaciones ubicadas en la parte más baja de la cuenca muestran una pequeña influencia pluvial.

Tabla 3.2: Grupos de Estaciones Fluviométricas

	Régimen	Nombre Estación
1	Nival	RÍO DEL CARMEN EN EL CORRAL
2		RÍO DEL CARMEN EN PUENTE LA MAJADA
3		RÍO CONAY EN LAS LOZAS
4		RÍO DEL TRÁNSITO EN ANGOSTURA PINTE
5		RÍO DEL TRÁNSITO ANTES JUNTA RÍO DEL CARMEN
6		RÍO HUASCO EN ALGODONES
7		RÍO HUASCO EN SANTA JUANA
8		RÍO HUASCO EN PUENTE NICOLASA

Para poder completar y extender las estadísticas de las estaciones fluviométricas incompletas se utilizó una estación patrón, la cual tiene un registro bastante extenso y completo. La estación patrón es Río del Tránsito antes Junta río del Carmen.

En el caso particular de la estación Huasco en puente Nicolasa se utilizó la estación Huasco en Santa Juana como estación patrón, debido a su cercanía y similar comportamiento hidrológico.

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

3.2 Usos del Agua

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

Las fuentes utilizadas en este capítulo corresponden a:

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

3.2.1 Usos in – situ

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

a) Acuicultura

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

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

b) Pesca deportiva y recreativa

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

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

3.2.2 Usos extractivos

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

a) Riego

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

En total, los usuarios del río Huasco corresponden a 2.754, organizados en 193 comunidades de aguas. La demanda bruta al año 1997 era de 37,44 m³/seg, con un consumo de 19,94 m³/seg. [Ref. 3.1] Además se puede destacar que con la puesta en marcha del embalse San Juana se alcanzó una seguridad de riego de aproximadamente 10.000 ha en el valle de Huayco beneficiando a alrededor de 1800 predios.

Los cultivos dominantes en la cuenca corresponden a patronales, viñas, frutales, alfalfa, cereales y olivos.

b) Captación para agua potable

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

En la cuenca del Huasco, existen dos sistemas de aprovisionamiento de agua potable, que corresponden a los sistemas Vallenar y Huasco – Freirina. Ambos se abastecen de aguas subterráneas.

Sin embargo se han detectado en las Bases de Datos de la DGA dos bocatomas para este uso cerca de la ciudad de Vallenar.

c) Generación de energía eléctrica

En la actualidad no se genera energía hidroeléctrica en esta cuenca.

d) Actividad industrial

Las demandas brutas para uso industrial al año 1997 correspondían a 8.280 m³/mes y el consumo para el mismo año fue de 6.900 m³/mes. [ref. 3.1]

No se dispone de más antecedentes que permitan determinar la ubicación de estos usos de agua para la actividad industrial, por lo que no se incluirán en la tabla 3.5.

e) Actividad minera

En la actualidad un 43 % de la demanda de agua por la minería se realiza sobre recursos hídricos superficiales. En la siguiente tabla se indican los derechos de agua otorgados al sector minero:

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

Nombre	Año	Fuente	Derechos (l/s)
Cía. Minera del Pacifico	1987	Río Huasco	140
Cía. Minera Sancarrón	1985	Río Sancarrón	130

[Ref. 3.2]

También se han detectado bocatomas para este uso en la parte alta del río del Carmen y en el río Chollay, pero no es posible asignarlas a ningún segmento.

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 Huasco no existen áreas contempladas por el SNASPE.

En cuanto a la “Estrategia Regional y Plan de Acción de la Biodiversidad III Región de Atacama”, los sitios prioritarios de conservación de biodiversidad aparecen identificados en el capítulo 2.5.4 “Áreas de Conservación de la Biodiversidad”.

3.2.4 Usos ancestrales

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

3.2.5 Conclusiones

En la lámina 1940-HUA-02: “Estaciones de Medición y Usos del Agua” se muestran los cauces seleccionados para el presente estudio, con su respectiva segmentación y los distintos usos asociados a cada cauce. Esta misma información se presenta en la tabla 3.4, la cual contiene el tipo de uso del agua por segmento.

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

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

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río del Carmen	0381CA10			●				●		
	0381CA20			●					●	
Río Conay	0380CO10			●						
	0380CO20			●						
Río del Tránsito	0380TR10			●					●	
Río Huasco	0382HU10			●				+	●	
	0382HU20			●					●	
	0382HU30			●	●				●	
	0382HU40								●	

[Ref 3.2], [Ref. 3.3]

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

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

Huasco

26.

3.3 Descargas a cursos de agua

3.3.1 Descargas aguas servidas

La cuenca del río Huasco posee una población urbana total estimada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) al año 2001 de 59.819 habitantes. Esta población comprende las ciudades de Vallenar y Huasco, así como el poblado de Freirina.

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 99,6% (59.578 habitantes) posee servicios de agua potable y alcantarillado. Esto refleja que prácticamente la totalidad de la población urbana es atendida con estos servicios por la empresa sanitaria EMSSAT S.A.

La empresa sanitaria además de los servicios anteriores, provee a la población con servicios de tratamiento de aguas servidas. Sin embargo, pese a la alta cobertura de agua potable y alcantarillado que poseen las localidades emplazadas en la cuenca, sólo la ciudad de Vallenar posee un porcentaje importante en el tratamiento de sus aguas servidas (98,5%) según estimación realizada al año 2002. La ciudad de Huasco y la localidad de Freirina, no poseen tratamiento de sus aguas (0%).

Se estima que al año 2005, EMSSAT provea con servicios de cobertura en el tratamiento de las aguas domésticas a la ciudad de Huasco (82,7%) y el poblado de Freirina (69,8%), mientras que la proyección para la ciudad de Vallenar se estima en un incremento de 0,2%.

A continuación, en la tabla 35 se incluye información referente a la empresa de servicios sanitarios que opera actualmente en la cuenca; el cuerpo receptor de las aguas servidas; el porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas servidas (estimadas al año 2001) y población total estimada (urbana y saneada) para cada localidad. Los valores de concentración de los parámetros característicos de las aguas servidas, son aquellos estipulados en el Decreto N° 90/00, en el cual se incluyen como límite máximo permisible.

Tabla 3.5: Descargas de Aguas Servidas

Localidad atendida	Segmentos Asociados a Las Descargas	Cuerpo Receptor	Empresa de Servicios Sanitarios	Cobertura De Tratamiento De Aguas Servidas (%)	Población Urbana Total Estimada (Hab)	Población Estimada Saneada (Hab)	Planta de Tratamiento	Nombre Planta	Caudal (l/s)	DBO ₅ (mg/l)	pH	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	A y G (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Fe disuelto (mg/l)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)
Vallenar	382HU30	río Huasco	EMSSAT S.A	98,5	49.174	49.087	SI	LAGUNA AIREADA VALLENAR	90,9	35	6,0 - 8,5	80	20	0,1	2	1,0E+03
Huasco	382HU60	río Huasco	EMSSAT S.A	0	7.351	7.253	NO	Sin planta de tratamiento	13,4	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Freirina	382HU40	río Huasco	EMSSAT S.A	0	3.294	3.238	NO	Sin planta de tratamiento	6,0	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd

NOTAS:

- Nd: datos no disponibles.
- La información de población Total y saneada, corresponde a una estimación al año 2001 realizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Las concentraciones de los parámetros característicos de las aguas servidas debe ser proporcionada por la empresa sanitaria EMSSAT S.A. Si los efluentes de aguas servidas cumplen con el Decreto N° 90/00, las concentraciones de éstos parámetros son inferiores a aquellas incluidas en la tabla anterior (límite máximo permisible por el Decreto N°90).
- El valor de caudal de descarga del efluente de la empresa de servicios sanitarios, ha sido estimado con respecto a la población estimada saneada al 2001, disponible en el Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- La información asociada a coberturas, población y plantas de tratamiento, ha sido proporcionada por la SISS.

3.3.2 Residuos Industriales Líquidos

La cuenca del río Huasco posee una alta concentración de faenas mineras, asociadas a la extracción de cobre y en menor proporción al oro. Estas faenas se encuentran localizadas principalmente en la comuna de Vallenar, Freirina y sólo 4 en la comuna de Huasco.

En la comuna de Vallenar, sector de Quebrada Honda y la localidad de Domeyko, se concentra la mayoría de las faenas mineras. Los principales minerales extraídos corresponden al cobre y en menor cantidad el oro y carbonato.

En la comuna de Freirina existe un total de 19 faenas mineras, solo una de ellas actualmente paralizada. Estas se emplazan preferentemente próximas a la quebrada el Morado y quebrada Agua Grande, siendo el único mineral explotado el cobre.

La comuna de Huasco además de las faenas mineras de cobre y oro, también posee importantes compañías mineras como Cía. Minera el Huasco S.A que se formó para desarrollar el proyecto Los Colorados. El yacimiento de hierro Los Colorados está ubicado en la III Región, tiene reservas por 245 millones de toneladas con una ley media de 48%, las que, preconcentradas, alimentan la planta de pellets de Huasco para que produzca 4 millones de toneladas de producto por año.

Los antecedentes incluidos anteriormente, dan cuenta de la intensa e importante actividad minera existente en la cuenca. Sin embargo, dicha información, no incluye la totalidad de las compañías mineras y sus faenas asociadas, la caracterización de las descargas (concentraciones), el punto de descarga, ni el tipo de ella (si es directa o indirecta, descarga al río o alcantarillado). Según lo anterior, la información incluida en la tabla 3.6 ha sido obtenida del Catastro Nacional de Residuos Industriales Líquidos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios del año 1992, actualmente única fuente disponible.

Tabla 3.6: Residuos Industriales Líquidos

INDUSTRIA	Comuna	Descarga	Segmento Asociado a La Descarga	Cuerpo Receptor	CIIU	Caudal (l/s)	pH	T (°C)	SS	SD	A y G	HC	DBO ₅	As	Cd	CN	Cu	Cr	P	Hg	Ni	NH4	Pb	SO4	Zn	PE	B	Al	Mn
Cía. Minera del Pacífico S.A. Minas el Algarrobo	Vallenar	suelo			23011	Nd	*	*	*	*				*	*	*	*	*		*	*		*	*	*				*
ENAMI, Empresa Nacional de Minería	Vallenar	suelo			37201	Nd	*		*		*			*	*	*		*			*		*	*	*				
Cía. Minera del Pacífico S.A. (CMP)	Freirina	suelo			23011	Nd	*	*	*	*				*	*	*	*			*	*		*	*	*				*
Algas Multiexport S.A	Vallenar	suelo			13051	Nd																							

NOTAS:

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

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 Huasco son las siguientes:

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

REGISTRO DE PROGRAMA DE MONITOREO DGA					
Cuenca	Río Huayco				
Cuerpos de agua monitoreados	Medición de Caudal	Nº Parámetros Medidos	Nº Parámetros Medidos en Instructivo	Periodo de Registro	N ° de Registros
Río Huayco					
En Algodones (*)	SI	14	8	1980-1984	7
En Huasco Bajo	NO	31	21	1986-2002	49
En Puente Nicolasa (*)	SI	15	9	1980-1984	5
En Puente Panamericana	NO	33	21	1990-2002	46
En Santa Juana (*)	SI	15	9	1980-1984	8
Río del Carmen					
Antes Río del Tránsito (*)	NO	31	20	1980-1997	3
En Ramadillas	NO	32	21	1986-2002	51
Río Conay					
En Las Lozas	NO	31	21	1985-2002	52
Río del Tránsito					
Antes Río del Carmen	SI	33	21	1980-2002	60
Parámetros medidos Instructivo					
• Indicadores físico-químicos	SI	• Orgánicos plaguicidas		NO	
• Inorgánicos	SI	• Microbiológicos		NO	
• Metales esenciales	SI	• Orgánicos		NO	
• Metales no esenciales	SI	• Otros parámetros no normados		SI	

(*) : Estación de monitoreo suspendida

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

- Análisis de límites físicos

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

- Análisis de límites de detección (LD)

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

En la cuenca del río Huasco se encontró que la información de los siguientes parámetros es equivalente al límite de detección por repetirse constantemente en los registros

existentes: cadmio ($<10 \mu\text{g/l}$) y plomo ($<0.01 \text{ mg/l}$). Por lo tanto, estos parámetros no son posibles de considerar en posteriores análisis de la calidad del agua de la cuenca.

La Base de Datos Depurada que contiene la información disponible para análisis de la cuenca del río Huasco, 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 Carmen

- Río del Carmen en el Corral

Se ubica en el río del Carmen, en la cordillera de Los Andes, a 2000 m s.n.m.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, donde se presentan los caudales medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia, es posible observar que esta estación presenta un claro régimen nival, con sus mayores caudales entre noviembre y enero, producto de deshielos.

En años húmedos los mayores caudales ocurren en meses de primavera, producto de los deshielos, mientras que en el resto del año se presentan caudales bastante uniformes. Los menores ocurren entre mayo y julio.

En años secos los caudales permanecen bastante bajos durante todo el año, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.1: Río del Carmen en el Corral (m³/s)¹

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	6.669	4.333	4.147	3.930	5.964	4.615	9.495	12.062	28.19	13.856	10.835	8.517
10	4.799	3.663	3.497	3.330	4.444	3.700	6.138	7.502	14.795	8.659	6.994	5.631
20	3.222	2.964	2.820	2.706	3.091	2.831	3.598	4.331	6.774	5.051	4.176	3.465
50	1.504	1.909	1.798	1.762	1.489	1.697	1.252	1.745	1.516	2.113	1.686	1.486
85	0.589	0.971	0.889	0.924	0.522	0.904	0.278	0.859	0.232	1.110	0.720	0.678
95	0.339	0.546	0.477	0.544	0.225	0.624	0.070	0.702	0.072	0.933	0.528	0.509
Dist	L2	G	G	G	L3	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L3

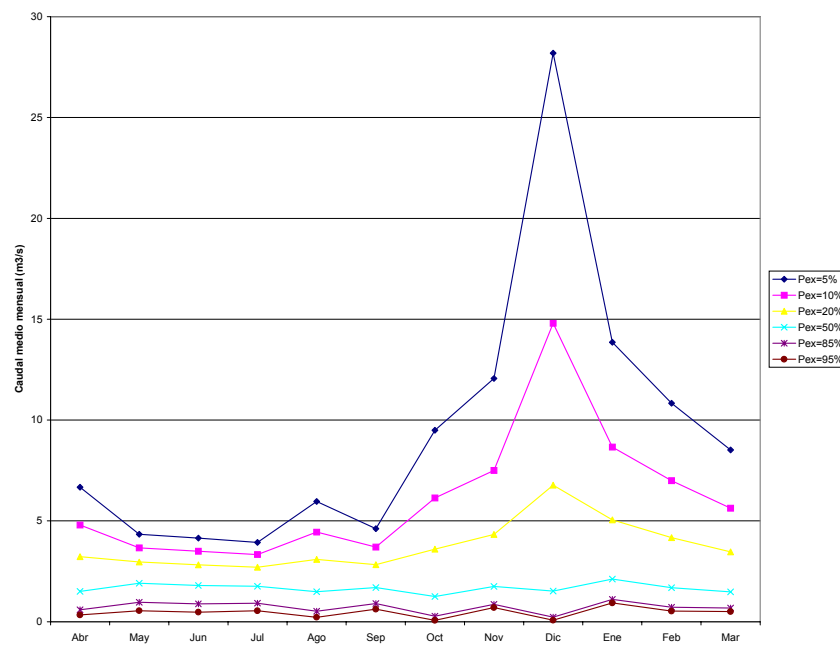


Figura 4.1: Curva de Variación Estacional Río del Carmen en el Corral

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

- Río del Carmen en puente La Majada

Esta estación se encuentra en el río del Carmen, aguas abajo de la estación Río del Carmen en el Corral, a 1075 m s.n.m.

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se observa que esta estación presenta un marcado régimen nival, similar al de la estación anterior.

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

En años secos los caudales se mantienen muy bajos a lo largo de todo el año, con sus menores valores entre octubre y enero.

Tabla 4.2: Río del Carmen en puente La Majada (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	9.354	5.569	5.167	4.732	6.086	8.493	10.184	14.349	31.748	19.841	11.902	10.304
10	6.123	4.476	4.255	3.977	4.526	5.435	6.164	8.490	14.471	10.995	7.378	6.413
20	3.645	3.349	3.296	3.189	3.158	3.148	3.344	4.496	5.587	5.379	4.188	3.635
50	1.307	1.744	1.877	1.999	1.579	1.070	1.016	1.334	0.906	1.371	1.532	1.281
85	0.304	0.614	0.787	0.943	0.660	0.230	0.202	0.299	0.096	0.255	0.593	0.425
95	0.083	0.281	0.420	0.463	0.387	0.055	0.056	0.124	0.026	0.095	0.421	0.264
Dist	L3	G2	G2	G	L3	L3	L3	L2	L2	L2	L3	L3

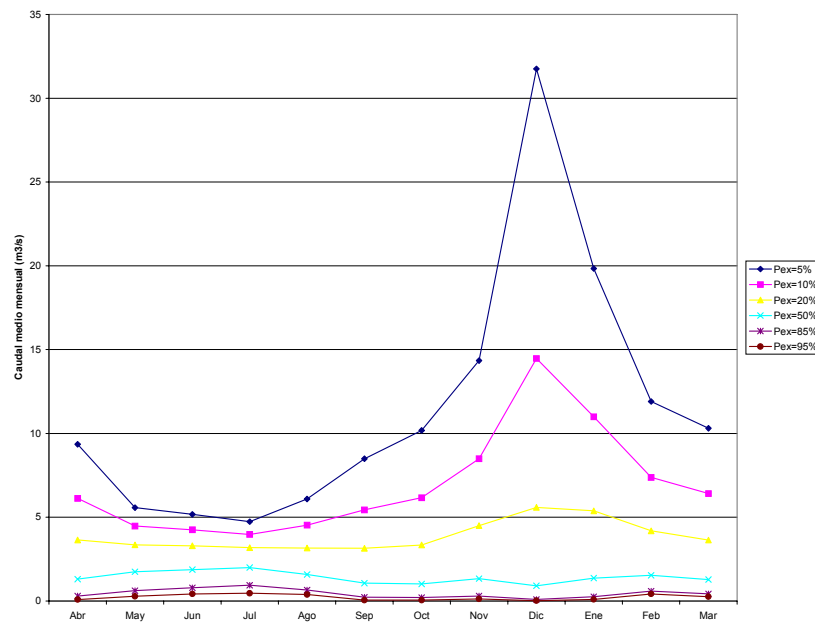


Figura 4.2: Curva de Variación Estacional Río del Carmen en puente La Majada

b) Subcuenca del Tránsito

• Conay en Las Lozas

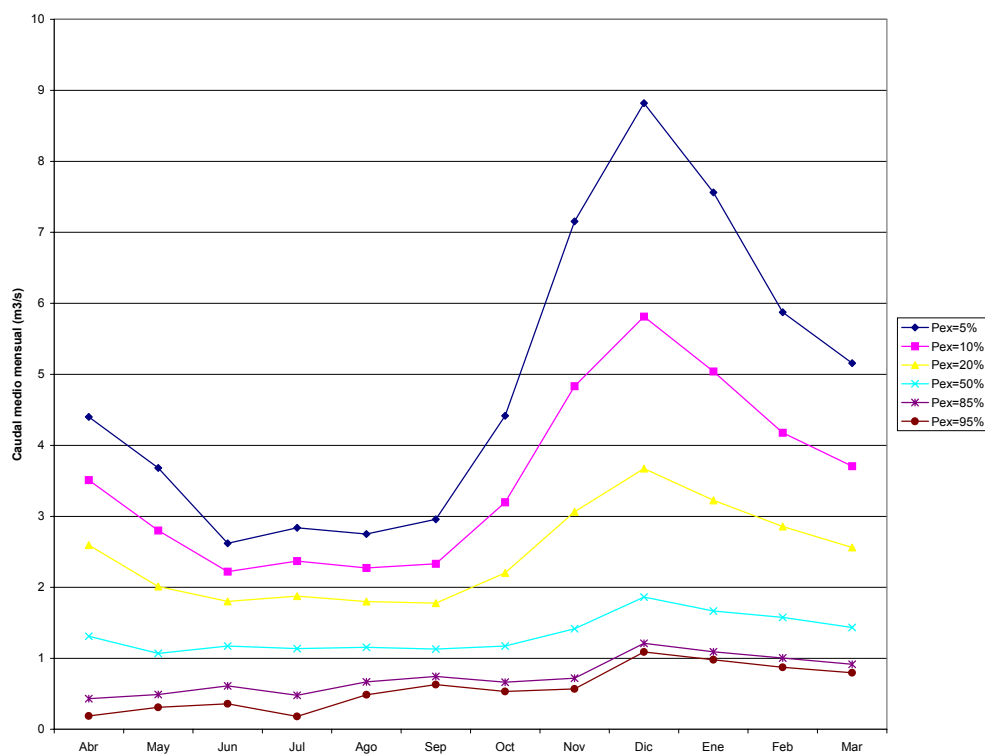
Esta estación se ubica en el río Conay, afluente del río del Tránsito, en la cordillera de Los Andes.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se puede apreciar que esta estación presenta un régimen nival, con sus mayores caudales entre noviembre y enero.

Tanto en años húmedos y secos los mayores caudales se observan entre noviembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre junio y agosto.

Tabla 4.3: Río Conay en Las Lozas (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	4.400	3.681	2.620	2.838	2.751	2.958	4.416	7.154	8.818	7.564	5.874	5.157
10	3.509	2.801	2.220	2.368	2.271	2.331	3.197	4.832	5.812	5.040	4.179	3.706
20	2.595	2.012	1.802	1.877	1.800	1.777	2.203	3.065	3.672	3.224	2.857	2.561
50	1.309	1.069	1.172	1.136	1.155	1.130	1.173	1.415	1.864	1.667	1.576	1.434
85	0.432	0.490	0.612	0.478	0.668	0.745	0.663	0.720	1.210	1.091	1.006	0.918
95	0.187	0.310	0.358	0.180	0.485	0.630	0.534	0.569	1.088	0.981	0.875	0.797
Dist	G2	L2	G	G	L2	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3

**Figura 4.3: Curva de Variación Estacional Río Conay en Las Lozas**

- Tránsito en Angostura Pinte

Se ubica en el río del Tránsito, poco después de la junta del Chollay con el Conay, a 1000 m s.n.m.

En la tabla 4.4 y figura 4.4 se puede observar que esta estación presenta un marcado régimen nival, con sus mayores caudales en los meses de deshielo.

En años húmedos los mayores caudales se observan entre noviembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre julio y septiembre.

En años secos los caudales permanecen bajos durante todo el año, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.4: Río del Tránsito en Angostura Pinte (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	7.600	6.773	6.441	6.568	5.545	5.892	7.526	13.514	22.176	23.333	15.648	9.363
10	6.155	5.610	5.198	5.200	4.653	4.636	5.731	9.300	14.342	14.076	10.010	6.888
20	4.657	4.382	4.004	3.919	3.702	3.467	4.120	5.914	8.460	7.719	5.907	4.748
50	2.497	2.550	2.419	2.282	2.255	1.990	2.192	2.490	3.085	2.629	2.329	2.333
85	0.932	1.113	1.280	1.173	1.071	1.004	1.008	0.858	0.890	0.934	0.969	0.972
95	0.450	0.614	0.868	0.793	0.633	0.672	0.639	0.459	0.429	0.643	0.703	0.581
Dist	G2	G2	L3	L2	G2	L2	L2	L2	L2	L3	L3	L2

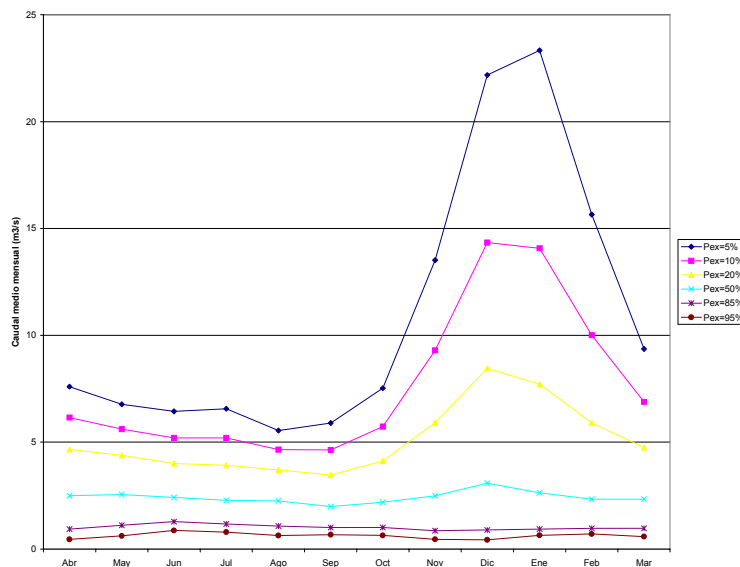


Figura 4.4: Curva de Variación Estacional Río del Tránsito en Angostura Pinte

- Río del Tránsito antes junta río del Carmen

Se ubica en el río del Tránsito, inmediatamente aguas arriba de la junta con el del Carmen, a 812 m s.n.m.

En la tabla 4.5 y figura 4.5 se puede observar que esta estación muestra un régimen nival, con sus crecidas más importantes en meses deshielo.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre mayo y julio.

En años secos los caudales se mantienen bajos durante todo el año, con leves aumentos en los meses de invierno.

Tabla 4.5: Río del Tránsito antes junta río del Carmen (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	10.578	7.165	6.619	6.759	7.493	6.867	7.766	15.354	31.399	25.507	17.049	14.331
10	7.419	5.945	5.575	5.589	5.804	5.215	5.648	9.676	17.088	14.388	10.287	8.919
20	4.823	4.672	4.486	4.412	4.259	3.736	3.840	5.531	8.204	7.221	5.602	5.052
50	2.106	2.750	2.842	2.731	2.358	1.976	1.837	1.899	2.069	1.994	1.802	1.772
85	0.743	1.043	1.382	1.384	1.138	0.901	0.741	0.509	0.444	0.487	0.511	0.576
95	0.392	0.268	0.719	0.847	0.742	0.569	0.435	0.235	0.223	0.264	0.285	0.352
Dist	L3	G	G	L3	L2	L2	L2	L2	L3	L3	L3	L3

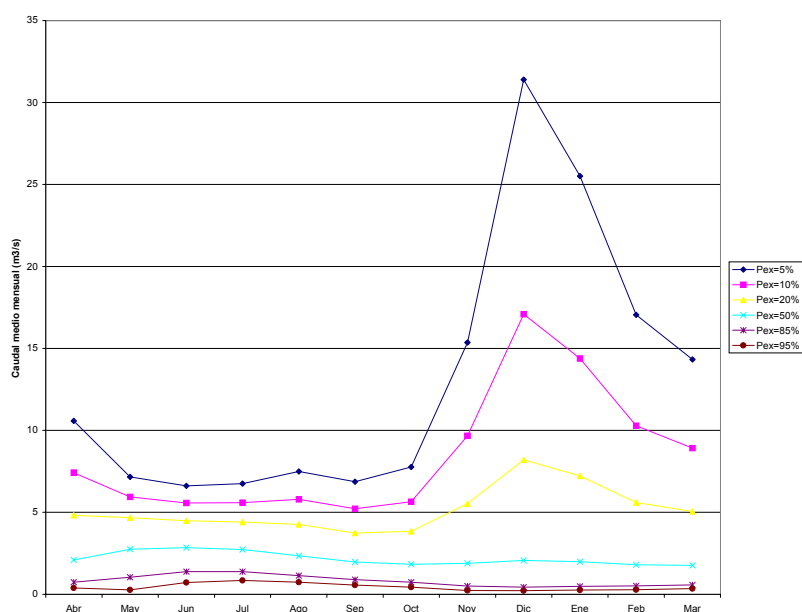


Figura 4.5: Curva de Variación Estacional Río del Tránsito antes junta río del Carmen

c) Subcuenca del Huasco

• Huasco en Algodones

Se encuentra en el río Huasco, unos 3 km aguas abajo de la junta de los ríos del Carmen y del Tránsito, a 600 m s.n.m.

En la tabla 4.6 y figura 4.6 se muestra que esta estación presenta un régimen nival, muy similar al de la estación río del Tránsito antes junta río del Carmen, con sus mayores caudales en diciembre y enero, producto de deshielos, y bajos caudales en invierno.

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

En años secos los caudales permanecen bajos durante todo el año, sin mostrar variaciones importantes.

Tabla 4.6: Río Huasco en Algodones (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	14.477	12.040	11.414	11.602	10.621	11.685	14.143	24.280	46.124	37.510	28.117	23.926
10	11.399	9.984	9.554	9.496	8.898	8.882	10.312	15.741	25.580	21.365	16.611	14.413
20	8.270	7.840	7.575	7.406	7.103	6.372	7.033	9.313	12.581	10.876	8.846	7.871
50	3.959	4.601	4.574	4.484	4.391	3.377	3.385	3.415	3.353	3.137	2.787	2.625
85	1.171	1.725	2.139	2.219	1.981	1.545	1.375	0.993	0.801	0.865	0.847	0.872
95	0.459	0.419	1.249	1.341	0.888	0.976	0.810	0.480	0.438	0.521	0.527	0.570
Dist	G2	G	G2	G	L2	L2	L2	L2	L3	L3	L3	L3

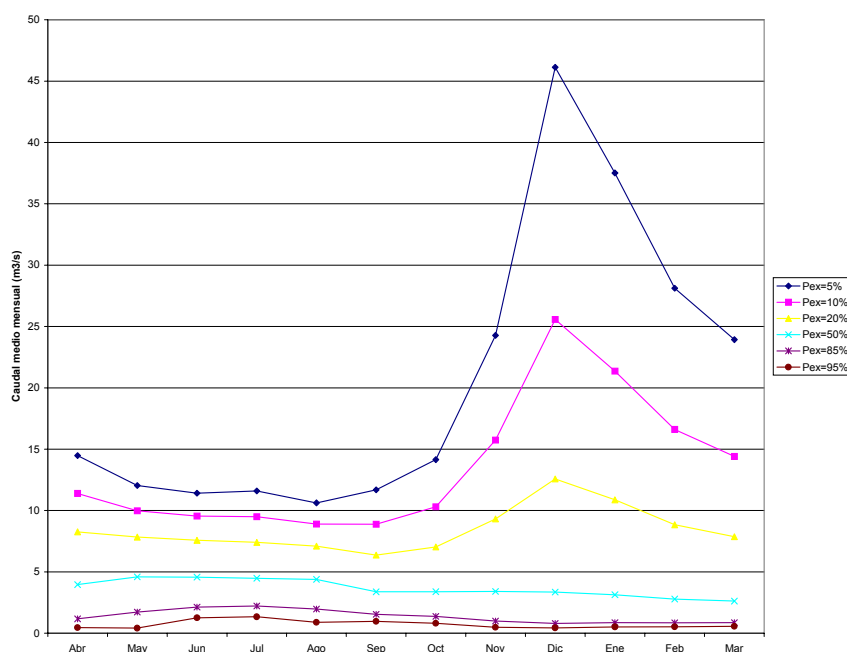


Figura 4.6: Curva de Variación Estacional Río Huasco en Algodones

- **Huasco en Santa Juana**

Esta estación se encuentra en el río Huasco, unos 15 km aguas abajo de Huasco en Algodones, a 575 m s.n.m.

En la tabla 4.7 y figura 4.7 se puede apreciar que esta estación muestra un régimen nival, con sus mayores caudales en primavera y principios de verano.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre noviembre y febrero, producto de deshielos, mientras que los menores ocurren entre mayo y septiembre.

En años secos los caudales se distribuyen de manera más homogénea, sin mostrar variaciones importantes, salvo leves aumentos entre junio y agosto.

Tabla 4.7: Río Huasco en Santa Juana (m³/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	17.622	14.502	11.469	13.231	12.098	10.875	15.323	32.215	49.721	40.097	28.669	18.140
10	12.171	10.760	9.147	10.182	9.227	8.319	10.848	18.423	26.520	22.251	16.881	12.105
20	7.774	7.481	6.917	7.412	6.647	6.009	7.140	9.441	12.456	10.968	8.949	7.416
50	3.300	3.700	3.959	4.035	3.550	3.214	3.210	2.791	3.077	2.967	2.788	2.907
85	1.149	1.502	1.836	1.900	1.640	1.467	1.199	0.828	0.724	0.758	0.829	0.917
95	0.618	0.852	1.071	1.216	1.042	0.914	0.672	0.530	0.421	0.445	0.508	0.466
Dist	L2	L3	L3	L3	L2	L3	L2	L3	L3	L3	L3	L2

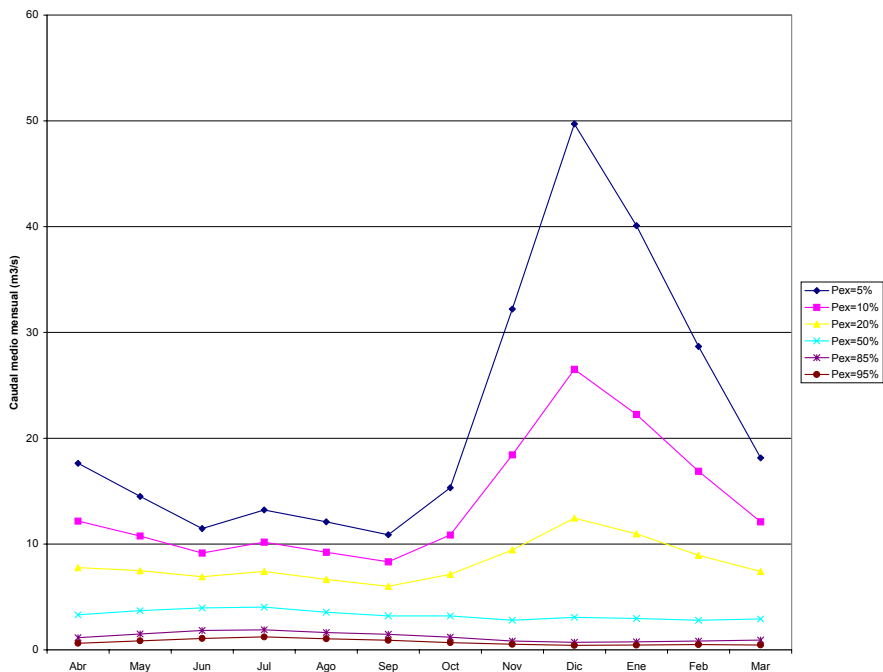


Figura 4.7: Curva de Variación Estacional Río Huasco en Santa Juana

- Huasco en puente Nicolasa

Esta estación se encuentra muy cerca de la desembocadura del río Huasco.

En la tabla 4.8 y figura 4.8 se puede observar que esta estación muestra un régimen nival, con importantes caudales entre noviembre y febrero, producto de deshielos.

En años húmedos los mayores caudales se presentan en diciembre y enero, mientras que los menores se extienden desde abril a septiembre.

En años secos los caudales se mantienen muy bajos a lo largo de todo el año, con valores menores a los 50 l/s, producto del uso de agua para el riego de las zonas agrícolas ubicadas aguas arriba.

Tabla 4.8: Río Huasco en puente Nicolasa (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	10.048	8.313	9.736	14.655	11.177	13.439	14.330	30.329	57.601	59.533	34.246	23.361
10	8.560	6.725	6.886	9.542	7.194	6.510	6.783	12.678	25.016	22.174	14.589	11.666
20	5.787	5.069	4.483	5.645	4.199	2.706	2.742	4.408	9.109	6.706	5.191	5.030
50	1.092	1.494	1.870	2.002	1.458	0.504	0.485	0.585	1.321	0.680	0.719	1.008
85	0.140	0.268	0.479	0.463	0.335	0.063	0.058	0.049	0.123	0.041	0.063	0.139
95	0.042	0.063	0.101	0.129	0.099	0.018	0.016	0.011	0.030	0.008	0.015	0.043
Dist	L2	L3	L3	L3	L3	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2

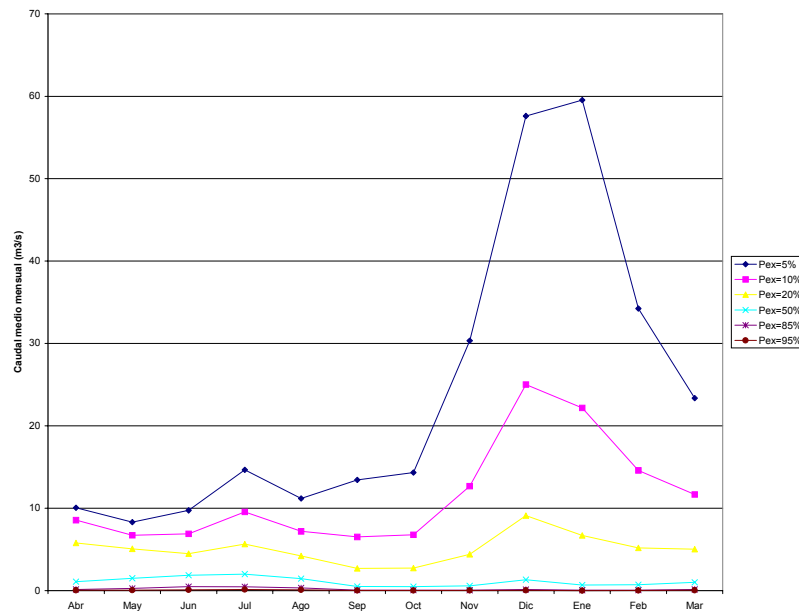


Figura 4.8: Curva de Variación Estacional Río Huasco en puente Nicolasa

4.1.2 Conclusiones

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

a) Subcuenca del Carmen

Es la hoya hidrográfica del río del Carmen, desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su junta con el río del Tránsito, dando origen al río Huasco. Presenta un régimen nival, con sus mayores caudales en diciembre en años húmedos, producto de los deshielos, mientras que en años secos se observan caudales muy bajos a lo largo de todo el año. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de mayo, junio y julio.

b) Subcuenca del Tránsito

Es el área drenada por el río del Tránsito, incluyendo la de su río tributario, el Conay. En esta subcuenca se presenta un régimen nival, con los mayores caudales entre noviembre y enero, en años húmedos, mientras que en años secos se observan caudales muy

bajos a lo largo del año. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de julio, agosto y septiembre.

c) Subcuenca del Huasco

Abarca la hoya del río Huasco, desde su nacimiento en la junta del río del Tránsito con el del Carmen, hasta su desembocadura en el océano Pacífico. En toda esta subcuenca se aprecia un régimen nival, con los mayores caudales en diciembre y enero en años húmedos, producto de los deshielos. En años secos se observan caudales muy bajos durante todo el año, especialmente entre noviembre y abril, debido a la poca acumulación nival que se produce en este tipo de años. El período de estiaje ocurre en el trimestre dado por los meses de agosto, septiembre y octubre.

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

Tabla 4.9: Períodos de Estiaje para Subcuencas de la Cuenca del Río Huasco

Nº	Subcuenca	Período Estiaje
1	del Carmen	Mayo – Junio – Julio
2	del Tránsito	Julio – Agosto – Septiembre
3	Huasco	Agosto – Septiembre – Octubre

4.2 Análisis de la Calidad del Agua

De acuerdo a la metodología corresponde realizar los siguientes análisis:

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

4.2.1 Selección de parámetros

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

principales son propios de cada cuenca, por ser significativos desde el punto de vista de la calidad de agua.

a) Parámetros obligatorios

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

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

b) Parámetros principales

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

En la tabla 4.10 se indica el rango máximo y mínimo de todos los parámetros del *Instructivo* que poseen datos registrados en la BDD. Aquellos sin datos se señalan como “s/i”. Todos los parámetros que tienen valores sobre el límite de la clase 0, señalados con “Si”, son seleccionados como parámetros principales para el análisis de la calidad de agua en esta cuenca.

Tabla 4.10: Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Huasco

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
FISICO-QUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	μS/cm	372	4610	<600	Obligatorio
DBO ₅	mg/L	s/i	s/i	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	s/i	s/i	<16	No
Oxígeno Disuelto	mg/L	1.0	17.1	>7.5	Obligatorio
pH	unidad	6.6	9.8	6.5 - 8.5	Obligatorio
RAS	-	0.2	7.2	<2.4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	s/i	s/i	<400	No
Sólidos suspendidos	mg/L	s/i	s/i	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	<0.5	No
INORGANICOS					
Amonio	mg/L	s/i	s/i	<0.5	No
Cianuro	μg/L	s/i	s/i	<4	No
Cloruro	mg/L	1.8	824.2	<80	Si
Fluoruro	mg/L	s/i	s/i	<0.8	No
Nitrito	mg/L	s/i	s/i	<0.05	No
Sulfato	mg/L	50.0	1161.3	<120	Si
Sulfuro	mg/L	s/i	s/i	<0.04	No
ORGANICOS		s/i	s/i		No
ORGANICOS PLAGUICIDAS		s/i	s/i		No
METALES ESENCIALES					
Boro	mg/l	<1	4	<0.4	Si
Cobre	μg/L	<10	150	<7.2	Si
Cromo total	μg/L	<10	60	<8	Si
Hierro	mg/L	0.01	35.00	<0.8	Si
Manganeso	mg/L	<0.01	2.60	<0.04	Si
Molibdeno	mg/L	<0.01	0.06	<0.008	Si
Níquel	μg/L	<10	30	<42	No
Selenio	μg/L	<1	<1	<4	No
Zinc	mg/L	<0.01	0.33	<0.096	Si

Tabla 4.10 (Continuación): Selección y Rango de los Parámetros de Calidad en la Cuenca del Río Huasco

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCIÓN
METALES NO ESENCIALES					
Aluminio	mg/L	0.13	27	<0.07	Si
Arsénico	mg/L	<0.001	0.036	<0.04	No
Cadmio	µg/L	<10	<10	<1.8	No
Estaño	µg/L	s/i	s/i	<4	No
Mercurio	µg/L	<1	<1	<0.04	No
Plomo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.002	No
MiCROBIOLOGICOS					
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	s/i	s/i	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	s/i	s/i	<200	No

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

- Parámetros Obligatorios
 - Conductividad Eléctrica
 - DBO₅
 - Oxígeno Disuelto
 - pH
 - Sólidos Suspendidos
 - Coliformes Fecales
- Parámetros Principales
 - RAS
 - Cloruro
 - Sulfato
 - Boro
 - Cobre
 - Cromo
 - Hierro
 - Manganeso
 - Molibdeno

- Zinc
- Aluminio

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

- Sólidos Disueltos Totales
- Coliformes Totales

Los parámetros cuyo valor máximo registrado en la BDD no excede el límite de la clase 0 se consideran que siempre pertenecen a dicha clase. Estos parámetros son: níquel, selenio, arsénico, color aparente, amonio, cianuro, fluoruro, nitrito y sulfuro. El valor del selenio corresponde al límite de detección inferior a la clase 0.

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

4.2.2 Análisis de tendencia central

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

En el anexo 4.1 se presentan las figuras de tendencia central de los parámetros seleccionados en la cuenca del río Huasco: conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, RAS, cloruro, sulfato, boro (en las estaciones Puente Panamericana, Carmen en Ramadillas y río Conay en Las Lozas los valores corresponden a límites de detección inferiores a la clase 0), cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, zinc y aluminio.

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

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

Tabla 4.11: Tendencia Central de Parámetros de Calidad de Agua

CUENCA DEL RIO HUASCO	
Conductividad Eléctrica:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: Para las estaciones río del Carmen en Ramadillas y río Conay en Las Lozas se observa un comportamiento homogéneo en la conductividad eléctrica, con una tendencia central plana con un valor de 750 y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, en una serie de tiempo de doce años.</p> <p><u>Río Huasco</u>: En la estación Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento constante de la conductividad con una tendencia central creciente con un valor de 1200 y 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, en una serie de tiempo de doce años.</p>	
Oxígeno Disuelto:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: Para las estaciones río del Carmen en Ramadillas y río Conay en Las Lozas se observa un comportamiento homogéneo con una leve tendencia central creciente hasta un valor de 8,9 mg/L, en una serie de tiempo de ocho años.</p> <p><u>Río Huasco</u>: Para la estación Puente Panamericana se observa un comportamiento decreciente–creciente una tendencia central decreciente en el oxígeno disuelto, en una serie de tiempo de siete años con valores que descienden desde 10,0 a 8,9 mg/L. En la estación Huasco Bajo la tendencia central es decreciente en un valor de 10,9 mg/L. Con lo cuál se puede afirmar que el río Huasco aguas a bajo se recupera aumentando el valor del oxígeno disuelto.</p>	
pH:	
<p>En toda la cuenca el valor de la tendencia central es de 7,9 con una tendencia creciente a los valores básicos en una serie de tiempo de doce años.</p>	
RAS:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: El comportamiento en ambos ríos es idéntico con un peak de aumento entre los años 1996 a 1997 con una tendencia central plana en un valor de 0.9.</p> <p><u>Río Huasco</u>: Para la estación Puente Panamericana se observa en la serie de tiempo de trece años un comportamiento desde 1989 a 1993 constante en un valor de 1, para crecer hasta 1996 a 2 y mantenerse en este valor hasta el año 2002. La tendencia central es creciente en la serie de tiempo con un valor de 2. En la estación Huasco Bajo la tendencia de los últimos trece años lleva a este parámetro a un valor aproximadamente igual a 4,8.</p>	

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

CUENCA DEL RIO HUASCO	
Cloruro:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: El comportamiento en ambos ríos es idéntico con una tendencia central plana con un valor de 18 y 20 mg/L respectivamente.</p> <p><u>Río Huasco</u>: Para la estación Puente Panamericana en la serie de tiempo de trece años se observa un comportamiento creciente desde 1989, comenzando en 20 mg/L hasta llegar a un valor de 55 mg/L en 1997 y posteriormente disminuir levemente a 50 mg/L hasta el año 2002. En Huasco Bajo la concentración es bastante mayor que en las estaciones antes mencionadas, oscilando entre los años 1989 y 2002, entre los 400 y 500 mg/L.</p>	
Concentración de Sulfato:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: En ambos ríos la tendencia central es plana con un valor de 250 y 150 mg/L respectivamente en una serie de tiempo de doce años. En el río Carmen en 1996 se observa un aumento en 50 mg/L aproximadamente.</p> <p><u>Río Huasco</u>: Para la estación Puente Panamericana en la serie de tiempo de trece años se observa un comportamiento desde 1989 a 1993 constante en un valor de 200 mg/L, para crecer hasta 1997 a 400 mg/L y disminuir hasta el año 2002. La tendencia central es creciente en la serie de tiempo con un valor de 380 mg/L. En la estación Huayco Bajo, se observa una tendencia creciente y oscilante entre los 600 y 800 mg/L.</p>	
Concentración de Boro:	
<p><u>Ríos Conay y Carmen</u>: Datos en limite de detección, no es posible análisis de tendencia central.</p> <p><u>Río Huasco</u>: La única estación con un número de datos que posibilita el análisis de la tendencia es la estación Huasco Bajo en una serie de tiempo de doce años, con una tendencia decreciente en un valor de 1.3 mg/L.</p>	
Concentración de Cobre:	
<p><u>Ríos del Carmen y Conay</u>: En ambos ríos la tendencia central es creciente con un valor de 22 y 56 µg/L respectivamente en una serie de tiempo de doce años. En el río Carmen se observa un comportamiento constante-creciente-constante.</p> <p><u>Río Huasco</u> : En el río Huasco en una serie de tiempo de doce años se observa un comportamiento constante con una tendencia central plana en un valor de 20 µg/L para ambas estaciones.</p>	
Concentración de Cromo:	
<p><u>Río Carmén</u>: Se observa una tendencia central oscilante creciente desde 1994 hasta 1998, luego el comportamiento es decreciente en una serie de tiempo de 4 años. Teniendo a un valor cercano a los 18 µg/L.</p> <p><u>Río Conay</u>: Se observa una tendencia central plana con un valor de 11 µg/L.</p>	

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

CUENCA DEL RIO HUASCO	
Río Huasco:	En la estación Puente Panamericana se observa un comportamiento similar en la serie de tiempo de siete años, permanece constante pero presenta un peak de aumento en 1997 con una tendencia central plana con un valor de 11 ppb. En la estación Huasco Bajo se observan un comportamiento disímil hasta el año 2000 para luego tender a una tendencia central decreciente con un valor de 13 ppb.
Concentración de Hierro:	
Río Carmén:	En el primer comportamiento de la serie de tiempo se observa una tendencia central decreciente en un valor de 0.5 mg/L, entre los años 1997-1998 se observa un aumento en 2,0 mg/L para comenzar a disminuir a un valor de 2,0 mg/L.
Río Conay:	En la serie de tiempo de ocho años se observa una tendencia central creciente con un valor en 1,2 mg/L, se observan dos peaks de aumento en 1992 y 1997.
Río Huasco:	Para ambas estaciones Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento similar en la serie de tiempo de doce años, permanecen constante pero cada cierto periodo presentan un peak de aumento. En la estación Puente Panamericana se observan dos peak entre el año 1992-1993 y 1987-1988 con una tendencia central creciente en un valor de 0,3 mg/L. En la estación Huasco Bajo se observa entre 1989-1989 con una tendencia central creciente con un valor de 0.4 mg/L.
Concentración de Manganeso:	
Río Carmen:	En el primer comportamiento de la serie de tiempo, hasta 1997, se observa una tendencia central creciente en un rango de 0,6 mg/L y desde este año en adelante se observa una tendencia central decreciente con un valor de 0.3 mg/L.
Río Conay:	En la serie de tiempo de ocho años se observa una tendencia central con un valor en 0,18 mg/L, con dos comportamientos en la serie de tiempo, hasta 1998 es creciente para luego observar una disminución hasta la fecha.
Río Huasco:	Para ambas estaciones Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento similar en la serie de tiempo de ocho años, permanecen constante pero cada cierto periodo presentan un peak de aumento. En la estación Puente Panamericana se observan un aumento entre los años 1996-1997 con una tendencia central decreciente en un valor de 0,05 mg/L. En la estación Huasco Bajo se observan dos peaks de aumento entre 1995-1997 con una tendencia central decreciente con un valor de 0.09 mg/L.
Concentración de Molibdeno:	
Río Carmen:	El comportamiento de la serie de tiempo es disímil con una tendencia central decreciente en un valor de 0.015 mg/L.
Río Conay:	El comportamiento de la serie de tiempo es disímil con una tendencia central decreciente en un valor de 0.018 mg/L.

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

CUENCA DEL RIO HUASCO	
<u>Río Huasco</u> : Para ambas estaciones Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento con una tendencia central decreciente en un valor de 0.012 mg/L.	
Concentración de Zinc:	
<u>Río Carmen</u> : En el primer comportamiento de la serie de tiempo, hasta 1997, se observa una tendencia central creciente en un rango de 0,06 mg/L y desde este año en adelante se observa una tendencia central decreciente con un valor de 0.042 mg/L.	
<u>Río Conay</u> : El comportamiento de la serie de tiempo es disímil con una tendencia central creciente en un valor de 0.07 mg/L.	
<u>Río Huasco</u> : Para ambas estaciones Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento similar en la serie de tiempo de siete años, permanecen constante pero cada cierto periodo presentan un peak de aumento. En la estación Puente Panamericana se observan un aumento en el año 1996 y 1997 con una tendencia central plana en los últimos cuatro años en un valor de 0,018 mg/L. En la estación Huasco Bajo se observan un peak de aumento en 1997 con una tendencia central plana en los últimos cuatro años con un valor de 0.018 mg/L.	
Concentración de Aluminio:	
<u>Río Carmen</u> : En el primer comportamiento de la serie de tiempo, hasta 1997, se observa una tendencia central creciente en un rango de 5,0 mg/L y desde este año en adelante se observa una tendencia central decreciente con un valor de 3, 0 mg/L.	
<u>Río Conay</u> : El comportamiento de la serie de tiempo es disímil, creciente hasta 1997 para permanecer con una tendencia central plana que oscila en un rango que tiende a un valor de 2,0 mg/L.	
<u>Río Huasco</u> : Para ambas estaciones Puente Panamericana y Huasco Bajo se observa un comportamiento similar en la serie de tiempo de siete años, en 1997 se observa un peak de aumento. Se observan una tendencia central decreciente en un valor de 0.8 y 1.2 mg/L respectivamente.	

4.2.3 Programa de muestreo puntual CADE-IDEPE

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

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

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

Tabla 4.12: Programa de Muestreo

Segmento	Puntos de muestreo	Situación	Parámetros a medir en todos los puntos
0382HU20	Río Huasco en Panamericana	Estación de Monitoreo DGA	DBO ₅ , Color, SD, SST, NH ₄ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , Sn, CF, CT
0382HU50	Río Huasco en Huasco Bajo	Estación de Monitoreo DGA	
0381CA10	Río del Carmen en Ramadilla	Estación de Monitoreo DGA	

4.2.4 Base de Datos Integrada (BDI)

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

Sección II del Informe Final, la cual está destinada a presentar la metodología general del estudio.

En forma específica, se ha considerado lo siguiente:

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

La información que contiene la *Base de Datos Integrada* BDI para la cuenca del río Huasco es la siguiente:

- Información DGA:

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

- Programa de Muestreo Puntual CADE-IDEPE: Nivel 4
- Información Estimada por el Consultor: Nivel 5

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

4.2.5 Procesamiento de datos por período estacional

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

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

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

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

ESTACIÓN DE MUESTREO	Conductividad Eléctrica (µS/cm)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	((474,0))	0	523,0	0	(490,6)	0	506,0	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	((550,5))	0	585,3	0	612,3	1	623,9	1
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	((696,3))	1	791,2	2	(759,3)	2	793,2	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	((1078,0))	2	1159,5	2	(1101,1)	2	1541,4	3
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((2684,5))	4	2951,5	4	(2953,1)	4	3699,8	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Oxígeno Disuelto (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(9,0)	0	(9,0)	0	(9,3)	0	8,6	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(9,3)	0	(9,3)	0	(7,5)	1	9,0	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(9,7)	0	(9,2)	0	((9,2))	0	9,4	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(8,4)	0	(9,5)	0	(7,0)	2	10,9	0
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(11,1)	0	(9,2)	0	((9,9))	0	12,3	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	pH							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(7,8)	0	7,9	0	8,0	0	8,1	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(7,7)	0	8,2	0	8,1	0	8,2	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(7,8)	0	8,0	0	8,1	0	8,0	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(8,0)	0	8,1	0	8,1	0	8,1	0
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(8,1)	0	8,2	0	8,1	0	7,8	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	RAS							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	((0,69))	0	0,71	0	(1,21)	0	0,73	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	((0,56))	0	0,63	0	0,62	0	0,73	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	((0,50))	0	0,57	0	(1,23)	0	0,66	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	((1,33))	0	2,06	0	(1,69)	0	3,00	1
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((4,26))	2	5,17	2	(4,84)	2	5,66	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cloruro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	((22,3))	0	22,1	0	(20,2)	0	19,0	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	((12,3))	0	16,6	0	15,8	0	18,4	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	((13,7))	0	14,4	0	(12,9)	0	14,6	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	((35,6))	0	58,9	0	(39,5)	0	70,1	0
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((261,1))	4	491,8	4	(426,5)	4	615,4	4

ESTACIÓN DE MUESTREO	Sulfato (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	((120,0))	1	136,4	1	(123,2)	1	142,4	1
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	((150,0))	1	152,0	2	152,3	2	166,8	2
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	((233,3))	2	259,4	2	(291,9)	2	255,3	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	((265,7))	2	374,1	2	(331,2)	2	509,3	3
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((562,5))	3	699,5	3	(700,8)	3	852,1	3

ESTACIÓN DE MUESTREO	Boro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	((0,81))	4	(1,00)	4	(1,17)	4	1,00	4
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	((1,00))	4	(1,09)	4	(1,13)	4	1,00	4
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	((1,00))	4	(1,00)	4	(1,00)	4	1,00	4
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	((1,13))	4	(1,00)	4	(1,00)	4	1,00	4
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((1,66))	4	(1,13)	4	(1,17)	4	2,00	4

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

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cobre (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(32)	2	66	2	66	2	50	2
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(25)	2	19	2	20	2	12	2
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(31)	2	<10	<2	<10	<2	20	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(11)	2	<10	<2	16	2	13	2
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(13)	2	11	2	<10	<2	20	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Cromo (µg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(14)	2	<(10)	<1	<(10)	<1	<(10)	<1
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(18)	2	<(10)	<1	(20)	2	(9)	1
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(24)	2	(13)	2	(30)	2	(13)	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(12)	2	(11)	2	(12)	2	<(10)	<1
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(14)	2	(15)	2	<(10)	<1	(13)	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Hierro (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(1,14)	2	1,17	2	1,14	2	0,71	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(5,46)	4	0,36	0	0,83	1	0,36	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(9,46)	4	0,50	0	0,30	0	0,34	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(0,32)	0	0,23	0	(0,18)	0	0,18	0
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(1,41)	2	0,24	0	(0,15)	0	0,31	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Manganeso (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(0,17)	2	(0,17)	2	(0,17)	2	(0,17)	2
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(0,24)	4	(0,05)	1	(0,43)	4	(0,12)	2
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(0,43)	4	(0,08)	2	(0,94)	4	(0,05)	1
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(0,04)	1	(0,04)	1	(0,07)	2	(0,04)	1
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(0,05)	1	(0,06)	2	((0,12))	2	(0,10)	2

ESTACIÓN DE MUESTREO	Molibdeno (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(0,02)	2	(0,02)	2	((0,02))	2	(0,02)	2
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(0,02)	2	<(0,01)	<1	((0,02))	2	<(0,01)	<1
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	<(0,01)	<1	<(0,01)	<1	((0,02))	2	(0,02)	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(0,02)	2	(0,02)	2	((<0,01))	<1	(0,02)	2
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	<(0,01)	<1	<(0,01)	<1	((0,02))	2	<(0,01)	<1

ESTACIÓN DE MUESTREO	Zinc (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(0,06)	0	(0,07)	0	(0,07)	0	(0,07)	0
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(0,07)	0	(0,02)	0	(0,06)	0	(0,03)	0
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(0,07)	0	(0,01)	0	(0,10)	1	(0,01)	0
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(0,01)	0	(0,01)	0	(0,03)	0	(0,01)	0
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	(0,01)	0	(0,02)	0	((0,02))	0	(0,02)	0

ESTACIÓN DE MUESTREO	Aluminio (mg/l)							
	Invierno		Otoño		Primavera		Verano	
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase
RIO CONAY EN LAS LOZAS	(1,9)	3	(2,2)	3	((3,2))	3	(1,4)	3
RIO DEL TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	(5,8)	4	(0,8)	2	((5,4))	4	(4,8)	3
RIO DEL CARMEN EN RAMADILLAS	(9,4)	4	(1,0)	2	((1,2))	3	((0,4))	2
RIO HUASCO EN PUENTE PANAMERICANA	(0,5)	2	(0,5)	2	((0,4))	2	(1,0)	2
RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	((1,7))	3	(0,4)	2	((2,7))	3	(0,5)	2

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

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

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

**Tabla 4.14: Calidad de Agua Cuenca del río Huasco
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	DBO ₅ (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<1.5	0
Río Huasco en Panamericana	<1.5	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<1.5	0

Punto de Muestreo	Color Aparente (Pt-Co)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	5	0
Río Huasco en Panamericana	5	0
Río Huasco en Huasco Bajo	10	0

Punto de Muestreo	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	344	0
Río Huasco en Panamericana	790	2
Río Huasco en Huasco Bajo	1131	3

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<10	0
Río Huasco en Panamericana	<10	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<10	0

Punto de Muestreo	Amonio (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<0.01	0
Río Huasco en Panamericana	<0.01	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<0.01	0

Punto de Muestreo	Cianuro ($\mu\text{g/L}$)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<3	0
Río Huasco en Panamericana	<3	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<3	0

**Tabla 4.14 (Continuación): Calidad de Agua Cuenca del río Huasco
Muestreo Puntual CADE-IDEPE primavera 2003**

Punto de Muestreo	Fluoruro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	0.4	0
Río Huasco en Panamericana	0.5	0
Río Huasco en Huasco Bajo	0.4	0

Punto de Muestreo	Nitrito (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<0.01	0
Río Huasco en Panamericana	<0.01	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<0.01	0

Punto de Muestreo	Sulfuro (mg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<0.01	0
Río Huasco en Panamericana	<0.01	0
Río Huasco en Huasco Bajo	<0.01	0

Punto de Muestreo	Estaño (µg/L)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	<10	<2
Río Huasco en Panamericana	<10	<2
Río Huasco en Huasco Bajo	<10	<2

Punto de Muestreo	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	22	1
Río Huasco en Panamericana	350	1
Río Huasco en Huasco Bajo	13	1

Punto de Muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)	
	Valor	Clase
Río del Carmen en Ramadillas	79	0
Río Huasco en Panamericana	3500	2
Río Huasco en Huasco Bajo	280	1

Al realizarse el programa de muestreos, se verificó una inconsistencia en el Instructivo, respecto a los límites de la Clase de excepción y la metodología de análisis de ciertos parámetros de calidad. Esta inconsistencia consiste en que los límites de detección de esas metodologías de análisis no pueden llegar a los valores límites de la clase de excepción.

Por lo tanto, los siguientes parámetros: plomo (Pb), hidrocarburos totales (HC), mercurio (Hg) y estaño (Sn), no pueden ser clasificados en clase de excepción.

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

4.3 Factores Incidentes en la Calidad del Agua

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

La Tabla 4.15 explica los factores incidentes en la cuenca del río Huayco, en base a la información presentada en la tabla 4.13 (estaciones de calidad DGA).

Tabla 4.15: Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Huasco

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Conay en las Lozas 0380CO10	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Descargas difusas por depósitos de estériles. Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas. Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Al, B Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Geología: Formaciones geológicas en rocas de origen hipoabisal o intrusivas intercaladas con rocas de sedimento volcánicas consistentes en coladas, brechas y tobas intercalads con areniscas, calizas. Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales Minería: Minera Los Mayores Agricultura: Viñas parronales y hortalizas Ganadería: Veranadas a la cordillera consistente en caprinos y bobinos Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río del Tránsito a/j río del Carmen 0380TR20	Recarga del río por aguas subterráneas. Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Descargas difusas por depósitos de estériles. Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas. Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes. Contaminación difusas por aguas servidas.	CE, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mo, B, Fe, Mn, Al Posiblemente CF, CT, DBO ₅	<ul style="list-style-type: none"> Formaciones de rocas intrusivas y sedimento volcánicas Hidrogeología: Pozo DGA a 1 metro de profundidad. Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales Agricultura: Viñas, parronales y hortalizas Minería: Minas (Cu): Sta. Carmen, Minas (Mármol): Gabriela Centros Poblados: Poblados de Conal y El Tránsito Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

Tabla 4.15 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Huasco

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río del Carmen en Ramadillas 0381CA40	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos.	Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes Contaminación difusas por aguas servidas	Zn, CE, SO_4^{-2} , Cu, Cr, Mo, B, Fe, Mn, Al, Sn, Posiblemente CF, CT, DBO_5	<ul style="list-style-type: none"> • Geología: Formaciones geológicas de rocas intrusivas y sedimento volcánicas • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Agricultura: Viñas, parronales y hortalizas • Minería: Minas la Engreída (Cu) • Centros Poblados: San Félix y El Retamo • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales
Río Huasco en puente Panamericana 0382HU20	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de aluminosilicatos en forma de sedimentos. Filtraciones de aguas subterráneas desde embalse Sedimentación de aguas en embalse.	Contaminación difusa por aguas servidas. Descargas difusas por depósitos de estériles Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas Contaminación difusa por ganadería Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes	OD, RAS, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, CE, SO_4^{-2} , B, SD, Sn, Posiblemente CF, CT, DBO_5 , NO_2 y NH_4	<ul style="list-style-type: none"> • Geomorfología: Valle con laderas constituidas por materiales principalmente coluviales • Descargas: Descarga de Zalduondo • Centros poblados: Ciudad de Vallenar con 98,5 % de cobertura • Hidrología: Embalse Santa Juana • Agricultura: Olivos, viñas parronales y hortalizas • Minería: Minas (Cu): Remolino, Candelaria, Sucosora, Andes, Mariely, Famosa, Irene(Au). Plantas de beneficio : Chancado Pirineos ($CaCO_3$), San Lorenzo (Au), Enami (Cu) <p>Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales</p>

Tabla 4.15 (Continuación): Factores Incidentes en la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Huasco

ESTACION DE CALIDAD / SEGMENTO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
	NATURALES	ANTROPOGENICOS		
Río Huasco en Huasco Bajo 0382HU50	Existencia de un estuario. Escasa interacción de aguas superficiales con subterráneas. Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas	Contaminación difusa por aguas servidas. Descargas difusas por depósitos de estériles. Descarga de RILES mineros y drenajes de aguas de minas. Contaminación difusa por ganadería. Descargas difusas de plaguicidas y fertilizantes.	RAS, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, SO ₄ ⁻² , Al, CE, Cl, B, SD, Sn, Posiblemente CF, CT, DBO ₅ , NO ₂ y NH ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas: Descarga de Empresa Sanitaria Atacama • Centros Poblados: Ciudad de Freirina sin cobertura de aguas servidas, Ciudad de Huasco sin cobertura de aguas servidas. • Agricultura: Olivos, viñas parronales y hortalizas • Minería: Verde, Miramar y Nueva esperanza (Cu) • Cubierta vegetal: Sólo en planicies fluviales

5. CALIDAD ACTUAL Y NATURAL DE LOS CURSOS SUPERFICIALES

5.1 Análisis Espacio-Temporal en Cauce Principal

Para el análisis del cauce principal se considera desde su nacimiento el río del Carmen para continuar con el río Huasco hasta su desembocadura, disponiendo de tres estaciones de monitoreo a lo largo de los ríos, que son:

- Del Carmen en Ramadillas
- Huasco en Puente Panamericana
- Huasco en Huasco Bajo

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

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.

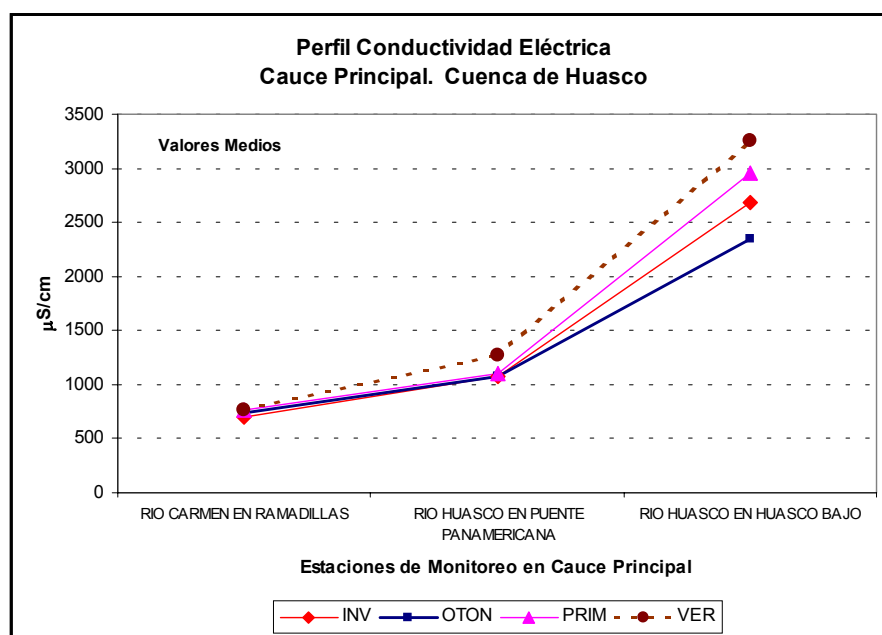


Figura 5.1: Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

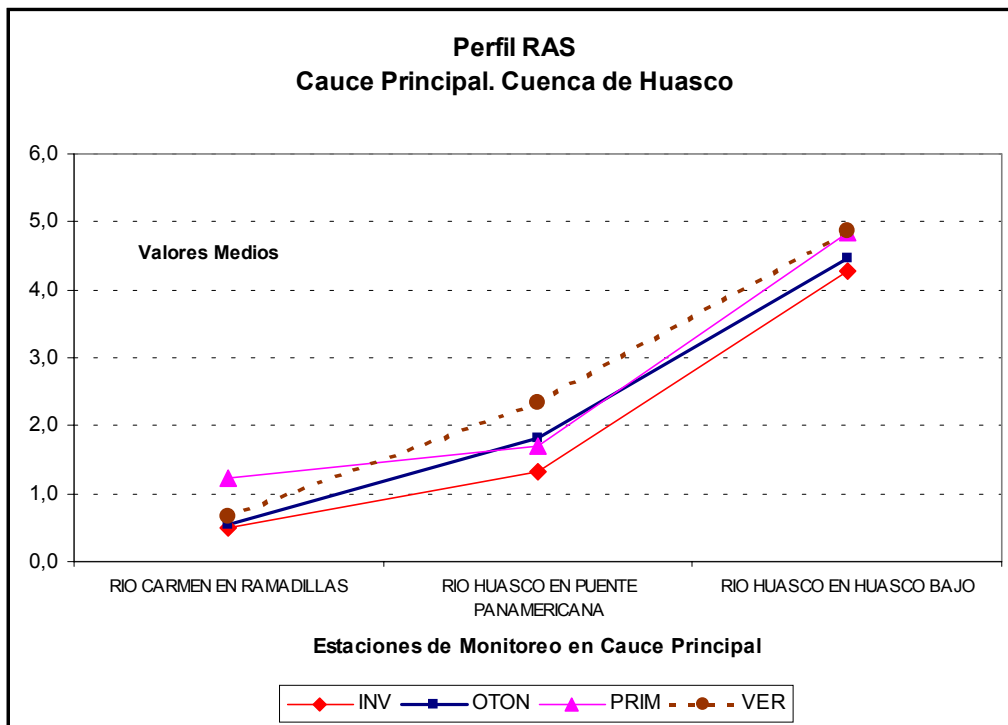
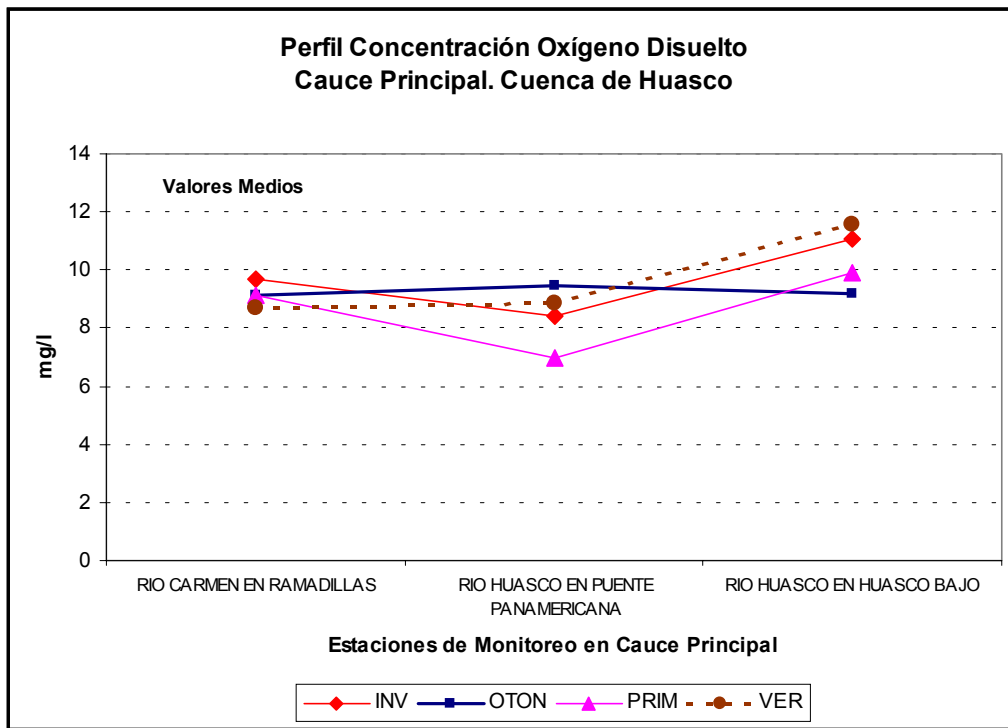


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

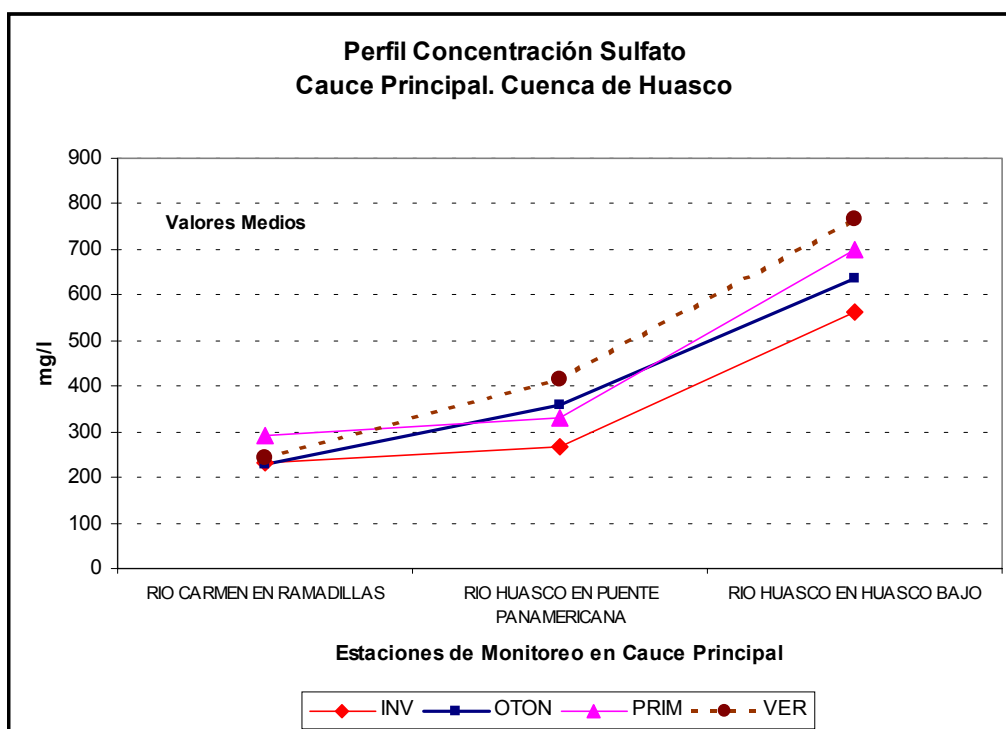
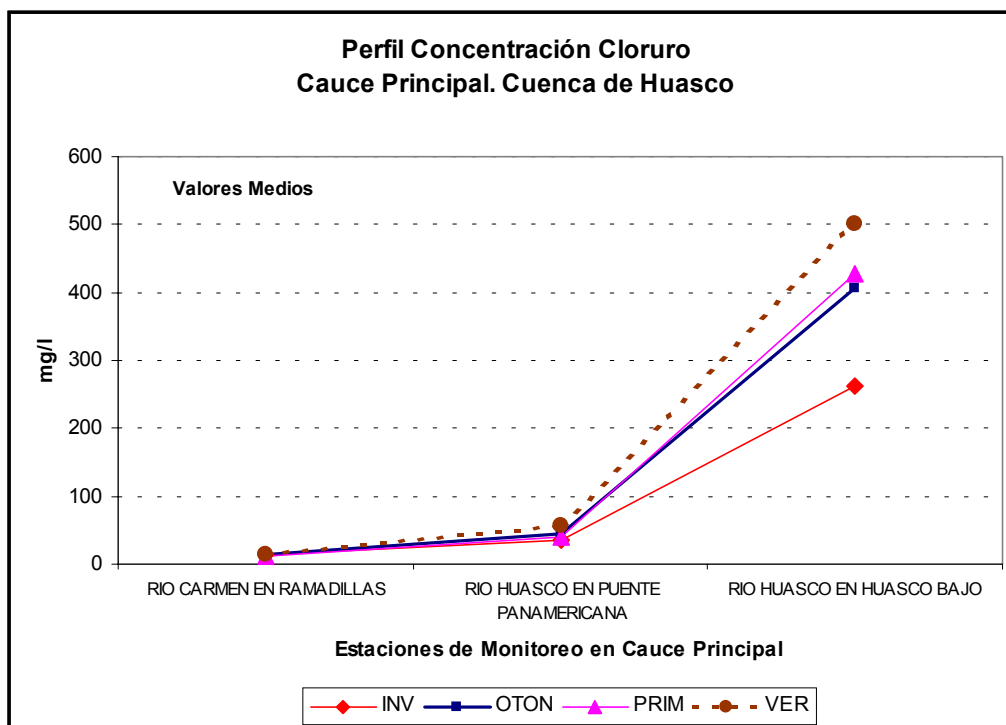


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

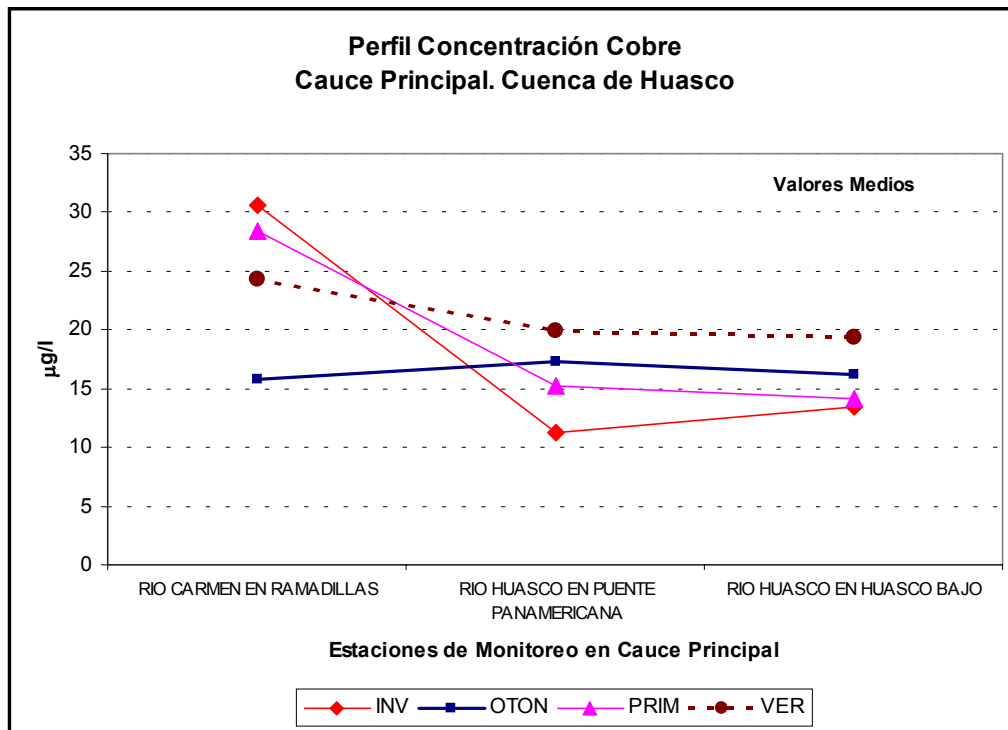
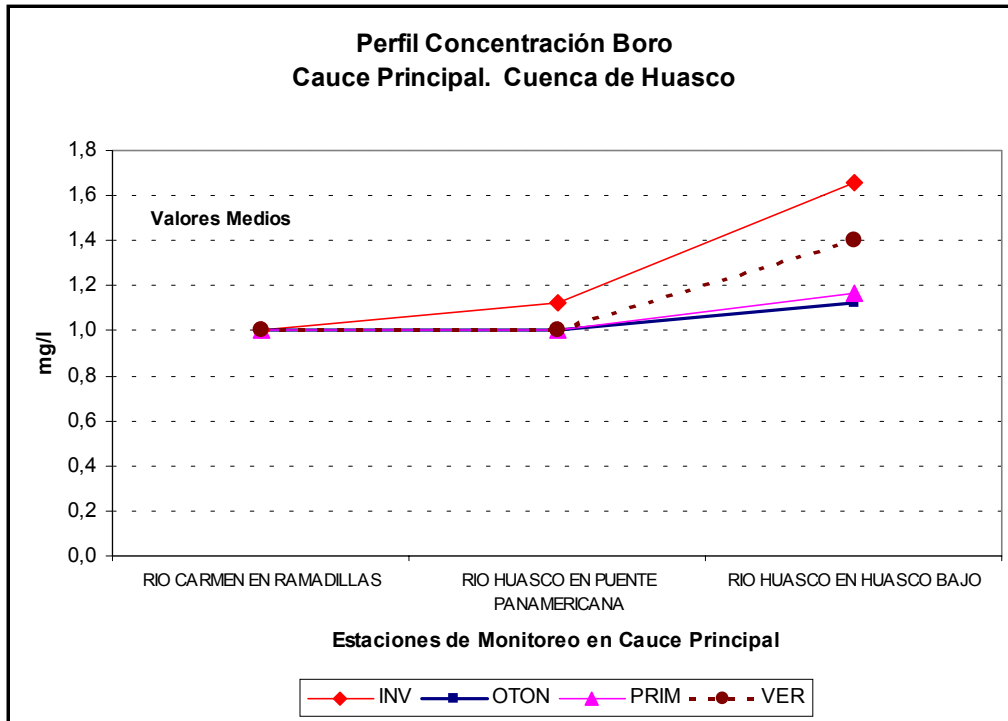


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

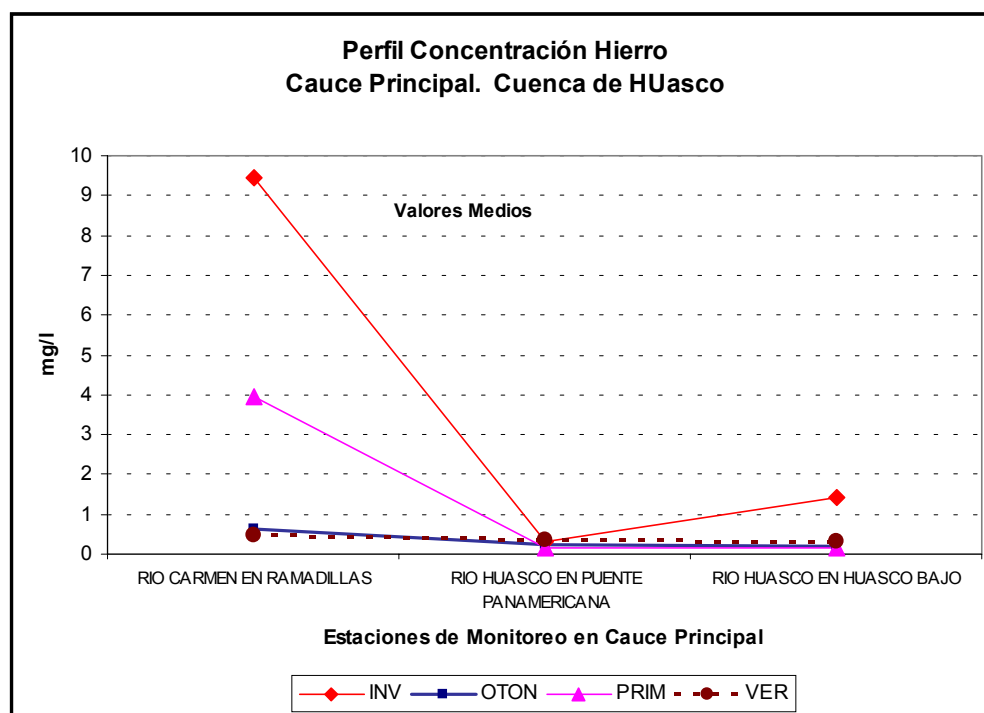
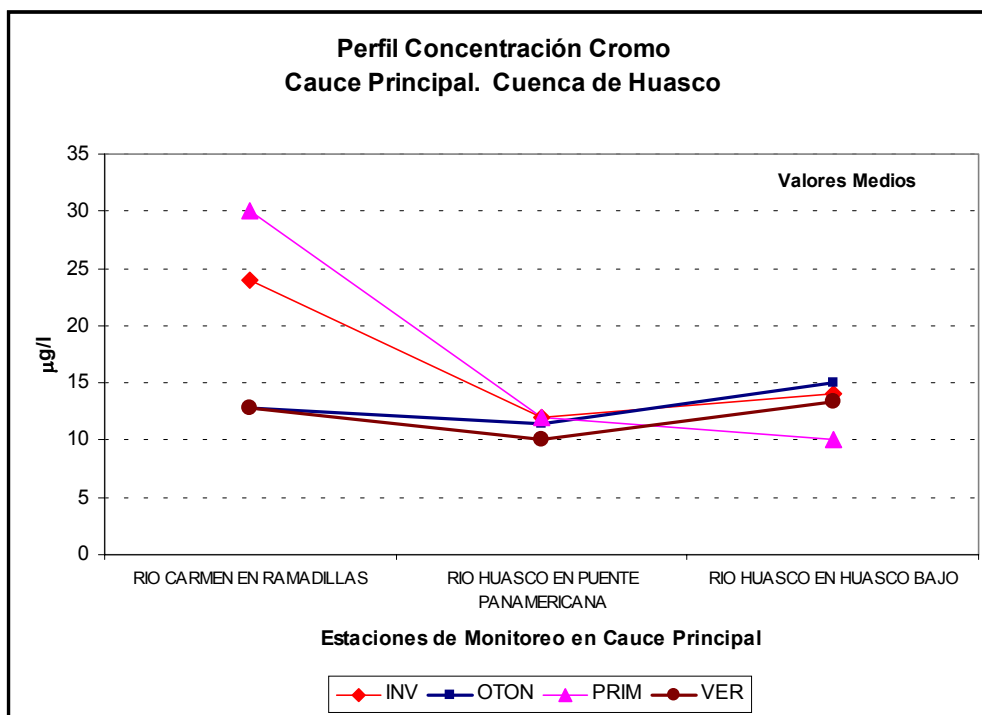


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

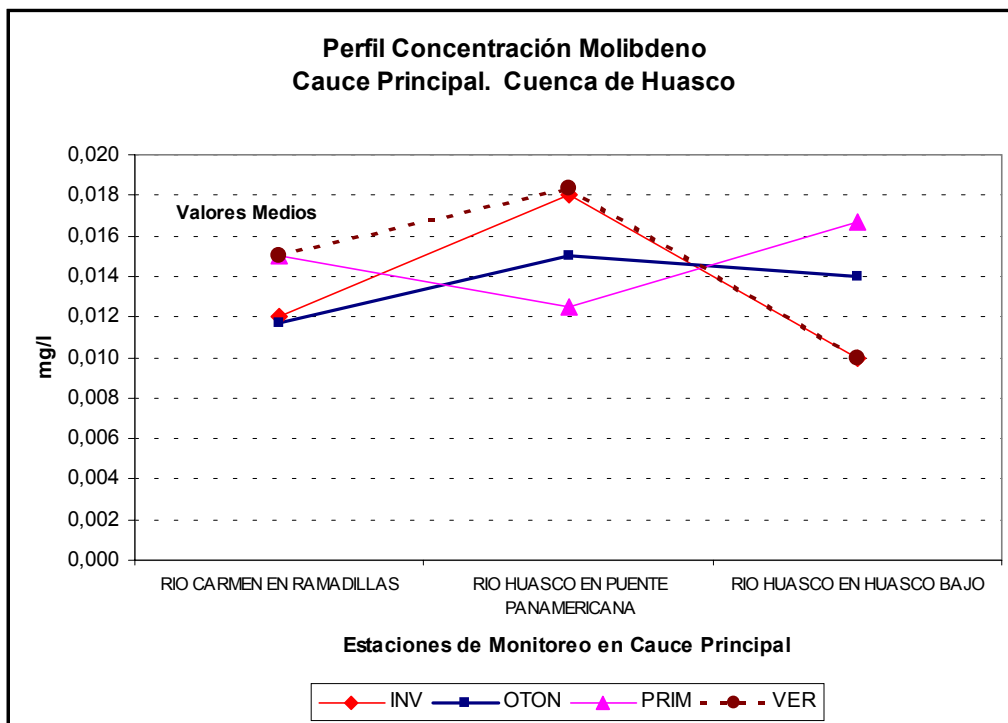
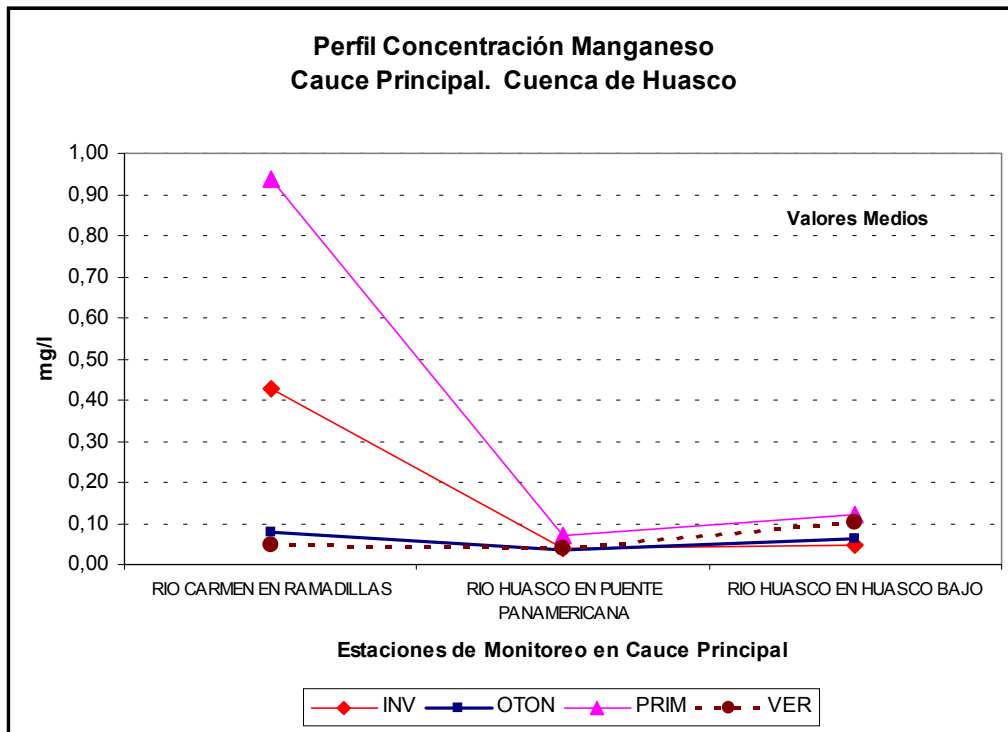


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

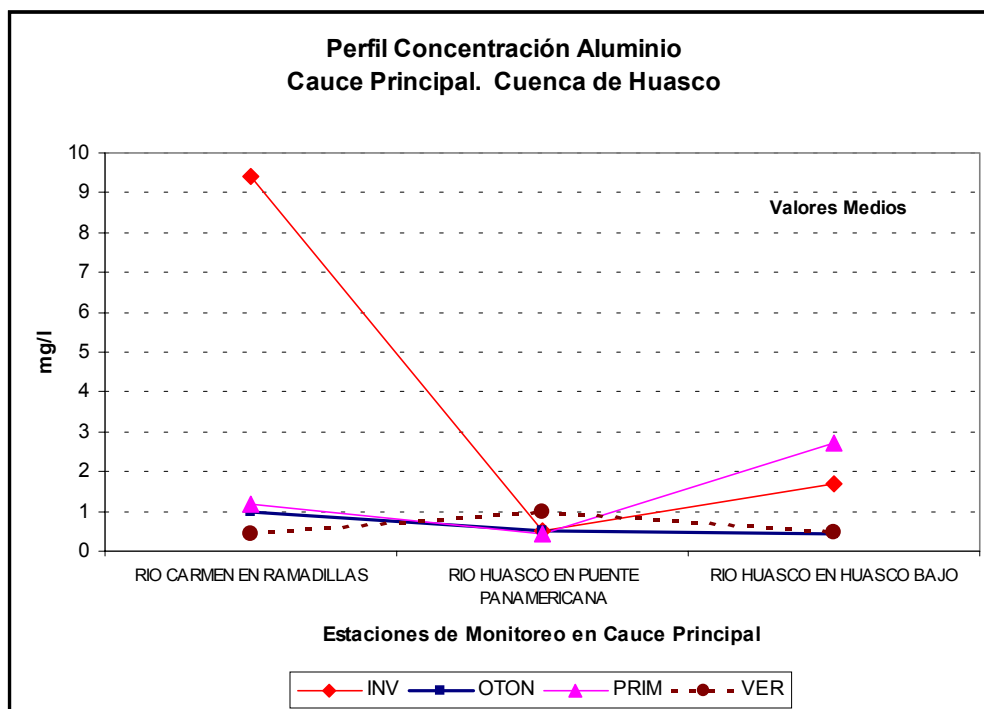
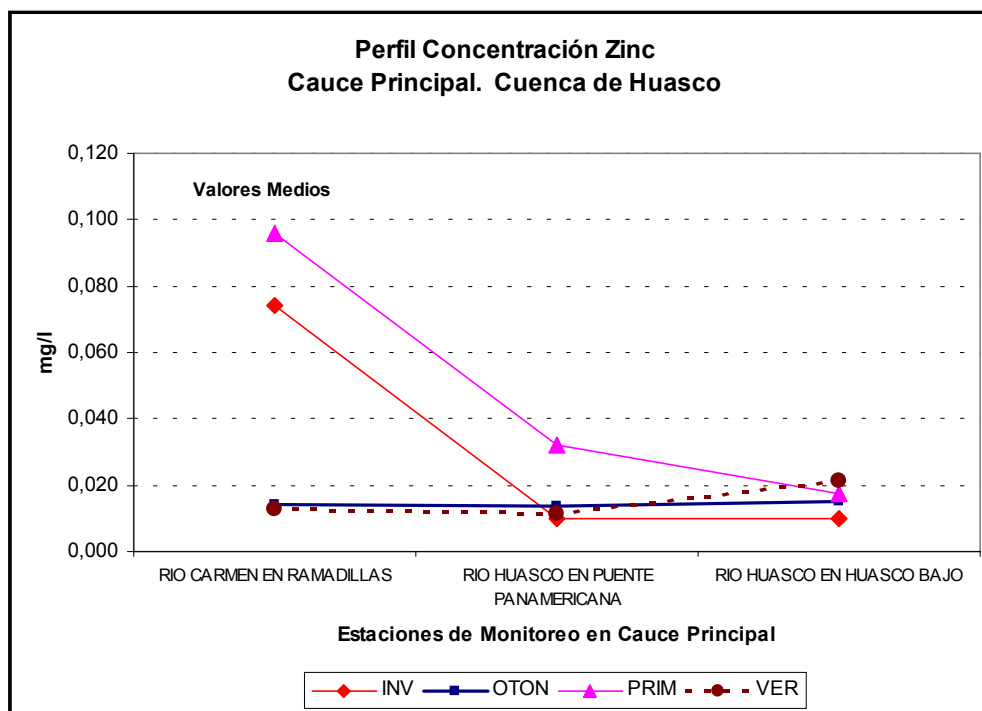


Figura 5.1 (Continuación): Perfil Longitudinal de Calidad de Agua en el Río Huasco

De las figuras 5.1 se pueden extraer lo siguiente:

- CE: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en verano con valores que tienden a aumentar hacia Huasco Bajo clasificados en clase 4. La envolvente inferior corresponde en invierno, primavera y otoño con valores en clase 1, 2 y 4. Desde la parte alta en el río del Carmen la conductividad tiende a crecer fuertemente, en tres veces más que en hacia Huasco Bajo.
- OD: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en invierno, otoño y verano en clase 0. Entre río del Carmen en Ramadillas y Huasco en panamericana se observa un valor relativamente constante, para tender a aumentar en Huasco Bajo, con una diferencia de 3 mg/L. La envolvente inferior se observa en verano-primavera-otoño, a lo largo del río se observa un comportamiento.
- RAS: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más altos de los parámetros (envolvente superior) se presentan en primavera y verano con valores que tienden a aumentar desde el río del Carmen hacia Huasco Bajo desde clase 0 a clase 2. La envolvente inferior corresponde en invierno con valores en clase 0, excepto en Huasco Bajo con valores en clase 2.
- Cloruro: Los perfiles longitudinales del cloruro permiten observar que no existe una variación estacional en la cuenca, con los valores máximos en la estación Huasco Bajo en clase 4. La envolvente superior se presenta en verano con valores asignados a la clase 0 en la parte alta (río del Carmen) y media del río Huasco, a excepción de la estación Huasco Bajo con valores en clase 4. La envolvente inferior se observa en primavera, en río del Carmen y en invierno en el río Huasco, todos los valores en clase 0 excepto en Huasco bajo clase 4.
- Sulfato: Los perfiles longitudinales del sulfato permiten observar que la envolvente superior se presenta en primavera y verano, con una tendencia creciente desde el río del Carmen aguas abajo cambiando de clase 2 a clase 3 en Huasco Bajo. La envolvente inferior se observa en otoño e invierno

con el mismo comportamiento de la envolvente superior con valores en clase 2 y clase 3 en Huasco Bajo.

- Boro: Los perfiles longitudinales del boro permiten observar que en la estación Huasco Bajo es donde existe un mayor aumento de la concentración. Desde la estación Puente Panamericana a Huasco Bajo aumenta en 0.6 mg/L. La envolvente superior se presenta en verano e invierno, con una tendencia creciente aguas abajo del río del Carmen con valores en clase 4. La envolvente inferior se presenta con valores en clase 4 con un comportamiento similar a la envolvente superior.
- Cobre: El comportamiento del cobre tiende a disminuir desde el río del Carmen a Huasco en Panamericana para mantenerse relativamente constante hasta Huasco Bajo. Se presenta en todas las estaciones con valores asignados a la clase 2. La envolvente superior se observa en los períodos de verano e invierno. La envolvente inferior se presenta con todos sus valores asignados a la clase 2 en los períodos de otoño e invierno. La mayor variación de concentración se observa en invierno entre el río del Carmen y Huasco en Panamericana que disminuye en aproximadamente 30 µg/L.
- Cromo total: La envolvente superior se observa en los períodos de primavera-otoño-invierno con todos los valores asignados a la clase 2. La envolvente inferior se observa los períodos de verano y primavera. Se observa que desde el río Carmen a Puente Panamericana la concentración disminuye en 18 µg/L con un aumento leve hacia la estación Huasco Bajo con su máxima variación en primavera. La envolvente inferior se presenta en verano y primavera con valores en clase 2.
- Hierro: La envolvente superior se observa en los períodos de invierno – otoño-invierno se observa un brusco cambio en la concentración desde el río del Carmen a Puente Panamericana disminuyendo en 9,0 mg/L, desde clase 4 a clase 0, para luego aumentar en Huasco Bajo a un valor de 1,5 mg/L, en clase 2.
- Manganeseo: La envolvente superior se observa en primavera en todas las estaciones en clase 4 en el río del Carmen y clase 3 en el río Huasco. La envolvente inferior se observa en verano e invierno en Huasco Bajo con

todos los valores en clase 1. En todos los periodos estacionales el comportamiento desde el río del Carmen a Huasco Bajo es el mismo disminuyendo notablemente en la estación de Huasco en Panamericana.

- Molibdeno: La envoltente superior se observa en verano y primavera en la estación Huasco Bajo, en clase 2 en el río del Carmen y clase 3 en el Huasco. La envoltente inferior se observa en otoño en el río del Carmen y en primavera-verano en el Huasco con todos los valores en clase 1. En todos los periodos de verano-invierno y otoño el comportamiento desde el río del Carmen a Huasco Bajo es el mismo, con un perfil creciente en Panamericana y luego disminuye hacia Huasco Bajo, no así en el periodo de primavera que en la estación Huasco en Panamericana se observa un perfil con una notable disminución, con lo que se puede asegurar que en este periodo el aporte de molibdeno proviene de el río del Carmen.
- Zinc: La envoltente superior del zinc se observa en los periodos de primavera y verano en la estación Huasco Bajo. Todos los valores están en clase 0. La envoltente inferior se observa en verano-invierno con todos los valores en clase 0. El comportamiento a lo largo de los ríos del Carmen y Huasco es similar entre los periodos de primavera-invierno y entre otoño-verano.
- Aluminio: Los perfiles longitudinales del aluminio permiten observar que la envoltente superior se encuentra en verano-primavera e invierno con valores asignados a la clase 2, 3 y 4. La mayor concentración corresponde al punto de la estación río del Carmen con valores en clase 4. La envoltente inferior se observa en los periodos de verano y primavera con valores en clase 2.

5.2 Caracterización de la Calidad de Agua

En la tabla 5.1 se comentan las características principales de la calidad actual del río Huasco 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 RIO HUASCO	
Parámetros físico- Químicos (FQ): Conductividad Eléctrica, DBO ₅ , Color, OD, pH, RAS, SDT, SST.	
<p><u>CE</u>: En el río Huasco la conductividad eléctrica, se mantiene constante a lo largo del año en clase 2 a excepción de la estación Panamericana en verano(clase 3), aumenta desde la parte alta del río hacia aguas abajo pasando valores de clase 4. En el río Conay no se observa variación estacional con valores en clase 0. En el río del Transito se observan los valores más altos en las estaciones primavera verano con valores a signados en clase 1. En el río del Carmen valores asignados a clase 2 excepto invierno clase 1.</p> <p><u>DBO₅</u>: Todos los valores asignados a Clase 0 en el río Huasco y el río del Carmen.</p> <p><u>Color Aparente</u>: En los ríos del Carmen y Huasco los valores obtenidos del muestreo están todos asignados a la Clase 0.</p> <p><u>SD</u>: En el río Huasco los valores están asignados a Clase 2 y 3 , mientras en el río del Carmen en Clase 0; información nivel 4</p> <p><u>SST</u>: En los ríos Huasco y del Carmen todos los valores están asignados a Clase 0, información nivel 4.</p> <p><u>OD</u>: En los río Huasco, Conay, del Transito y del Carmen no se observan variaciones estacionales en otoño, invierno verano, con todos los valores en clase 0. En primavera existen variaciones en las estaciones de Puente Panamericana río Huasco y río del Tránsito antes junta río del Carmen con valores en clase 2 y clase 1 respectivamente.</p> <p><u>pH</u>: Todos los valores clasificados en clase 0.</p> <p><u>RAS</u>: Ríos Conay, del Transito y del Carmen todos los valores clasificados en clase 0. En el río Huasco el RAS no presenta variación estacional a excepción de las estación Puente Panamericana en verano que varía de clase 0 a clase 1, el valor se mantiene constante aumentando desde clase 0 a clase 2 en Huasco Bajo.</p>	
Inorgánicos (IN): NH_4^+ , CN^- , Cl^- , F^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , S^{2-}	
<p><u>SO_4^{2-}</u>: Río Huasco sin variación estacional aumentando desde la parte alta del río hacia aguas abajo desde clase 2, clase 3 en Huasco Bajo. Sin embargo se observa en este río una variación en la estación Puente Panamericana en verano clase 3. Ríos Conay, clasificados en clase 1. Ríos del Transito y del Carmen clasificados en clase 2 todo el año, excepto en verano el río del Transito en clase 1.</p> <p><u>Cl^-</u> : Río Huasco no presenta variación estacional aumentando desde la parte alta del río desde clase 0 en Puente Panamericana a clase 4 en Huasco Bajo. Ríos Conay, del Transito y del Carmen clasificados en clase 0.</p> <p><u>NH_4^+, CN^-, F^-, NO_2^-, S^{2-}</u> : En los ríos del Carmen y Huasco los valores obtenidos del muestreo están todos asignados a la Clase 0.</p>	
Orgánicos (OR): Aceites y grasas, PCBs, SAAM, fenol, HCAP, HC, tretracloroeteno, tolueno	
No se dispone de información para los parámetros orgánicos.	

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

CUENCA RIO HUASCO	
Orgánicos Plaguicidas (OP): Ácido 2,4-D, aldicarb, aldrín, atrazina, captán, carbofurano, clordano, clorotalonil, Cyanazina, demetón, DDT, diclofop-metil, dieldrin, dimetoato, heptaclor, lindano, paratión , pentaclorofenol, siazina, trifluralina.	
No se dispone de información para los parámetros orgánico plaguicidas.	
Metales Esenciales (ME): B, Cu, Cr_{total}, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn	
	<p>B: En todos los períodos estacionales y en toda la cuenca los valores para el boro están en el rango de la clase 4.</p> <p>Cu: En todos los períodos estacionales y en toda la cuenca los valores para el cobre están en el rango de la clase 2.</p> <p>Cr_{total}: En todos los períodos estacionales y en toda la cuenca los valores para el cromo están en el rango de la clase 2. La única variación observada es en verano para el río del Transito en clase1.</p> <p>Fe: Río Conay, con valores clasificados en clase 2 todo el año menos en verano clase 0. 1. Río del Transito sin variación en otoño-verano con valores asignados en clase 0. En Invierno el valor máximo observado asignado a la clase 4 del Carmen sin variación estacional en otoño-primavera-verano en clase 0. En invierno el valor máximo en clase 4. En el río Huasco todos los valores se clasifican en clase 0 excepto en invierno en Huasco Bajo en clase2.</p> <p>Mn: Río Conay sin variación con valores en clase 2. Ríos del Transito y del Carmen sin variación en primavera –invierno con valores en clase 4. En el río Huasco sin variación estacional excepto en Puente Panamericana y Huasco Bajo en invierno, con los valores más altos en clase 2. Se observa un aumento desde la parte alta a la desembocadura en los periodos de otoño y verano de clase1 a clase 2.</p> <p>Mo: Río Conay sin variación estacional con valores en clase 2. En los ríos Huasco, del Transito y del Carmen los valores más altos están clasificados en clase 2.</p> <p>Ni, Se: En todos los registros históricos en la cuenca los valores son clasificados en clase 0.</p> <p>Zn: En los ríos Conay, del Transito, del Carmen y Huasco con todos los valores clasificados en clase 0, excepto el río del Carmen en primavera en clase 1.</p>
Metales no Esenciales (MN): Al, As, Cd, Sn, Hg, Pb	
	<p>Al: Río Conay sin variación estacional con valores en clase 3. En el río del Transito sin variación entre invierno y primavera con valores en clase 4. El río del Carmen sin variación estacional entre otoño y verano con valores en clase 2, el máximo valor se asigna a clase 4 en invierno. El río Huasco sin variaciones estacionales en Puente Panamericana con valores en clase 2, aumentando en invierno y primavera aguas abajo de dicha estación con valores en clase 3 en Huasco Bajo.</p> <p>As: En todos los registros históricos en la cuenca los valores son clasificados en clase 0.</p>

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

CUENCA RIO HUASCO	
<u>Cd, Hg y Pb</u> : No es posible clasificarlo en alguna clase establecida en el <i>Instructivo</i> , por corresponder el dato al límite de detección superior a la clase 0.	
<u>Sn</u> : No posee información.	
Indicadores Microbiológicos (IM) : CF, CT	
<u>CF</u> : En el valor obtenido del muestreo los valores en el río Huasco y del Carmen están asignados a la Clase 1.	
<u>CT</u> : En el valor obtenido del muestreo en el río del Carmen el valor está asignado a la Clase 0 y en el río Huasco Bajo y en Panamericana los valores están en Clase 1 y 2 respectivamente.	

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

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

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

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

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

- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 1, se utiliza el valor correspondiente al percentil 66% para el período estacional más desfavorable.
- Para aquellos parámetros que poseen información de nivel 2 ó 3, se utiliza el valor promedio para el período estacional más desfavorable
- Respecto a aquellos parámetros que fueron incluidos en el programa de muestreo de CADE-IDEPE y que no cuentan con información de nivel

superior (niveles 1 a 3), se utilizan los datos puntuales obtenidos (información nivel 4). Para la cuenca del río Huasco, estos parámetros son: DBO₅, color aparente, SD, SST, NH₄⁺, CN⁻, F⁻, S²⁻, NO₂⁻, Sn, CF y CT.

- En el caso de los parámetros DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales, si no se dispone de ninguna información de nivel superior, se emplea como valor de referencia la estimación del consultor (información nivel 5). El método de estimación de dichos parámetros se presenta en el capítulo 4 de la Sección II del Informe Final, destinada a describir la Metodología empleada.
- Cuando se disponer de información de distintas fuentes para un mismo parámetro, se le asigna a éste en la tabla 5.2 la clase correspondiente a la fuente de información que contenga un mayor número de registros (mejor nivel de información de acuerdo a la metodología).

Tabla 5.2: Asignación de Clases de Calidad Actual
Tabla 5.2a: Cauce Principal - Río del Carmen y Río Huasco

Estaciones de calidad DGA	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río del Carmen en Ramadillas	0381CA20	OD, pH, RAS, Cl, Ni, Se, As, DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CT	Zn, CF	CE, SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mo		B, Fe, Mn, Al	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Muestreo puntual-primavera. Información nivel 4: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CF, CT
Río Huasco en Puente Panamericana	0382HU20	pH, Cl, Fe, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻	RAS, CF	OD, Cu, Cr, Mn, Mo, Al, SD, CT	CE, SO ₄ ⁻²	B	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Muestreo puntual-primavera. Información nivel 4: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CF, CT
Río Huasco en Huasco Bajo	0382HU30	OD, pH, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻	CF, CT	RAS, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo	SO ₄ ⁻² , Al, SD	B, CE, Cl	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Muestreo puntual-primavera. Información nivel 4: DBO ₅ , color aparente, SD, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CF, CT

Parámetros seleccionados de la cuenca del río Huasco: Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales, RAS, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Sólidos Disueltos, Coliformes Totales.

Huasco

84.

Tabla 5.2b: Cauce Secundario: Río Conay

Estaciones de calidad DGA	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río Conay en Las Lozas	0380CO10	CE, OD, pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , SST, CF	SO ₄ ⁻²	Cu, Cr, Fe, Mn, Mo	Al	B	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5: DBO ₅ , SST, CF

Tabla 5.2c: Cauce Secundario: Río del Tránsito

Estaciones de calidad DGA	Código de Segmento	Clase del Instructivo					Parámetro con valor en límite de detección	Parámetros seleccionados sin información	Observación
		0	1	2	3	4			
Río del Tránsito antes junta río del Carmen	0380TR10	pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , SST, CF	CE, OD	SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mo		B, Fe, Mn, Al	Cd, Hg, Pb	Todos los demás parámetros seleccionados	Información DGA niveles 2 y 3. Información nivel 5 : DBO ₅ , SST, CF

5.4 Calidad Natural y Factores Incidentes

En la Tabla 5.3 se identifican los parámetros que exceden la clase 0 en los diferentes cursos de agua de la cuenca del río Huasco, basada en la información estadística por períodos estacionales que se presenta en la Tabla 4.13.

Huasco

86.

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

Estación	Segmento	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	RAS	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)	SD (mg/L)	Al (mg/L)
Río Conay en las Lozas	0380CO10	Clase 0	Clase 0	Clase 0	Clase 0	142,4	(1,17)	66	(14)	1,17	(0,17)	(0,02)	Clase 0	Clase 0	Clase 0	((3,2))
Río del Tránsito a/j río del Carmen	0380TR20	623,9	7,5	Clase 0	Clase 0	166,8	(1,13)	(25)	(20)	(5,46)	(0,43)	(0,02)	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(5,8)
Río del Carmen en Ramadillas	0381CA40	793,2	Clase 0	Clase 0	Clase 0	(291,9)	(1)	(31)	(30)	(9,46)	(0,94)	((0,02))	10	(0,1)	Clase 0	(9,4)
Río Huasco en puente Panamericana	0382HU20	1541,4	7,0	3	70,1	509,3	((1,13))	16	(12)	Clase 0	(0,07)	(0,02)	10	Clase 0	790	(1)
Río Huasco en Huasco bajo	0382HU50	3699,8	Clase 0	5,66	615,4	852,1	2	20	(15)	(1,41)	((0,12))	((0,02))	10	Clase 0	1131	((2,7))

Fuente: Elaboración propia

Valores sin paréntesis: Percentil 66% (información nivel 1); Valores con 1 paréntesis: Promedios (información nivel 2); Valores con 2 paréntesis Promedios (información nivel 3)

Fuente: Elaboración propia

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

- El río de mejor calidad natural de la cuenca es el río Conay.
- El curso de calidad más desmejorada de la cuenca es el río Huasco en la ciudad de Huasco Bajo.
- El sulfato, boro, cobre, cromo, manganeso, molibdeno y aluminio están presentes en toda la cuenca.
- La conductividad eléctrica es característica de todo el cauce principal y en sus principales tributarios.
- El hierro es un parámetro muy abundante en la cuenca del río Huasco.
- Los resultados del muestreo indican que es muy probable que se encuentre estaño ampliamente distribuido en la cuenca del río Huasco.

5.4.1 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica presenta valores comprendidos entre los 623 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 3.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estación DGA Río Huasco en Huasco bajo- verano).

La conductividad eléctrica va incrementándose a medida que los cursos de agua van descendiendo hacia el mar. Debido a que se trata de terrenos áridos, con escasas precipitaciones y alta radiación solar, todos los parámetros tienden a concentrarse, más aún que desde Alto del Carmen hacia abajo no existen nuevos aportes al río.

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

5.4.2 Oxígeno disuelto

El contenido de oxígeno disuelto presenta valores comprendidos entre los 7.0 mg/L hasta 7.5 mg/L (estación DGA Río Del Tránsito a/j río Del Carmen).

Los valores de OD procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendido desde la clase “0” hasta los 7,0 mg/l de OD (río Huayco en Puente Panamericana).

Entre el presente Panamericana hasta la desembocadura afloran aguas subterráneas, las cuales restituyen la calidad del agua hasta la Clase “0”, junto a este fenómeno, se presenta adicionalmente una autodepuración de las aguas superficiales, que son afectadas por los vertidos de la ciudad de Vallenar.

5.4.3 Relación de absorción de sodio (RAS)

El RAS detectado presenta valores comprendidos entre 3 a 5,6 (Est. DGA Río Huasco en Huasco bajo – verano). Estos valores sin embargo no presentan problemas para que el agua sea utilizada en riego.

Los factores que inciden en la aparición del parámetro RAS corresponden a los mismos motivos que sustentan la aparición de la conductividad eléctrica, analizada en el punto anterior.

5.4.4 Cloruros

Los valores de cloruros procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 70,1 mg/L a 615,4 mg/L (Est. DGA Río Huasco en Huasco bajo - verano).

Los valores que superan la clase de excepción se dan hacia la desembocadura del río Huasco, en donde se ubica el estuario Huasco y Carrizal, en donde se producen interacciones de agua dulce y salada; las que inciden en la concentración de cloruros en esta zona.

Los factores que inciden en la aparición de cloruros se debe a los mismos motivos que sustentan la aparición de la conductividad eléctrica analizada anteriormente.

5.4.5 Sulfatos

Los valores de sulfatos procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 142 mg/L (Est. DGA río Conay en las Lozas - invierno) a 852 mg/L (Est. DGA río Huasco en Huasco bajo -verano), que no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada en riego.

La parte baja de la cuenca se caracteriza por rocas sedimentarias continentales y marinas, las que son ricas en sales, especialmente sulfatos, si a esto se adiciona la alta radiación térmica, y las bajas precipitaciones el sulfato tiende a concentrarse en su recorrido hacia el litoral.

Tanto la minería como las plantas de beneficio de mineral que se ubican en las cercanías del río Huasco, originan depósitos de estériles que permanecen cercanos a los cauces, los cuales emiten concentraciones de metales y sulfatos al río, especialmente cuando ocurren precipitaciones.

5.4.6 Boro

Los valores de boro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 1,13 mg/L (Est. DGA Río Conay en las Lozas - invierno) a 2 mg/L (Est. DGA Río Huasco en Huasco bajo - verano).

El origen del boro se encuentra en las co-precipitaciones de boratos que ocurren entre los estratos sedimentarios de la cuenca. Estos estratos son lixiviados volumétricamente por las aguas subterráneas, las que emergen desde alto del Carmen hacia abajo, o por las vertientes cordilleranas originadas por el derretimiento nival.

La otra fuente de origen se debe a evaporizas o pequeños salares que concentran boro, permitiendo que este escurra especialmente durante el período estival en que ocurren los derretimientos nivales.

5.4.7 Cobre

Los valores de cobre procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 16 µg/L (Est. DGA Río Huasco en Punete Panamericana) a 66 µg/L (Est. DGA río Conay en las Lozas -otoño).

El cobre existente a lo largo de la cuenca, se debe a las faenas mineras que se desarrollan a lo largo de todas las altitudes de la cuenca. Desde el punto de vista de la calidad natural los drenajes de las aguas de minas y los botaderos de estériles y plantas de beneficio de mineral – plantas de chancado industriales y trapiches – originan depósitos de gangas que lixivian por transporte o arrastre de precipitaciones.

5.4.8 Cromo

Los valores de cromo procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 12 mg/L (Est. DGA Conay en las Lozas- primavera) a 30 mg/L (Est. DGA Río del Carmen en Ramadillas- primavera), que no constituyen ningún obstáculo para que el agua sea utilizada en riego.

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

5.4.9 Hierro

Los valores de hierro procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos entre los 0,17 mg/L (Est. DGA Río Conay en Las Lozas) a 9,46 mg/L (Est. DGA Río del Carmen en Ramadillas - invierno).

La presencia de hierro se debe a los sulfuros como la pirita que se encuentran asociados a las rocas volcánicas, que se encuentran asociados a los depósitos porfíricos de cobre.

En la parte baja de la cuenca existen pequeños minerales de hierro, y la Planta de Minera del Pacífico, por lo cual es esperable que el hierro se encuentre naturalmente en las aguas subterráneas de la parte baja de la cuenca.

5.4.10 Manganese

El manganeso detectado presenta valores comprendidos entre 0,07 (est. DGA río Huasco en Punete Panamericana) a 0,94 mg/L (Estación DGA Río del Carmen en Ramadillas–primavera).

La presencia 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.

5.4.11 Molibdeno

Los valores de molibdeno procedentes de la campaña de monitoreo de la DGA presentan valores comprendidos bajo los 0,02 mg/L (estación DGA Río Huasco en puente Panamericana - Invierno).

La presencia de molibdeno en los cursos de agua es atribuible esencialmente a la existencia de molibdeno que acompaña al cobre, presente en la litología de casi toda la cuenca que le adiciona molibdeno 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 molibdeno disuelto en todos los tributarios y curso principal.

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

5.4.12 Zinc

Este parámetro presenta valores sobre la clase de excepción en el río del Carmen (estación DGA Río del Carmen en Ramadillas) en primavera, alcanzando 0,1mg/L, valor que supera la clase de excepción en aproximadamente un 4%.

En la naturaleza el zinc se encuentra generalmente asociado a otros metales como el cobre y el plomo. Por tanto el zinc que aparece en el sector de Ramadillas en el río del Carmen se debe al lixiviado de alguna mina de cobre o depósitos de estériles alrededor del cauce.

5.4.13 Aluminio

El aluminio detectado presenta valores comprendidos entre 0,4 (Est. DGA Huasco puente Panamericana - primavera) a 9,4 mg/L (Est. DGA Río del Carmen en Ramadillas - invierno). La aparición del aluminio disuelto se debe a dos factores combinados, las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminico silicatos (arcillas) y el pH medio (4,5 a 10,1), los cuales forman naturalmente complejos de aluminio en solución.

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

5.4.14 Falencias de información

No se dispone de datos de sólidos suspendidos. El embalse Sta. Juana ubicado arriba de Vallenar es un sedimentador importante que afectará la calidad del agua en cuanto a SST y oxígeno disuelto.

Se realizó una campaña de muestreo en el río Huasco (Oct. 2003) que abarcó tres cursos: río Hurtado, río Alto del Carmen y río Huasco. Los resultados mostraron que se encuentra Estaño en todos los cursos muestreados y Sólidos disueltos en el río Toro y sólidos disueltos en el río Huasco entre Panamericana y Huasco Bajo.

5.4.15 Conclusiones

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

- En general, la calidad natural del río es clasificada de buena calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cromo, hierro, boro, manganeso, molibdeno, aluminio, sulfatos y conductividad eléctrica.
- La parte media y baja de la cuenca posee actividad minera importante la que sumada a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro, molibdeno y manganeso.
- En el sector alto predominan las características de escurrimiento, que se acentúan durante la primavera y principios de verano.
- Desde Vallenar hacia la costa se observa la influencia de las aguas subterráneas en la calidad natural del Huasco.
- La cuenca posee gran actividad minera que ha incidido en la calidad del agua – especialmente metales en solución, la cual no es reversible por lo que ya forma parte de la calidad natural.
- De los cursos de agua de la cuenca el río Huasco es el cauce que presenta la calidad de agua más desmejorada.
- Debido a la litología de la cuenca esta se caracteriza por muchos iones en solución, principalmente metálicos.
- Un importante deterioro han experimentado las cuencas del Norte Chico, debido al efecto nocivo que ha tenido la depredación del ganado caprino, la tala de matorral y leña, en donde las escorrentías han lavado los suelos dejando gran cantidad de sedimento y roca desnudas a los chubascos e intemperización. Datos de sólidos suspendidos serían importantes para evaluar el deterioro de la calidad que experimentan estas cuencas.

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 Huasco fue presentada en el capítulo 2. En este capítulo se presentan los tramos, los cuales se forman por la sumatoria de segmentos adyacentes. El tramo se caracteriza por tener una misma clase de calidad objetivo a lo largo de toda su extensión.

En la siguiente tabla se presentan los tramos utilizados en la caracterización de calidad de los cauces de la cuenca.

Tabla 6.1: Tramos de la Cuenca Huayco

Cauce	Código Segmento	Tramo	Limites de Tramos
Río del Carmen	0381CA10	CA-TR-10	De: Naciente río del Carmén Hasta: Confluencia río del Tránsito
	0381CA20		
Río Conay	0380CO10	CO-TR-10	De: Naciente río Conay Hasta: Confluencia río Chollay
	0380CO20		
Río del Tránsito	0380TR10	TR-TR-10	De: Confluencia río Conay y Chollay Hasta: Confluencia río del Carmén
Río Huayco	0382HU10	HU-TR-10	De: Confluencia río del Tránsito con del Carmén Hasta: Desembocadura
	0382HU20		
	0382HU30		
	0382HU40		

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

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

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

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

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 del Tránsito	TR-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	2	1	1	0	pH, RAS, Cl, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , SST, CF	Otros parámetros seleccionados
								2	SO ₄ ⁻² , Cu, Cr, Mo	
								3	--	
								4	B, Fe, Mn, Al	
Río Huasco	HU-TR-10	..	(*)	Clase 1 a 3	2	2	2	0	pH, Zn, Ni, Se, As, DBO ₅ , color aparente, SST, NH ₄ ⁺ , CN ⁻ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , S ₂ ⁻ , CF	Otros parámetros seleccionados
								1	RAS	
								3	SO ₄ ⁻² , Al, SD	
								4	B, CE, Cl	

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

6.3 Grado de Cumplimiento de la Calidad Objetivo

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

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

Las tablas generadas en éste punto, para la cuenca del río Huasco 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 Huasco, estará compuesto por 6 parámetros obligatorios (Conductividad Eléctrica, DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales) y 11 parámetros que han sido seleccionados para esta cuenca.

Consecuentemente, los parámetros relevantes son:

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

7.1.2 Estimación del ICAS

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

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

Estación de Muestreo	ICAS
Río Conay en las Lozas	94
Río del Tránsito antes junta río del Carmen	95
Río del Carmen en Ramadillas	93
Río Huasco en pte Panamericana	92
Río Huasco en Huasco bajo	81

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

7.1.3 Estimación del ICAS objetivo

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

Tabla 7.2: Clases Objetivos para cada Estación de Muestreo

Estación de Muestreo	Clase Objetivo
Río Conay en las Lozas	1
Río del Tránsito antes junta río del Carmen	1
Río del Carmen en Ramadillas	2
Río Huasco en pte Panamericana	2
Río Huasco en Huasco bajo	2

El cumplimiento de los valores de la clase objetivo por todos los parámetros permite el cálculo de un nuevo ICAS. Para ello, se consideran todos los parámetros que exceden el valor correspondiente a la clase objetivo y que son de origen antrópico. Partiendo de la premisa que es factible lograr el cumplimiento de la clase objetivo y el conocimiento de la cuenca, se sabe que el índice calidad actual es igual al índice de calidad objetivo, debido a esto no se recalcula.

7.2 Programa de Monitoreo Futuro

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

En conformidad a lo dispuesto en el Instructivo la frecuencia mínima de muestreo corresponderá a los cuatro periodos estacionales: Verano, Otoño, Invierno y Primavera.

El programa de monitoreo considera una primera fase, cuya duración es de tres años, en la frecuencia mínima, destinada a completar la Base de Datos Integrada (BDI), en aquellos parámetros que no disponen de suficiente información, midiendo simultáneamente parámetros seleccionados en todos los puntos de la red. Es decir, los parámetros incluyen a los seleccionados, los que no tienen datos y los que están condicionados por los límites de detección analíticos. En particular, el alto costo de los análisis de compuestos orgánicos y orgánicos plaguicidas, obliga a plantear un monitoreo algo más restringido. Se proponen medir Grasas y Aceites, Detergentes e Hidrocarburos, y respecto de los plaguicidas cumplir con las recomendaciones del Anexo A9, sección 6.5.

Sobre la base de estos criterios esta cuenca incluye un monitoreo inicial con los siguientes parámetros:

- Parámetros Obligatorios: Conductividad Eléctrica, DBO_5 , Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos; Coliformes Fecales
- Parámetros Principales: RAS, Sólidos Disueltos, Cloruro, Sulfato, Boro, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Zinc, Aluminio, Coliformes Totales
- Parámetros con Límite de Detección: Cadmio, Plomo
- Parámetros Sin Información: Color Aparente, Amonio, Cianuro, Fluoruro, Nitrito, Sulfuro, Estaño,

- Parámetros Orgánicos: Grasas y Aceites, Detergentes, Hidrocarburos
- Parámetros Orgánico Plaguicidas: No se incluyen

Para los parámetros con límites de detección se deberá tomar especial cuidado de utilizar métodos analíticos compatibles con los límites de la clase excepcional del instructivo.

Dependiendo de los resultados de esta fase inicial, se procederá a actualizar la lista de parámetros seleccionados, que ya cuentan con una proposición basada en la información que el estudio ha analizado, continuando el monitoreo con estos parámetros en la frecuencia mínima en las estaciones de la siguiente tabla.

Tabla 7.3: Programa de Monitoreo Futuro

	Punto de Muestreo	Río Carmen en Ramadillas	Río Huasco en Pte Panamericana	Río Huasco en Huasco Bajo	Río Conay en Las Lozas	Río Tránsito a/ j río Carmen
	COD_SEG	0381CA40	0382HU20	0382HU50	0380CO10	0380TR20
INDICADOR	UNIDAD	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima	Frecuencia Mínima
INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS						
Conductividad Eléctrica	μS/cm	O	O	O	O	O
DBO5	mg/l	O	O	O	O	O
Color Aparente	Pt-Co	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Oxígeno Disuelto	mg/l	O	O	O	O	O
pH	unidad	O	O	O	O	O
RAS		PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól disueltos	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sól Suspendidos	mg/l	O	O	O	O	O
INÓRGANICOS						
Amonio	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cianuro	μg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Cloruro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Fluoruro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Nitrito	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Sulfato	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Sulfuro	mg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
METALES ESCENCIALES						
Boro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cobre	μg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Cromo total	μg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Hierro	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Manganeso	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Molibdeno	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Níquel	μg/l					
Selenio	μg/l					
Zinc	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
METALES NO ESCENCIALES						
Aluminio	mg/l	PPL	PPL	PPL	PPL	PPL
Arsénico	mg/l					
Cadmio	μg/l	LD	LD	LD	LD	LD
Estañio	μg/l	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Mercurio	μg/l					
Plomo	mg/l	LD	LD	LD	LD	LD
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS						
C Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	O	O	O	O	O
C Totales (NMP)	gérmenes/100 ml	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-HUA-01: Usos del suelo
- 1940-HUA-02: Estaciones de medición y usos del agua
- 1940-HUA-03: Calidad objetivo

7.4 Referencias

Referencia	Título del Informe
2.1	APICULTURA.CL, 2003 http://www.apicultura.cl
2.2	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile. 1987.
2.3	SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.
2.4	MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
2.5	IGM, Instituto Geográfico Militar. Levantamiento Aerofotogramétrico en base a carta regular 1:50.000. Hojas Vallenar y El Tránsito, escala 1:250.000. 1986.
2.6	CICA HIDROCONSULT. CIREN, Centro de Información de Recursos Naturales. 1980.
2.7	GAJARDO, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
2.8	MOP, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.. Perfiles Ecológicos en las Cuencas de los ríos Lluta, San José, Huasco, Elqui, Limarí, Petorca, La Ligua, Mataquito, Itata, Imperial y del Lago Budi. Documento Final. 2001
2.9	CONAF – CONAMA. Catastro de Bosque Nativo.
2.10	INE, Instituto Nacional de Estadísticas. VI Censo Nacional Agropecuario. 1997.
2.11	SINIA, Sistema de Información Ambiental http://www.sinia.cl
2.12	CONAMA, Comisión Nacional de Medio Ambiente http://www.conama.cl
3.1	ARRAU Carominas, Fernando. Distribución y Comercialización de las Aguas en Chile. Enero 1998 www.bcn.cl
3.2	RICARDO EDWARDS – INGENIEROS LTDA.. Estudio de Síntesis de Catastro de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento, Octubre 1991.
3.3	IPLA Ltda. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile, 1996.