

# **INFORME DE RESULTADOS N° 2**

**HID 03/12**

## **DIAGNÓSTICO, INVENTARIO DE EMISIONES Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO HUASCO**

Preparado por:

*Algoritmos* →



servicios de Asesoría  
en Monitoreo Calidad del Aire  
y Modelación Atmosférica.

Para:



**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**

**Febrero, 2013**

## **INFORME DE RESULTADOS N° 2**

**HID 03/12**

### **DIAGNÓSTICO, INVENTARIO DE EMISIONES Y MONITOREO**

**DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL**

**RÍO HUASCO**

Preparado para:

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE**

<b>Versión del Documento</b>				<b>V3</b>	
<b>Responsable Elaboración</b>		<b>Responsable Revisión</b>		<b>Responsable Aprobación</b>	
Nombre:	Franco Milanese	Nombre:	Estefani Rondón T.	Nombre:	Claudio Seguel O.
Cargo:	Ingeniero de Proyecto	Cargo:	Jefe Área Calidad de Aguas y Suelos	Cargo:	Gerente General
Fecha:	05/02/2013	Fecha:	05/02/2013	Fecha:	05/02/2013
Firma:		Firma:		Firma:	

**Febrero, 2013**

---

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**

Jorge León Muñoz

Sebastián Elgueta

**ASESORIAS ALGORITMOS Ltda.**

**Jefe de proyecto**

Estefani Rondón Toro

**Coordinadora de muestreo**

Mireya Alvarado Segura

**Técnico de muestreo**

Juan Vallejos

**Modelación Ambiental e hidrodinámica**

Ricardo Saavedra

Franco Milanese

Fabian Balagna

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción .....	1
2	Objetivos.....	1
2.1	Objetivo general.....	1
2.2	Objetivos específicos.....	2
3	Descripción general de la cuenca del Río Huasco .....	2
3.1	División política administrativa de la Región de Atacama .....	2
3.2	Antecedentes generales de la cuenca del Río Huasco .....	4
3.2.1	Clima .....	8
3.2.2	Hidrología.....	8
3.2.3	Hidrogeología.....	9
3.2.4	Geología y geomorfología .....	9
3.3	Caracterización económica de la cuenca del río Huasco .....	10
3.3.1	Antecedentes Socioeconómicos .....	10
3.3.2	Actividades Económicas.....	14
3.3.3	Aspectos relevantes referentes al recurso hídrico en la Cuenca del Río Huasco.....	23
3.3.5	Identificación de presiones sobre el recurso hídrico.....	27
4	Sección técnica y validación de datos.....	29
4.1	Detalle de las evaluaciones y declaraciones de impacto ambiental de proyectos en la cuenca del Río Huasco .....	29
4.1.1	Proyectos en Calificación en la Cuenca del Río Huasco.....	29
4.1.2	Proyectos aprobados en la cuenca del Río Huasco y sus afluentes.....	31
4.1.3	Proyecto Central Hidroeléctrica aguas abajo del embalse Santa Juana.....	32
4.1.4	Proyectos al norte de Vallenar.....	33
4.1.5	Zona Alta del río Huasco y sus afluentes. ....	35
4.1.6	Observaciones generales a los estudios de impacto ambiental y resoluciones de calificación ambiental en la cuenca del Río Huasco. ....	35
4.2	Ampliación del esquema relacional para la inclusión de datos de emisiones y emisores.....	36
4.2.1	Georeferenciación de las fuentes emisoras.....	37
4.2.2	Caracterización de parámetros para emisiones .....	38
4.2.3	Estimación de aportes por emisiones. ....	40
4.2.4	Situación general de las fuentes emisoras .....	42
4.4	Estimación de las emisiones debido a fuentes difusas.....	46
4.4.1	Estimación bibliográfica de los aportes de nitrógeno por la actividad agrícola.....	49
4.5	Base de datos histórica: problemática, soluciones y unificación .....	50
4.5.1	Situación y solución estructurada .....	50
4.5.2	Problemática.....	52

4.5.3	Programación, purgación y estadísticos sobre la base datos .....	53
4.6	Determinación de datos Outliers.....	53
4.7	Curva ajustada de datos para la interpolación y predicción de comportamientos .....	55
4.7.1	Comparación y validación de los datos de la DGA. ....	58
4.8	Georeferenciación de información. ....	61
4.8.1	Georeferenciación de gráficas históricas. ....	61
4.8.2	Georeferenciación de estadísticos. ....	61
4.9	Comparación con los términos de la NSCA. ....	62
4.9.1	Registro de excedencias y carencias a la NSCA.....	64
4.9.2	NSCA y percentiles móviles .....	65
5	Monitoreo calidad del agua de la cuenca del río Huasco .....	68
5.1	Descripción visita a terreno .....	68
5.1.1	Propuesta de diseño de monitoreo .....	68
5.1.2	Parámetros considerados en las campañas de monitoreo del río Huasco.....	75
5.2	Desarrollo del programa de monitoreo .....	76
5.2.1	Puntos de monitoreo.....	76
5.2.2	Desarrollo de las campañas de monitoreo.....	77
5.3	Resultados del Monitoreo.....	80
5.3.1	Parámetros de Terreno.....	80
5.3.2	Medición de parámetros en continuo en el Río Huasco; estación Chañar Blanco.....	85
5.3.3	Resultados Aforo .....	85
5.5	Resultados de análisis .....	86
5.6	Conclusiones.....	89
6	Análisis de datos y medidas de mitigación .....	90
6.1	Dinámica del Sistema de datos .....	90
6.2	Análisis de la situación química por tramo de subcuenca para parámetros sensibles incluidos en las NSCA. ....	94
6.2.1	Subcuenca HU-30.....	95
6.2.2	Subcuenca HU-20.....	101
6.2.3	Subcuenca HU-10.....	107
6.2.4	Subcuenca TR-10 .....	110
6.2.5	Subcuenca CA-10 .....	112
6.2.6	Subcuenca CH-10.....	116
6.2.7	Subcuenca CO-10.....	117
6.3	Resumen de la situación por subcuenca .....	121
6.4	Análisis de la situación química por estación de monitoreo para parámetros sensibles incluidos en las NSCA. ....	123
6.4.1	Mediciones promedio por subcuenca. ....	123

6.5	Mediciones realizadas: análisis histórico, hipótesis y medidas de mitigación para los fenómenos observados. ....	132
6.5.1	Subcuenca del río Huasco. ....	132
6.5.2	Subcuenca del río Carmen. ....	151
6.5.3	Subcuenca del río Tránsito. ....	153
6.5.4	SUBCUENCA DEL RIO CHOLLAY. ....	162
6.5.5	Subcuenca del río Estrecho. ....	164
6.5.6	Subcuenca del río Conay. ....	165
6.6	Conclusiones generales. ....	167
7	Observaciones y estrategia para la estructuración de campañas de monitoreo en el Río Huasco. ....	169
7.1	Diagramas descriptivos de los tramos del río. ....	169
7.2	Problemáticas detectadas en las fuentes de monitoreo por cuenca. ....	173
7.2.1	Tramos del río Huasco: HU-10, HU-20 y HU-30. ....	173
7.2.2	Tramos del río Carmen: CA-10. ....	177
7.2.3	Tramos del río Chollay: CH-10. ....	179
7.2.4	Tramo del río Tránsito: TR-10. ....	180
7.2.5	Tramo del río Conay: CO-10. ....	182
7.3	Problemáticas generales y de forma. ....	184
7.3.1	Manejo de los datos. ....	184
7.3.2	Consideraciones de ajustes a la propuesta de normativa actual. ....	185

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Población por área urbana y rural. Censo 2002. ....	4
Tabla N° 2	Principales sistemas hídricos de las subcuencas- que componen la cuenca del Río Huasco. ....	7
Tabla N° 3	Principales características de la cuenca del río Huasco. ....	10
Tabla N° 4	Porcentaje de participación de las comunas en la cuenca del río Huasco. ....	12
Tabla N° 5	Composición de GSE Provincia de Huasco, III Región de Atacama. ....	13
Tabla N° 6	Ingresos por GSE Provincia de Huasco, III Región de Atacama. ....	13
Tabla N° 7	PIB Regional por actividad económica para la III Región de Atacama. ....	14
Tabla N° 8	N° de Trabajadores por rama de actividad al año 2010 Provincia de Huasco, III Región de Atacama. ....	15
Tabla N° 9	Superficie total sembrada o plantada nacional. ....	17
Tabla N° 10	Superficie agrícola total de Atacama según tamaño de explotaciones. ....	17
Tabla N° 11	superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso del suelo, según región, provincia y comuna. Atacama, III Región. ....	21
Tabla N° 12	Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso del suelo, según región, provincia y comuna. Atacama, III Región. ....	22

Tabla N° 13 Límites administrativos y derechos accionarios, según sección del Río Huasco .....	25
Tabla N° 14 Datos de entidades emisoras.....	38
Tabla N° 15 Fichero EstimacionEMISIONES.csv .....	41
Tabla N° 16 Información y estadísticos de emisiones por emisor y parámetro en el río Huasco. ....	42
Tabla N° 17 Dosis de fertilización anual.....	49
Tabla N° 18 Aporte de fertilizantes a partir del cultivo de Olivo .....	50
Tabla N° 19 Ejemplo de la recolección de datos atípicos .....	55
Tabla N° 20 Ejemplo de las violaciones a límites inferiores de la NSCA.....	65
Tabla N° 21 Registro de percentiles móviles según NSCA para el parámetro Conductividad Específica en la estación Río Conay en las Lozas .....	67
Tabla N° 22 Propuesta de diseño de monitoreo .....	72
Tabla N° 23 Parámetros monitoreados en las aguas de la Cuenca del Río Huasco.....	75
Tabla N° 24 Puntos de monitoreo .....	76
Tabla N° 25 Campaña 1: Puntos de monitoreo .....	78
Tabla N° 26 Campaña 2: Puntos de monitoreo .....	79
Tabla N° 27 Resultados Parámetros de Terreno.....	81
Tabla N° 28 Entrada en la entidad cuando no se explicita un límite máximo o mínimo .....	94
Tabla N° 29 Resumen de la situación por subcuenca por tramo de río.....	121
Tabla N° 30 Mediciones promedio por subcuenca .....	123
Tabla N° 31 Cálculo del percentil 75, estaciones hco-3 y j-v2.....	168
Tabla N° 32 Imágenes de los diagramas .....	170
Tabla N° 33 Estaciones presentes en la cuenca del río Huasco .....	173
Tabla N° 34 Mediciones en en la subcuenca del río Huasco. ....	174
Tabla N° 35 Estaciones presentes en la cuenca del río Carmen .....	177
Tabla N° 36 Total de mediciones en la cuenca CA-10.....	178
Tabla N° 37 Estaciones de monitoreo en el tramo del Río Chollay.....	179
Tabla N° 38 Mediciones en la subcuenca CH-10. ....	179
Tabla N° 39 Estaciones de monitoreo del Río Tránsito.....	181
Tabla N° 40 Mediciones en la subcuenca TR-10.....	181
Tabla N° 41 Estaciones en la subcuenca CO-10.....	183
Tabla N° 42 Mediciones en la subcuenca CO-10. ....	183

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Caudal - Río Huasco en Algodones .....	9
Gráfico N° 2 PIB Regional por actividad económica en %.....	14
Gráfico N° 3 Evolución de la superficie cultivada y tasa de crecimiento sectorial .....	19
Gráfico N° 4 Tipos de cultivo por tramo de río en la cuenca del río Huasco .....	23

Gráfico N° 5 Diferentes usos del suelo en la cuenca del Río Huasco .....	25
Gráfico N° 6 Esquema relacional de la base de datos expandida a emisores.....	37
Gráfico N° 7 Ajuste de curva y extrapolación de datos .....	39
Gráfico N° 8 Falta de periodicidad adecuada y magnitudes demasiado variables .....	40
Gráfico N° 9 Flujos máxicos estimados por la rutina.....	41
Gráfico N° 10 Comportamiento de la estimación de conservaciones de flujos .....	48
Gráfico N° 11 Georeferenciación de los gráficos de balances entre estaciones .....	49
Gráfico N° 12 Esquema de entidades y sus relaciones en lenguaje estructurado de consultas.....	51
Gráfico N° 13 Entidad "Mediciones" presentado por Microsoft Access 2010 .....	51
Gráfico N° 14 Ejemplo de Outlier.....	54
Gráfico N° 15 Caso de un parámetro con excelentes resultados de aproximación .....	56
Gráfico N° 16 Un caso con un parámetro con un buen patrón de mediciones .....	57
Gráfico N° 17 Un caso de un parámetro con malas mediciones .....	58
Gráfico N° 18 Ejemplo de gráfico comparativo por estación .....	59
Gráfico N° 19 Ejemplo de gráfico comparativo por tramo .....	60
Gráfico N° 20 Esquema de base de datos ampliado para contener la NSCA.....	63
Gráfico N° 21 Estación río Conay en Las Lozas, parámetro Oxígeno Disuelto con valor mínimo en la NSCA .....	64
Gráfico N° 22 Límite normado y percentiles móviles para el parámetro Conductividad específica, medida en el río Conay en Las Lozas. ....	66
Gráfico N° 23 Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad de las aguas en la cuenca del Río Huasco .....	69
Gráfico N° 24 Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad de las aguas de la sección media-alta de la cuenca del río Huasco. ....	70
Gráfico N° 25 Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad de las aguas de la sección media-baja de la cuenca del río Huasco .....	71
Gráfico N° 26 Comportamiento del pH en las subcuencas del Río Huasco .....	83
Gráfico N° 27 Comportamiento del Oxígeno Disuelto en las subcuencas del .....	83
Gráfico N° 28 Comportamiento de la Conductividad Específica en las subcuencas del Río Huasco .....	84
Gráfico N° 29 Comportamiento del Cloruro .....	86
Gráfico N° 30 Comportamiento del Sulfato .....	87
Gráfico N° 31 Comportamiento del Boro.....	87
Gráfico N° 32 Comportamiento del Sodio .....	88
Gráfico N° 33 Esquema relacional completo, destacado se encuentran encerradas las entidades principales de lo que componen la sección calidad y caudal de las tablas Excel informadas por el MMA. ....	91
Gráfico N° 34 Esquema relacional completo, destacado se encuentran encerradas las entidades principales de lo que componen la sección emisiones de las tablas Excel informadas por el MMA .....	93



Gráfico N° 35 Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos, incluyendo cuatro estaciones de monitoreo .....	95
Gráfico N° 36 Parámetro 5020 Conductividad Específica .....	95
Gráfico N° 37 Parámetro 6000 Oxígeno Disuelto .....	96
Gráfico N° 38 Parámetro 6020 pH. ....	97
Gráfico N° 39 Parámetro 6100 Boro.....	98
Gráfico N° 40 Parámetro 6182 Cloruro .....	99
Gráfico N° 41 Parámetro 6341 Sulfato. ....	99
Gráfico N° 42 Parámetro 9921 Razón de Absorción de Sodio. ....	100
Gráfico N° 43 Parámetro A0006 Sodio total. ....	101
Gráfico N° 44 Parámetro 5020 Conductividad Específica .....	101
Gráfico N° 45 Parámetro 6000 Oxígeno Disuelto. ....	102
Gráfico N° 46 Parámetro 6020 pH .....	103
Gráfico N° 47 Parámetro 6182 Cloruro .....	104
Gráfico N° 48 Parámetro 6342 Sulfato .....	105
Gráfico N° 49 Parámetro 9921 Razón de Absorción de Sodio. ....	105
Gráfico N° 50 Parámetro A0006 Sodio total. ....	106
Gráfico N° 51 Parámetro 5020 Conductividad Específica .....	107
Gráfico N° 52 Parámetro 6000 Oxígeno disuelto.....	108
Gráfico N° 53 Parámetro 6341 Sulfato. ....	108
Gráfico N° 54 Parámetro A0006 Sodio total .....	109
Gráfico N° 55 Parámetro 6000 Oxígeno disuelto.....	110
Gráfico N° 56 Parámetro 6020 pH. ....	110
Gráfico N° 57 Parámetro 6182 Cloruro .....	111
Gráfico N° 58 Parámetro 6341 Sulfato. ....	112
Gráfico N° 59 Parámetro 5020 Conductividad Específica.....	112
Gráfico N° 60 Parámetro 6000 Oxígeno Disuelto. ....	113
Gráfico N° 61 Parámetro 6020 pH. ....	114
Gráfico N° 62 Parámetro 6341 Sulfato .....	115
Gráfico N° 63 Parámetro 5020 Conductividad Específica.....	117
Gráfico N° 64 Parámetro 6000 Oxígeno disuelto.....	118
Gráfico N° 65 Parámetro 6020 pH .....	119
Gráfico N° 66 Parámetro 6182 Cloruro.....	120
Gráfico N° 67 Parámetro 8021 Aluminio total.....	120
Gráfico N° 68 Datos históricos en la subcuenca del río El Estrecho para el .....	132
Gráfico N° 69 pH en Río Huasco, Huasco Bajo: Data histórica y análisis de outliers .....	133
Gráfico N° 70 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos. ....	134
Gráfico N° 71 Conductividad en Río Huasco, Huasco Bajo: Data histórica y análisis de outliers.....	135
Gráfico N° 72 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos. ....	136
Gráfico N° 73 Oxígeno disuelto en Río Huasco en Huasco Bajo: Data histórica .....	137

Gráfico N° 74 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos .....	138
Gráfico N° 75 Sodio total, aguas abajo descarga de ptas. Vallenar: Data histórica.....	139
Gráfico N° 76 Data histórica, estación sin monitoreos de Asesorías Algoritmos.....	140
Gráfico N° 77 Data histórica y análisis de outliers.....	141
Gráfico N° 78 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos .....	142
Gráfico N° 79 Data histórica de conductividad específica .....	143
Gráfico N° 80 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos .....	144
Gráfico N° 81 Data histórica de potasio disuelto en Río Huasco en Panamericana .....	145
Gráfico N° 82 Data histórica y monitoreada por Asesorías Algoritmos, Sulfato en Chañar Blanco .....	146
Gráfico N° 83 Data histórica y monitoreada por Asesorías Algoritmos, Sodio en Chañar Blanco .....	147
Gráfico N° 84 Data histórica de Cloruro en Santa Juana. ....	148
Gráfico N° 85 Datos históricos y de la campaña de Asesorías Algoritmos, Sodio Total en Estación de Chépica.....	149
Gráfico N° 86 Datos históricos y de la campaña de Asesorías Algoritmos, Sulfato Total en Estación de Chépica.....	150
Gráfico N° 87 Datos históricos para el oxígeno disuelto en Ramadillas. ....	151
Gráfico N° 88 Datos históricos con outliers extraídos para el oxígeno disuelto en Ramadillas. ....	153
Gráfico N° 89 Datos históricos y análisis de outliers para el oxígeno disuelto en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	154
Gráfico N° 90 Datos históricos, con outliers removidos, y datos recolectados en la campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	155
Gráfico N° 91 Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen. ....	156
Gráfico N° 92 Datos históricos, con outliers removidos, y datos recolectados en la campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	157
Gráfico N° 93 Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen .....	158
Gráfico N° 94 Datos históricos, con outliers removidos, para el Oxígeno disuelto en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	159
Gráfico N° 95 Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen. ....	160
Gráfico N° 96 Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el Cloruro en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	161
Gráfico N° 97 Datos históricos y análisis de outliers para la Conductividad Específica en Río Chollay antes Río Conay .....	162

Gráfico N° 98 Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el Cloruro en Río Tránsito antes junta Río Carmen.....	163
Gráfico N° 99 Datos históricos y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el Oxígeno disuelto en Río Conay en las Lozas. ....	165
Gráfico N° 100 Datos históricos, con análisis de outliers removidos para el pH en Río Conay en las Lozas. ....	166
Gráfico N° 101 Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Conay en las Lozas. ....	167

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 División política administrativa de la Región de Atacama .....	3
Figura N° 2 Subcuencas y ríos tributarios del río Huasco .....	6
Figura N° 3 Participación de las comunas en la cuenca del río Huasco .....	11
Figura N° 4 Diferentes usos del suelo en la cuenca del Río Huasco .....	24
Figura N° 5 Secciones de riego del Valle de Huasco .....	26
Figura N° 6 Georeferenciación de Declaraciones de Impacto Ambiental .....	30
Figura N° 7 Basural de Freirina .....	31
Figura N° 8 Proyectos aprobados en la Cuenca del Río Huasco y sus afluentes. ....	32
Figura N° 9 Vistas a las obras de construcción aguas abajo del .....	33
Figura N° 10 Georeferenciación de proyectos en trámite y aprobados en la .....	36
Figura N° 11 Parámetros Georeferenciados Estación Río Carmen en Puente Ramadillas.....	61
Figura N° 12 Litio Disuelto Georeferenciado (Parámetro N° 8240) .....	62
Figura N° 13 Diagrama esquemático para el tramo bajo del Río Huasco. ....	171
Figura N° 14 Esquema 2D del tramo alto del río Huasco.....	172

# 1 Introducción

En la actualidad se cuenta con una serie de normas de emisión, destacando el D.S. N° 90/00, que norma la emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos (RILES) a las aguas Marinas y Continentales Superficiales, cuyo cumplimiento, para fuentes emisoras nuevas, entró en vigencia en el año 2001 y a partir de septiembre de 2006 para fuentes emisoras antiguas. Por otro lado, aparecen las Normas Secundarias Asociadas a Calidad de Agua que establecen estándares de calidad para un cuerpo de agua específico. En el caso de las aguas, las normas de calidad ambiental deberían definir el estado que éstas deben presentar en los cursos y cuerpos de agua y no de acuerdo con los usos finales que se pretende dar a los recursos hídricos tales como riego, agua potable, vida acuática, recreación con contacto, entre otros.

Según la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

En este sentido, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de las NSCA para la protección de las aguas continentales superficiales del país. De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 19.300 y el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS N° 93/95), las propuestas normativas deben someterse a un Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES).

Actualmente, se desarrollan varios procesos normativos, dentro de los cuales están las NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Huasco. Con respecto a este proceso, se requiere recopilar información relevante para la evaluación económica y social de la propuesta normativa. En particular, es necesario recabar antecedentes a escala de la cuenca, analizar la relación emisión-calidad y realizar monitoreos para validar las bases de datos de calidad del agua para los diferentes tramos de vigilancia establecidos en la propuesta normativa.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo general

El objetivo general del estudio consiste en aportar información relevante para el desarrollo del AGIES de las NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Huasco, mediante el levantamiento de antecedentes generales

de la cuenca, la generación de un inventario de emisiones validado y la realización de monitoreos de calidad del agua en los tramos de vigilancia establecidos.

## 2.2 Objetivos específicos

- Elaborar una descripción general de la cuenca del río Huasco, que contenga antecedentes útiles para la evaluación económica y social de la propuesta normativa.
- Identificar las fuentes puntuales y difusas presentes en la cuenca del río Huasco y estimar la carga aportada por cada una de ellas con relación a los parámetros contemplados en la propuesta normativa y a otros parámetros de interés ambiental.
- Revisar y validar las bases de datos de calidad de agua proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), según requerimientos de la propuesta de NSCA para la cuenca del río Huasco.
- Diseñar y realizar campañas de monitoreo de calidad del agua en la cuenca del río Huasco, que sean representativas de sus tramos de vigilancia y que contemplen a lo menos los parámetros y las metodologías solicitadas en los términos de referencia.
- Modelar la calidad del agua de la cuenca del río Huasco, a través de un modelo hidrodinámico, que permita simular el transporte y dilución de las cargas aportantes, contrastándolas con los resultados de los monitoreos.
- En función de la información recopilada durante este estudio, identificar medidas de abatimiento o mitigación para reducir las concentraciones de los parámetros normados, así como también proponer ajustes a los límites establecidos en la propuesta de NSCA. Las propuestas deberán incluir una estimación de los costos y beneficios asociados.

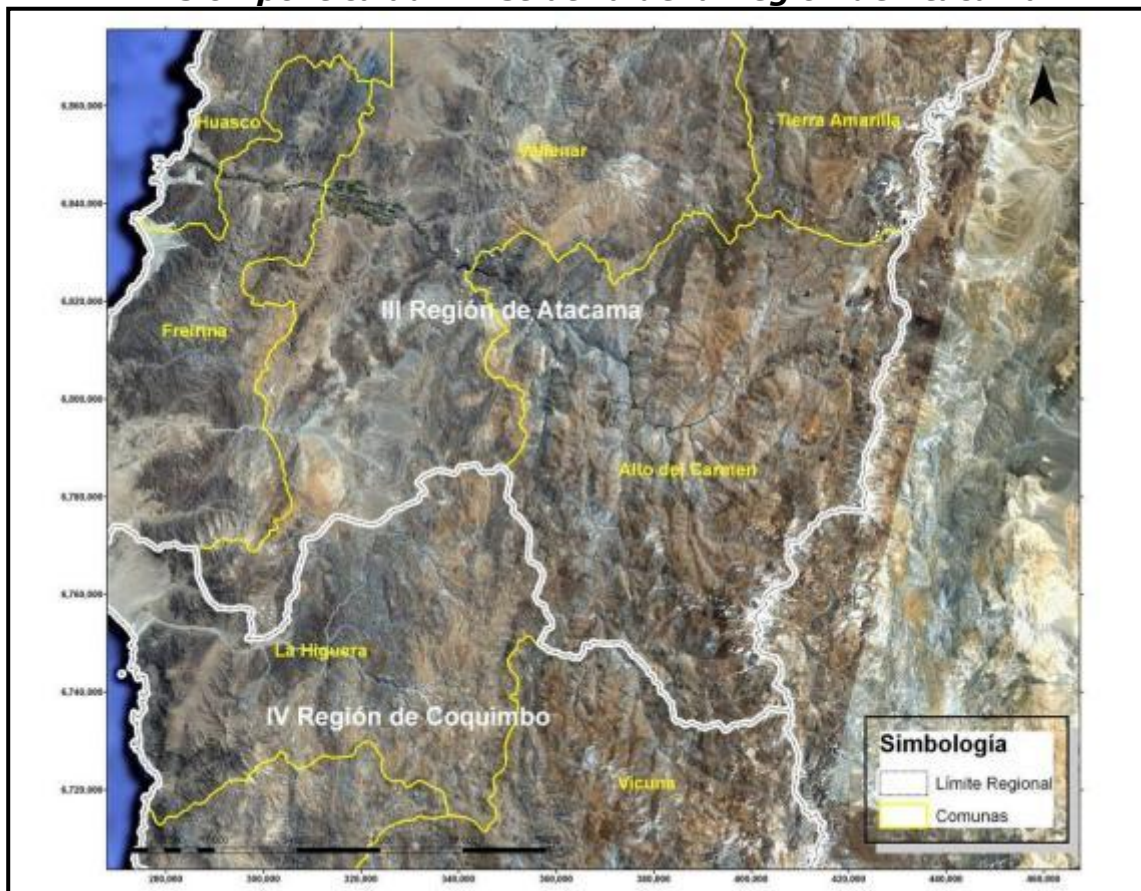
## 3 Descripción general de la cuenca del Río Huasco

### 3.1 División política administrativa de la Región de Atacama

Según el INE (2007), la región de Atacama se enmarca entre los 25° 17' y 29° 11' de latitud Sur, entre los 68° 17' de longitud Oeste y el Océano Pacífico.

La capital regional de Atacama es la ciudad de Copiapó, localizada a 27° 22' de latitud Sur y 70° 21' de longitud Oeste. A su vez, esta región limita con la región de Antofagasta al norte, al este con la república Argentina, al sur con la región de Coquimbo y al oeste con el océano Pacífico.

**Figura N° 1**  
**División política administrativa de la Región de Atacama**



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

De acuerdo a mediciones realizadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM), Atacama cuenta con una superficie de 75.176,2 km<sup>2</sup>, que representa el 9,94% de Chile Americano e Insular.

Administrativamente, esta región está compuesta por tres provincias, siendo su capital la ciudad de Copiapó. Las provincias corresponden a: Copiapó, Chañaral y Huasco, con un total de 9 comunas y una población regional de 254.336 habitantes (Tabla N° 1), representando el 1,68% de la población nacional. La densidad regional es de 3,38 habitantes/km<sup>2</sup>. La distribución espacial de la población se localiza de preferencia a lo largo de los valles más prominentes, donde el recurso agua y los recursos mineros vivifican el desierto.

**Tabla N° 1**  
**Población por área urbana y rural. Censo 2002**

<i>Región, provincias y comunas censales</i>	<i>Superficie (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Población 2012</i>
<b>REGIÓN DE ATACAMA</b>	75.176,2	290.581
<b>1 PROVINCIA DE COPIAPÓ</b>	32.538,5	188.015
Comuna Copiapó	16.681,3	158.438
Comuna Caldera	4.666,6	16.070
Comuna Tierra Amarilla	11.190,6	13.507
<b>2 PROVINCIA CHAÑARAL</b>	24.436,2	29.847
Comuna Chañaral	5.772,4	13.546
Comuna Diego de Almagro	18.663,8	16.301
<b>3 PROVINCIA HUASCO</b>	18.201,5	72.719
Comuna Vallenar	7.083,7	52.147
Comuna Alto del Carmen	5.938,7	5.229
Comuna Freirina	3.577,7	6.367
Comuna Huasco	1.601,4	8.976

Fuente: Resultados preliminares Censo Población y Vivienda 2012, INE.

### 3.2 Antecedentes generales de la cuenca del Río Huasco

Dentro de la Región de Atacama, con una extensión de 9.850 km<sup>2</sup>, se comprende la cuenca hidrográfica del río Huasco, aproximadamente entre los paralelos 28°27' y 29°33' de latitud sur y los meridianos 71°11' y 69°56' longitud oeste. El río Huasco está conformado por los ríos El Tránsito y El Carmen, que confluyen en el lugar denominado La Junta a 90 km de su desembocadura (INE, 2007).

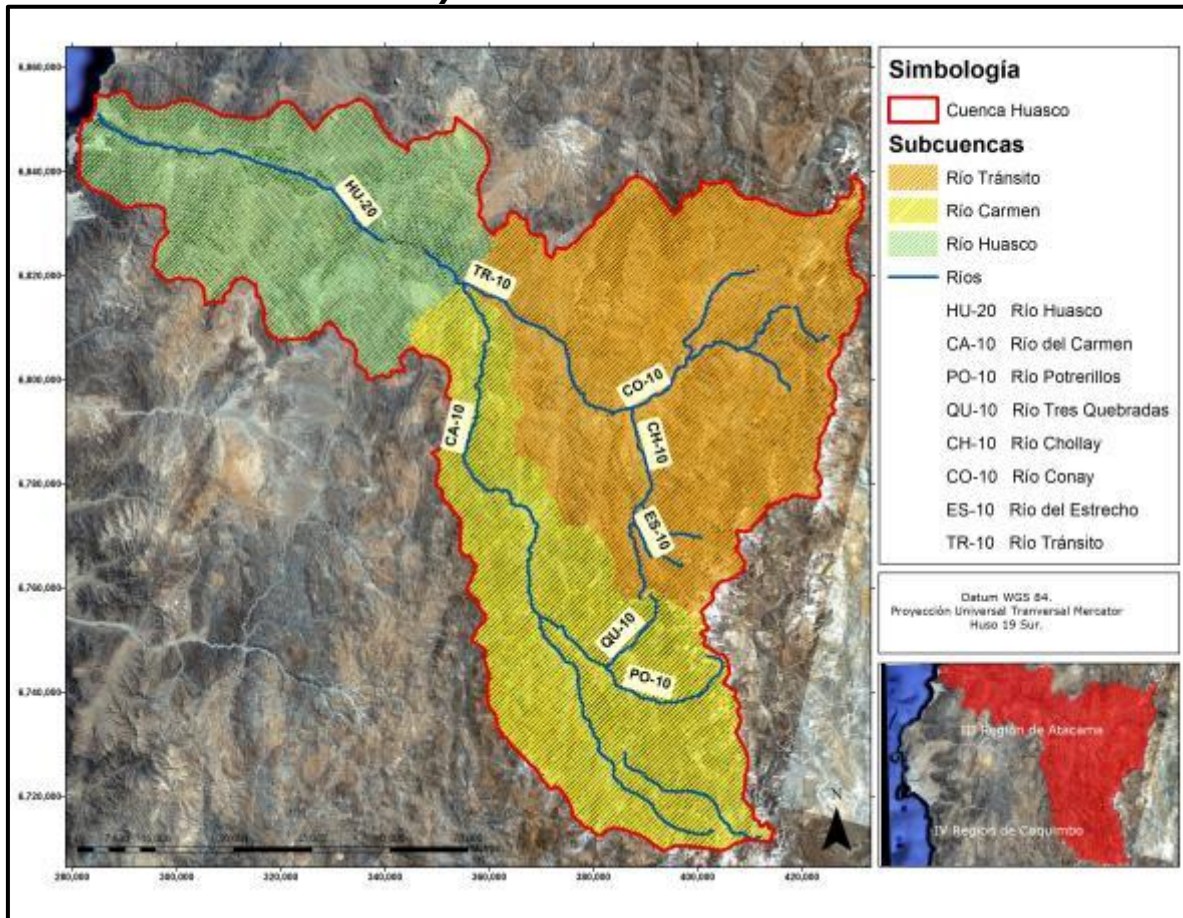
Según el estudio de CAZALAC (2011), la subcuenca del río Tránsito, con una longitud de 108 km entre el nacimiento de su subtributario principal Conay y la Junta del Carmen, punto de confluencia de los ríos del Tránsito y del Carmen, comprende una superficie de 4.135 km<sup>2</sup>. Con una orientación NE, **el río Tránsito** se forma en el sector Junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen, de la confluencia de los ríos Conay y Chollay. A su vez, el río Conay proviene de la confluencia en la cordillera andina de los ríos Valeriano, Laguna Grande y Laguna Chica, alcanzando una longitud de 15 km. Con una superficie ocupada de 728 km<sup>2</sup>, el río Chollay se origina a su vez en la confluencia de los ríos Blanco, Estrecho y del Toro, alcanzando una longitud aproximada de 20 km. Así, desde su origen hasta la confluencia con el río del Carmen, el río del Tránsito recepciona los tributarios siguientes: los ríos Laguna Chica, Arroyo, Yervas Buenas, Laguna Grande, Valeriano y Chollay, y las quebradas del Chacay, El Corral, Albaricoque, La Plata, del Amarillo, Pinte, Las Pircas, del Pozo, La Plaza, Chilico, La Mollaca, Paitepén, Chancoquín y El Tabaco ( Figura N° 2).

Abarcando una longitud de 145 km hasta la junta con el río Tránsito, **el río Carmen** constituye también uno de los principales afluentes del río Huasco. Con una superficie de 2.860 km<sup>2</sup>, la subcuenca del río Carmen tiene por tributarios principales: los ríos Primero, del Medio y Apolinario, los cuales confluyen formando el río Carmen, y el río Potrerillo que baja desde la cordillera y confluye con el río Carmen en la localidad de Potrerillo. Por la confluencia de los ríos del Tránsito por el NE y del Carmen por el SE, se forma en el sector llamado Junta del Carmen del río Huasco. Desde su nacimiento, escurre a lo largo de 33 km por un cajón cordillerano observándose un lecho relativamente estrecho hasta la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 km al oriente de Vallenar. Desde esta zona en adelante, la caja del río Huasco se ensancha, observándose el valle con extensas terrazas fluviales cuaternarias. El río Huasco presenta una orientación Este - Oeste, abarcando una longitud total de 88 km, observándose en su desembocadura una amplitud mayor a 2 km de ancho.

En la Tabla N° 2 se clasifican los tres principales sistemas hídricos de las subcuencas que componen la cuenca del Río Huasco (DGA, 2004), estableciendo sus principales tributarios:



**Figura N° 2**  
**Subcuencas y ríos tributarios del río Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

**Tabla N° 2**  
**Principales sistemas hídricos de las subcuencas- que componen la cuenca del Río Huasco**

Nombre subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	Coordenadas		Comunas asociadas	Principales afluentes
		Latitud S	Longitud O		
Río Tránsito	4.135	28°46' 28°35' 29°20'	70°30' 69°41' 70°01'	Alto del Carmen	Río de la Laguna Chica
					Río de la Laguna Grande
					Río de Valeriano
					Río Conay
					Río Chollay
					Quebrada La Plata
Río Carmen	2.680	28°46' 20°20' 29°44'	70°30' 70°01' 69°53'	La Higuera (IV Región)	Río Primero
				Alto del Carmen	Río del Medio
					Río Matancilla
					Río Potrerillos
					Río Tres Quebradas
					Estero Plata Alta
Río Huasco	2.855	28°39' 29°03' 28°25'	70°24' 70°32' 71°11'	Vallenar	Quebrada La Laja
					Quebrada del Carrizo
					Quebrada Las Cañas
					Quebrada Camarones
					Quebrada Jilguero
					Quebrada Romero
					Quebrada La Higuera
					Quebrada Maitencillo
				Freirina	Quebrada Maitencillo
					Quebrada Agua Salada
					Quebrada El Negro
					Huasco

Fuente: GMA, 2007

### 3.2.1 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de *Köppen*, en el Valle del Huasco existen dos tipos de clima: el clima desértico con nublados, de Vallenar a la costa, y el clima desértico normal, de Vallenar hacia el interior. El clima desértico con nublados tiene por características principales variaciones térmicas muy moderadas, precipitaciones escasas y solamente en el periodo invernal, alta humedad relativa y nubosidad abundante aún en los meses de verano. La influencia marina se ve a través de neblinas o camanchacas, especialmente en las mañanas y hasta la Junta del Carmen, en forma excepcional. De Vallenar hacia el interior, el clima cambia abruptamente a un clima desértico normal, con variaciones térmicas muy acentuadas entre el día y la noche: durante el día, las temperaturas son altas pero bajan considerablemente durante la noche. La influencia marina es escasa, debido a lo cual la humedad relativa desciende por el notable aumento de la radiación solar durante todo el año, lo que es muy favorable para la producción de primores y para la agricultura de contra estación.

Así, 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 índice de humedad estival es de 0 en Vallenar. 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 suroeste y la barrera climática de los Andes produce su acumulación en los sectores altos de la cordillera.

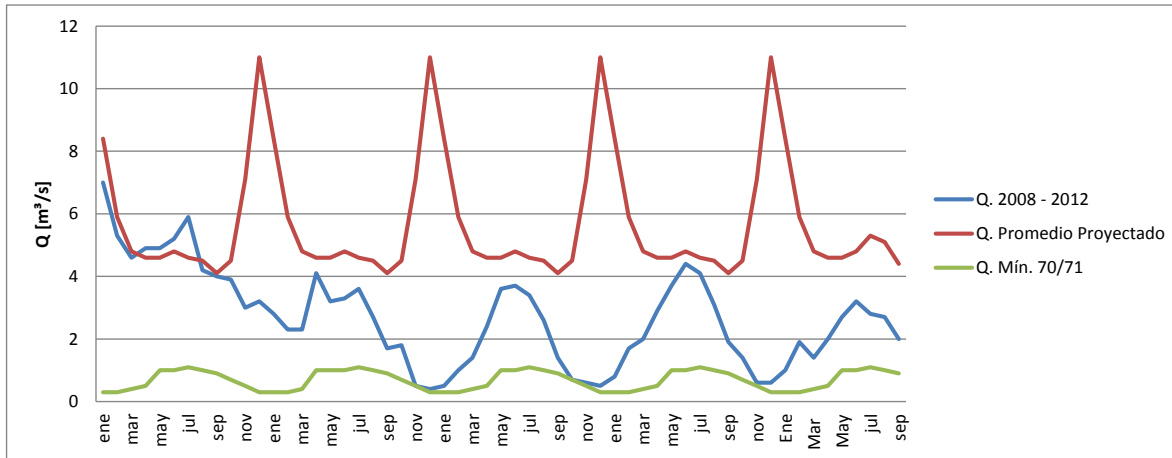
En la ciudad de Vallenar, el promedio anual de precipitaciones es de 23 mm (DGA, 2012). Las temperaturas y la oscilación térmica disminuyen hacia el este, debido a la combinación del efecto de la altitud y del incremento de la distancia al mar. Las características principales de los valles de los ríos Huasco, del Tránsito y del Carmen están dadas por un período libre de heladas de 11 meses, de agosto a junio. La temperatura mínima de julio es de 5°C y la máxima del mes de enero es de 28°C (CADE – IDEPE, 2004).

### 3.2.2 Hidrología

El régimen hidrológico del río Huasco es muy inestable, presentándose nival algunos años, con crecidas en los meses de verano (noviembre a enero). En años más secos, muestra crecidas provenientes de precipitaciones directas en los meses de invierno. Sin embargo, en varios años muestra un comportamiento bimodal, con un máximo en invierno y otro en primavera. Así mismo, el régimen promedio es nivo-pluvial, sin embargo, se han datado años con patrones de descarga netamente pluvial y/o nivales.

Con un régimen de alimentación mixto, los caudales del Río Huasco se regulan desde el año 1995 en el Embalse Santa Juana, de capacidad de 166 millones/m<sup>3</sup> (CAZALAC, 2011). Así mismo, según los informes emitidos por la DGA (2008 - 2012), el promedio del caudal instantáneo máximo para este período (2008 - 2012) fue de 2,69 m<sup>3</sup>/s (Gráfico N° 1).

**Gráfico N° 1**  
**Caudal - Río Huasco en Algodones**  
**Período 2008 - 2012**



Fuente: en base a DGA, "Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", períodos 2008 al 2012.

### 3.2.3 Hidrogeología

En la relación a la hidrogeología, se destaca la existencia de una permeabilidad muy baja en la parte alta de la Cuenca hidrogeológica del Río Huasco, debido a la existencia de rocas impermeables del Paleozoico junto con rocas del período jurásico de muy baja permeabilidad. Desde la ciudad Alto del Carmen 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, los cuales continúan hasta su desembocadura (CAZALAC, 2011).

### 3.2.4 Geología y geomorfología

El relieve de la zona (CAZALAC, 2012) se caracteriza por una alternancia sucesiva de cordones montañosos y valles de sentido transversal. La Cordillera de la Costa es discontinua, producto de la presencia de estos cordones transversales y en menor medida por la erosión marina, dando lugar a planicies costeras amplias en la zona de Chañaral. Así, el Valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores: En el sector del nacimiento

del Río Huasco y la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 km al oriente de Vallenar, el río fluye por un típico cajón cordillerano, en un lecho relativamente estrecho, confinado por cerros. 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, la caja del río se ensancha y el valle se presenta acompañado de extensas terrazas fluviales cuaternarias. 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.

**Tabla N° 3**  
**Principales características de la cuenca del río Huasco**

Ubicación <sup>a</sup>	Paralelos 28°27' y 29°33' de latitud sur Meridianos 71°11' y 69°56' longitud oeste.
Superficie <sup>b</sup>	9.850 km <sup>2</sup>
Precipitación media mensual <sup>c</sup>	23 mm
Industrias relevantes <sup>d</sup>	Agricultura, silvicultura, pesca, explotación de minas y canteras
Caudal medio anual <sup>e</sup> (río Huasco en algodones)	1,84 m <sup>3</sup> /s (año 2010)
Capacidad de Embalse Santa Juana <sup>f</sup>	166 mill-m <sup>3</sup>
Principales ríos tributarios <sup>g</sup>	Río El Tránsito y Río El Carmen
Otros Usos <sup>h</sup>	656,697 ha

Fuentes: <sup>a</sup> INE, 2007; <sup>b</sup> Herrera y otros, 2010; <sup>c</sup> DGA, 2012; <sup>d</sup> INE, 2002; <sup>e</sup> INE, 2007; <sup>f</sup> DGA, 2012; <sup>g</sup> DGA, 2012; <sup>h</sup> CONAF-CONAMA, "Catastro de Bosque nativo": Se Refiere a los siguientes usos: matorrales, matorral - pradera, rotación cultivo - pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves - glaciares y humedales.

### 3.3 Caracterización económica de la cuenca del río Huasco

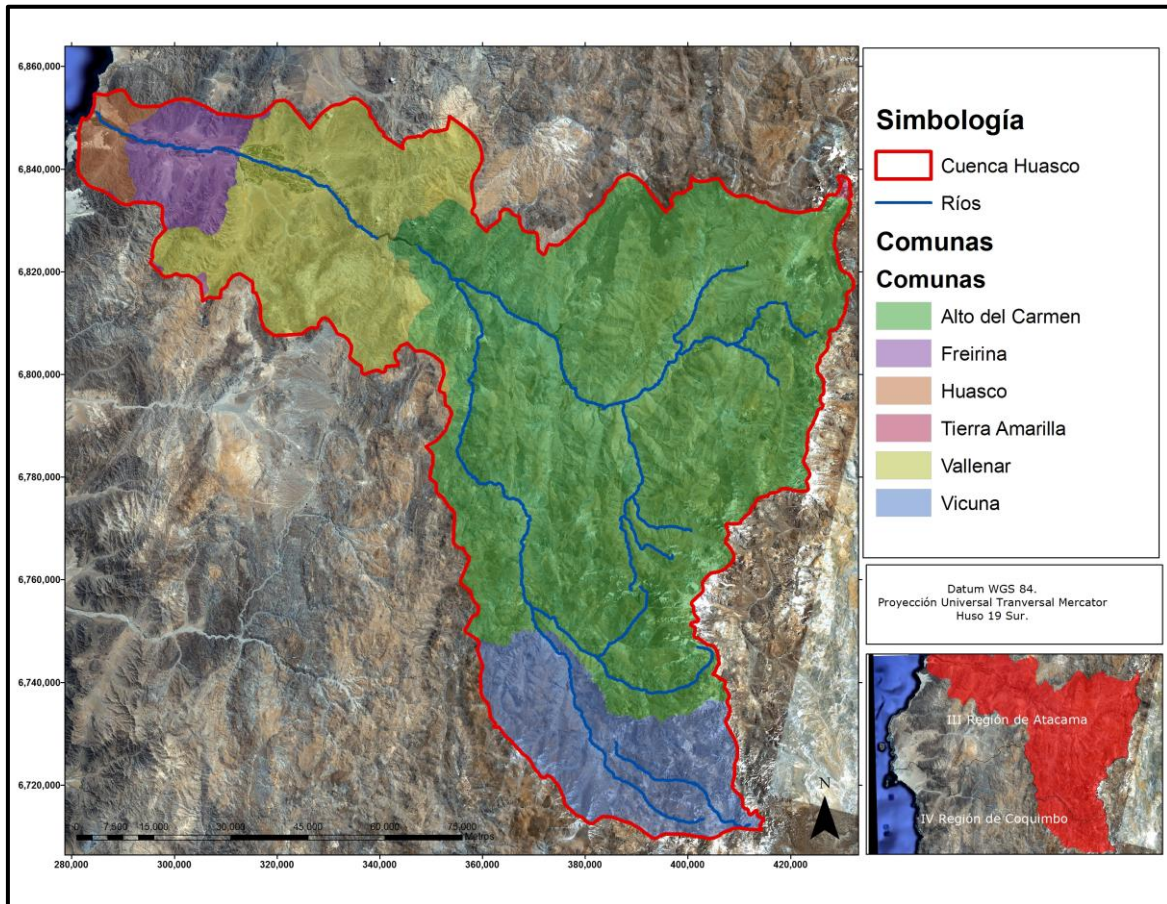
#### 3.3.1 Antecedentes Socioeconómicos

La cuenca del Río Huasco, se extiende por toda la provincia del mismo nombre y parte de la provincia del Elqui, cruzando así las comunas de Alto del Carmen, Vallenar, Freirina y Huasco en la provincia de la III Región.

En la

Figura N° 3 se puede apreciar la participación de las comunas dentro de la cuenca del río Huasco. Así mismo, las cifras correspondientes es posible visualizarlas en detalle en la Tabla N° 4.

**Figura N° 3**  
**Participación de las comunas en la cuenca del río Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información enviada por el MMA.

**Tabla N° 4**  
**Porcentaje de participación de las comunas en la cuenca del río Huasco**

<b>COMUNA</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>REGION</b>	<b>Superficie de la Comuna en la Cuenca (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Superficie total de la Comuna (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% Participación</b>
Vallenar	Huasco	III Región de Atacama	1805	7213	25,0%
La Higuera	Elqui	IV Región de Coquimbo	3	4178	0,1%
Alto del Carmen	Huasco	III Región de Atacama	6135	6156	99,7%
Tierra Amarilla	Copiapó	III Región de Atacama	12	11258	0,1%
Vicuña	Elqui	IV Región de Coquimbo	1195	7585	15,8%
Huasco	Huasco	III Región de Atacama	193	1616	11,9%
Freirina	Huasco	III Región de Atacama	465	3246	14,3%

Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información enviada por el MMA



Según la información preliminar del Censo de Población y Vivienda, actualizada al 30 de junio de 2012, la Provincia de Huasco cuenta con una población de 72.719 habitantes (INE, 2012), experimentando un crecimiento cercano al 8,8% respecto de la población al año 2002.

Con esta información y utilizando los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2002, se estima un total de 20.488 hogares en toda la provincia, cuya composición socioeconómica desagregada por grupos (GSE<sup>1</sup>) se especifica en la Tabla N° 5.

**Tabla N° 5**  
**Composición de GSE**  
**Provincia de Huasco, III Región de Atacama**

Grupo Socioeconómico	N° de Hogares
<b>ABC1</b>	769
<b>C2</b>	2.369
<b>C3</b>	4.797
<b>D</b>	7.704
<b>E</b>	4.848

Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, en base a INE, 2012.

En base a la desagregación anterior e incorporando los ingresos promedio según GSE de los hogares (descritos por ADIMARK), la Provincia de Huasco tiene un ingreso total del orden de 8.603 millones de pesos mensuales.

**Tabla N° 6**  
**Ingresos por GSE**  
**Provincia de Huasco, III Región de Atacama**

Grupo Socioeconómico	Ingreso Promedio por GSE	Ingreso Total Provincia de Huasco (pesos)
<b>ABC1</b>	2.600.000	1.999.400.000
<b>C2</b>	900.000	2.132.100.000
<b>C3</b>	450.000	2.158.650.000
<b>D</b>	250.000	1.926.000.000
<b>E</b>	80.000	387.840.000
<b>TOTAL</b>		<b>8.603.990.000</b>

Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, en base a INE, 2012.

<sup>1</sup> Esta desagregación socioeconómica se obtiene mediante el "Modelo Estimativo del N.S.E. en los hogares de Chile", propuesto por ADIMARK.

### 3.3.2 Actividades Económicas

#### 3.3.2.1 Aporte de la III Región de Atacama al PIB nacional<sup>2</sup>.

De acuerdo a información obtenida del Banco Central de Chile, para el año 2010 el Producto Interno Bruto (PIB) Nacional fue de 89.874.744 (valor neto), donde, para la III Región de Atacama se estimó un PIB total de 2.159.884, el cual aporta un 2,40% al PIB Nacional. En la Tabla N° 7 se detallan estas cifras para la III región de Atacama.

**Tabla N° 7**

#### **PIB Regional por actividad económica para la III Región de Atacama**

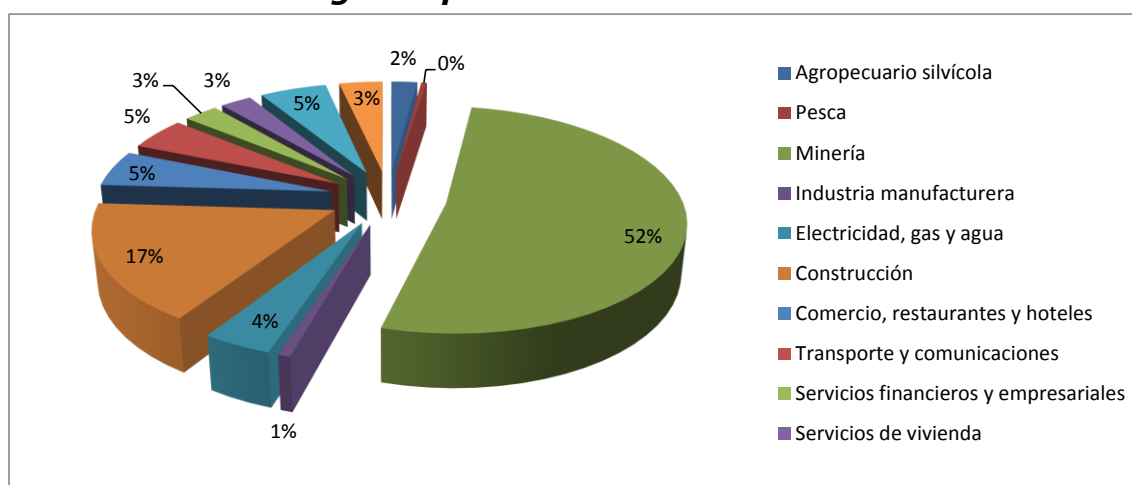
<b>Rubro</b>	<b>Millones de pesos<sup>a</sup></b>	<b>%</b>
Agropecuario - Silvícola	44.858	4
Pesca	9.806	0
Minería	1.119.488	52
Industria manufacturera	15.635	1
Electricidad, agua y gas	86.934	4
Construcción	364.190	17
Comercio, restaurantes y hoteles	112.146	5
Transporte y comunicaciones	101.568	5
Servicios financieros y empresariales	59.641	3
Servicios de vivienda	54.600	3
Servicios personales	115.632	5
Administración pública	75.386	3
<b>TOTAL</b>	<b>2.159.884<sup>b</sup></b>	<b>100</b>

<sup>a</sup>Millones de pesos encadenados (base 2008).

<sup>b</sup>No se incluye el IVA.

Fuente: Banco Central de Chile.

**Gráfico N° 2**  
**PIB Regional por actividad económica en %**



Fuente: Banco Central de Chile.

<sup>2</sup> Cabe destacar que la información arrojada por el Banco Central de Chile con respecto al PIB es sólo nivel Nacional y Regional (<http://www.bcentral.cl/transparencia/respuestas/2011.htm>, N° Folio 139).

### 3.3.2.2 Distribución de la fuerza laboral

La Provincia de Huasco concentra el 16,79% de la fuerza laboral de la región de Atacama, siendo el rubro de la construcción el que más empleos genera en la zona al año 2010, con un 14,73% del total. Las actividades de explotación de recursos naturales también cumplen un rol importante en la provincia, siendo la minería con un 11,33% la que más empleos genera, seguido por la agricultura, ganadería, caza y silvicultura con un aporte de 8,85% de puestos de trabajo (Tabla N° 8).

**Tabla N° 8**  
**N° de Trabajadores por rama de actividad al año 2010**  
**Provincia de Huasco, III Región de Atacama**

Actividad	Provincia <sup>a</sup>		Región <sup>b</sup>	
	N° Trabajadores	% Participación <sup>c</sup>	N° Trabajadores	% Participación <sup>d</sup>
Construcción	2.231	14,73	16.472	13,54
Adm. pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	2.197	14,51	7.755	28,33
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	1.895	12,51	10.944	17,32
Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos	1.806	11,93	9.466	19,08
Explotaciones de Minas y Canteras	1.716	11,33	7.965	21,54
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1.341	8,85	13.223	10,14
Industrias manufactureras metálicas	1.240	8,19	5.632	22,02
Hoteles y restaurantes	702	4,64	4.264	16,46
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	684	4,52	4.410	15,51
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	469	3,10	3.237	14,49
Industrias manufactureras no metálicas	286	1,89	2.029	14,10
Enseñanza	198	1,31	2.677	7,40
Servicios sociales y de salud	120	0,79	587	20,44
Pesca	120	0,79	427	28,10
Intermediación financiera	82	0,54	625	13,12
Suministro de electricidad, gas y agua	57	0,38	453	12,58
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0,00	0	0,00
Consejo de administración de edificios	0	0,00	17	0,00
<b>Total</b>	<b>15.144</b>		<b>90.185</b>	<b>16,79</b>

<sup>a</sup> Población Activa por rama de la actividad, en la Provincia.

<sup>b</sup> Población Activa por rama de actividad, en la Región.

<sup>c</sup> Porcentaje de participación de cada tipo de actividad, respecto del total de la población activa en la provincia.

<sup>d</sup> Porcentaje de participación de la población provincial, respecto de la población regional por tipo de actividad.

Fuente: Algoritmos 2012, en base a información de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Como es posible apreciar, las actividades con más porcentaje de participación en la III Región de Atacama corresponden a la Minería, que representan un 52% del total de la Región, así mismo, le siguen las actividades de Construcción, con un 17%, a su vez las actividades correspondientes al Comercio, restaurantes y hoteles, con un 5% de participación. Es posible evidenciar, más a nivel regional, que las actividades agropecuarias en la Provincia de Huasco son representativas, aunque en este desglose sólo se represente un porcentaje de participación del 4%. En el apartado siguiente se hará una descripción de estas actividades.

### 3.3.2.3 Actividad agropecuaria en la III Región de Atacama<sup>3</sup>

Según el INE<sup>4</sup>, la superficie agrícola del país alcanzó en el año 2007 las 30.430.087 hectáreas en un total de 275.936 explotaciones. Solo un 8,5% fue sembrada o plantada (cultivada) durante dicha temporada, lo cual alcanzó las 2.575.438 ha, lo cual implica que pese a que la superficie promedio de las explotaciones alcanzaba cerca de las 110 ha, solamente se cultivan 9,3 ha promedio.

La región de Atacama aunque representa el 12,4% de la superficie nacional agrícola, segunda a nivel nacional (solo después de la Magallanes), solo posee un 0,9% de las explotaciones, con la segunda superficie promedio del país, con 1.472 ha/explotación. Por otro lado, solo cultiva el 0,5% de la superficie disponible, con un promedio de 7,7 ha/explotación. De esta manera la superficie cultivada en Atacama alcanza las 19.661 ha, las cuales se concentran mayoritariamente en los valles transversales de Copiapó y del Huasco, existiendo un alto porcentaje de tierra estéril o no aprovechable (aproximadamente 3.627.776 ha).

Esta baja utilización de la tierra disponible está limitada por la carencia del recurso hídrico, el cual de usarse completamente con los actuales niveles de eficiencia, permitiría regar cerca de 4 mil hectáreas adicionales (PTI, 2008), llegando a cerca de las 23.500 ha para la región, crecimiento que se espera se produzca en el Valle del Huasco. En Copiapó existe una situación de crisis, en la cual se espera una disminución de la superficie cultivada de cerca de 1.000 ha en un futuro próximo, debido a la venta (o arriendo) de los derechos de agua desde la agricultura a la minería. Esta situación se vuelve preocupante para el territorio, al analizar tres situaciones coyunturales que tienen en juego el futuro sectorial:

- Las proyecciones de inversión, las cuales indican que tanto en magnitud como en tipo de inversiones (predominantemente mineras),

<sup>3</sup> Información obtenida en base al estudio "Programa Territorial Integrado (PTI) Cadenas Agroindustriales" (2008).

<sup>4</sup> Censo Agrícola 2007: INE, 2008.

representaran una gran presión sobre el recurso hídrico, desplazando a aquellos usuarios que muestran una menor rentabilidad de sus negocios.

- La crisis de rentabilidad que muestra la agricultura, debido a la baja del tipo de cambio, el aumento de los costos de mano de obra, del petróleo, de la duplicación de los precios de los fertilizantes y agroquímicos, aumento de los costos financieros (aumento de la UF y de las tasas de interés), etc.
- La extensión de este problema desde Copiapó al Huasco, con el consiguiente estancamiento de las inversiones en agricultura y otro tipo de negocios relacionados (Ej.: agroindustria, turismo, etc.)

**Tabla N° 9**  
**Superficie total sembrada o plantada nacional**

REGIÓN	Superficie Explotaciones		% Nacional de Explotac.	% Nacional Superf.	Tamaño Promedio Explotac. (ha)	Superficie Cultivada	
	Número	Superficie (ha)				Total (ha)	%
Total País	275.936	30.430.087	100,0%	100,0%	110	2.575.438	8,5%
I de Tarapacá	1.781	325.475	0,5%	1,1%	183	3.445	1,1%
II de Antofagasta	1.867	720.160	0,7%	2,4%	386	2.396	0,3%
III de Atacama	2.561	3.769.753	0,9%	12,4%	1.472	19.661	0,5%
IV de Coquimbo	15.013	3.997.301	5,4%	13,1%	266	151.906	3,8%
V de Valparaíso	15.235	1.114.920	5,5%	3,7%	73	133.858	12,0%
VI de O'Higgins	22.678	1.130.724	8,2%	3,7%	50	294.236	26,0%
VII del Maule	38.057	1.891.584	13,8%	6,2%	50	440.563	23,3%
VIII del Bío-Bío	56.639	1.786.379	20,5%	5,9%	32	493.747	27,6%
IX de La Araucanía	54.599	1.936.799	19,8%	6,4%	35	551.566	28,5%
X de Los Lagos	33.635	2.523.057	12,2%	8,3%	75	145.181	5,8%
XI Aysén	3.222	3.562.848	1,2%	11,7%	1.106	36.230	1,0%
XII de Magallanes y Antártica	1.298	5.356.956	0,5%	17,6%	4.127	6.765	0,1%
RM	11.216	1.133.839	4,1%	3,7%	101	146.279	12,9%
XIV de Los Ríos	15.714	979.292	5,7%	3,2%	62	142.922	14,6%
XV de Arica y Parinacota	2.421	201.000	0,9%	0,7%	83	6.684	3,3%

Fuente: INE, 2007 en CORFO ATACAMA, 2008.

En cuanto al tamaño de las explotaciones en la región, el 80,8% de los agricultores posee explotaciones menores a 10 hectáreas, pero solamente concentran el 0,12% de la superficie total. Esta gran concentración de la propiedad, queda de manifiesto de mejor manera, al observar que solo el 1,9% de las explotaciones concentran el 98,4% de la superficie total.

**Tabla N° 10**  
**Superficie agrícola total de Atacama según tamaño de explotaciones**

	N° Agricultores	Superficie (ha)	Promedio (ha/agricultor)
Menores 1 ha	680	351	0,5
De 1 a menos de 5	1.226	2.721	2,2
De 5 a menos de 10	268	1.826	6,8
De 10 a menos de 20	153	2.158	14,1
De 20 a menos de 50	150	4.898	31,3
De 50 a menos de 100	58	3.948	68,1
De 100 a menos de 200	38	5.251	138,2
De 200 a menos de 500	35	11.873	333,6
De 500 a menos de 1000	16	10.700	668,8
De 1000 a menos de 2000	13	16.541	1.272,4
De 2000 y más	53	3.710.411	70.007,8
	<b>2.690</b>	<b>3.770.278</b>	<b>1.401,6</b>

Fuente: INE, 2007 en CORFO ATACAMA, 2008.

En relación a la estructura productiva de la región<sup>5</sup>, el principal rubro corresponde a frutales con el 69,2% (13.599 ha), seguido por plantas forrajeras 11,6% (2.271 ha), hortalizas 8,4% (1.652 ha) y vinas y parronales viníferos 3,68% (723 ha).

En el caso de los frutales, la principal especie plantada (principalmente en la provincia de Copiapó) es la uva de mesa, con cerca de 8.785 ha (64,6%). La sigue en importancia el olivo con el 24,4% de las plantaciones (3.326 ha) y muy de lejos los paltos y cítricos, con el 3,4% y 2,9% de la superficie respectivamente. Es importante destacar que la estructura productiva de la fruticultura regional se encuentra en etapa de ajuste, dada la situación que se vive con el agua, pero además, dada la gran demanda de mano de obra que exige la producción de uva y la escasez de este recurso en el territorio, situaciones que están influyendo no solo en el cierre de campos, sino que también en el crecimiento de otras especies menos intensivas en el uso del agua y de mano de obra (ejemplo, olivos, joroba y granado).

En el caso de las explotaciones de forraje, las cuales tradicionalmente han estado presentes mayoritariamente en la provincia del Huasco, ligadas a la producción de ganado, estas se han mantenido constantes de acuerdo al último censo del año 1997 debido a que sus dueños corresponden al grupo más tradicional del territorio. Sin embargo, dado que son intensivas en el uso de agua, su cultivo debería disminuir en el mediano plazo, dando espacio a especies de mayor rentabilidad o bien vendiendo o arrendando el recurso hídrico a las grandes compañías mineras, dejando esos predios sin explotación.

El caso de las hortalizas es diferente, debido a que se encuentra muy atomizada en pequeñas explotaciones (principalmente en el Huasco), lo que le confiere mayor diversidad y a la vez estabilidad. El sistema productivo sigue predominando el cultivo al aire libre (95,6%), aprovechando las buenas condiciones climáticas de la zona. Sin embargo, dada la catástrofe del año 2007 producida por más de 30 heladas registradas durante los meses de Mayo a Agosto (situación sin precedentes), la situación podría registrar en el mediano plazo un decrecimiento porcentual, para dar espacio a una mayor superficie bajo plástico (invernaderos y casetas frías). En la actualidad, predominan al aire libre la arveja, tomate, habas, alcachofas y poroto verde, en tanto que en invernadero las principales especies cultivadas son el tomate, ají, poroto verde y berenjena.

En relación a las vinas y parronales viníferos, en la región solo se produce el vino generoso conocido como "Pajarete", el cual se concentra en el Valle del Huasco, con cerca de 94 productores<sup>6</sup>, los cuales procesan una parte menor de su producción de uva pisquera para producir cerca de 25 mil litros al año. La superficie dedicada a la uva pisquera alcanza las 692,2 ha de las cuales (como ya se indicó) una parte menor se dedica a la producción de este vino y la gran

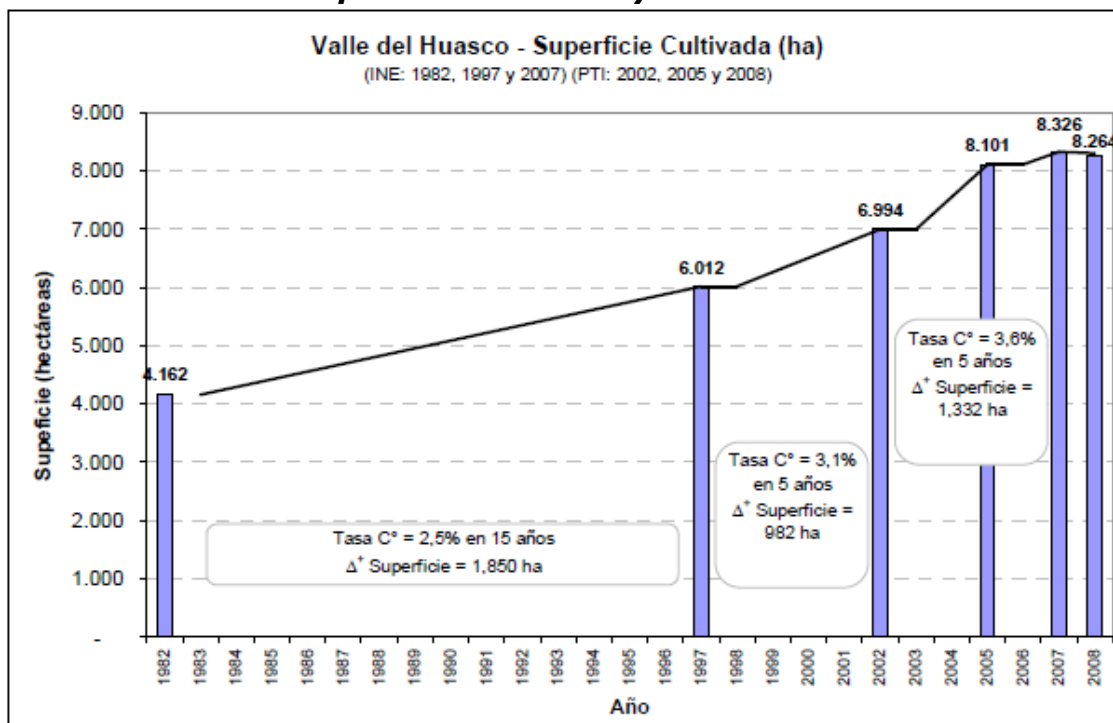
<sup>5</sup> Ver detalles en ANEXOS del estudio Programa Territorial Integrado (PTI) Cadenas Agroindustriales, 2008.

mayoría se destina a la producción de pisco, existiendo a lo menos 4 empresas elaboradoras de este licor.

### Valle del Huasco

La situación de la agricultura del Valle del Huasco no es diferente a la del resto de Atacama y probablemente no es diferente a la del resto del país. Es así como el auge minero, ha creado impactos en la economía general del país (Ej.: tipo de cambio bajo) y por ser este un territorio minero, también ha generado impactos en la economía local (Ej.: escasez de mano de obra y altas expectativas de honorarios). Ambas situaciones han afectado a la agricultura local, la cual muestra un estancamiento general en sus inversiones, quebrándose la tendencia que había caracterizado a los últimos años.

**Gráfico N° 3**  
**Evolución de la superficie cultivada y tasa de crecimiento sectorial**



Fuente: CORFO ATACAMA, 2008.

Pese al estancamiento en las siembras y plantaciones, la situación del territorio está lejos de estar estática.

Es así como al interior de las cadenas productivas de las principales especies presentes en el territorio, y también en los temas transversales, el valle agrícola está muy dinámico, reorganizándose y realizando una serie de ajustes en la estrategia de desarrollo, los cuales pueden revertir a mediano plazo esta coyuntura desfavorable, principalmente en los sectores más tradicionales.

### 3.3.2.4 Provincia de Huasco: Censo Agropecuario y Forestal 2007.

Como se ha desarrollado, administrativamente la cuenca del río Huasco está compuesta por cuatro comunas: Las comunas de Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen. A pesar de que el área de influencia de estas comunas abarcan una extensión mayor a la de la propia cuenca de Huasco, prácticamente toda la actividad agrícola se concentra dentro de los límites de la cuenca, de modo que los registros del Censo Agropecuario 2007 pueden ser considerados como representativos de los límites de la cuenca del río Huasco y sus afluentes.

Según Squeo y otros (2008), en la Región de Atacama se mantienen dos vocaciones productivas principales: la minería y la agricultura. En la actividad agropecuaria conviven patrones contrastantes de explotación de los recursos naturales, dominando en superficie la creciente agricultura de exportación; en contraste se encuentra la pequeña agricultura que se vincula al mercado a través de productos frescos como hortalizas, junto a sistemas agroganaderos.

El VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal de 2007 empadronó 3.770.278,27 ha para la III Región de Atacama, de las cuales 1.711.253,33 ha corresponden a las explotaciones agropecuarias con tierra en la Provincia de Huasco, representando el 45,39% de la superficie destinada a esta actividad en la Región y ocupando un 89,9% de la superficie total provincial (Tabla N° 11y Tabla N° 12).



**Tabla N° 11**  
**superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso del suelo, según región, provincia y comuna. Atacama, III Región**

REGIÓN, PROVINCIA Y COMUNA	Explotaciones agropecuarias con tierra 1/		USO DEL SUELO (ha)											
	Número	Superficie (ha)	Suelos de cultivo				Otros suelos							
			Total	Cultivos anuales y permanentes 2/	Forrajas permanentes y de rotación	En barbecho y descanso	Total	Praderas		Plantaciones forestales 3/	Bosque nativo	Matorrales	(construcciones, caminos, embalses, etc. No incluye)	Terrenos estériles y otros no aprovechables (arenales, pedregales, pantanos, etc.)
<b>III Región de Atacama</b>	<b>2.690</b>	<b>3.770.278,27</b>	<b>29.109,52</b>	<b>16.819,63</b>	<b>2.165,83</b>	<b>10.124,06</b>	<b>3.741.168,75</b>	<b>228,30</b>	<b>78.761,51</b>					
<b>Copiapó</b>	<b>580</b>	<b>1.770.077,96</b>	<b>15.922,34</b>	<b>10.609,69</b>	<b>236,10</b>	<b>5.076,55</b>	<b>1.754.155,62</b>	<b>9,60</b>	<b>8.981,20</b>	<b>168,40</b>	<b>396,50</b>	<b>1.067,80</b>	<b>678,00</b>	<b>1.742.854,12</b>
Copiapó	371	1.069.863,36	6.460,20	3.459,35	29,40	2.971,45	1.063.403,16	7,60	1.509,60	131,90	115,60	385,10	327,06	1.060.926,30
Caldera	7	2.863,10	529,90	404,00	0,50	125,40	2.333,20	0,00	240,80	1,50	175,30	230,00	10,50	1.675,10
Tierra Amarilla	202	697.351,50	8.932,24	6.746,34	206,20	1.979,70	688.419,26	2,00	7.230,80	35,00	105,60	452,70	340,44	680.252,72
<b>Chañaral</b>	<b>24</b>	<b>288.946,98</b>	<b>536,45</b>	<b>229,42</b>	<b>0,90</b>	<b>306,13</b>	<b>288.410,53</b>	<b>0,50</b>	<b>418,20</b>	<b>9,00</b>	<b>1,10</b>	<b>130,00</b>	<b>13,80</b>	<b>287.837,93</b>
Chañaral	1	50.727,14	0,00	0,00	0,00	0,00	50.727,14	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50.717,14
Diego de Almagro	23	238.219,84	536,45	229,42	0,90	306,13	237.683,39	0,50	408,20	9,00	1,10	130,00	13,80	237.120,79
<b>Huasco</b>	<b>2.086</b>	<b>1.711.253,33</b>	<b>12.650,73</b>	<b>5.980,52</b>	<b>1.928,83</b>	<b>4.741,38</b>	<b>1.698.602,60</b>	<b>218,20</b>	<b>69.362,11</b>	<b>289,00</b>	<b>495,00</b>	<b>30.638,31</b>	<b>516,00</b>	<b>1.597.083,98</b>
Vallenar	561	546.672,34	6.053,61	2.464,48	1.500,90	2.088,23	540.618,73	23,20	1.408,51	152,70	100,00	5.715,11	203,13	533.016,08
Alto del Carmen	1.143	458.502,70	3.694,84	1.884,99	164,20	1.645,65	454.807,86	154,30	65.272,20	49,60	380,00	24.761,00	238,80	363.951,96
Freirina	200	586.766,42	1.801,68	632,65	259,43	909,60	584.964,74	40,70	2.199,60	64,10	0,00	122,50	22,10	582.515,74
Huasco	182	119.311,87	1.100,60	998,40	4,30	97,90	118.211,27	0,00	481,80	22,60	15,00	39,70	51,97	117.600,20

1/ Incluye explotaciones sin actividad temporal.

2/ Incluye forrajas anuales.

3/ Incluye viveros forestales y ornamentales.

Fuente: En base a ODEPA, 2007 En línea: <http://www.censoagropecuario.cl/noticias/09/07042009.html>

**Tabla N° 12**  
**Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso del suelo, según región, provincia y comuna. Atacama, III Región**

REGIÓN, PROVINCIA Y COMUNA	Explotaciones agropecuarias con tierra 1/		USO DEL SUELO (ha)											
	Número	Superficie (ha)	Suelos de cultivo				Otros suelos							
			Total	Cultivos anuales y permanentes 2/	Forrajas permanentes y de rotación	En barbecho y descanso	Total	Praderas		Plantaciones forestales 3/	Bosque nativo	Matorrales	(Construcciones, caminos, embalses, etc. No incluye)	Terrenos estériles y otros no aprovechables (arenales, pedregales, pantanos, etc.)
<b>III Región de Atacama</b>	<b>2.690</b>	<b>3.770.278,27</b>	<b>29.109,52</b>	<b>16.819,63</b>	<b>2.165,83</b>	<b>10.124,06</b>	<b>3.741.168,75</b>	<b>228,30</b>	<b>78.761,51</b>					
<b>Copiapó</b>	<b>580</b>	<b>1.770.077,96</b>	<b>15.922,34</b>	<b>10.609,69</b>	<b>236,10</b>	<b>5.076,55</b>	<b>1.754.155,62</b>	<b>9,60</b>	<b>8.981,20</b>	<b>168,40</b>	<b>396,50</b>	<b>1.067,80</b>	<b>678,00</b>	<b>1.742.854,12</b>
Copiapó	371	1.069.863,36	6.460,20	3.459,35	29,40	2.971,45	1.063.403,16	7,60	1.509,60	131,90	115,60	385,10	327,06	1.060.926,30
Caldera	7	2.863,10	529,90	404,00	0,50	125,40	2.333,20	0,00	240,80	1,50	175,30	230,00	10,50	1.675,10
Tierra Amarilla	202	697.351,50	8.932,24	6.746,34	206,20	1.979,70	688.419,26	2,00	7.230,80	35,00	105,60	452,70	340,44	680.252,72
<b>Chañaral</b>	<b>24</b>	<b>288.946,98</b>	<b>536,45</b>	<b>229,42</b>	<b>0,90</b>	<b>306,13</b>	<b>288.410,53</b>	<b>0,50</b>	<b>418,20</b>	<b>9,00</b>	<b>1,10</b>	<b>130,00</b>	<b>13,80</b>	<b>287.837,93</b>
Chañaral	1	50.727,14	0,00	0,00	0,00	0,00	50.727,14	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50.717,14
Diego de Almagro	23	238.219,84	536,45	229,42	0,90	306,13	237.683,39	0,50	408,20	9,00	1,10	130,00	13,80	237.120,79
<b>Huasco</b>	<b>2.086</b>	<b>1.711.253,33</b>	<b>12.650,73</b>	<b>5.980,52</b>	<b>1.928,83</b>	<b>4.741,38</b>	<b>1.698.602,60</b>	<b>218,20</b>	<b>69.362,11</b>	<b>289,00</b>	<b>495,00</b>	<b>30.638,31</b>	<b>516,00</b>	<b>1.597.083,98</b>
Vallenar	561	546.672,34	6.053,61	2.464,48	1.500,90	2.088,23	540.618,73	23,20	1.408,51	152,70	100,00	5.715,11	203,13	533.016,08
Alto del Carmen	1.143	458.502,70	3.694,84	1.884,99	164,20	1.645,65	454.807,86	154,30	65.272,20	49,60	380,00	24.761,00	238,80	363.951,96
Freirina	200	586.766,42	1.801,68	632,65	259,43	909,60	584.964,74	40,70	2.199,60	64,10	0,00	122,50	22,10	582.515,74
Huasco	182	119.311,87	1.100,60	998,40	4,30	97,90	118.211,27	0,00	481,80	22,60	15,00	39,70	51,97	117.600,20

1/ Incluye explotaciones sin actividad temporal.

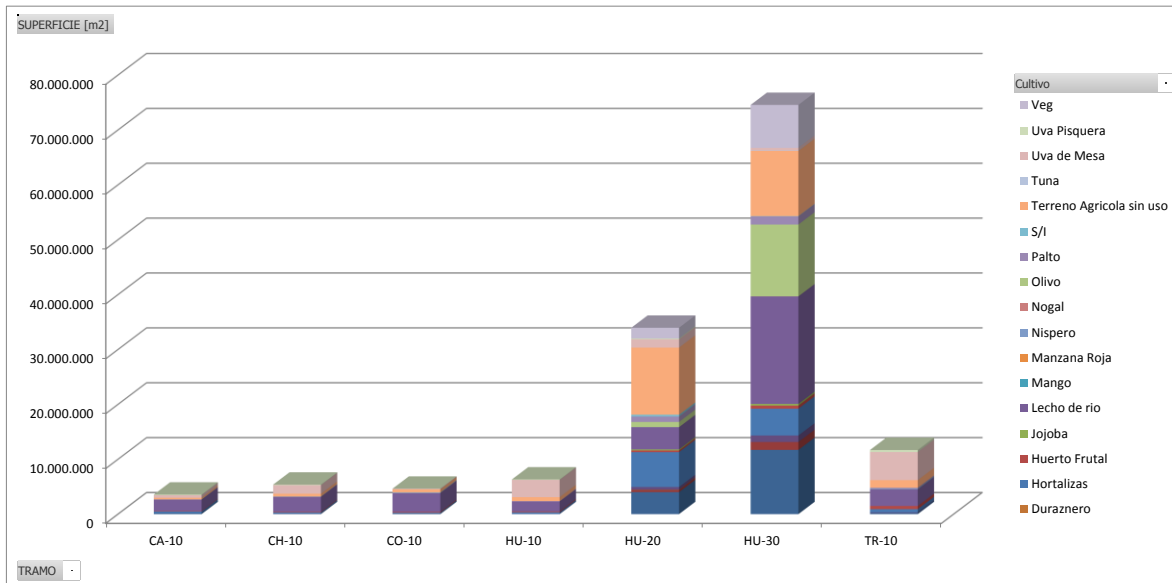
2/ Incluye forrajas anuales.

3/ Incluye viveros forestales y ornamentales.

Fuente: En base a ODEPA, 2007 [En línea: <http://www.censoagropecuario.cl/noticias/09/07042009.html>].

Como información adicional, se muestran los tipos de cultivo en la cuenca del Río Huasco para cada uno de los tramos.

**Gráfico N° 4**  
**Tipos de cultivo por tramo de río en la cuenca del río Huasco**



Es posible apreciar que una gran diversidad de cultivos se encuentran localizados en el tramo HU-30, como por ejemplo, el olivo y la alfalfa.

En el ANEXO E es posible ver toda esta información detallada.

### 3.3.3 Aspectos relevantes referentes al recurso hídrico en la Cuenca del Río Huasco

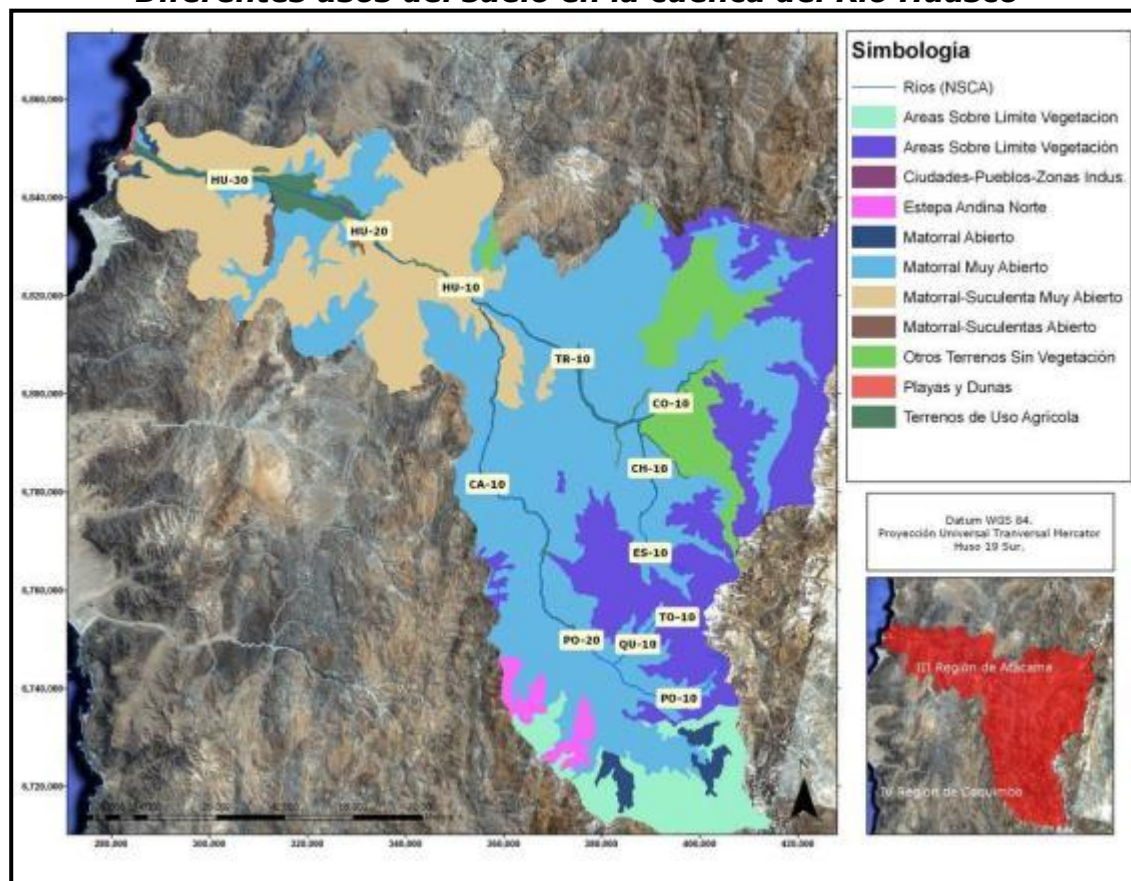
En un territorio semidesértico, la mayor parte de las actividades productivas están condicionadas por el recurso hídrico, el cual para la cuenca del río Huasco tiene su origen principal en los deshielos de glaciares y nieve existentes en la alta cordillera. En años excepcionalmente lluviosos, la hoya hidrográfica del Huasco recibe los aportes de escorrentías superficiales de múltiples quebradas, producto de lluvias de invierno. En épocas de verano, suele producirse también aportes por alguna influencia del denominado "invierno Boliviano" (GMA, 2007).

El principal uso que se le ha dado al recurso hídrico es de tipo agrícola, pero tienen importancia a su vez la utilización de este en el suministro de agua potable y en las actividades mineras e industriales. En la Figura N° 4 pueden

verse los distintos usos de suelo presentes en la cuenca del Río huasco, así como su porcentaje de participación (Gráfico N° 5).

Estas últimas actividades han aumentado considerablemente en los últimos años, por la instalación de nuevos mega proyectos en el territorio, por lo que muchas acciones de agua que estaban destinadas para el uso agropecuario han sido compradas o arrendadas para usos mineros e industriales (PROGRAMA SERVICIO PAIS, 2006).

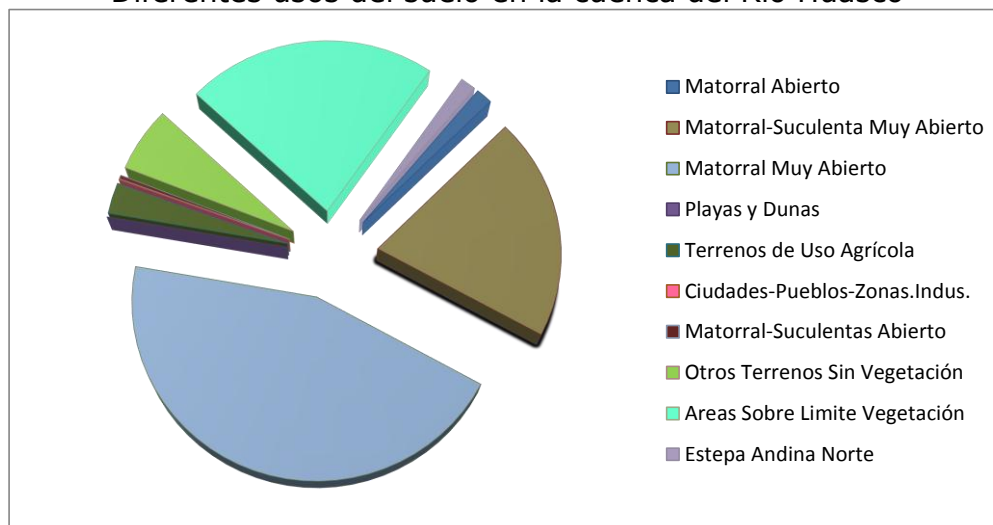
**Figura N° 4**  
**Diferentes usos del suelo en la cuenca del Río Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información enviada desde el Ministerio de Medio Ambiente, 2012

**Gráfico N° 5**

Diferentes usos del suelo en la cuenca del Río Huasco



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información enviada desde el Ministerio de Medio Ambiente, 2012

Según Flasco (2007), la cuenca del río Huasco abastece de agua a todas las comunas que se desarrollan en torno al río. A lo largo de él, se ha construido infraestructura hídrica la cual está conformada por el embalse Santa Juana (166 MMm<sup>3</sup>), Laguna Verde (10,5 MMm<sup>3</sup>), y una red de 315 canales, debiendo organizarse una Junta de Vigilancia que reúne a 2.465 usuarios, los cuales se encuentran organizados en 215 comunidades de aguas, teniendo como capital de la Junta alrededor de 11.805,3 derechos o acciones (véase Tabla N° 13).

**Tabla N° 13**  
**Límites administrativos y derechos accionarios, según sección del Río Huasco**

Sección	Límites	Derechos	%	N° De Canales
I	Río del Carmen	966,4	8,2	98
II	Río del Tránsito	1.582,9	13,4	149
III	Río Huasco entre La Junta de los Ríos El Carmen y del Tránsito, hasta la carretera 5 Norte (Vallenar)	7.640,0	64,7	45
IV	Río Huasco entre la carretera 5 Norte (Vallenar) y el mar.	1.616,1	13,7	23
<b>TOTAL</b>		<b>11.805,3</b>	<b>100</b>	<b>315</b>

Fuente: Flasco, 2007

Cada una de las secciones administrativas en las cuales se divide la cuenca del Río Huasco (véase Figura N° 5), posee un número determinado de derechos y canales, en las secciones tercera y cuarta en las que se encuentra el territorio de la comuna de Vallenar existen 9.256,1 derechos correspondiendo al 78,4%

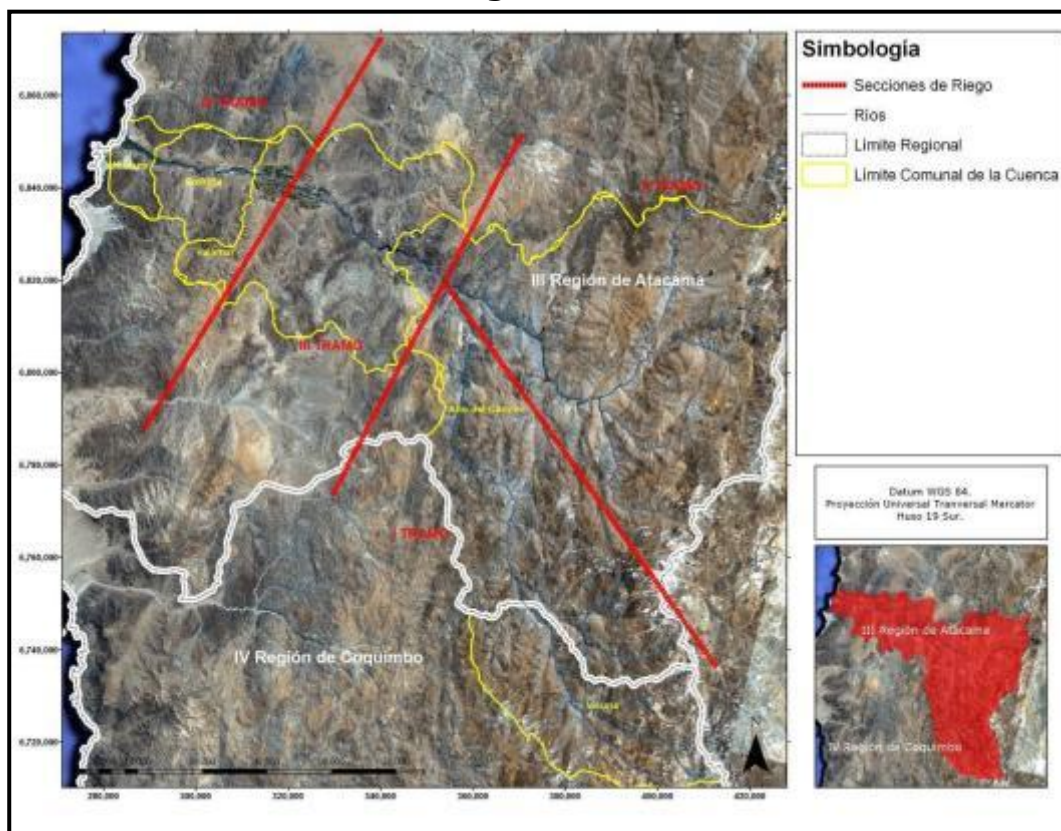
**Informe de resultados N°2.** Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco  
Ministerio del Medio Ambiente de Chile

del total de derechos de la cuenca, pero se contrasta con el porcentaje de agricultores dueños de estos derechos que no superan el 40% del total con 992 agricultores beneficiados, lo que demuestra que existe concentración de derechos en unos pocos agricultores, siendo la tercera sección la que presenta esta situación como característica en donde solamente 48 agricultores poseen 5.410,6 derechos con el 46% del total.

Del total de comunidades de agua existentes al año 2004, 157 de ellas se encontraban inactivas ya que no contaban con directiva o eran directivas vitalicias y solamente 55 de las 215 existentes estaban activas.

Uno de los problemas que se presenta con los derechos de agua, en todas las comunas, es que los pequeños agricultores en general no han regularizado sus derechos de agua y tierra debido al alto costo notarial y de abogados.

**Figura N° 5**  
**Secciones de riego del Valle de Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a Programa Servicio País, Diagnóstico Territorial de los Pequeños Agricultores del Valle del Huasco, 2006.

### 3.3.5 Identificación de presiones sobre el recurso hídrico<sup>6</sup>

Distintas presiones antrópicas sobre el recurso hídrico en la Cuenca del Río Huasco se han identificado, como por ejemplo la extracción de agua superficial, la extracción de agua subterránea, la contaminación por fuentes puntuales, la contaminación por fuentes difusas, la regulación de los flujos de agua, la explotación para leña y carbón.

La extracción de agua superficial en la Cuenca del Río Huasco afecta sus 3 subcuencas. En la actualidad, la ineficiencia en los sistemas de conducción extrapredial, a saber los canales, alcanza el 30%, lo cual unido a otro 20% de ineficiencia de uso intrapredial alcanzan un 50% de pérdidas del sistema.

Los regantes utilizan “recetas” de riego importadas desde otros territorios y no ajustan el gasto de los sistemas de acuerdo a lo realmente perdido por evapotranspiración. Esta situación es inaceptable para un territorio semi-desértico en el cual el agua es el factor limitante de mayor relevancia y con la presión de otros sectores productivos de quedarse con el recurso. Así, además de estas tasas de ineficiencia en distribución y en riego intrapredial, existe una alta presión por compra o arrendamiento de derechos por parte de empresas mineras. Un cuello de botella importante es la monopolización de la propiedad del agua y la desigualdad en el acceso al recurso.

La extracción de agua subterránea en la Cuenca del Río Huasco es de menor importancia, debido a la existencia del Embalse Santa Juana que abastece gran parte de la demanda de agua de riego. Sin embargo, las solicitudes de derechos de agua subterránea han aumentado en los últimos años, producto del aumento global en el precio de las acciones.

Entre los años 1981 y 2007, se han autorizado oficialmente un total de 38 pozos en el conjunto de la cuenca, otorgándose un caudal equivalente a 1.033,5 L/s que se distribuye para los siguientes usos: riego (46,2%), agua potable (28,7%), minería (24,8%) y uso industrial (0,3%). Así, el principal uso es agrícola, pero a su vez tienen importancia la utilización en agua potable y en las actividades mineras e industriales, que han aumentado considerablemente en los últimos años por la instalación de proyectos nuevos en el territorio.

Con esta situación se prevé un aumento de la competencia por el uso del recurso hídrico de la cuenca. Al considerar la disponibilidad de agua subterránea sustentable por sector en la Cuenca del Río Huasco, frente a la demanda previsible vigente, se observó que el volumen sustentable es superado por la demanda en los sectores de Huasco Desembocadura, Freirina Bajo, Freirina Alto, Vallenar Bajo, Vallenar Alto, El Tránsito y Río del Carmen,

---

<sup>6</sup> CAZALAC, 2011.

designados de Áreas de Restricción por la DGA en 2009. La extracción ilegal de agua corresponde a la extracción de agua sin derechos de aprovechamiento constituidos.

Otra presión sobre el recurso hídrico identificada en la Cuenca del Huasco es la calidad del agua en riesgo de contaminación. Podemos distinguir 2 tipos de contaminación: la contaminación por fuentes puntuales y la contaminación por fuentes difusas. La contaminación por fuentes puntuales corresponde a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por la descarga de efluentes provenientes de plantas de tratamiento de aguas, basurales clandestinos y domiciliarios. Según el estudio de Gutiérrez en 2007, el 60% de las actividades económicas desarrolladas en la Cuenca del Río Huasco podrían tener incidencia potencial en el deterioro de la calidad del recurso hídrico.

Las actividades vinculadas a este posible deterioro corresponderían a la extracción de minerales metálicos, la elaboración y envasado de frutas, la fabricación de pisco y vino, el secado de algas marinas, la fabricación de bloques cemento, y la distribución y producción de energía eléctrica. Según el catastro de actividades industriales en el Valle del Huasco realizado en 2007, se podían observar en la Cuenca del Río Huasco al menos 18 faenas mineras, principalmente localizadas en las comunas de Vallenar, sector Quebrada Honda, de Freirina, de Huasco y en la localidad de Domeyco, con la gran mayoría dedicada a la extracción de cobre y en menor proporción al oro, hierro y carbonato.

La contaminación por fuentes difusas corresponde a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas vinculada a las aguas residuales de las actividades agrícolas, generada por la sumatoria de pequeños aportes individuales en diversos sitios: es una descarga que ocurre en forma discontinua y no periódica. El abuso de productos fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo, nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, puede incrementar los elementos como el nitrito, nitrato o fósforo en las aguas, eutrofizando el sistema acuático, lo que trae consigo un *bloom algal* en las aguas, seguido de un agotamiento del oxígeno disuelto en ellas, y finalmente el deceso de los organismos acuáticos vivientes en el sistema por el agotamiento del oxígeno. El nitrito se encuentra en la mayoría de las estaciones monitoreadas de la cuenca con concentraciones iguales o mayores al límite establecido, a excepción de la estación Chollay 1. Particularmente, es esencialmente el IV tramo de riego de la cuenca que concentra los problemas propios asociados a la calidad de las aguas y los suelos: se presentan en esta zona los mayores niveles de salinidad natural de los suelos agrícolas y las aguas de regadío donde se concentran los problemas asociados a mal drenaje de los suelos. La canalización y conducción de las aguas corresponde a la canalización artificial de aguas superficiales a través de estructuras que conducen el agua entre los usuarios de la cuenca. Esta canalización de aguas produce alteraciones sobre el régimen natural del río, no permitiendo el escurrimiento natural, la infiltración y recarga del sistema acuífero, el uso recreativo y alterando la morfología y



condiciones ambientales de los hábitats acuáticos y ribereños. La principal obra de desarrollo hidráulico realizada en la Cuenca del Río Huasco que permite la regulación del flujo de agua es el Embalse Santa Juana, terminado en 1995, cuya capacidad es de 166 hm<sup>3</sup>. Con él se pretendía ampliar la superficie regada a 13.000 ha y mejorar la seguridad de riego, pero en la práctica, los recursos de agua resultaron ser muy inferiores a los calculados: en el 2008, solo se regaron cerca de 8.300 ha.

## **4 Sección técnica y validación de datos**

### **4.1 Detalle de las evaluaciones y declaraciones de impacto ambiental de proyectos en la cuenca del Río Huasco**

En la presente sección se recopilan, enumeran y describen los proyectos que están sujetos a impacto ambiental en toda la cuenca hidrográfica del Río Huasco. Se describe también la metodología utilizada para obtener las georeferencias de estos datos y en un anexo<sup>7</sup> se recopila toda la información provista por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)<sup>8</sup>.

#### **4.1.1 Proyectos en Calificación en la Cuenca del Río Huasco.**

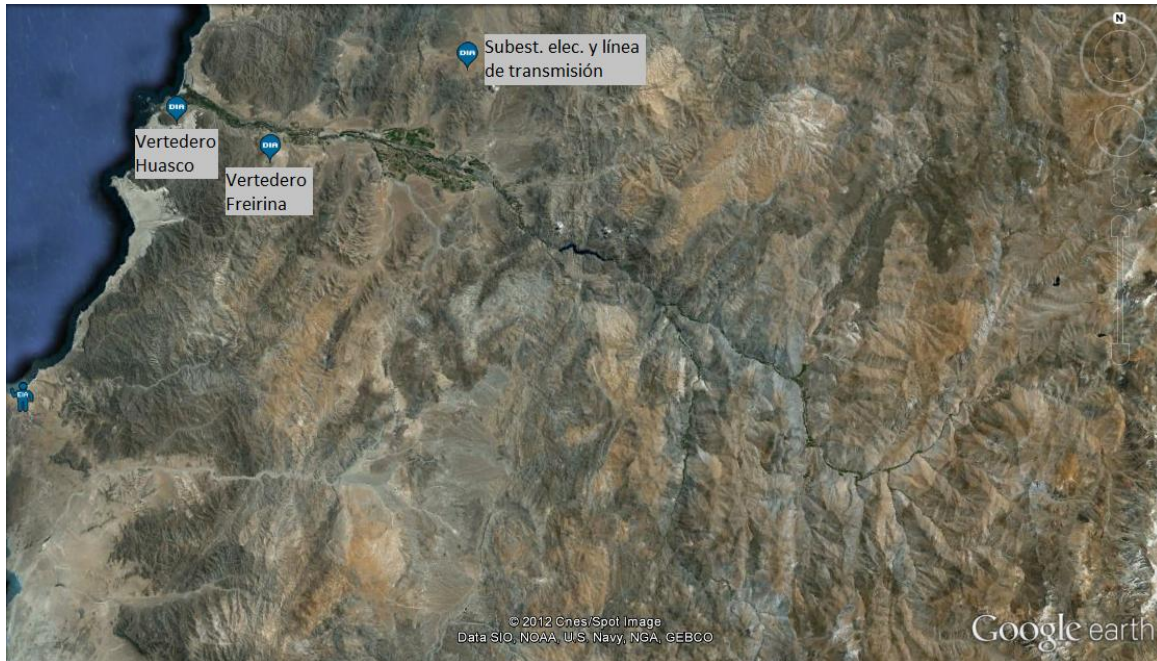
A fecha 06 de diciembre de 2012, las declaraciones de impacto ambiental para proyectos a realizar en la cuenca hidrográfica del Río Huasco se explicitan en la Figura N° 6.

---

<sup>7</sup> La georeferenciación de estos proyectos, las resoluciones ambientales y las imágenes de esta sección se encuentran en el ANEXO A.

<sup>8</sup> SEA [En línea: <http://www.sea.gob.cl/>]

**Figura N° 6**  
**Georeferenciación de Declaraciones de Impacto Ambiental**



Se muestran sólo dos proyectos cercanos a la cuenca hidrográfica, correspondientes a los proyectos "Cierre y sellado del vertedero de la Comuna de Freirina" y "Cierre y sellado del vertedero de la Comuna de Huasco". Ambos vertederos fueron visitados por Asesorías Algoritmos (ver ANEXO A), y en situ se observaron vectores sanitarios y cachureros (Figura N° 7). Los residuos presentes visualizados corresponden más que todos a residuos voluminosos y materiales que podrían reciclarse. Esto puede considerarse a la poca o casi nula generación de líquidos percolados, infiriendo la no contaminación de las napas subterráneas.

Así mismo, cabe destacar que la distancia media de estos proyectos a la cuenca del Río Huasco es de 4.2 km, por lo cual las emisiones por este proyecto y por los basurales propiamente tal no afectan el cauce del río.

**Figura N° 7  
Basural de Freirina**



Fuente: Visita a terreno Asesorías Algoritmos, 2012.

#### **4.1.2 Proyectos aprobados en la cuenca del Río Huasco y sus afluentes.**

A fecha 6 de diciembre de 2012, las declaraciones de impacto ambiental y estudios de impacto ambiental para proyectos a aprobados en la cuenca hidrográfica del Río Huasco se explicitan en la siguiente figura.

**Figura N° 8**  
**Proyectos aprobados en la Cuenca del Río Huasco y sus afluentes.**



#### **4.1.3 Proyecto Central Hidroeléctrica aguas abajo del embalse Santa Juana.**

El proyecto aguas abajo del embalse Santa Juana corresponde a “Modificación del Proyecto Central Hidroeléctrica Río Huasco mediante instalación de subestación eléctrica Río Huasco”. En su resolución de calificación ambiental (ver archivo RCA hidroeléctrica santa juana.xml del ANEXO A) explicitan que no realizarán emisiones de riles ni impactarán el cauce del Río Huasco, citando la resolución mencionada:

##### ***Efluentes líquidos***

- a) *Etapa de Construcción: [...] No se generarán efluentes líquidos industriales (RILES) durante la etapa de construcción. [...]*
- b) *Etapa de Operación: [...] Durante la etapa de operación de la Subestación Río Huasco no se generarán residuos líquidos, de ningún tipo, [...].*

Lo descrito en la Resolución Ambiental resulta contrario a lo observado en terreno (ver Figura N° 9), donde se manifiesta explícitamente que resulta difícil

intervenir un Río sin alterar el cauce de este. Resulta imposible predecir emisiones y estimarlas con la información provista por el SEA.

**Figura N° 9**  
**Vistas a las obras de construcción aguas abajo del Embalse Santa Juana**



Fuente: Visita a terreno Asesorías Algoritmos, 2012.

#### **4.1.4 Proyectos al norte de Vallenar.**

El primer proyecto al norte de Vallenar corresponde a "Deposito de Relaves Espesados Planta Vallenar". Del total de sus emisiones, las que podrían eventualmente afectar el cauce del río son las descritas en su Resolución de Calificación Ambiental (RCA) de la siguiente forma:

**"Control de Infiltraciones.** Para el control de las infiltraciones se contemplan las siguientes medidas:

i) Piezómetros que serán instalados con el fin de medir el nivel freático del depósito [...] se registrará trimestralmente notificándose en el informe E-200 de SERNAGEOMIN.

ii) Para controlar las posibles infiltraciones se construirán 3 pozos aguas abajo del muro de confinamiento, para evaluar la calidad del agua, se tomarán muestras de agua trimestrales y se aplicarán los requisitos de la norma chilena NCh 1333 Of.78. "

Del resto de sus emisiones cuentan material particulado y otras propias de las etapas de construcción. No se mencionan riles directos al cauce del Río Huasco, tampoco estimaciones de emisiones por infiltración. Sí se menciona que para el control de infiltraciones se efectuarán mediciones y estas serán en comparadas con la NCh 1.333 la cual tiene límites máximos mucho más elevados que lo propuesto en las normas secundarias de calidad de aguas.

Respecto al diseño del tranque de relaves, se extrae la siguiente información de la RCA.

### Parámetros de Diseño

Pendiente de depositación del material espesado	5%
Área útil	245.176 m <sup>2</sup>
Volumen a depositar	2.400.000 m <sup>3</sup>
Geometría de los Muros externos (H:V)	2:1
Geometría de los Muros Internos (H:V)	1,5:1
Ancho de Coronamiento, Berma	3 m

### Descarga de relaves\*

Descarga a depósito	Unidad	Sólidos	Agua	Pulpa
Toneladas por mes	[t/mes]	22.000	11.846	33.846
Toneladas por hora	[tph]	30,56	16,45	47,01
Volumen	[m <sup>3</sup> /mes]	7.857	11.846	19.703
Volumen	[m <sup>3</sup> /hr]	10,91	16,45	27,37
Densidad	[t/m3]	2,80	1,00	1,72

\* Para el cálculo de capacidad volumétrica se consideró la producción máxima estimada por el Titular para la vida útil del proyecto de 10 años.

### Estimación de producción al 2010

Proyección	Unidad	Sólidos	Agua	Pulpa
8 años	[t]	2.112.000	1.137.231	3.249.231
8 años	[m <sup>3</sup> ]	754.286	1.137.231	1.891.516
10 años	[t]	2.640.000	1.421.538	4.061.538
10 años	[m <sup>3</sup> ]	942.857	1.421.538	2.364.396

El siguiente proyecto, ubicado a 6 kilómetros al norte del Río Huasco, es "Modificación Línea de Transmisión 2x220 kV Maitencillo – Caserones, Variante Maitencillo Norte". Este, en su RCA sólo presenta emisiones de material particulado. Por este motivo, y debido a la distancia de la cuenca, se infiere que no repercutirá directamente en el Río Huasco.

#### **4.1.5 Zona Alta del río Huasco y sus afluentes.**

A fecha 06 de diciembre de 2012, no se registran en el SEA proyectos en ninguna fase para la zona alta del Río Huasco. Sin la certeza de registrar fuentes emisoras en la zona alta resulta imposible detallarlas ni estimar sus eventuales emisiones.

#### **4.1.6 Observaciones generales a los estudios de impacto ambiental y resoluciones de calificación ambiental en la cuenca del Río Huasco.**

Por lo general, en los estudios realizados en cada proyecto no presentan modelaciones ni estimaciones de contaminantes. No existe un registro de los proyectos que actualmente impactan sobre el Río. Esto se corrobora con lo observado en los ítems de estimaciones de aportes difusos: *se requiere de una información real o estimada, además de la georeferenciación exacta de las fuentes emisoras que impactan al Río.*

Resulta extraño que en una zona de actividad minera el SEA no presente información para este tipo de actividades en la zona alta del Río Huasco. En la figura siguiente se muestran la totalidad de estudios para la Región de Atacama, en la cual si se detallan proyectos mineros en zonas altas de los otros cauces de la región.

**Figura N° 10**  
**Georeferenciación de proyectos en trámite y aprobados en la Región de Atacama**

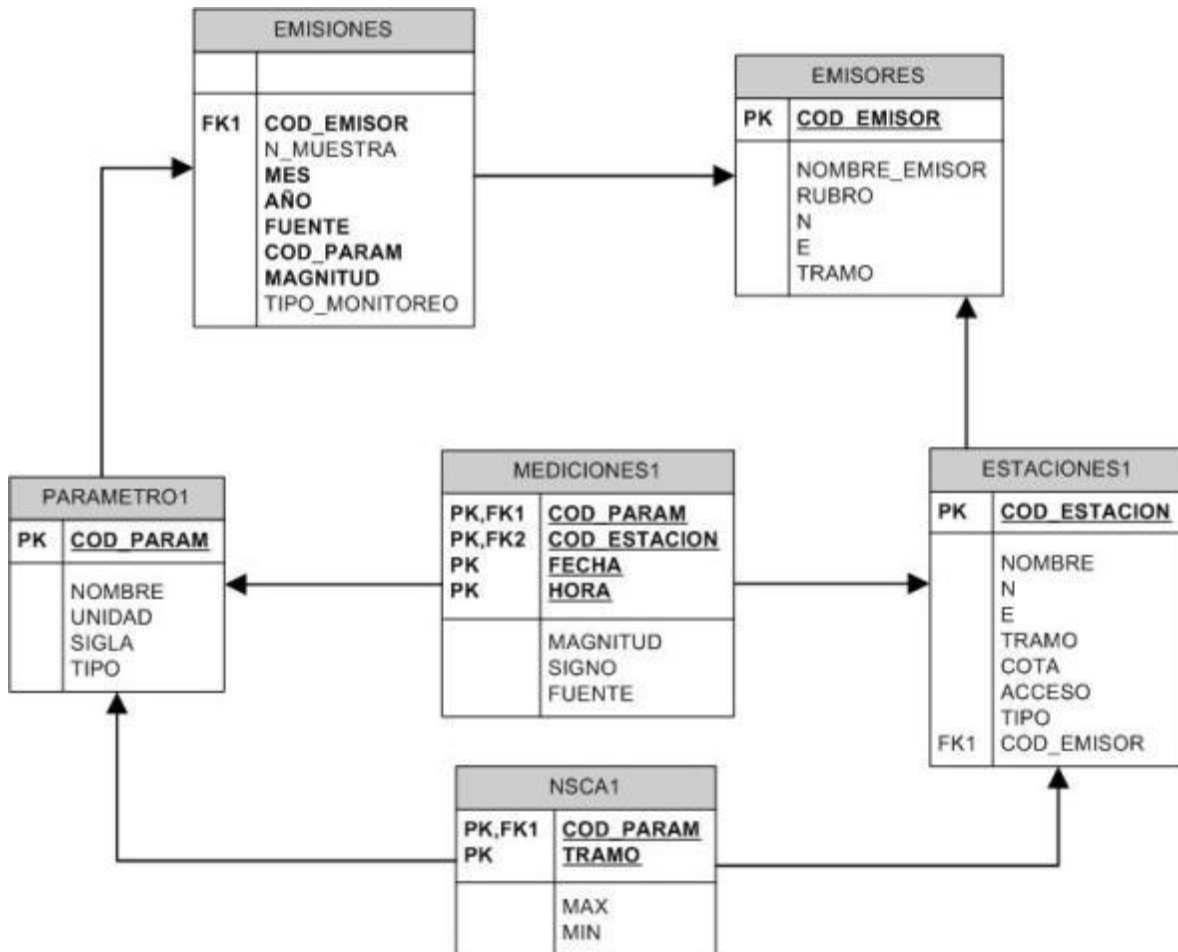


#### **4.2 Ampliación del esquema relacional para la inclusión de datos de emisiones y emisores.**

El esquema relacional explicado en los ítemes anteriores (Gráfico N° 6) se amplió a una forma con mas entidades. A continuación se describe gráficamente el esquema que contiene a los emisores.



**Gráfico N° 6**  
**Esquema relacional de la base de datos expandida a emisores**



Análogamente a lo visto para el caso de la tabla mediciones, se podría haber ahorrado estas nuevas entidades y unificar todo dentro de una sola entidad de mediciones. Pero para mantener el orden y la diferenciación de los datos en la misma estructura de la base de datos, se creó el esquema anterior.

#### 4.2.1 Georeferenciación de las fuentes emisoras.

Análogamente a lo realizado para las estaciones de medición, se creó una rutina Matlab que georeferencia en archivos .kml todos los emisores de la entidad EMISORES descrita anteriormente. En la siguiente tabla se entregan las coordenadas de cada punto de las fuentes emisoras de la zona, y en ANEXO 6, se entrega la totalidad de las figuras georeferenciadas. Cabe mencionar que estas se realizaron de acuerdo a la información disponible y entregada.

**Tabla N° 14**  
**Datos de entidades emisoras**

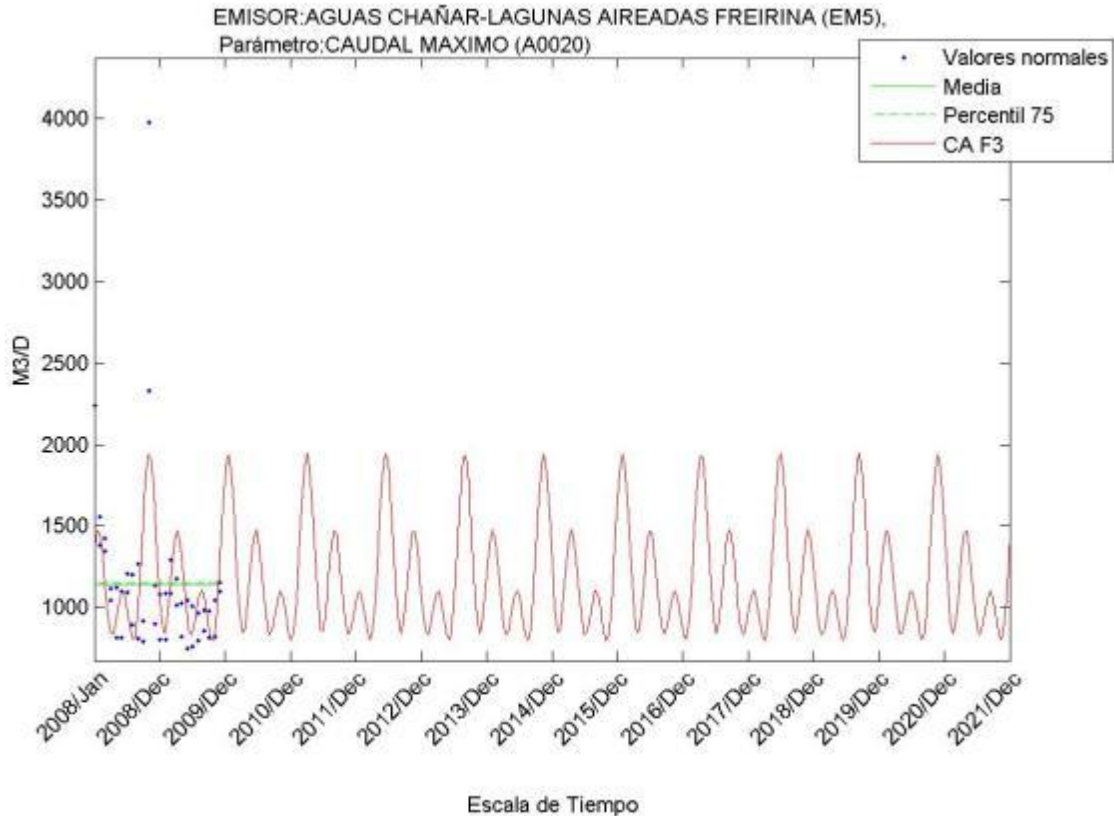
<b>COD_EMISOR</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>RUBRO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>TRAMO</b>
EM1	CMP (PLANTA DE PELLETS-LABORATORIO)-PUNTO 1 (INFILTRACIÓN)	EXPLORACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	-	-	
EM2	CMP (PLANTA DE PELLETS-PISCINAS)-PUNTO 1 (INFILTRACION)	EXPLORACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	-	-	
EM3	AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS VALLENAR	PTAS	6839171	324387	HU-20
EM4	AGUAS DEL VALLE-P.T.A.S DE VICUÑA	PTAS	6852377	272990	
EM5	AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS FREIRINA	PTAS	6845145	295078	HU-30
EM6	AGUAS CHAÑAR-EMISARIO SUBMARINO DE HUASCO	PTAS	6849493	280974	

#### 4.2.2 Caracterización de parámetros para emisiones

Con el mismo procedimiento de ajustes de curvas y un análisis estadístico similar a los realizados para los datos de mediciones en estaciones, se procede a analizar las emisiones informadas.

En esta ocasión extendemos el ajuste de curvas mas allá del dominio temporal original, para generar extrapolaciones que permitan ver hasta un horizonte de 10 años la evolución y periodicidad de los parámetros, véase el siguiente gráfico.

### Gráfico N° 7 Ajuste de curva y extrapolación de datos

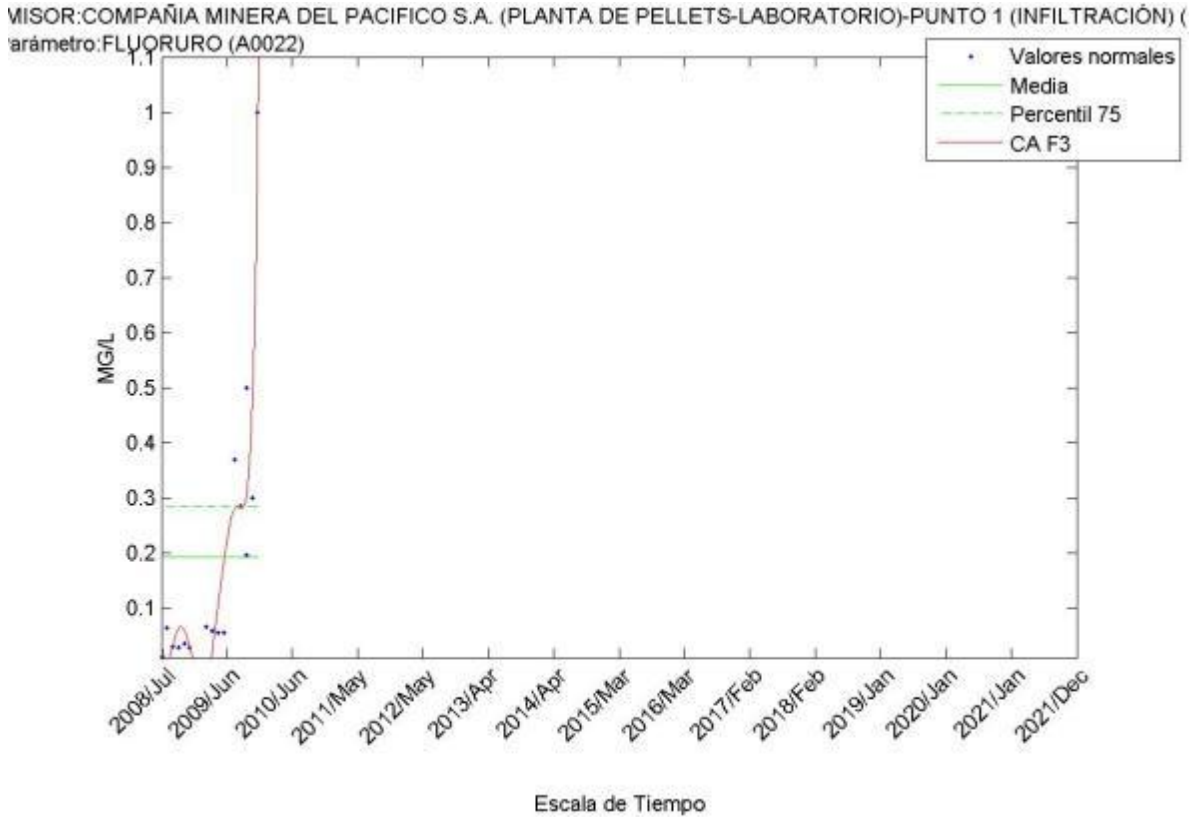


Cabe resaltar que, al igual que en el caso de mediciones, la interpolación de datos no siempre es certera ni lógica. Las buenas propiedades de la interpolación dependen de la frecuencia de muestreo, cosa que, lamentablemente, no es muy frecuente encontrar entre las distintas instituciones que monitorean.

Como se puede mostrar en el gráfico siguiente, existe una falta de periodicidad adecuada de muestreo, junto con magnitudes demasiado variables en los muestreos, lo cual lleva a una predicción sin sentido.

### Gráfico N° 8

#### Falta de periodicidad adecuada y magnitudes demasiado variables



En ANEXO 7, se entrega la totalidad de las gráficas, en formato JPEG y georeferenciados en .kml.

#### 4.2.3 Estimación de aportes por emisiones.

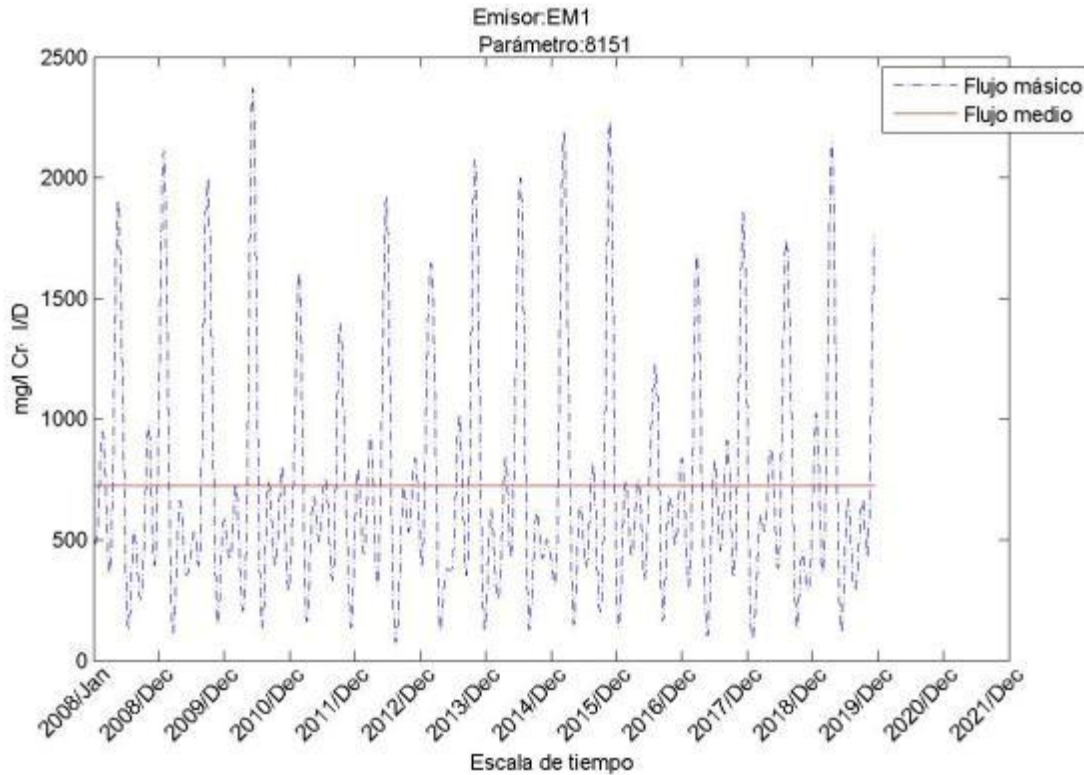
Utilizando las metodologías de ajuste de curvas anteriormente descritas, y los caudales informados por los emisores, se procede a estimar los flujos máxicos mediante interpolación.

En el gráfico siguiente se muestra un ejemplo de lo anterior y en ANEXO 8 se entregan la totalidad de las estimaciones de emisiones, las cuales se encuentran en formato JPEG y sus georeferenciaciones en .kml.

Análogamente para el análisis de fuentes difusas en el caso de las mediciones de estaciones de monitoreo, se ha desarrollado una rutina Matlab que crea en forma estructurada y automática estos datos a partir del esquema relacional

ampliado (ver esquema en **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

**Gráfico N° 9**  
**Flujos máxicos estimados por la rutina**



A partir de la estimación de la media para el flujo máxico, el programa crea un fichero *EstimacionEMISIONES.csv*, disponible en ANEXO 8, que contiene los siguientes campos, en orden de izquierda a derecha: código del emisor, código del parámetro emitido, media estimada, aporte mensual estimado y unidad en la que han sido tratados estos datos.

**Tabla N° 15**  
**Fichero EstimacionEMISIONES.csv**

<b>Código emisor</b>	<b>Código Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>Aporte mensual</b>	<b>Unidad</b>
EM1	6020	502750.1	15082504	unid. ph l/mes
EM1	A0022	2.36E+11	7.08E+12	mg/l l/mes
EM1	8151	725.3701	21761.1	mg/l Cr l/mes
EM1	6100	36760.11	1102803	mg/l B l/mes
EM2	8103	75754.24	2272627	mg/l Cd l/mes

Cabe notar que este programa mantendrá la forma exacta de todos los datos ingresados de la base de datos, incluyendo las unidades de medida, por eso el campo "unidad" del archivo anterior representa una idea esquemática de la unidad de medida de los datos en él presentados.

Respecto a la columna "unidad" explicitada en la tabla anterior, cabe resaltar que representa la operatoria producida automáticamente por el software diseñado. Por ejemplo, en la primera fila se encuentra la entrada "**unid. ph I/mes**", la cual no tiene validez lógica puesto no tiene sentido hablar de flujos de pH. Análogamente la unidad "**mg/l B I/mes**" si tiene sentido y representa miligramo por mes del parámetro Boro.

#### 4.2.4 Situación general de las fuentes emisoras

Se adjunta una consulta SQL a la base de datos llamada "Emisiones promedio por emisor y parámetro", de ella se puede obtener la información de la Tabla N° 16.

**Tabla N° 16**  
**Información y estadísticos de emisiones por emisor y parámetro en el río Huasco.**

EMISORES	CODIGO PARAMETRO	PARAMETRO	MEDIA	UNIDAD	N_MEDICIONES	MAX	MIN
COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. (PLANTA DE PELLETS-LABORATORIO)- PUNTO 1 (INFILTRACION)	6020	pH	7.324	unid. ph	216	8	4
	6100	Boro	1.059	mg/L	17	3	0
	8151	Cromo Hexavalente Total	0	mg/L	17	0	0
	A0018	Caudal	69.198	m <sup>3</sup> /D	192	116	17
	A0022	FLUORURO	0.059	mg/L	17	1	0
	6020	pH	7.171	unid. ph	228	9	4
	8103	Cadmio total	0	mg/L	17	0	0
	8281	Manganeso total	0.438	mg/L	16	2	0
	8303	Mercurio total	1	mg/L	1	1	1
	8383	Plomo total	0	mg/L	17	0	0
AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS	A0018	Caudal	12039.978	m <sup>3</sup> /D	182	31752	52
	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	2.647	mg/L	17	18	0
	5140	Temperatura del Agua	13.933	Grad. C	45	20	6
AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS	6020	pH	7.047	unid. ph	85	8	7
	6310	Fosforo total	4.894	mg/L	85	11	2

EMISORES	CODIGO PARAMETRO	PARAMETRO	MEDIA	UNIDAD	N_MEDICIONES	MAX	MIN
VALLENAR	A0010	Solidos Disueltos Totales	22.294	mg/L	85	110	5
	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	17.647	mg/L	85	40	2
	A0018	Caudal	84771.5	m <sup>3</sup> /D	24	170966 1	691
	A0019	Aceites y grasas	5.032	mg/L	62	7	5
	A0020	Caudal máximo	581995. 979	m <sup>3</sup> /D	48	237034 94	18
	A0021	Coliformes Fecales	188.782	NMP/100 ML	87	1600	2
	A0026	Nitrógeno amoniacal	10.918	mg/L	85	20	4
	A0027	Poder Espumógeno	2	MM	58	2	2
	A0029	Tetracloroetano	0	mg/L	36	0	0
	A0030	Triclorometano	0	mg/L	33	0	0
	A0031	Volumen traido mensual	440704. 333		24	622889	20612
	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	18.718	mg/L	85	34	7
AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS FREIRINA	5140	Temperatura del Agua	11.972	Grad. C	36	20	6
	6020	pH	7.438	unid. ph	73	8	6
	6310	Fosforo total	7.44	mg/L	75	11	4
	A0010	Solidos Disueltos Totales	9.781	mg/L	73	39	2
	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	7.849	mg/L	73	29	2
	A0018	Caudal	3132.04 2	m <sup>3</sup> /D	24	58588	207
	A0019	Aceites y grasas	5	mg/L	51	5	5
A0020	Caudal máximo	1147.93 8	m <sup>3</sup> /D	48	3974	748	

EMISORES	CODIGO PARAMETRO	PARAMETRO	MEDIA	UNIDAD	N_MEDICIONES	MAX	MIN
	A0021	Coliformes Fecales	109.916	NMP/100 ML	83	1600	2
	A0026	Nitrógeno amoniacal	12.093	mg/L	75	17	5
	A0027	Poder Espumógeno	2	MM	50	2	2
	A0029	Tetracloroetano	0	mg/L	24	0	0
	A0030	Triclorometano	0	mg/L	24	0	0
	A0031	Volumen tratado mensual	24633.5		24	45137	15292
	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	20.96	mg/L	75	32	8
AGUAS CHAÑAR-EMISARIO SUBMARINO DE HUASCO	5140	Temperatura del Agua	13.96	Grad. C	25	19	6
	6020	pH	7.929	unid. ph	42	8	7
	8303	Mercurio total	6	mg/L	1	6	6
	A0010	Sólidos Disueltos Totales	283.667	mg/L	42	700	60
	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	317.714	mg/L	42	695	44
	A0016	Sólidos Sedimentables	1.429	mL/L/hr	42	10	0
	A0018	Caudal	129883.792	m <sup>3</sup> /D	24	2913667	754
	A0019	Aceites y grasas	88.256	mg/L	43	374	5
	A0020	Caudal máximo	3211.688	m <sup>3</sup> /D	48	41215	2
	A0021	Coliformes Fecales	1788.214	NMP/100 ML	42	16000	2
	A0023	Hidrocarburo volátil	0	mg/L	42	0	0
	A0024	Hidrocarburos fijos	5.024	mg/L	41	6	5
	A0025	Hidrocarburos totales	5.048	mg/L	42	6	5



EMISORES	CODIGO PARAMETRO	PARAMETRO	MEDIA	UNIDAD	N_MEDICIONES	MAX	MIN
	A0028	Sustancias activas al azul de metileno	1.786	mg/L	42	75	0
	A0031	Volumen traído mensual	48402		24	69388	23382

El emisor "COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. (PLANTA DE PELLETS-LABORATORIO)-PUNTO 1(INFILTRACIÓN)", mide parámetros químicos que están dentro de la normativa de las NSCA, todos en cantidades totales. Sólo el mercurio es un dato con pocas mediciones.

Los emisores "AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS VALLENAR" y "AGUAS CHAÑAR-LAGUNAS AIREADAS FREIRINA" informan los mismos parámetros, de los cuales sólo 4 de 15 son parte de la propuesta de las NSCA.

Por las coordenadas informadas el emisor "AGUAS CHAÑAR-EMISARIO SUBMARINO DE HUASCO" no posee directa influencia sobre el tramo HU-30. Por lo cual la información vertida en él no es parte de información útil para realizar balances entre estaciones.

## 4.4 Estimación de las emisiones debido a fuentes difusas

Para la estimación de las emisiones debido a fuentes difusas, se propone la siguiente metodología:

$$Dif_{i-i+1} = CON^X(t) E_{i+1} * Q(t)_{i+1} - CON^X(t) E_i * Q(t)_i + \sum_{j=1}^n F^X(t)_j$$

Dónde:

- $Dif_{i-i+1}$ : Diferencia entre las emisiones en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- $CON^X(t) E_{i+1}$ : Representa la curva interpolada de la concentración del parámetro  $X$  observado en la estación de medición  $E_{i+1}$ , aguas abajo en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- $CON^X(t) E_i$ : Representa la curva interpolada de la Concentración del parámetro  $X$  observado en la estación de medición  $E_i$ , aguas arriba en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- $Q(t)_{i+1}$ : Representa la curva interpolada de la medición del caudal, obtenida en la estación de medición  $E_{i+1}$ , aguas abajo en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- $Q(t)_i$ : Representa la curva interpolada de la medición del caudal, obtenida en la estación de medición  $E_i$ , aguas arriba en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- $F^X(t)_j$ : Representa la curva interpolada del aporte de emisiones del parámetro  $X$ , en función del tiempo de la fuente fija  $F_j$ , en el segmento de río  $i - i + 1$ .

El análisis inmediato y la construcción de estos estadísticos nos lleva a establecer que:

- Si  $Dif_{i-i+1} > 0$ , entonces existe un ingreso, debido a otras fuentes aparte de los aportes cuantificables en el río, para el parámetro observado en el segmento de río  $i - i + 1$ .
- Si  $Dif_{i-i+1} \leq 0$ , entonces no existe un ingreso, debido a otras fuentes aparte de los aportes cuantificables en el río, para el parámetro observado en el segmento de río  $i - i + 1$ .

Obviamente, estos estadísticos no ofrecen información exacta. Sus fuentes de errores mas importantes radican en:

- Errores de interpolación numérica.
- Errores en la toma de muestra o manejo de los datos.

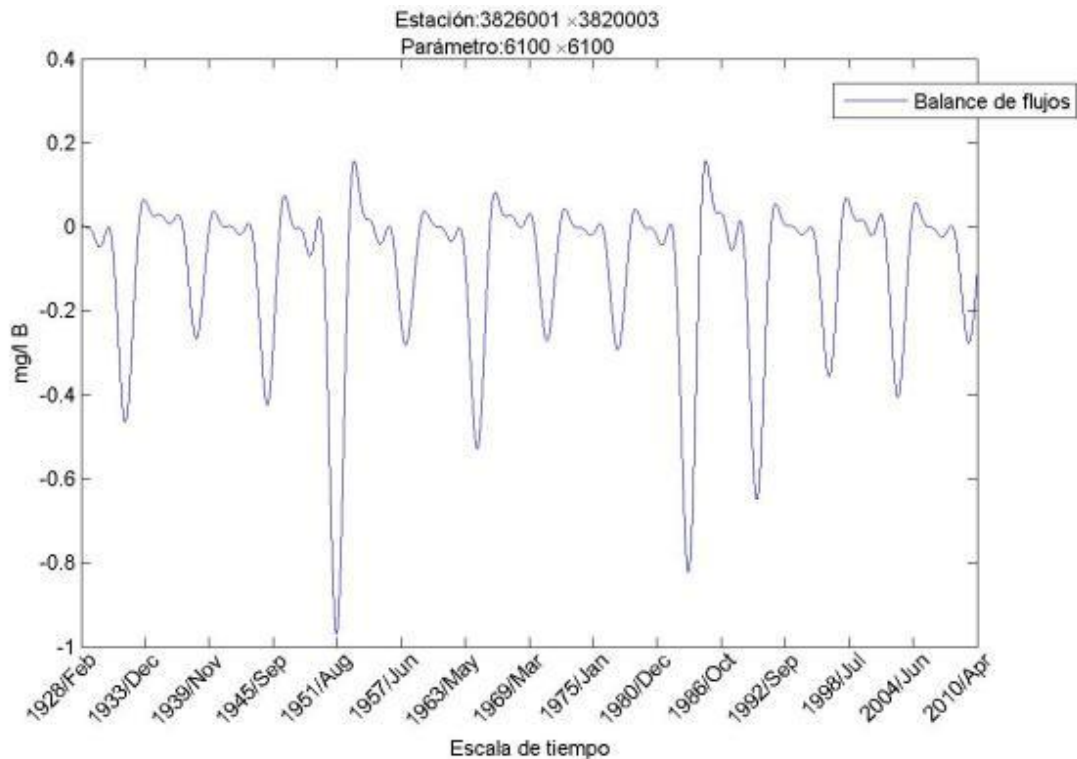
- Suposición de comportamientos cíclicos y/o periódicos en el tiempo.
- Errores de extrapolación numérica.

Con la información actual de los distintos parámetros, medidos en las estaciones de monitoreo y el actual inventario de emisiones, entregado por las distintas empresas responsables, no es posible aplicar esta metodología. Esto debido a que la información disponible se encuentra incompleta y no está normalizada en su entrega, es decir, no todas las estaciones miden los mismos parámetros y los parámetros que miden no son los mismos que los informados por las fuentes emisoras.

En síntesis, para desarrollar efectivamente la metodología propuesta es necesario contar con la siguiente información:

- Datos de los parámetros obtenidos en la nueva campaña de medición realizada por nuestra empresa.
- Inventario completo y georeferenciado de las emisiones, realizadas por las fuentes fijas, en la zona de estudio, por lo cual se solicitará a la contraparte técnica.

### Gráfico N° 10 Comportamiento de la estimación de conservaciones de flujos<sup>9</sup>



Cabe resaltar que en el caso de necesitar el aporte difuso en unidades de masa, por ejemplo, [toneladas/año], bastaría ejecutar una regla de integración que permita estimar el área bajo las curvas señaladas. No se ejecutó tal procedimiento porque significaría enriquecer un conjunto de gráficos y datos que ya está bordenando las 500 unidades.

En el Gráfico N° 11, se observa el árbol de gráficas entre las estaciones Río Huasco en Santa Juana (estación número 3820003) y Río Huasco en Huasco Bajo (estación número 3826001). Los gráficos representan toda la diferencia entre los flujos después del embalse Santa Juana y casi llegando a la desembocadura del río Huasco.

<sup>9</sup> Todas las gráficas han sido entregadas en formato JPEG y georeferenciados en .kml (ver ANEXO 9).

**Gráfico N° 11**  
**Georeferenciación de los gráficos de balances entre estaciones**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a data obtenida por el Ministerio del Medio Ambiente, 2012.

**4.4.1 Estimación bibliográfica de los aportes de nitrógeno por la actividad agrícola**

En la cuenca del río Huasco se desarrolla extensivamente actividad agrícola de toda índole, siendo notario el cultivo de olivos. Según los autores<sup>10</sup> el parámetro que registra mayor carencia en la cuenca del río Huasco es el nitrógeno. En tal documento se explicita una carencia del 55% del nitrógeno necesario para el correcto desarrollo de los olivos. En este mismo documento los autores registran las siguientes dosis de fertilización anual:

**Tabla N° 17**  
**Dosis de fertilización anual**

<b>Fuente</b>	<b>Kg/ha</b>
Nitrato de amonio	468-936
Urea	340-680
Nitrato de potasio	1186-2372

<sup>10</sup> Ibacache, I; C.Sierra, C., y, Tapia F., (2000) "Fertilizacion del Olivo en el Valle de Huasco", Boletín Técnico N°45, INIA, Centro Regional de Investigaciones Intihuasi.

De los datos satelitales recopilados por el MMA y otras entidades, se puede calcular que aproximadamente se registra una superficie destinada al cultivo de olivos de 14.026.707 m<sup>2</sup> de una superficie total de 140.084.173 m<sup>2</sup> destinada a la actividad agrícola en la cuenca. Es decir, aproximadamente el 10.01% de la superficie total corresponde a cultivos de olivos.

Utilizando los datos provistos por los autores<sup>11</sup>, se puede estimar los siguientes aportes de fertilizantes gracias al cultivo de olivos:

**Tabla N° 18**  
**Aporte de fertilizantes a partir del cultivo de Olivo**

<b>Fuente</b>	<b>Kg totales</b>
Nitrato de amonio	6,564,498 – 13,128,997
Urea	4,769,080 – 9,538,160
Nitrato de potasio	16,635,674 – 33,271,349

Suponiendo que solo se utiliza Urea como Fertilizante y que este es utilizado en todo la cuenca del río Huasco para fertilizar, se estima que 71.536.200 kg de Fertilizante se ocupan anualmente en la fertilización en toda la cuenca. Suponiendo que el 20% de estos fertilizantes lleguen finalmente a los cauces del río mediante la red de irrigación o eventualmente filtración a napas subterráneas, se puede esperar que la actividad agrícola aporte del orden del 14.000 toneladas al año de material fertilizante con propósitos de nitrificación al río Huasco en sus distintos causes.

## **4.5 Base de datos histórica: problemática, soluciones y unificación**

### **4.5.1 Situación y solución estructurada**

Se creó una base de datos utilizando herramientas de Microsoft, como Microsoft Access y Microsoft Excel, la cual permitiera manejar en forma estructurada los cerca de 178.000 datos informados por las entidades<sup>12</sup> que han realizado monitoreos en la cuenca del Río Huasco a través de los años.

Un esquema relacional necesita de conexiones lógicas entre los datos, y, en este contexto se creó dos entidades: *Parámetros* y *Estaciones*. La entidad "*Parámetros*" contiene la información asociada a cada parámetro de medición y la entidad "*Estaciones*" contiene la información asociada a cada estación de monitoreo. Estas entidades y todos sus campos se bosquejan en el Gráfico N° 12.

<sup>11</sup> Ibacache, I; C.Sierra, C., y, Tapia F., (2000) "Fertilización del Olivo en el Valle de Huasco", Boletín Técnico N°45, INIA, Centro Regional de Investigaciones Intihuasi.

<sup>12</sup> Entidades que han realizado monitoreo en la cuenca del Río Huasco: ANAM, CMN, DGA, IDITEC, INIA-JVR.

**Gráfico N° 12**  
**Esquema de entidades y sus relaciones en lenguaje estructurado de consultas**



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

El grueso de la información está conformado por otra entidad, que se ha llamado "Mediciones". Esta entidad posee en su interior los datos puros de las mediciones, es decir, el parámetro medido, la estación donde fue medido, el tiempo exacto de medición, la magnitud observada, entre otros.

**Gráfico N° 13**  
**Entidad "Mediciones" presentado por Microsoft Access 2010**

COD_PARAM	COD_ESTACION	FECHA	HORA	FUENTE	MAGNITUD	SIGNO
8021	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	0.237	=
A0012	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	0.1	<
8041	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	0.002	=
6182	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	15	=
8145	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	0.01	<
5020	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	860	=
A0013	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	1	=
6000	3820002	22/06/2010	00:00	IDICTEC	9.3	=

Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

Un primer problema o desventaja de trabajar con estos modelos estructurados o de relaciones, es que se requiere un pequeño proceso de abstracción para el usuario, ya que los datos no están ordenados de manera amistosa con él. Para solucionar este problema, se creó una consulta SQL que recrea la estructura de datos con la que el MMA maneja los datos, lo que permite extraer directamente una copia amistosa con el usuario de la base de datos misma.

Un segundo problema que se observa con el manejo de los datos que se ha realizado hasta la fecha es la poca protección que se presta hacia el dato. En las hojas Microsoft Excel entregada por las entidades que han realizado monitoreo a través de los años en la cuenca del río Huasco, se cuantificó una

cantidad de aproximadamente 20.000 datos con uno o varios de los siguientes errores lógicos:

- i. Mediciones con valores vacíos,
- ii. distintas coordenadas de estaciones para una misma estación,
- iii. distintos tramos del río asignado a una misma estación y
- iv. datos distintos informados como realizados en la misma hora y en el mismo lugar.

Respecto al ítem i, se puede decir que el origen de este problema ha sido la falta de protección del dato y los formatos de presentación de datos que obligan a una consolidación desestructurada de la información.

Por otra parte los ítems ii. y iii. pueden tener orígenes en problemas con el sistema coordinado elegido para asignar coordenadas a los puntos, errores análogos a los del ítem i. y, sobre todo, a las informaciones no concordantes entregadas por las entidades que monitorean el río.

Finalmente, el ítem iv. tiene su origen en la falta de unicidad en la estructura de los datos a medir. En particular, una implicancia práctica muy determinante en no informar la hora del monitoreo, por ejemplo, es que al exponer los datos en gráficos temporales se pierden comportamientos cíclicos o se empobrece la capacidad de hacer predicciones o interpolaciones sobre ellos.

#### 4.5.2 Problemática

La falta de criterio único entre todas las entidades que han realizado mediciones en la cuenca nos enfrenta a la primera dificultad: Se debe organizar de manera racional y a mano gran parte de los datos informados. El problema es que algunas veces estos datos lo componen un conjunto de aproximadamente catorce mil entradas al sistema, lo que significa la reestructuración desde los informes de laboratorio a un sistema relacional que permita sacar deducciones.

Otra problemática tiene que ver con el manejo de la información y la integridad del dato. Por ejemplo, en la formación de la base de datos con la que operamos, se forzó a remover 17650 datos por no tener entradas en la magnitud. Es decir, información que fue ingresada vacía a las hojas Excel.

Destacamos en esta sección algo que se presentará a continuación. La falta de una periodicidad adecuada entre las entidades que monitorean las distintas estaciones; hacen difícil la interpolación de curvas y la predicción de comportamientos para los parámetros físicos y químicos.



En conclusión, se necesita coordinar no sólo la estructuración de los datos sino también las campañas de monitoreo para lograr datos significativos que permitan la deducción de información.

### 4.5.3 Programación, purgación y estadísticos sobre la base datos

Por la extensión de datos que se manejan y la integridad de la información, se ha creado una rutina utilizando MATLAB que es capaz de leer los datos organizados en el esquema relacional propuesto por Algoritmos para los datos entregados por el MMA.

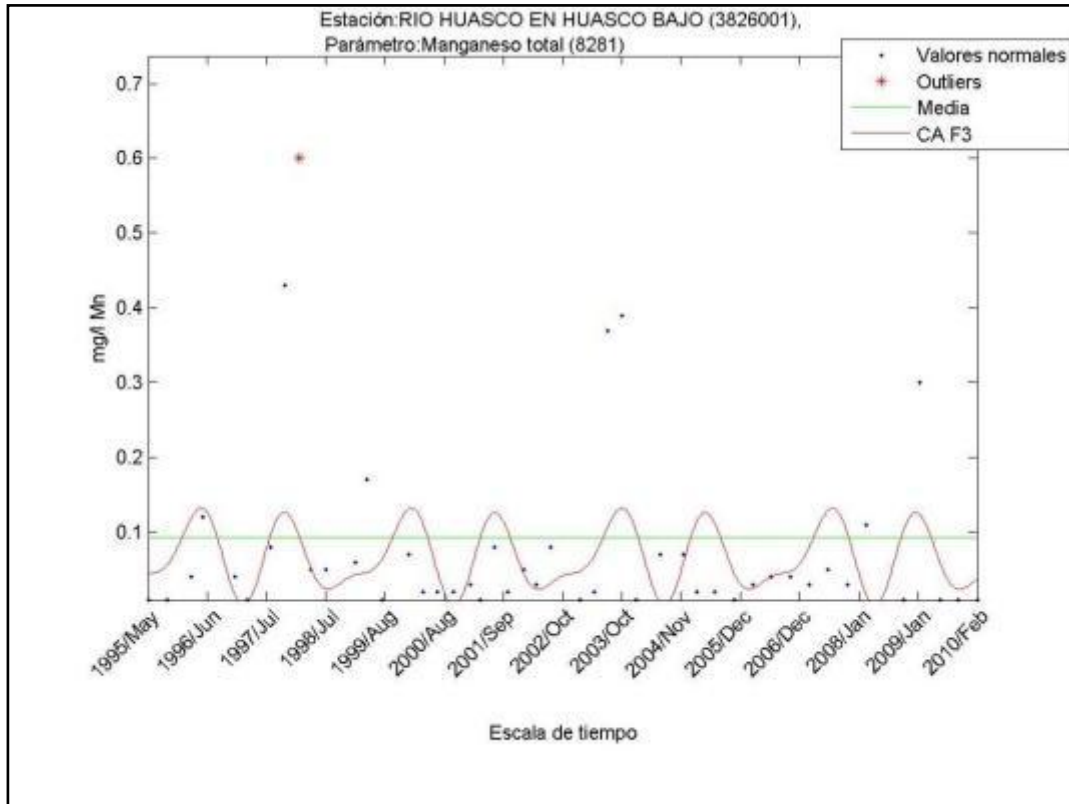
Esta rutina tiene las siguientes funcionalidades:

- i. Lectura y estructuración en lenguaje matricial de la totalidad de datos presentes en la base de datos.
- ii. Generación de estadísticos y determinación de outliers dentro de los datos leídos. Una vez extraídos los datos outliers se escriben aquellos buenos en una versión de la entidad "Mediciones".
- iii. Generación de gráficas históricas para todos los datos leídos, exponiendo los siguientes datos:
  - Datos sin outliers y tiempo de muestreo de ellos,
  - datos outliers y tiempo de muestreo de ellos,
  - media de los valores sin outliers observados y
  - una curva proveniente de una serie de Fourier de ocho sumandos que mejor ajusta los datos observados.
- i. Georeferenciación de las gráficas obtenidas por estación y parámetro en formato kml, para ser expuestas en plataformas de georeferación tipo Google Earth.
- ii. Georeferenciación de los datos promedio en archivos de formato kml, para ser expuestos en plataformas de georeferenciación tipo Google Earth.

### 4.6 Determinación de datos Outliers

Siguiendo lo realizado por otras consultorías, lo entregado por las entidades y utilizando un test de outliers sumamente masificado y validado, Asesorías Algoritmos implementa dentro de la rutina MATLAB el test 3-sigma para la determinación de datos outliers. Este test compara la distancia de cada uno de los datos al valor de la media observada y cuando esta distancia es mayor que tres veces la desviación estándar de los datos, el dato mismo es clasificado como un "outlier".

### Gráfico N° 14 Ejemplo de Outlier



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

Todas las gráficas donde se determinan los Outliers han sido entregadas en formato JPEG, ver ANEXO 1.

En la figura anterior se observan los outliers lejos del compartamiento de la curva ajustada y lejos de la media, como es de esperarse. Estos outliers son removidos y se escribe una nueva versión de la entidad "Mediciones" que no los contiene.

La totalidad de los datos outliers han sido extraídos y compilados en un archivo .xlsx, tanto para la base de datos de calidad DGA, caudal DGA y de otras entidades que han sido recolectadas en formato .xls, ver archivo Outliers.xls en ANEXO 1.

A modo de metadatos, este archivo se organiza en siete columnas, conteniendo en orden de izquierda a derecha el código del parámetro outlier, la estación donde fue medido, la fecha de medición, la hora de medición, la fuente que informó el dato anómalo, la magnitud anómala y el signo con el que fue cuantificado. A modo de ejemplo, ver la tabla siguiente.

**Tabla N° 19**  
**Ejemplo de la recolección de datos atípicos**

<b>COD_PARAM</b>	<b>COD_ESTACION</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>FUENTE</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>SIGNO</b>
A0003	VIT5	21/02/2002	00:00	CMN	271	=
6182	3823001	15/10/2009	10:44	DGA	5.41E+03	=
8440	3826001	29/10/2007	19:15	DGA	2.15E+01	=
8120	3820003	28/02/1973	09:00	DGA	4.83E+01	=
6080	3802001	09/09/1996	11:19	DGA	3.84E+02	=

Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

#### **4.7 Curva ajustada de datos para la interpolación y predicción de comportamientos**

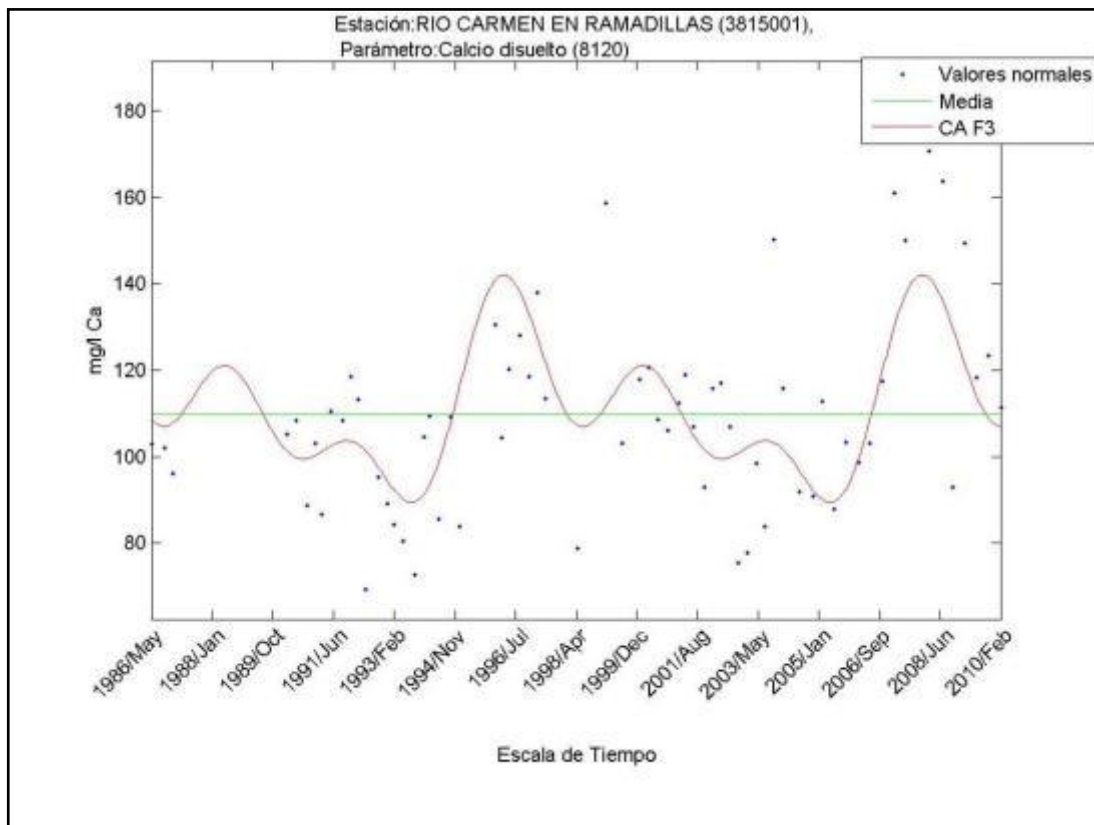
Las series de Fourier son una herramienta matemática sumamente utilizada para la generación de curvas de ajuste de datos cuando los datos presentan comportamientos periódicos o cíclicos. Una serie de Fourier corresponde a una suma de funciones periódicas de senos y cosenos.

Así mismo, las series de Fourier se pueden ajustar también a un conjunto de datos como sea requerido, lo cual es una ventaja y una desventaja al mismo tiempo.

Para un conjunto suficiente de datos (por ejemplo, que sobre determine el problema del ajuste de una serie de Fourier), la curva ajustada no interpolará exactamente los datos observados, sino que buscará una curva que minimice el error cuadrático medio; por otro lado, para un conjunto insuficiente de datos (por ejemplo, que el problema de ajuste quede indeterminado) la curva de aproximación puede ser incalculable o, en el peor de los casos, ser una mala interpolación de la curva real.

En el gráfico siguiente se observa, a modo de ejemplo, una colección de datos dispersa en el tiempo dentro de un rango admisible, que permite una buena curva de ajuste.

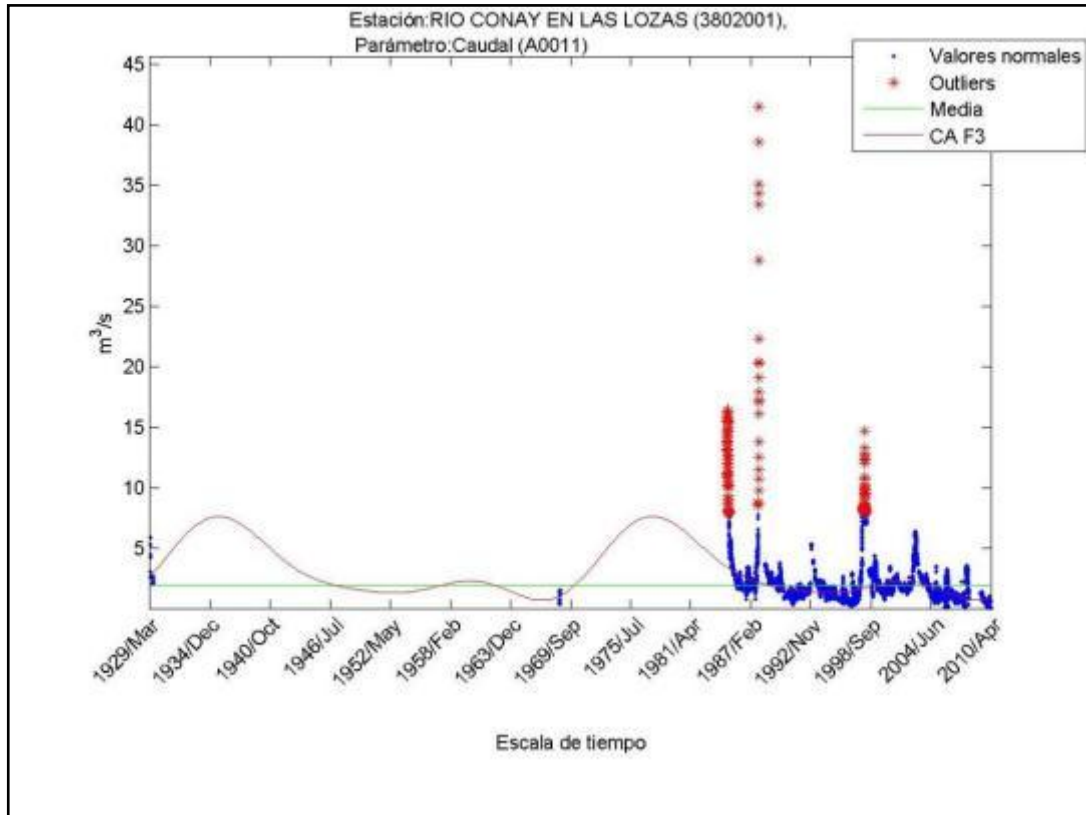
**Gráfico N° 15**  
**Caso de un parámetro con excelentes resultados de aproximación**



Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

Así mismo, en el gráfico siguiente se observa que a pesar de la dispersión de los datos, la curva ajustada presenta un buen comportamiento. Esto se debe a que la cantidad de datos es suficiente y el periodo donde fueron tomados con cierta periodicidad permite ajustar una buena curva

**Gráfico N° 16**  
**Un caso con un parámetro con un buen patrón de mediciones**

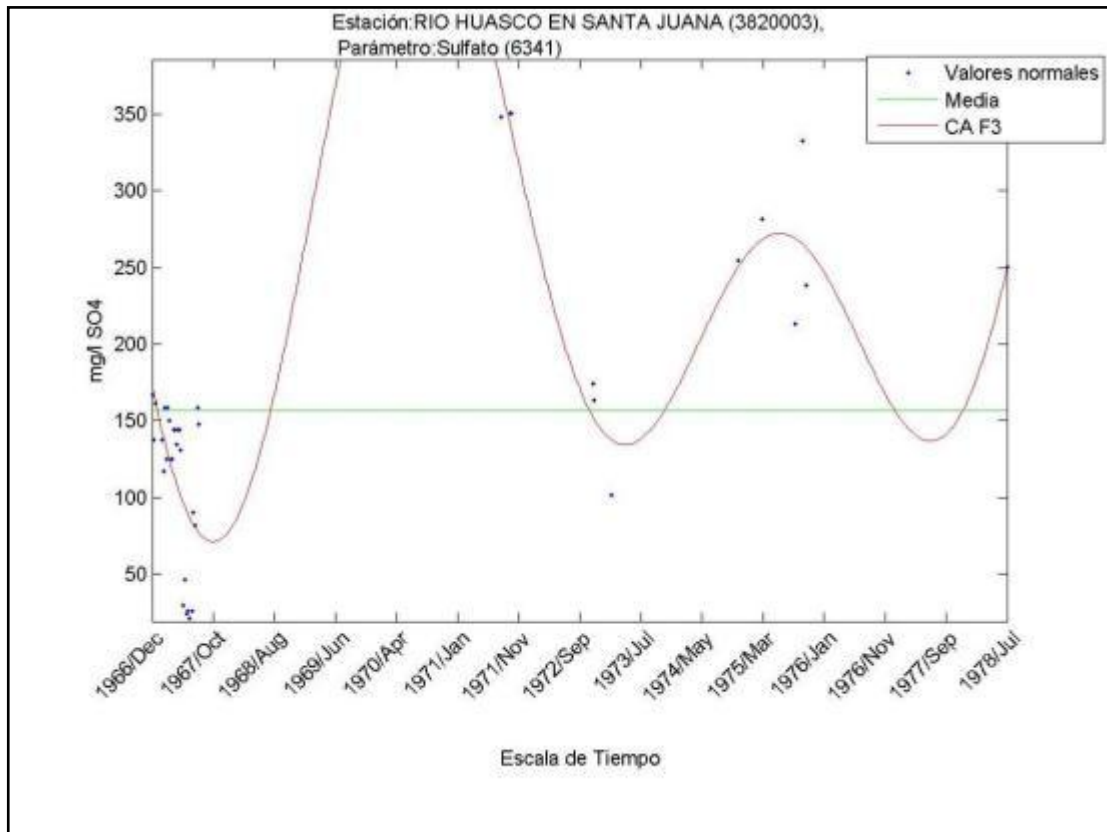


Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

Mostrando otro caso en donde una curva ajustada no tiene sentido (ver gráfico siguiente). Si bien el número de datos es grande, cabe notar que hay muchos repetidos en el mismo día o el periodo de medición fue muy corto entre ellos.

El código implementado por Asesorías Algoritmos construirá la curva de ajuste en sólo dos casos: cuando se trate del parámetro caudal o cuando hayan más de quince datos totales para el parámetro en la base de datos. Este criterio no asegura que la curva de ajuste sea una curva interpretable; una lectura con altura de mira es necesaria para determinar si la curva ajustada es una buena curva.

**Gráfico N° 17**  
**Un caso de un parámetro con malas mediciones**



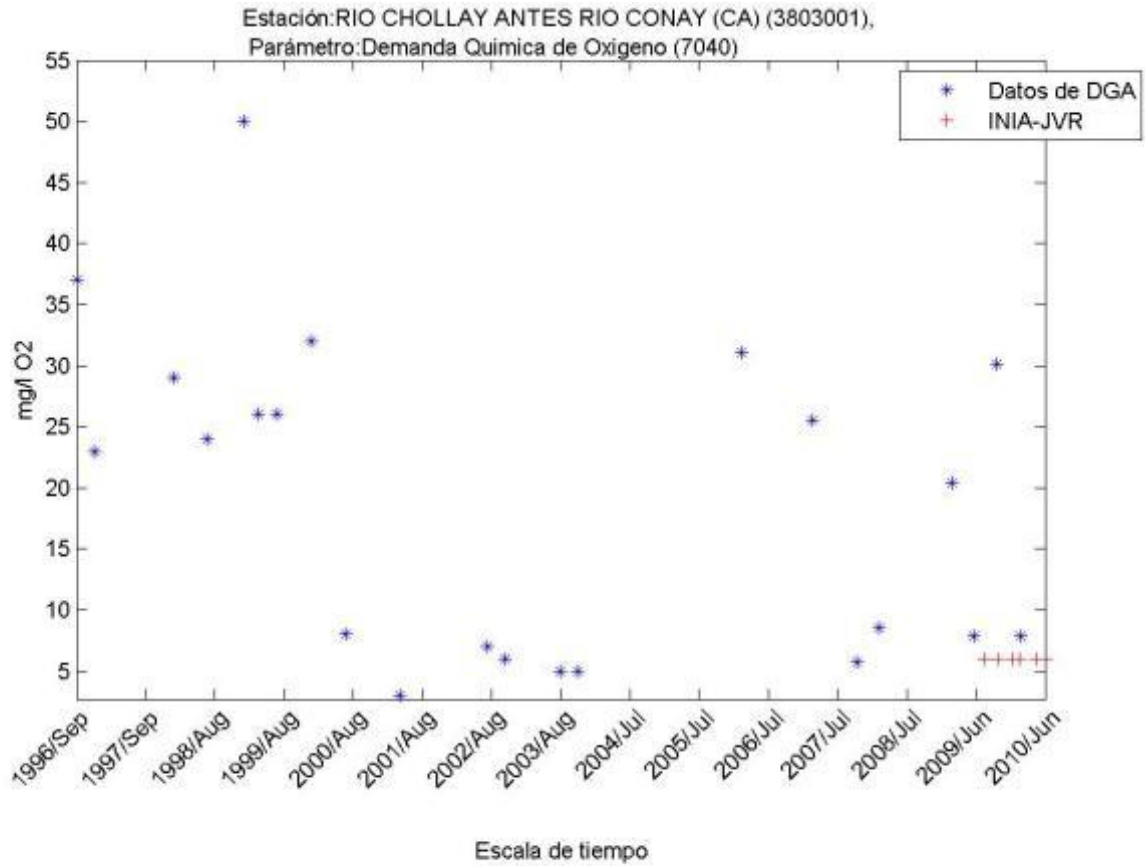
Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

#### 4.7.1 Comparación y validación de los datos de la DGA.

Utilizando las herramientas descritas anteriormente, se procede a la síntesis de una comparación objetiva de los datos de la DGA con las otras entidades que han realizado estudios en estaciones de monitoreo DGA o en subcuencas donde la DGA ha monitoreado.

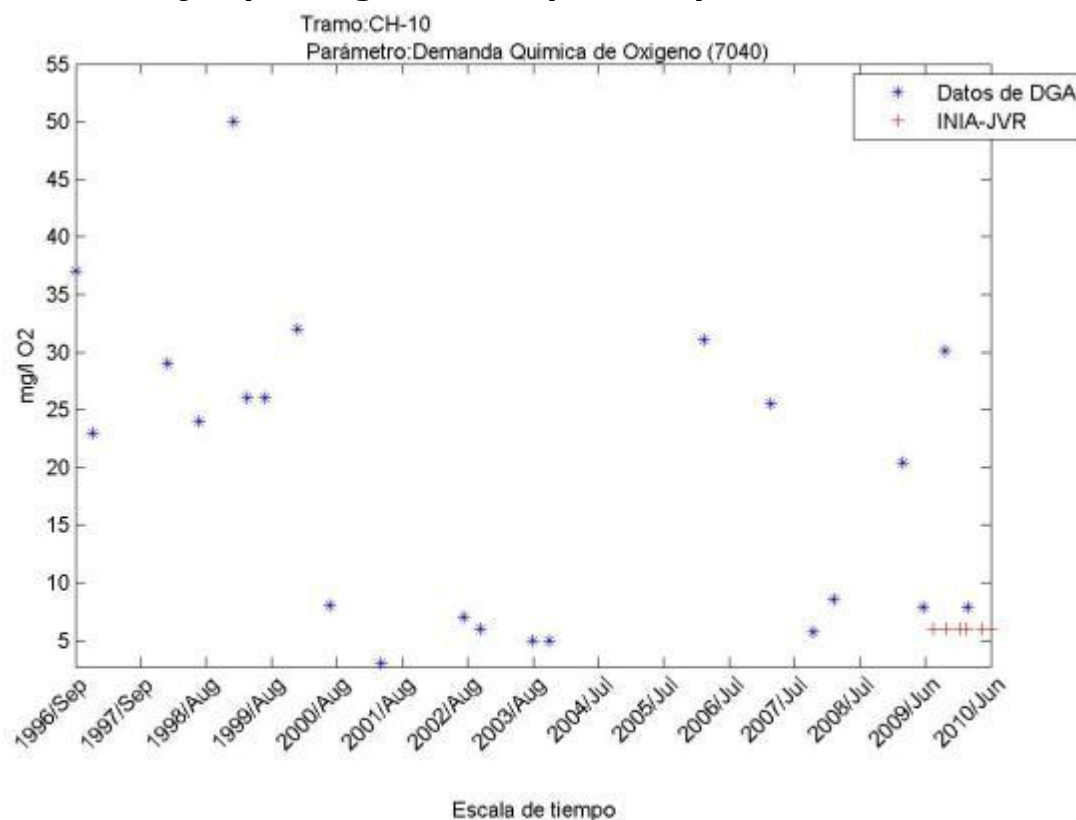
Para hacer más manejable las interpretaciones por cada parámetro monitoreado por la DGA y otras entidades, se ha representado gráficamente todas las mediciones, y en donde se procede a dar un ejemplo de este análisis (ver gráfico siguiente). El total de las gráficas donde se comparan los datos DGA por estación han sido entregadas en formato JPEG y georeferenciados en .kml (ver ANEXO 2).

**Gráfico N° 18**  
**Ejemplo de gráfico comparativo por estación**



En el gráfico anterior se puede observar que los datos informados por INIA JVR están todos agrupados de forma casi constante, mientras que por otra parte, los datos informados por DGA presentan una varianza mucho mayor. Lo mencionado anteriormente, para la mayoría de los datos DGA, es un factor común en todos los parámetros físico-químicos informados.

**Gráfico N° 19**  
**Ejemplo de gráfico comparativo por tramo**



Para el gráfico anterior se observa precisamente lo mencionado en el ejemplo anterior, donde se resalta que este gráfico permite observar el comportamiento en toda la subcuenca CH-10, permitiendo adquirir unos gráficos más para comparar con la DGA. El total de las gráficas donde se comparan los datos DGA por subcuenca han sido entregadas en formato JPEG y georeferenciados en .kml (ver ANEXO 2).

Cabe resaltar que, comparando los resultados gráficos de los gráficos 19 y 20 se puede concluir que la estación 3803001, es el único punto de monitoreo para el parámetro 7040 en la subcuenca CH-10.



## 4.8 Georeferenciación de información.

### 4.8.1 Georeferenciación de gráficas históricas.

El código implementado crea un archivo .kml por cada parámetro en cada estación. Este archivo .kml llama a la imagen de igual nombre y la expone de forma georeferencial utilizando las coordenadas asociadas a la estación donde se monitorearon los datos.

En la figura siguiente se muestra un árbol de códigos de parámetros en la estación Río Carmen en Ramadillas. Cada rama de este árbol posee una georeferencia al gráfico histórico del parámetro asociado.

**Figura N° 11**  
**Parámetros Georeferenciados<sup>13</sup>**  
**Estación Río Carmen en Puente Ramadillas**



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

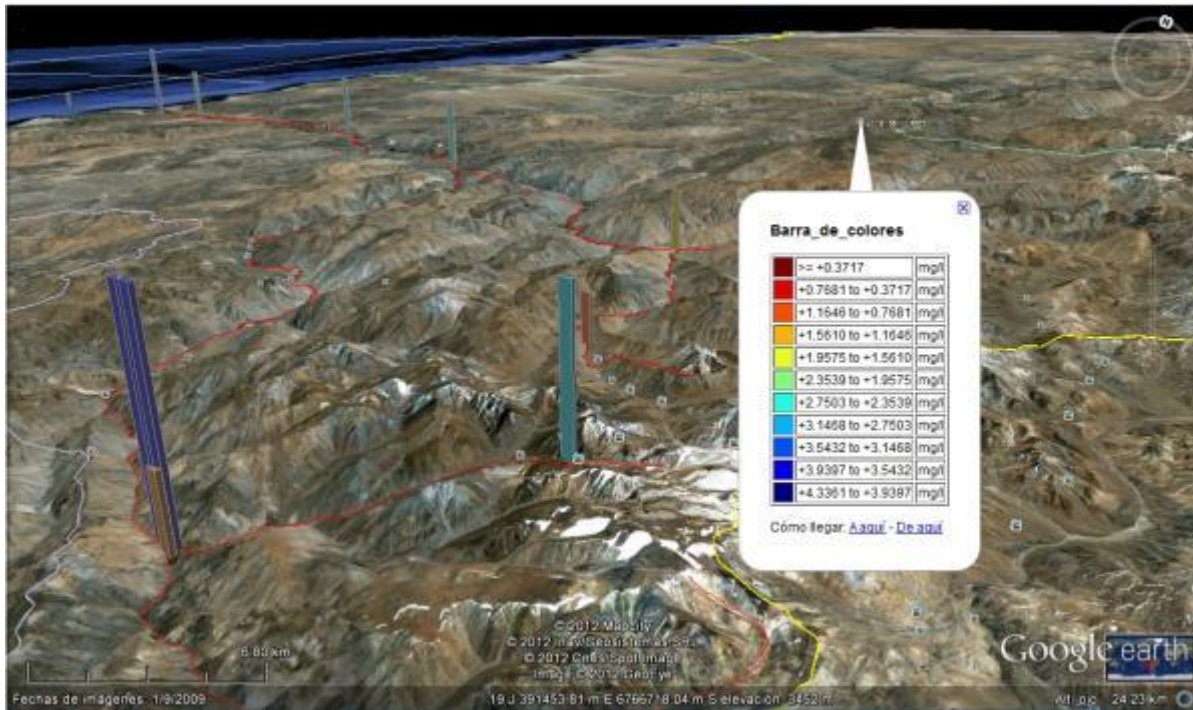
### 4.8.2 Georeferenciación de estadísticos.

Utilizando programas de escritura de archivos .kml se escribe un archivo por parámetro que contiene información referente a la media del parámetro por estación y una tabla que contiene la escala y unidad de medida para el parámetro.

<sup>13</sup> Todas las gráficas han sido entregadas en formato JPEG y georeferenciados en .kml (ver ANEXO 3).

En la siguiente figura, se muestra, a modo de ejemplo, la información de la media para el parámetro de código 8240, es decir, para el Litio Disuelto georeferenciada en cada estación de monitoreo. Todos los demás estadísticos se muestran y son georeferenciados en formato .kml en el ANEXO 4.

**Figura N° 12**  
**Litio Disuelto Georeferenciado (Parámetro N° 8240)**

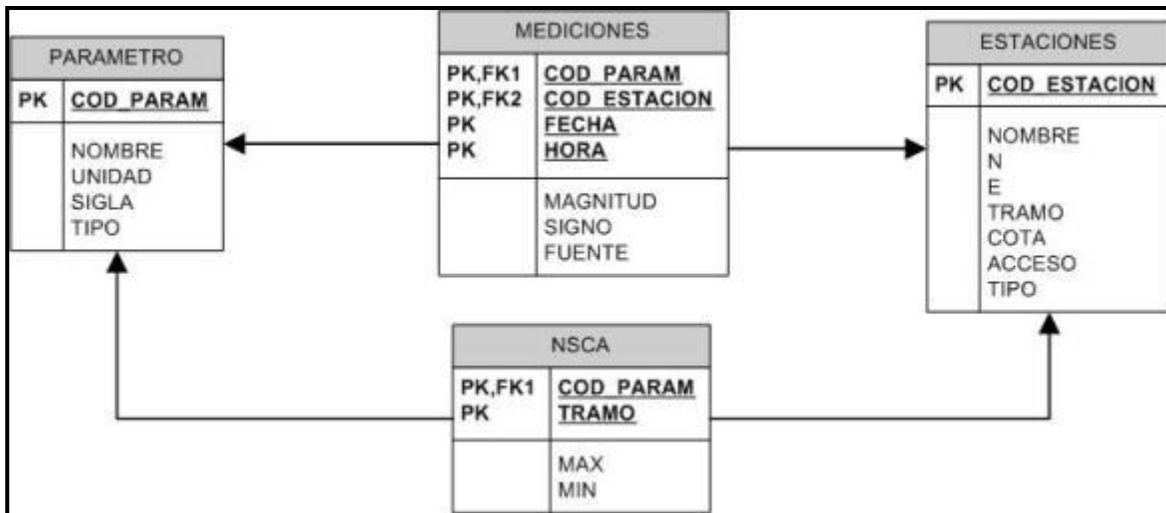


Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

#### 4.9 Comparación con los términos de la NSCA.

La Norma Secundaria de Calidad de Aguas en la cuenca del río Huasco se define como un rango máximo y/o mínimo, para cierto conjunto de parámetros físicos, químicos o biológicos, por tramo del río. Siguiendo el esquema relacional propuesto para la base de datos, se creó la siguiente entidad NSCA que se relaciona según el esquema, visto en la el gráfico siguiente.

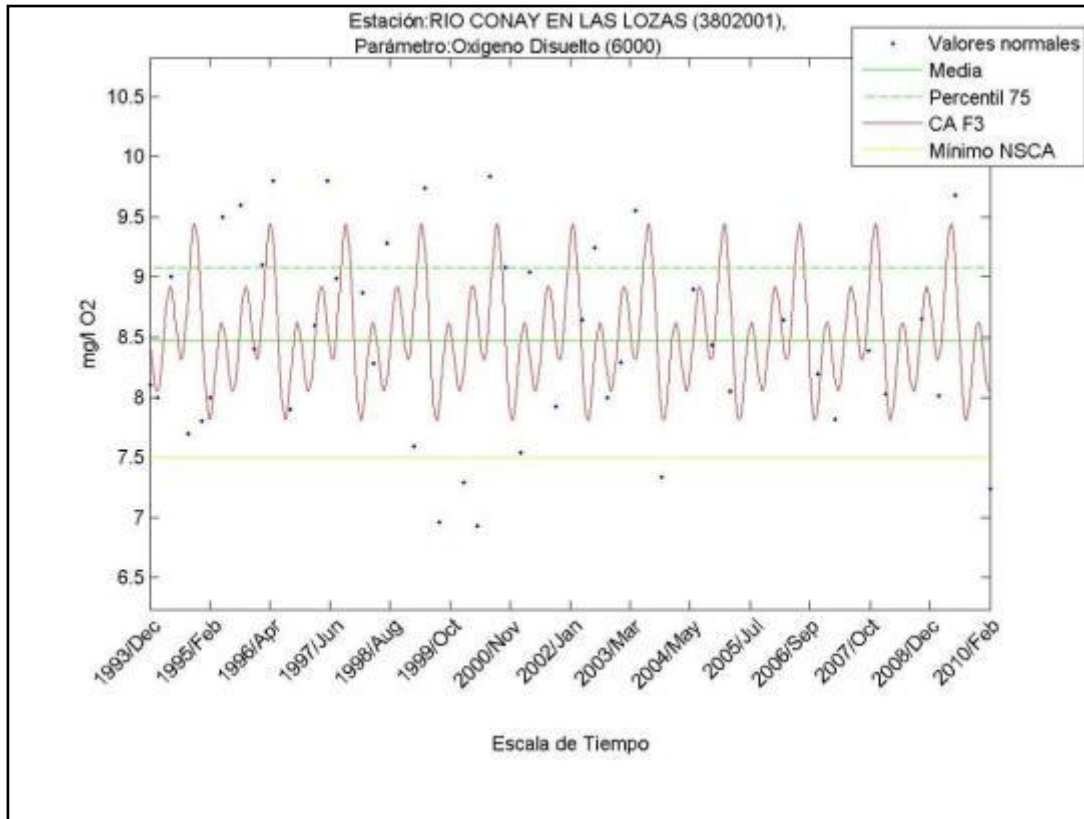
**Gráfico N° 20**  
**Esquema de base de datos ampliado para contener la NSCA**



Fuente: Asesorías Algoritmos, 2012.

Utilizando esta codificación, el programa de generación de gráficos entregará una línea que determina los rangos de la NSCA en cada gráfico que corresponda, es decir, cuyo parámetro esté normado y la estación de monitoreo pertenezca a algún tramo del río donde afecte la norma. Por ejemplo, con el conjunto de datos a la fecha, se genera en la en gráfico siguiente.

**Gráfico N° 21**  
**Estación río Conay en Las Lozas, parámetro Oxígeno Disuelto con valor mínimo en la NSCA**



Fuente: Elaboración Asesorías Algoritmos, 2012.

En el gráfico anterior se observan todos los estadísticos, la curva ajustada y en amarillo el mínimo de oxígeno disuelto que declara la NSCA para la estación 3802001 perteneciente a la subcuenca CO-10.

Las gráficas del ANEXO 3, que contienen los límites de las NSCA para los parámetros que aplica.

#### 4.9.1 Registro de excedencias y carencias a la NSCA

Utilizando lenguaje SQL y la estructura de datos propuesta, se ha creado una sencilla consulta SQL que permite estructurar y conocer todos los incumplimientos a la NSCA por tramo de río, nombre de parámetro, código de parámetro, fecha y magnitud, véase tabla siguiente.

**Tabla N° 20**  
**Ejemplo de las violaciones a límites inferiores de la NSCA**

<b>CARENCIAS A LA NSCA</b>						
<b>TRAMO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>FECHA</b>	<b>MAGNITUD (mg/l)</b>	<b>MAX (mg/l)</b>	<b>MIN (mg/l)</b>
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	26/10/2005	2.73	no	7.50
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	27/02/2008	6.67	no	7.50
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	18/02/2010	7.23	no	7.50
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	29/10/2003	2.51	no	7.50
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	17/10/2002	2.62	no	7.50
HU-30	Oxígeno Disuelto	6000	30/06/2008	2.63	no	7.50

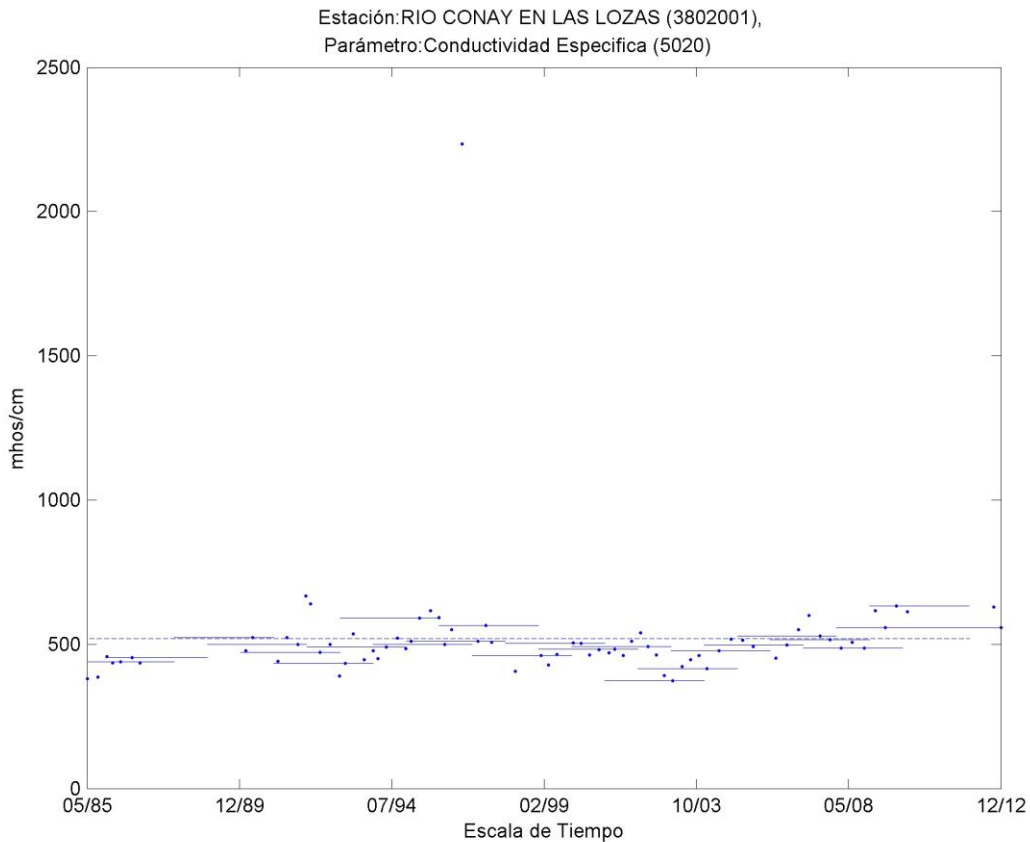
El registro de incumplimientos se guarda de dos formas, llamadas Excesos a la NSCA y Carencias a la NSCA. Una representa incumplimientos a límites superiores y la otra a límites inferiores respectivamente. Por ejemplo, en la tabla anterior se representan incumplimientos a límites inferiores.

El total de excedencias y carencias a la NSCA se encuentran en el ANEXO 5.

#### **4.9.2 NSCA y percentiles móviles**

Se ha implementado un programa en matLAB que calcula los percentiles móviles y registra en formato CSV los incumplimientos a la NSCA. La totalidad de estos registros y gráficos están disponibles en el ANEXO 10.

**Gráfico N° 22**  
**Límite normado y percentiles móviles para el parámetro Conductividad específica, medida en el río Conay en Las Lozas.**



A modo de ejemplo se incluye el gráfico anterior. En él se muestra el límite normado para el tramo CO-10 para el parámetro Conductividad Específica (el cual es 520 mhos/cm) en una línea azul punteada, en puntos azules aparecen las mediciones puntuales realizadas históricamente, incluyendo las realizadas por la campañas de monitoreos de Asesorías algoritmos, y unas líneas azules horizontales y continuas representan el percentil setenta y cinco calculado a partir de un periodo de tres años.

Para tabular la información anterior, en el ANEXO-10, se encuentra un archivo .CSV llamado "NSCA percentil 75 movil.csv", el cual contiene la totalidad de registros de cumplimientos o incumplimientos a la NSCA para las mediciones históricas incluyendo los datos de campaña de Asesorías Algoritmos. A modo de ejemplo se incluye la sección de este archivo que corresponde a los datos mostrados en la figura anterior y la tabla siguiente.

**Tabla N° 21**  
**Registro de percentiles móviles según NSCA para el parámetro**  
**Conductividad Específica en la estación Río Conay en las Lozas**

<b>Estación</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cumplimiento</b>	<b>Percentil 75</b>	<b>Limite normado MAX</b>	<b>Limite normado MIN</b>
3802001	5020	1985 - 1988	CUMPLE	440	520	no
3802001	5020	1986 - 1988	CUMPLE	453	520	no
3802001	5020	1988 - 1990	NO CUMPLE	523	520	no
3802001	5020	1988 - 1991	NO CUMPLE	523	520	no
3802001	5020	1989 - 1992	CUMPLE	472	520	no
3802001	5020	1990 - 1993	CUMPLE	433	520	no
3802001	5020	1991 - 1994	CUMPLE	451	520	no
3802001	5020	1992 - 1995	CUMPLE	510	520	no
3802001	5020	1993 - 1996	NO CUMPLE	593	520	no
3802001	5020	1994 - 1997	CUMPLE	511	520	no
3802001	5020	1995 - 1998	CUMPLE	506	520	no
3802001	5020	1996 - 1999	CUMPLE	461	520	no
3802001	5020	1997 - 2000	CUMPLE	503	520	no
3802001	5020	1998 - 2001	CUMPLE	471	520	no
3802001	5020	1999 - 2002	NO CUMPLE	539	520	no
3802001	5020	2000 - 2003	CUMPLE	373	520	no
3802001	5020	2001 - 2004	CUMPLE	461	520	no
3802001	5020	2002 - 2005	CUMPLE	517	520	no
3802001	5020	2003 - 2006	CUMPLE	452	520	no
3802001	5020	2004 - 2007	NO CUMPLE	600	520	no
3802001	5020	2005 - 2008	CUMPLE	486	520	no
3802001	5020	2006 - 2009	NO CUMPLE	616	520	no
3802001	5020	2007 - 2010	NO CUMPLE	558	520	no
3802001	5020	2008 - 2011	NO CUMPLE	633	520	no
3802001	5020	2009 - 2012	NO CUMPLE	630	520	no
3802001	5020	2010 - 2013	NO CUMPLE	557	520	no
3802001	5020	2011 - 2014	NO CUMPLE	557	520	no

## 5 Monitoreo calidad del agua de la cuenca del río Huasco

### 5.1 Descripción visita a terreno

La primera visita de terreno, denominada “visita de reconocimiento” se realizó los días 22 y 23 agosto del año 2012, en el marco de la consultoría “Diagnostico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco”. La actividad mencionada contó con la participación de profesionales de la SEREMI del Medio Ambiente Región de Atacama y el equipo consultor Asesorías Algoritmos, quienes durante los dos días de trabajo recorrieron la zona media-alta (Embalse Santa Juana-Río Transito-Río Carmen) y media baja de la cuenca del Río Huasco (Embalse Santa Juana-Huasco Bajo).

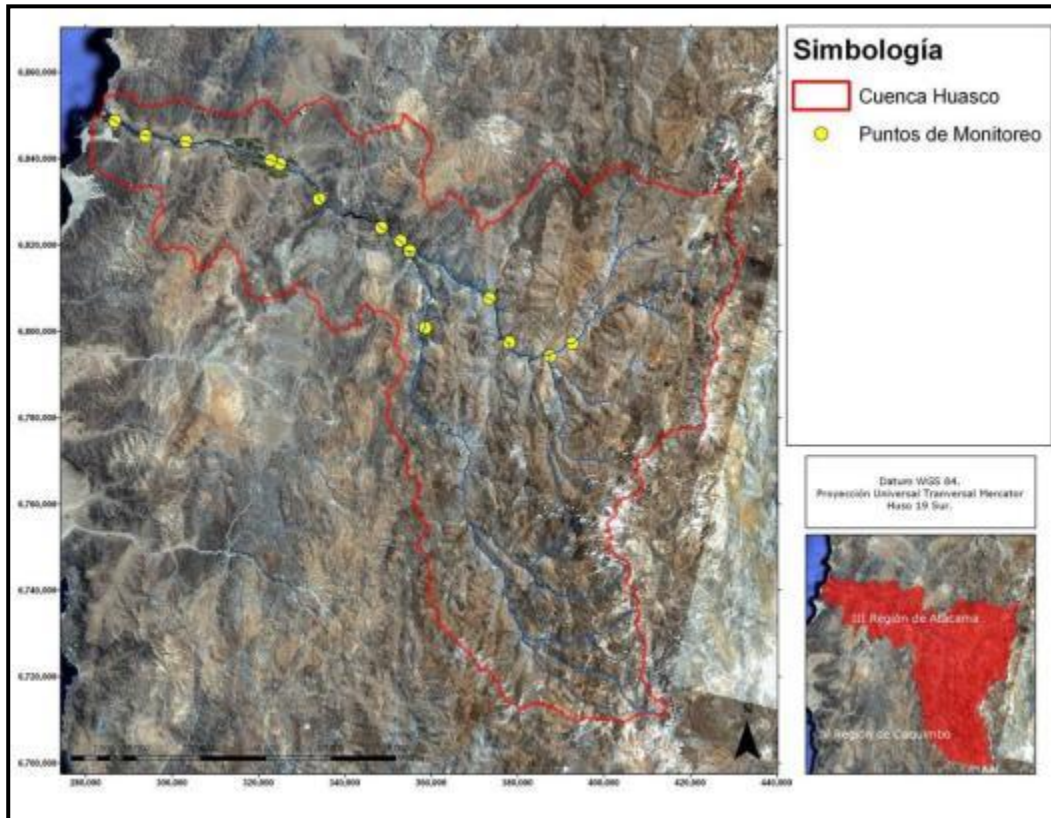
En específico los profesionales de la SEREMI del Medio Ambiente Región de Atacama realizaron una exposición introductoria al equipo consultor, haciendo referencia al origen y estado actual de las NSCA para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco. Luego, el cronograma de trabajo incluyó la visita a las distintas estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA) con las que se diseñaron las NSCA y otras estaciones que se consideraron relevantes dado que serán incluidas en el futuro Programa de Vigilancia de la Norma.

#### 5.1.1 Propuesta de diseño de monitoreo

Según la revisión de antecedentes y la visita a terreno, los profesionales del Departamento de Economía Ambiental, SEREMI del Medio Ambiente Región de Atacama y la consultora Asesorías Algoritmos consensuaron que el diseño de monitoreo concentrase sus esfuerzos en la zona baja y media-alta de la cuenca del río Huasco (Tabla N° 22). Así mismo, el diseño de muestreo considero la inclusión de los puntos Propuestos por el MMA, los cuales son Río Huasco aguas abajo del Embalse Santa Juana en el sector Chañar Blanco, y Río Huasco en Quebrada El Negro. En este mismo orden, la fundamentación para no incluir las estaciones de la zona alta es que resultan de difícil acceso, principalmente en la temporada de invierno dadas las restricciones establecidas en el área de protocolo. La distribución geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo se muestra en los siguientes tres gráficos.

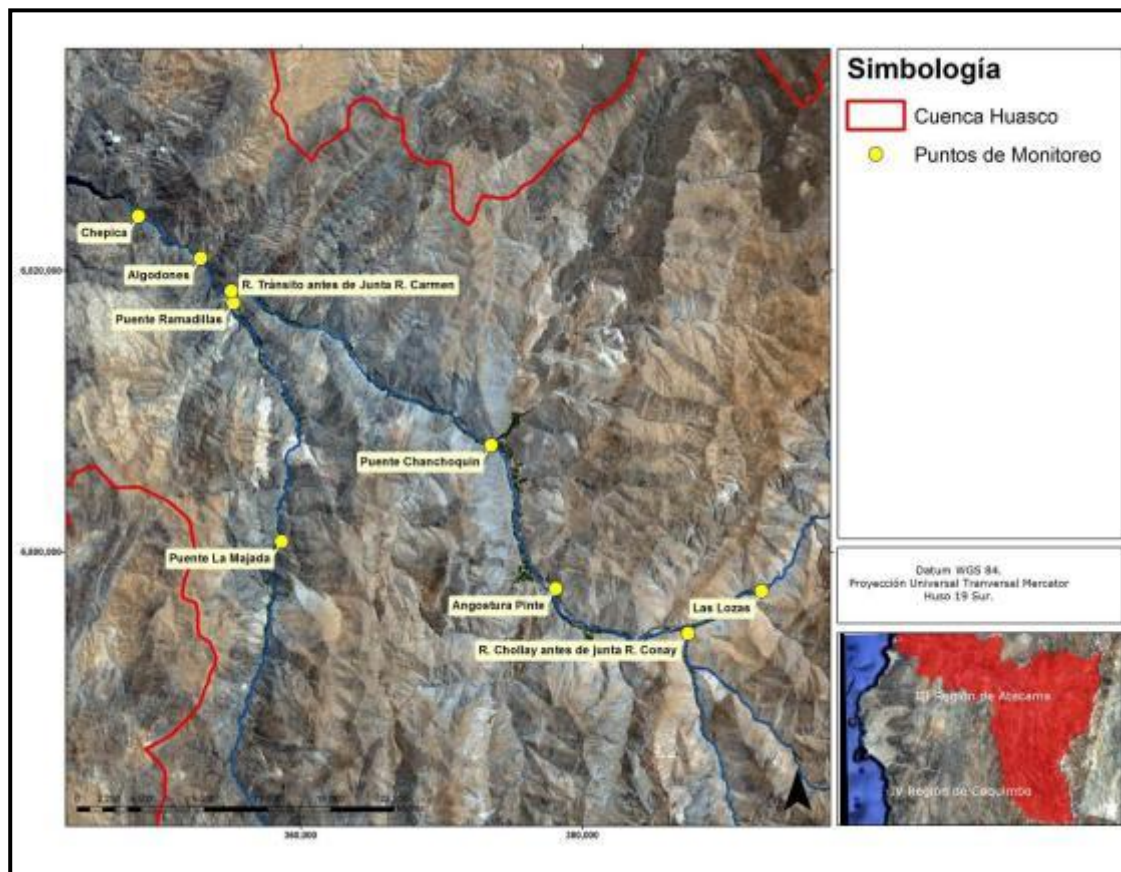


**Gráfico N° 23**  
**Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad de las aguas en la cuenca del Río Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información recopilada en terreno, 2012.

**Gráfico N° 24**  
**Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad del aguas de la sección media-alta de la cuenca del río Huasco.**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información recopilada en terreno, 2012.

**Gráfico N° 25**  
**Estaciones propuestas para el monitoreo de la calidad de las aguas de la sección media-baja de la cuenca del río Huasco**



Fuente: Asesorías Algoritmos en base a información recopilada en terreno, 2012

**Tabla N° 22**  
**Propuesta de diseño de monitoreo**

Río	Tramo	Código	Nombre estación	Coordenadas		Observaciones
				Este	Norte	
CONAY	CO-10	3802001	Las Lozas	392723	6797196	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos y de calidad. Este punto fue utilizado para la confección de la propuesta de NSCA dado que tiene datos oficiales de calidad de agua de la DGA.
CHOLLAY	CH-10	3803001	Antes junta con río Conay	387498	6794206	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos y de calidad. Este punto fue utilizado para la confección de la propuesta de NSCA dado que tiene datos oficiales de calidad de agua de la DGA.
TRÁNSITO	TR-10	3804002	Angostura Pinte	378100	6797394	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos. Estación de importancia para la observación del Tramo TR-10
	TR-10	ALG-TRCH	Puente Chancoquín	373522	6807601	En este tramo no se han realizado monitoreos previos. Este punto da señales del estado de la calidad del agua respecto al efecto de los poblados aguas arriba de Chancoquín y El Tránsito. Dichos poblados se encuentran en crecimiento.
	TR-10	3806001	Antes junta con río Carmen	355073	6818555	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos y de calidad. Este punto fue utilizado para la confección de la propuesta de NSCA dado que tiene datos oficiales de calidad de agua de la DGA.
CARMEN	CA-10	3815002	Puente la Majada	358622	6800741	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos. Dada la inexistencia de monitoreos oficiales por parte de DGA en tramo CA-10, es relevante contar con mayor información del tramo.
	CA-10	3815001	Puente Ramadillas	355199	6817730	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros de calidad. Este punto fue utilizado para la confección de la propuesta de NSCA dado que tiene datos oficiales de calidad de agua de la DGA.

**Tabla N° 20 (continuación)**  
**Propuesta de diseño de monitoreo**

Río	Tramo	Código	Nombre estación	Coordenadas		Observaciones
				Este	Norte	
HUASCO	HU-10	3820001	Algodones	352889	6820900	Estación perteneciente a la DGA. Mide parámetros Fluviométricos. Estación de relevancia a nivel de caudal respecto al balance que efectúa la DGA con el río El Tránsito y el río El Carmen. Complementariamente es representativo del tramo de la norma denominado HU-10.
	HU-10	3820002	Chépica	348468	6823908	Estación DGA Fluvioimetrica. Punto monitoreo UDA – ANAM. Estación que da señal de la calidad del agua antes de su entrada al Embalse Santa Juana
	HU-20	HCO-2	Aguas abajo del Embalse Santa Juana en el sector Chañar Blanco	334111	6830563	Punto monitoreo UDA – ANAM. Se corrige información de Coordenadas entregadas en estudio de la UDA y de ANAM. Esta estación es relevante dado que es el único monitoreo existente entre el Embalse Santa Juana y ciudad de Vallenar. Genera datos importantes respecto a cómo se comporta el río una vez sale del embalse.
	HU-20	3823001	Puente Panamericana	324990	6838697	Punto oficial DGA en calidad de Agua. Este punto fue utilizado para la confección de la propuesta de Norma dado que tiene datos oficiales de calidad de Agua DGA. Se encuentra aguas abajo de la ciudad de Vallenar
	HU-30	HCO-3	Aguas abajo de la descarga de la PTAS de Vallenar	322840	6839589	Punto monitoreo UDA – ANAM. Esta estación se encuentra aguas abajo de la PTAS de Vallenar, por lo que es fundamental para el monitoreo del tramo.
	HU-30	3825001	Puente Nicolasa	303237	6843933	Estación DGA Fluvioimetrica. Aguas abajo de PTAS Vallenar y de Planta de Alimentos de Agrosuper. Estación de control aguas abajo de Planta de Alimentos Agrosuper y Humedal de Maitencillo.

**Tabla N° 20 (continuación)**  
**Propuesta de diseño de monitoreo**

Río	Tramo	Código	Nombre estación	Coordenadas		Observaciones
				Este	Norte	
HUASCO	HU-30	JV-2	Quebrada El Negro	293906	6845229	Punto importante para el control de la calidad de las aguas. Ubicada aguas debajo de la PTAS de Freirina. Existen datos recopilados en la estación de medición INIA 1. Además, está comprometido en la RCA N1 24/2012 de la planta de tratamiento de Freirina, la implementación de un plan de vigilancia que consiste en: - Medición de DBO, SST, NT, PT, AYG, PE, CF, TCE, TCM, PH, T° y cloro residual. Teniendo como puntos de muestreo 100 metros aguas arriba de la descarga y el punto 6845245 N, 293956 E, a 62 m.s.n.m. aguas abajo. La frecuencia será de un muestreo continuo cada tres meses en los puntos comprometidos y un muestreo puntual cada mes intermedio. Las coordenadas del estudio INIA y compromiso de RCA Aguas Chañar es: 293956 E - 6845245 N.
	HU-30	3826001	Huasco Bajo	286809	6848704	Estación DGA calidad. Punto utilizado para la confección de la propuesta de NSCA dado que tiene datos oficiales de calidad de Agua DGA. Es el último punto de medición de la cuenca antes del Humedal del río Huasco.

### 5.1.2 Parámetros considerados en las campañas de monitoreo del río Huasco.

En la Tabla N° 23 se indican los parámetros controlados en cada uno de los puntos de muestreo. Cabe señalar que algunos de estos no están normados en la NSCA propuesta para la cuenca.

**Tabla N° 23**  
**Parámetros monitoreados en las aguas de la Cuenca del Río Huasco**

N°	Parámetros
1	pH
2	T
3	Conductividad
4	Oxígeno Disuelto
5	Alcalinidad
6	Aluminio
7	Amonio
8	Amoniaco
9	Arsénico
10	Boro
11	Calcio
12	Cianuro
13	Cloruro
14	Cobre
15	Clorofila-a
16	Fitoplancton.Abund. Relativa
17	Coliformes fecales
18	DQO
19	DBO <sub>5</sub> (Demanda Biológica de Oxígeno)
20	Fosfato
21	Fósforo
22	Hierro
23	Magnesio
24	Manganeso
25	Mercurio
26	Níquel
27	N-Nitrito
28	N-Nitrato
29	Nitrógeno total Kj.
30	Plomo
31	Potasio
32	Sodio
33	Sólidos disueltos
34	Sólidos suspendidos
35	Sulfato
36	Zinc

## 5.2 Desarrollo del programa de monitoreo

El programa de monitoreo consideró un total de 15 puntos de muestreo a lo largo de las estaciones propuestas en el diseño de monitoreo (Tabla N° 22). Las estaciones a su vez se ubican en siete de las 12 áreas de vigilancia establecidas en la propuesta de la NSCA.

En cada uno de los puntos se midieron parámetros puntuales de terreno como pH, temperatura, conductividad específica y oxígeno disuelto. Así mismo se tomaron muestras puntuales de agua para su análisis físico-químico (listado de parámetros en la Tabla N° 23). Además, en dos de los puntos se realizaron aforos.

### 5.2.1 Puntos de monitoreo

Los puntos de se ubican en las subcuencas principales: Río Conay, Río Chollay, Río Tránsito, Río Carmen y Río Huasco y fueron georeferenciados utilizando un GPS marca GARMIN, modelo e-trex 20 (ver ANEXO B).

En la Tabla N° 24 se indican los puntos de monitoreo por río y Área de Vigilancia a la cual pertenece y sus respectivas coordenadas UTM. Además se señala el código asignado a cada una de las muestras.

**Tabla N° 24**  
**Puntos de monitoreo**

Río	Área de Vigilancia	Código	Nombre estación	Coordenadas		Código muestras
				Este	Norte	
CONAY	CO-10	3802001	Las Lozas	392723 392711	6797196 6797192	Campaña 1: C1 Campaña 2: 1
CHOLLAY	CH-10	3803001	Antes junta con río Conay	387518 387517	6794183 6794183	Campaña 1: CH1 Campaña 2: 2
TRÁNSITO	TR-10	3804003	Puente Chanchoquin	373495 373492	6807615 6807611	Campaña 1: T1 Campaña 2: 5
		3804002	Angostura de Pinte	378110 378107	6797385 6797413	Campaña 1: T2 Campaña 2: 3
		3806001	Antes junta con río Carmen	355098 355096	6818550 6818553	Campaña 1: T3 Campaña 2: 6
CARMEN	CA-10	3815002	Puente la Majada	358767 358672	6800757 6800759	Campaña 1: CA1 Campaña 2: 4
		3815001	Puente Ramadillas Río Carmen antes Río Tránsito	355145 355134	6818321 6818312	Campaña 1: CA2 Campaña 2: 7



**Tabla N° 23 (continuación)**  
**Puntos de monitoreo**

Río	Área de Vigilancia	Código	Nombre estación	Coordenadas		Código muestras
				Este	Norte	
HUASCO	HU-10	3820001	Algodones	352881 352883	6820876 6820881	Campaña 1: H2 Campaña 2: 8
		3820002	Chépica	348468 348458	6823903 6823896	Campaña 1: H3 Campaña 2: 9
	HU-20	HCO-2	Chañar Blanco	334111 334108	6830558 6830567	Campaña 1: H1 Campaña 2: 10
		3823001	Puente Panamericana	324980 324967	6838696 6838691	Campaña 1: H4 Campaña 2: 11
	HU-30	HCO-3	Aguas abajo de la descarga de la PTAS de Vallenar	322837 322839	6839591 6839587	Campaña 1: H5 Campaña 2: 12
		3825001	Puente Nicolasa	303237 303239	6843936 6843940	Campaña 1: H6 Campaña 2: 13
		JV-2	Quebrada El Negro	293934 293932	6845241 6845240	Campaña 1: H7 Campaña 2: 14
		3826001	Huasco Bajo	286896 286900	6848614 6848622	Campaña 1: H8 Campaña 2: 15

### 5.2.2 Desarrollo de las campañas de monitoreo

Las fechas para la realización de las campañas de muestreo fueron consensuadas con el MMA. La medición de los parámetros de terreno y la colecta de las muestras de aguas, se realizó de acuerdo a lo descrito en NCh 411/6.Of1998 Calidad del agua-Muestreo-Parte 6:

Las muestras colectadas, fueron preservadas, almacenadas y transportadas de acuerdo a los requerimientos señalados en la NCh 411/3. Of1996 Calidad del agua -Muestreo\_Parte 3: Guía para la preservación y manejo de las muestras y en algunos casos según lo señalado en Standard Methods, cumpliendo con los requisitos en cuanto a al tipo de envase, tipo de preservante y tiempo máximo de almacenamiento.

En cada punto de muestreo se determinó: pH, temperatura, conductividad específica y oxígeno disuelto y se aforo en el río Tránsito y Rio Carmen.

### 5.2.2.1 Campaña # 1

La primera campaña se realizó durante los días 25, 26 y 27 de septiembre 2012. Las muestras se tomaron de "aguas arriba" a "aguas abajo", según lo señalado en la Tabla N° 25.

Además se realizó un aforo en la estación Puente Chanchoquin y Río Carmen antes Río Transito, y en la estación Chañar Blanco se midió en forma continua pH, temperatura, conductividad específica y oxígeno disuelto, por un período de doce horas.

**Tabla N° 25**  
**Campaña 1: Puntos de monitoreo**

Río	Área de Vigilancia	Código muestra	Nombre estación	Muestreo	
				Fecha	hora
TRANSITO	TR-10	C1	Puente Chanchoquin	25-sep-12	13:00
CONAY	CO-10	C1	Las Lozas	25-sep-12	15:00
CHOLLAY	CH-10	CH1	Antes junta con río Conay	25-sep-12	15:50
TRANSITO	TR-10	T2	Angostura de Pinte	25-sep-12	16:50
HUASCO	HU-20	H1	Chañar Blanco	25-sep-12	19:30
CARMEN	CA-10	CA1	Pte. La Majada	26-sep-12	13:30
TRANSITO	TR-10	T3	Río Tránsito antes junta Río Carmen	26-sep-12	15:10
CARMEN	CA-10	CA-2	Río Carmen antes Río Tránsito	26-sep-12	16:30
HUASCO	HU-10	H2	Algodones	26-sep-12	17:50
HUASCO	HU-10	H3	Chepica	26-sep-12	18:45
HUASCO	HU-20	H4	Panamericana	27-sep-12	14:45
HUASCO	HU-30	H5	AA PTAS Vallenar	27-sep-12	16:10
HUASCO	HU-30	H6	Puente Nicolasa	27-sep-12	17:15
HUASCO	HU-30	H7	Quebrada El Negro	27-sep-12	18:30
HUASCO	HU-30	H8	Huasco Bajo	27-sep-12	19:35

### 5.2.2.2 Campaña # 2

La segunda campaña se realizó los días 12 al 15 de noviembre de 2012. Las muestras se tomaron de "aguas arriba" a "aguas abajo", según lo señalado en la Tabla N° 26.

Lo mismo que en la campaña # 1, se realizó un aforo en la estación Puente Chanchoquin y Río Carmen antes Río Transito y en la estación Chañar Blanco

se midió en forma continua: pH, temperatura, conductividad específica y oxígeno disuelto, por un período de doce horas.

**Tabla N° 26**  
**Campaña 2: Puntos de monitoreo**

Río	Área de Vigilancia	Código muestra	Nombre estación	Muestreo	
				Fecha	hora
CONAY	CO-10	1	Las Lozas	12-nov-12	15:00
CHOLLAY	CH-10	2	Antes junta con río Conay	12-nov-12	14:30
TRANSITO	TR-10	3	Angostura de Pinte	12-nov-12	16:50
CARMEN	CA-10	4	Pte. La Majada	12-nov-12	17:20
TRANSITO	TR-10	5	Puente Chancoquin	13-nov-12	13:00
TRANSITO	TR-10	6	Río Tránsito antes junta Río Carmen	13-nov-12	14:15
CARMEN	CA-10	7	Río Carmen antes Río Transito	13-nov-12	15:15
HUASCO	HU-10	8	Algodones	13-nov-12	16:45
HUASCO	HU-10	9	Chepica	13-nov-12	17:45
HUASCO	HU-20	10	Chañar Blanco	13-nov-12	19:15
HUASCO	HU-20	11	Panamericana	14-nov-12	12:20
HUASCO	HU-30	12	AA PTAS Vallenar	14-nov-12	13:15
HUASCO	HU-30	13	Puente Nicolasa	14-nov-12	14:20
HUASCO	HU-30	15	Quebrada El Negro	14-nov-12	15:35
HUASCO	HU-30	15	Huasco Bajo	14-nov-12	16:45

## 5.3 Resultados del Monitoreo

A continuación se presentan los resultados del monitoreo de la calidad del agua de los cauces, obtenidos en las dos campañas realizadas.

### 5.3.1 Parámetros de Terreno

Los parámetros de terreno se midieron en cada uno de los puntos con una sonda multi parámetros marca YSI modelo Profesional Plus. En la Tabla N° 27 se presentan los valores obtenidos de dichas mediciones.

De los Gráfico N° 26 hasta el Gráfico N° 28 se presenta el comportamiento de estos parámetros a través de la cuenca.

Además, estos parámetros se midieron en forma continua en la estación Chañar Blanco, cada 15 minutos por un período de 12 horas, en cada campaña. El resumen de estas mediciones se presenta en la sección siguiente.

Además se aforo en el río Carmen y Río Transito, con sonda de velocidad Global Water FP111.

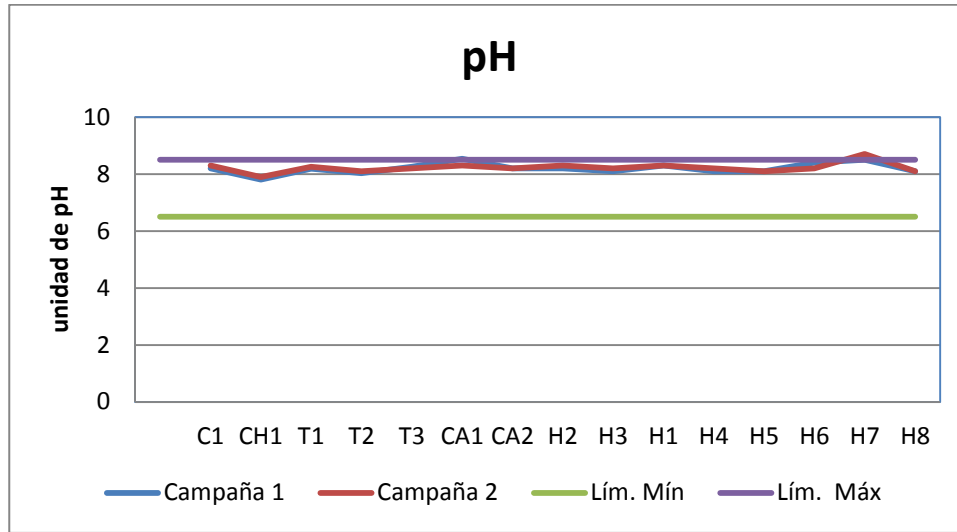
**Tabla N° 27**  
**Resultados Parámetros de Terreno**

Río	Área de Vigilancia	Nombre estación	Código de muestra	Muestreo		Parámetros de Terreno			
				Fecha	hora	pH	T	C. Específica	OD
CONAY	CO-10	Las Lozas	C1	25-sep-12	15:00	8,2	15,5	630	9,7
			1	12-nov-12	13:40	8,3	15,7	557	9,4
CHOLLAY	CH-10	Antes del río Conay	CH1	25-sep-12	15:50	7,8	19,6	557	8,6
			2	12-nov-12	14:30	7,9	21,6	565	8,4
TRANSITO	TR-10	Pte. Chancoquin	T1	25-sep-12	13:00	8,2	19,1	641	9,2
			5	13-nov-12	13:00	8,3	23,0	630	8,6
TRANSITO	TR-10	Angostura de Pinte	T2	25-sep-12	16:50	8,0	20,5	600	8,8
			3	12-nov-12	16:50	8,0	20,5	600	8,8
TRANSITO	TR-10	Antes junta río Carmen	T3	26-sep-12	15:10	8,3	19,9	715	10,05
			6	13-nov-12	14:15	8,2	23,4	775	9,4
CARMEN	CA-10	Pte. La Majada	CA1	26-sep-12	13:30	8,5	14,7	848	12,25
			4	12-nov-12	17:20	8,3	18,9	912	9,93
CARMEN	CA-10	Antes junta río Transito	CA2	26-sep-12	16:30	8,2	23,4	691	8,89
			7	13-nov-12	15:20	8,2	25,8	986	8,49

**Tabla N° 25 (continuación)**  
**Resultados Parámetros de Terreno**

Río	Área de Vigilancia	Nombre estación	Código de muestra	Muestreo		Parámetros de Terreno			
				Fecha	hora	pH	T	C.Específica	OD
HUASCO	HU-10	Algodón	H2	25-sep-12	17:50	8,2	20,4	791	9,24
			8	13-nov-12	16:45	8,3	23,1	849	8,76
	HU-10	Chepica	H3	26-sep-12	18:45	8,1	17,3	833	10,34
			9	13-nov-12	17:45	8,2	21,9	875	10,73
	HU-20	Chañar Blanco	H1	25-sep-12	19:30	8,3	16,7	816	9,8
			10	13-nov-12	17:45	8,3	17,8	860	9,7
	HU-20	Pte. Panamericana	H4	27-sep-12	14:45	8,1	19,4	1567	12,96
			11	14-sep-12	12:20	8,2	19,3	1508	13,57
	HU-30	AA PTAS VALLENAR	H5	27-sep-12	16:10	8,1	20,9	1674	13,23
			12	14-nov-12	13-15	8,1	21,7	1751	12,6
	HU-30	PUENTE NICOLASA	H6	27-sep-12	16:10	8,4	19,9	2563	8,3
			13	14-nov-12	13:15	8,2	19,9	2806	9,6
	HU-30	QDA EL NEGRO	H7	27-sep-12	18:30	8,5	19,4	2791	8,48
			14	14-nov-12	15:35	8,7	23,7	3212	16,4
	HU-30	HUASCO BAJO	H8	27-sep-12	19:35	8,1	17,4	3198	8,66
15			14-nov-12	16:45	8,1	25,3	3844	13,9	

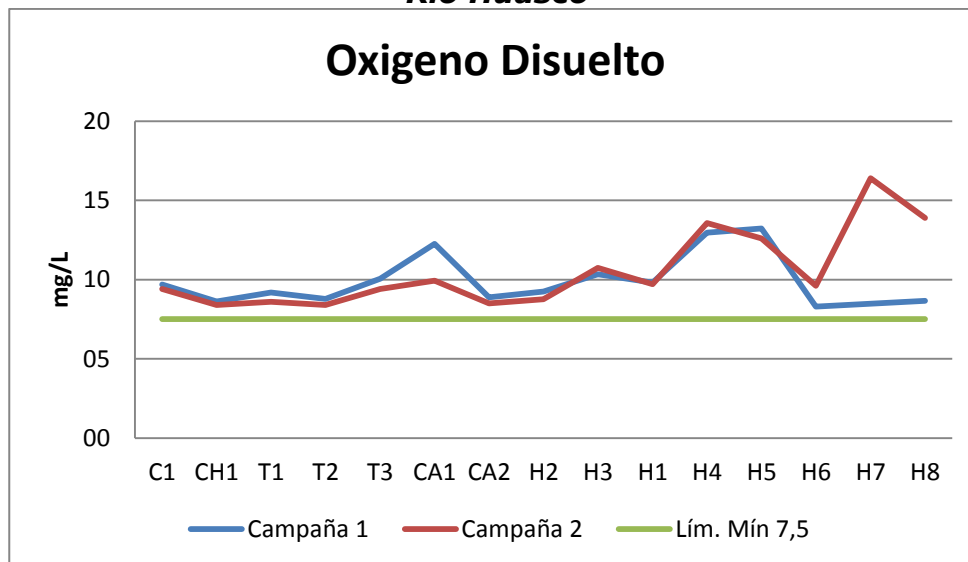
**Gráfico N° 26**  
**Comportamiento del pH en las subcuencas del Río Huasco**



-El pH en todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro del rango básico.  
-Sólo en el punto ubicado en la Quebrada El Negro (H7), en la segunda campaña, se registró un valor levemente excedido del límite superior

**NSCA:** 6.5-8.5

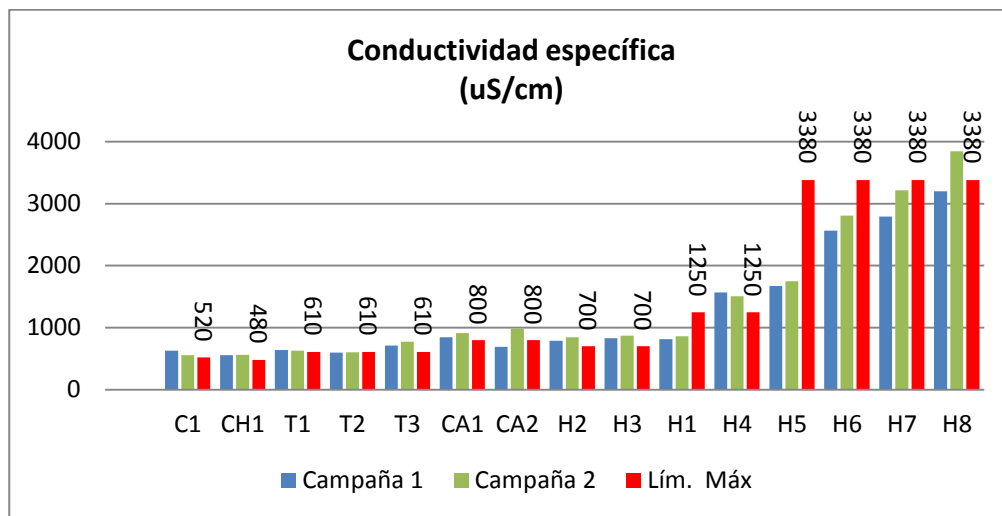
**Gráfico N° 27**  
**Comportamiento del Oxígeno Disuelto en las subcuencas del Río Huasco**



-El contenido de oxígeno disuelto en todos los puntos de monitoreo, es superior a valor mínimo establecido en la NSCA.  
 -En algunos puntos se detectó una sobresaturación de oxígeno, atribuible al proceso de fotosíntesis y a la comunidad de fitoplancton presente en los cursos de agua.  
 -Los valores más altos se presentaron durante la segunda campaña, período de mayor intensidad y duración de la radiación solar, factor que contribuye al mayor contenido de oxígeno en el agua.

**NSCA:** mayor 7.5 mg/L.

**Gráfico N° 28**  
**Comportamiento de la Conductividad Específica en las subcuencas del Río Huasco**



-En términos generales en ambas campañas en los puntos pertenecientes a los tramos CO-10, CH-10, TR-10 y CA-10, se registraron valores sobre los máximos establecidos para este parámetro, con excepción de Angostura de Pinte y Río Carmen antes del río Transito.

-En Las estaciones Algodón y Chepica (tramo HU-10), se registraron valores sobre los 700 uS/cm límite del tramo. Lo mismo en la estación Puente Panamericana (tramo HU-20) se registraron valores sobre los 1250 uS/cm.

-En el tramo de la zona baja en la estación Huasco Bajo se registró sólo un valor sobre los 3380 uS/cm, en la segunda campaña.

**NSCA:** establece diferentes valores de conductividad eléctrica para cada tramo de vigilancia.



### 5.3.2 Medición de parámetros en continuo en el Río Huasco; estación Chañar Blanco

A continuación se presenta el resumen de los datos obtenidos de las mediciones continuas realizadas durante las dos campañas. El registro completo se presenta en el ANEXO C.

**Tabla N° 15**  
**Resumen medición parámetros de terreno**

	Conductividad específica (uS/cm)		Oxígeno disuelto (mg/L)		pH (unidades)		Temperatura (°C)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Promedio	867	866	10,23	10,16	8,2	8,2	14,3	15,2
Máximo	939	868	10,52	10,64	8,3	8,3	16,5	17,3
Mínimo	859	861	9,59	9,59	8,2	8,1	13,5	14,2

1: 25 sep 2012 (18:59 h) al 26 sep 2012 (9:29 h)  
2: 13 nov 2012 (19:35 h) al 14 nov 2012 (9:50 h),

### 5.3.3 Resultados Aforo

En cada campaña de monitoreo se aforo el Río Transito en la Estación Chanchoquin y el Carmen en la estación Puente Ramadilla, antes de la confluencia con el Río Transito.

**Tabla N° 16**  
**Resultados de aforo**

Río Transito		Río Carmen	
Estación Chanchoquin		Estación Pte Ramadilla	
25-sep-20123	13-nov-2012	26-sep-2012	14-nov-2012
0,40 m <sup>3</sup> /s	0,20 m <sup>3</sup> /s	0,26 m <sup>3</sup> /s	0,16 m <sup>3</sup> /s

Cabe señalar que estos valores deben ser considerados como caudales estimativos en cada cauce, esto porque dentro del a zona definida para aforar, no se encontraron tramos rectos con secciones homogéneas para la realización de las mediciones. Además ambos cursos de agua son de baja profundidad lo que sólo permite una medición de velocidad en cada vertical.

## 5.5 Resultados de análisis

Los ensayos de cada uno de los parámetros monitoreados en la cuenca del río Huasco, se realizaron en los Laboratorios de Asesoría Algoritmos y Laboratorio DICTUC, de acuerdo a las metodologías solicitadas en la Tabla 3 de las Bases Técnicas.

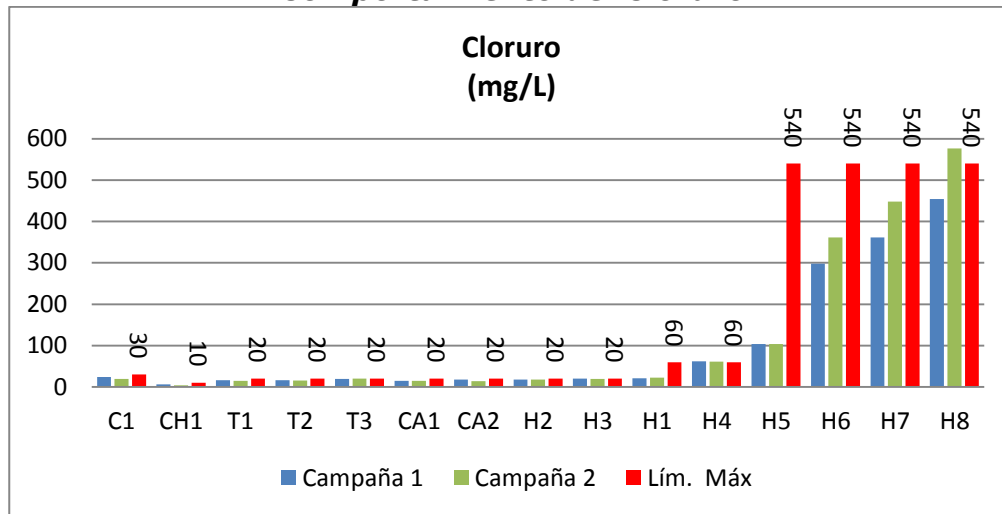
En el ANEXO D, se presentan los resultados de análisis de los parámetros solicitados en cada uno de los puntos monitoreados. Algunos de los parámetros analizados no forman parte de la propuesta NSCA, otros sí bien forman parte de ella no tienen niveles de calidad establecidos en algunos tramos de vigilancia.

En el ANEXO D, se indican para cada parámetro y estación, los niveles de superación señalando los valores establecidos para los niveles de calidad, así como aquellos valores que sobrepasan (color rojo) dichos niveles.

A continuación se presentan a través de gráficos el comportamiento de algunos de los parámetros controlados a lo largo de la cuenca.

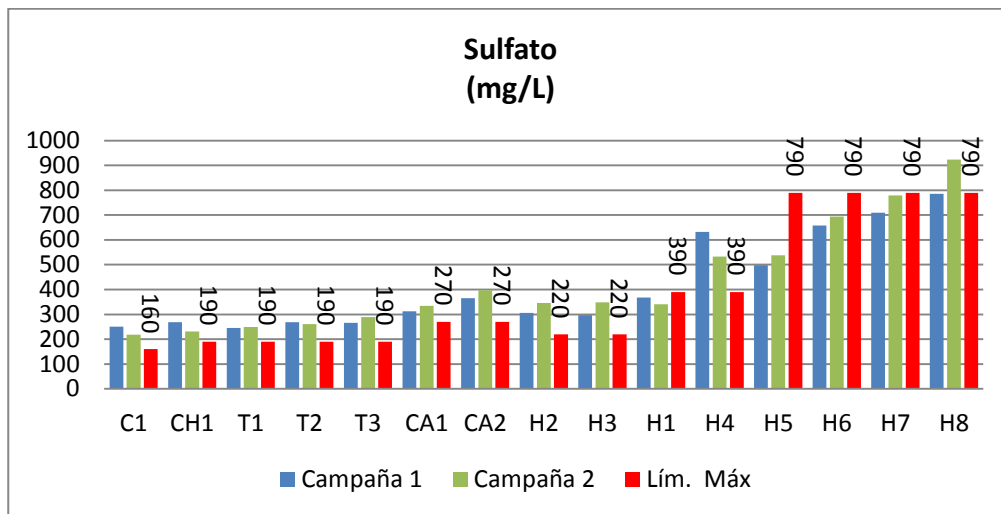
De algunos parámetros no se presentan gráficos, porque en algunos puntos las concentraciones se encuentran bajo los límites de detección (LD) de los métodos.

**Gráfico N° 29**  
**Comportamiento del Cloruro**



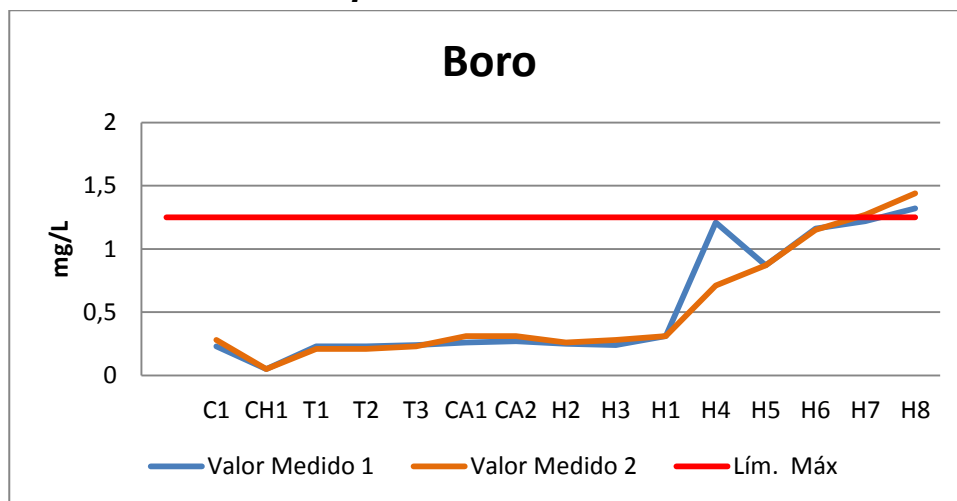
Para el cloruro, la norma NSCA tiene establecidos niveles de calidad por tramo de vigilancia. En el gráfico se observa que en todos los tramos y en las dos campañas no se superó el nivel establecido para el cloruro con excepción de la estación Panamericana (H4) que dio valores de 62,3 y 61, 1 mg/l y en la estación Huasco Bajo (H8) en la campaña 2 dio un valor de 576,5 mg/l.

**Gráfico N° 30**  
**Comportamiento del Sulfato**



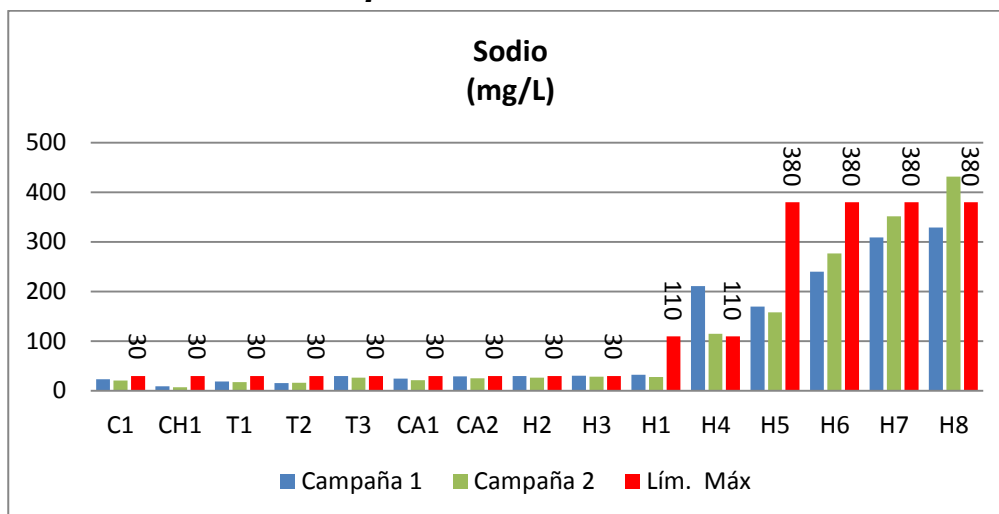
Para el sulfato, en la norma NSCA, también están establecidos niveles de calidad por tramo de vigilancia. En el gráfico se observa que en las estaciones la estación Chañar Blanco (H1), Qda El Negro (H7) en las dos campañas de monitoreo la concentración de sulfato, no sobrepasó los niveles de calidad establecidos. Lo mismo sucedió en la estación Huasco en la campaña 1. En el resto de las estaciones pertenecientes a los ríos Conay, Chonay, Carmen, Tránsito los valores para el sulfato superaron los niveles en las dos campañas.

**Gráfico N° 31**  
**Comportamiento del Boro**



Para el boro, la norma NSCA, tiene establecido un valor de 1,25 mg/l para todos los tramos de vigilancia. Casi en la totalidad de las estaciones se registraron valores muy por debajo del límite. Sin embargo en la estación Qda El Negro en el segundo monitoreo se detectó un valor de 1,27 mg/L, mientras que la estación Huasco Bajo en los monitoreo se detectaron valores que excedieron el límite, con valores de 1,32 y 1,44 mg/l. Ambas estaciones pertenecen al Río Huasco.

**Gráfico N° 32**  
**Comportamiento del Sodio**



Para el sodio, en la norma NSCA, también están establecidos niveles de calidad por tramo de vigilancia. En el gráfico se observa que se cumplieron los niveles de calidad establecidos para cada uno de los tramos. En el caso de las estaciones Panamericana (H4) en las dos campañas y Huasco Bajo (H8) en la campaña 2, se detectaron concentraciones que exceden los límites máximos.

En cuanto al resto de los otros parámetros controlados en cada uno de los puntos, no se evidencia excedencias significativas. A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos de las campañas de monitoreo.

- Para el nitrógeno de nitratos, la NSCA tiene establecido niveles de calidad por tramos de vigilancia. En algunas estaciones de monitoreo se detectó que las concentraciones obtenidas en la campaña # 1 sobrepasaron los límites, como es el caso de la estación Conay en las Lozas (C1) que alcanzó un valor de 1,9 mg/l., la estación Chancoquin de 2,6 mg/l y en el Puente La Majada de 1,8 mg/L. Todos los tramos de vigilancia a los cuales pertenecen estos puntos tienen un nivel de calidad establecido de 0,7 mg/L.
- El Hierro, Mercurio y Molibdeno no excedieron los niveles de calidad en los puntos monitoreados. En el caso del Mercurio los valores se encuentran bajo los LD del método (0,001 mg/L)
- El Manganeso, sobrepasó los niveles de calidad en la estación C1 perteneciente al río Conay y la estación CH-1 del Río Chollay en las dos campañas de monitoreo. En la estación T2 del río Tránsito, en la campaña 2 se detectó un valor superior al límite para ese tramo.

- El cobre en las dos campañas en todas las estaciones, la concentración no excedió los límites de calidad establecidos en cada tramo, con excepción de la estación Río Conay en la Lozas, perteneciente al tramo CO-10 que excedió el nivel establecido (0,07mg/L) ya que se obtuvo un valor de 0,08 mg/L E
- El zinc sobrepasó los niveles de calidad en más de un tramo. La más significativa fue durante la campaña 1 en el río Tránsito estación Chancoquin donde se encontró una concentración de 0,13 mg/L frente a un nivel de calidad de 0,045 mg/L.
- En la estación ubicada aguas abajo de la PTAS la de DBO<sub>5</sub>, fósforo, presentaron concentraciones mayores que las estaciones aguas arriba de este punto. La concentración más alta de DBO<sub>5</sub> se presentó en esta estación con valores de 14,55 y 15,40 mg/l en las campañas 1 y 2 respectivamente.
- La abundancia del fitoplacton a través de todos los tramos controlados es del mismo orden de magnitud, en las dos campañas, con excepción de las estaciones Puente Nicolasa y Huasco del tramo HU-30, donde presentaron valores 0 (células/L) en la segunda campaña de monitoreo.
- Los sólidos disueltos, no tiene valores asignados en la NSCA para los tramos monitoreados. Los resultados del monitoreo dan valores desde 400 a 2800 mg/l. A partir del río Tránsito antes de la Junta del río Carmen se detectaron concentraciones sobre los 500 Valores altos desde la estación Río Tránsito antes junta Río Carmen, se encontraron concentraciones sobre los 500 mg/l.

## 5.6 Conclusiones

En base al análisis de los resultados de las dos campañas de monitoreo realizadas por Asesorías Algoritmos en las 07 Áreas de vigilancia se concluye lo siguiente:

- Los monitoreos realizados por Asesorías Algoritmos corresponden a muestras puntuales que representan las características del punto y la hora en que fueron tomadas.
- En cuanto a los niveles de calidad asignados a los parámetros, están bien considerando las características naturales de los cursos monitoreados para la mayoría de los parámetros. Sin embargo para el sulfato y zinc en los ríos los ríos Conay, Chollay, Tránsito, Carmen y Río Huasco en el tramo HU-10 se recomienda su revisión.
- Para aquellos parámetros que fueron monitoreados y que no tienen niveles de calidad asignados, se recomienda establecer valores

principalmente para los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, cianuro, amonio, nitrógeno de nitritos, fósforo y coliformes fecales, ya que son parámetros determinantes en la calidad del agua para principalmente de riego.

- En cuanto a aquellos parámetros monitoreados pero que no están considerados en la NSCA, como la alcalinidad, calcio, magnesio, fitoplacton y clorofila, se recomienda considerarlos en las NSCA por ser parámetros determinantes en la caracterización de las aguas naturales. Así mismo, se pone especial énfasis en el monitoreo del fitoplacton por las características por las aguas monitoreadas.
- En el caso de la DBO5 es un parámetro importante de considerar en la NSCA, principalmente en aquellos tramos donde hayan antecedentes de emisiones de origen orgánico, como el caso de los efluentes de las PTAS.
- En cuanto a incorporar nuevos parámetros o eliminar algunos de los existentes, así como redefinir nuevos niveles de calidad, estos se deben hacer en base a una serie de monitoreos idealmente en los mismos puntos, o a lo menos en el área que se considere.

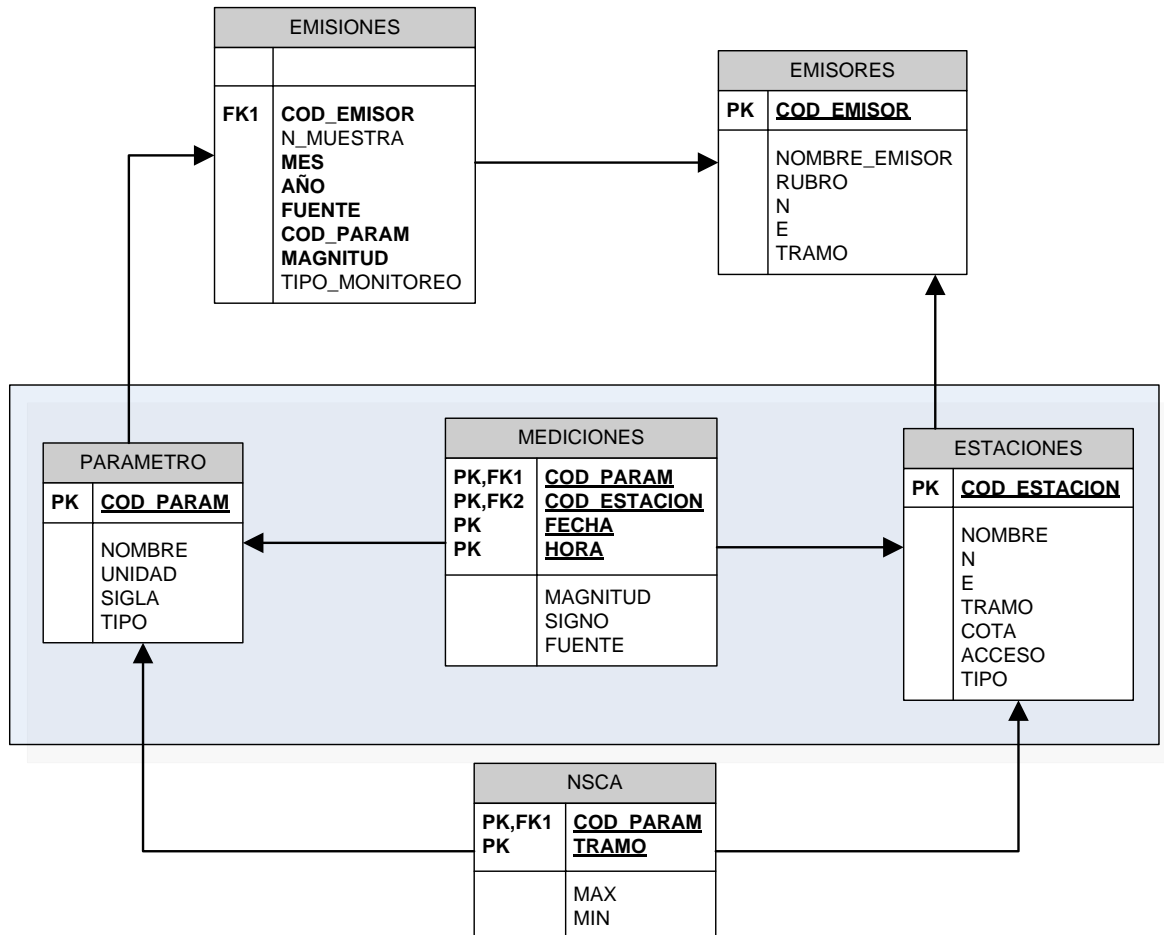
## 6 Análisis de datos y medidas de mitigación

### 6.1 Dinámica del Sistema de datos

En las siguientes secciones se explicará las funcionalidades y subrelaciones del sistema que abstrae la dinámica de los procesos que se generan al realizar mediciones e imponer a ellas las Normas Secundarias De Calidad de Agua (NSCA), las cuales son objeto de este estudio. A modo de obtener una visión general de este sistema, se muestra en la Gráfico N° 33 el grueso del esquema relacional que compone la base de este sistema.

**Gráfico N° 33**

**Esquema relacional completo, destacado se encuentran encerradas las entidades principales de lo que componen la sección calidad y caudal de las tablas Excel informadas por el MMA.**



Como primera subrelación del esquema relacional completo, se tienen las destacadas en la Gráfico N° 33, en ellas se representa la relación lógica que contiene el grueso de los datos de calidad y caudal. Como clave primaria en la entidad "Parametro" se tiene a un código de parámetro, este código permite identificar unívocamente cada parámetro. Se han mantenido las codificaciones de la DGA para los parámetros que esta entidad informó, sin embargo existían parámetros que no poseían codificación por lo cual se siguió una enumeración del tipo alfanumérica<sup>14</sup> para codificar a estos a medida que iban siendo consolidados en la base de datos.

<sup>14</sup> La enumeración sigue la secuencia "ANNNN", empezando por A0001 de nombre Cloro Total y termina con A0074 de nombre Transparencia.

Análogamente a lo anterior, la entidad "Estaciones" contiene los datos de georeferenciación, nombre, tramo al que pertenece, la altura respecto al nivel del mar al que se encuentra la estación, detalles sobre el acceso a esta y el tipo de estación<sup>15</sup>.

El grueso de información, para ser más preciso, los 64981 datos, se almacenan en la entidad mediciones. Las claves identificadoras de los datos de esta entidad son más complejos que las anteriores. La clave se compone de cuatro datos, el código del parámetro medido, el código de la estación donde fue medido y los datos temporales de la fecha y hora exacta en la que se realizó la muestra. Son claves foráneas, es decir filas fuera de esta relación, el código de estación y el código de parámetro los cuales son claves primarias de las entidades "Estaciones" y "Parámetro" respectivamente.

Entonces, supone el esquema relacional que es único la hora, fecha, parámetro y lugar de monitoreo para cada parámetro que se ingresa a la base de datos. Este fue uno de los errores a subsanar dentro de los datos informados, puesto que existían datos que estaban repetidos en este sentido, es decir, en fecha, hora, parámetro y lugar de monitoreo. Se subsanó determinando horas distintas dentro del mismo día para estas mediciones.

Además, el esquema relacional posee la capacidad de gestionar los datos de emisiones y emisores informados. Esto lo realiza con las entidades destacadas en la Gráfico N° 34. La entidad parámetro sigue siendo parte también de este tipo de datos. Análogamente al caso de los datos de mediciones, para el caso de las emisiones tenemos "Emisores". Esta entidad posee información referente al lugar de emisión, como la georeferenciación y el tramo al que pertenece, y al emisor mismo, como el rubro de su actividad y el nombre.

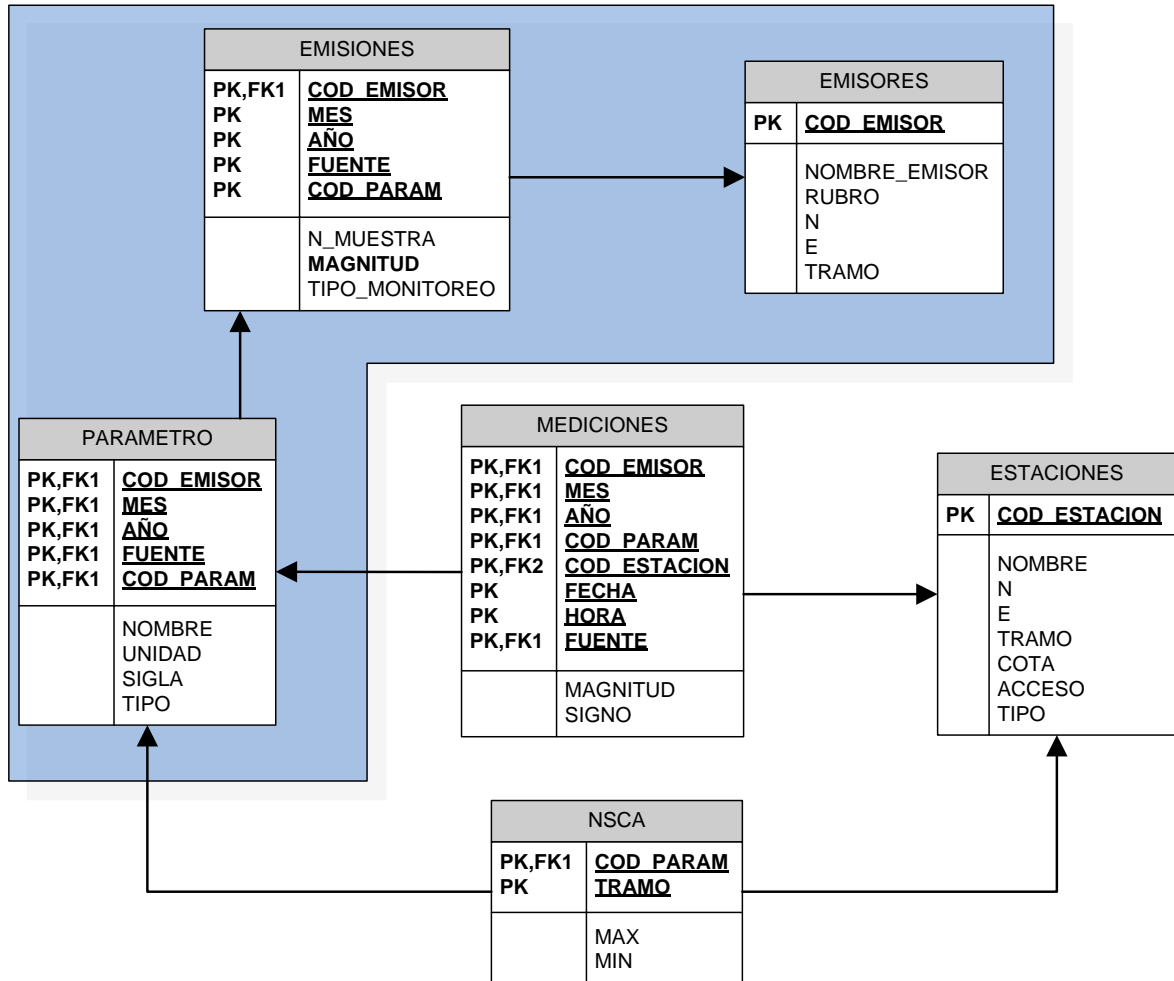
Análogamente a la entidad "Mediciones", tenemos la entidad "Emisiones". Ella contiene el grueso de los datos informados los que componen 3837 datos. En su estructura ella posee el código de quien fuese el emisor, datos de mes y año de la emisión, la fuente<sup>16</sup> y el código de parámetro emitido. Por otro lado, como datos anexos tenemos la magnitud, que hace referencia a la medición misma, el número de muestra que hace referencia al documento en el que presentaron los resultados de emisiones y el tipo de monitoreo en el que fue generado el dato de emisión.

<sup>15</sup> El tipo de estación hace referencia a quienes y que tipo de mediciones se realizan en ella. Por ejemplo, en la cuenca alta, donde tiene vigencia el convenio Barrick de monitoreos en continuo, las estaciones tiene como tipo "Fluviométrica DGA con convenio Barrick" o "Calidad DGA con convenio Barrick".

<sup>16</sup> La totalidad de los datos presentados en la entidad emisiones tienen como fuente al SISS.



**Gráfico N° 34**  
**Esquema relacional completo, destacado se encuentran encerradas las entidades principales de lo que componen la sección emisiones de las tablas Excel informadas por el MMA**



Finalmente, como se puede ver en la Gráfico N° 34, existe una entidad llamada "NSCA" la cual está identificada unívocamente por código de parámetro y tramo. Como resulta intuitivo esta entidad posee los límites que componen las normas secundarias de calidad de aguas. Posee como datos anexos uno llamado "Max" y otro llamado "Min", cada uno es un número que representa el límite máximo y mínimo propuesto en las normas secundarias de calidad de aguas. Cuando las normas secundarias de calidad de agua no explicitan un límite máximo o mínimo en la entidad se agregan los caracteres "no", así, a modo de ejemplo tenemos la siguiente entrada en la entidad.

**Tabla N° 28**  
**Entrada en la entidad cuando no se explicita un límite máximo o mínimo**

NSCA			
COD_PARAM	TRAMO	MAX	MIN
8303	HU-10	3.0000000	no
6020	HU-10	8.5000000	6.50

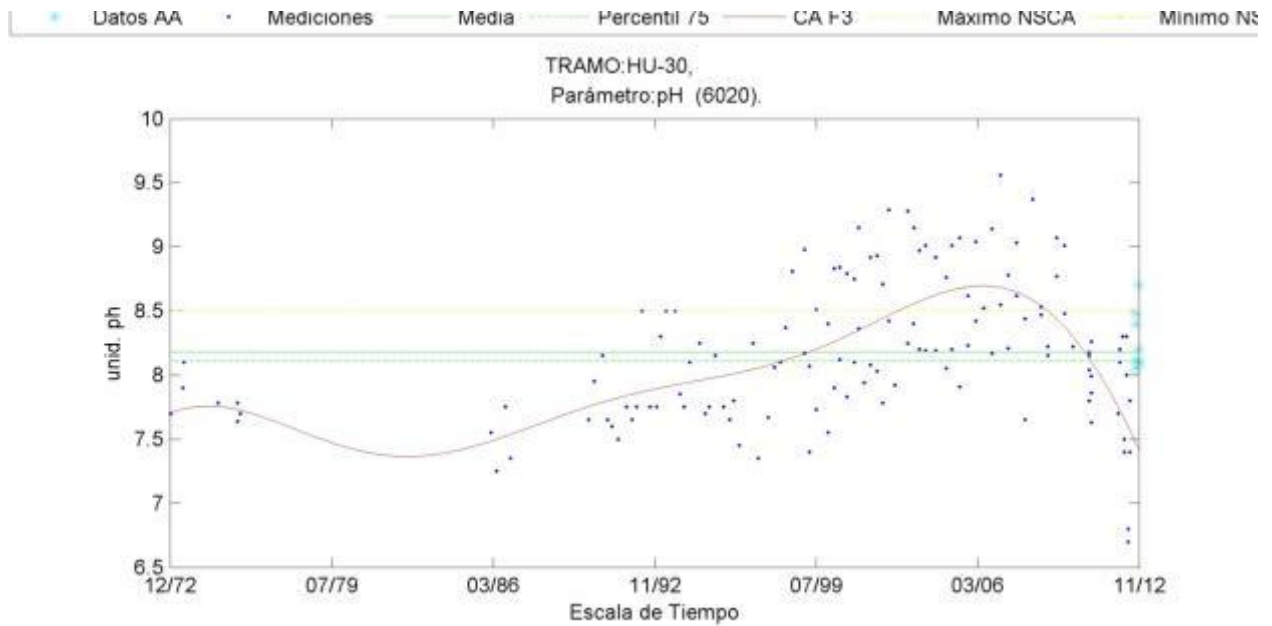
La totalidad de estas entidades y subrelaciones del esquema relacional se desglosan en las siguientes secciones, y donde se hará referencia a la forma en la que se obtienen los datos a partir del sistema propuesto.

## **6.2 Análisis de la situación química por tramo de subcuenca para parámetros sensibles incluidos en las NSCA.**

Para facilitar el análisis de la NSCA y las mediciones realizadas en la totalidad del río, y considerando que estas generan un conjunto de 774 gráficos, hemos realizado una colección de gráficas que incluye estos datos y los procesa por subcuenca. Según lo que se expondrá en la sección 7.2 se puede perder información propia de las estaciones donde se realizan los monitoreos contra la información global de la subcuenca. Según nuestra experiencia en el río, salvo pequeñas excepciones mencionadas en la sección 7.2, existe un comportamiento similar entre las subcuencas del río, lo cual hace sentido con el espíritu de las NSCA.

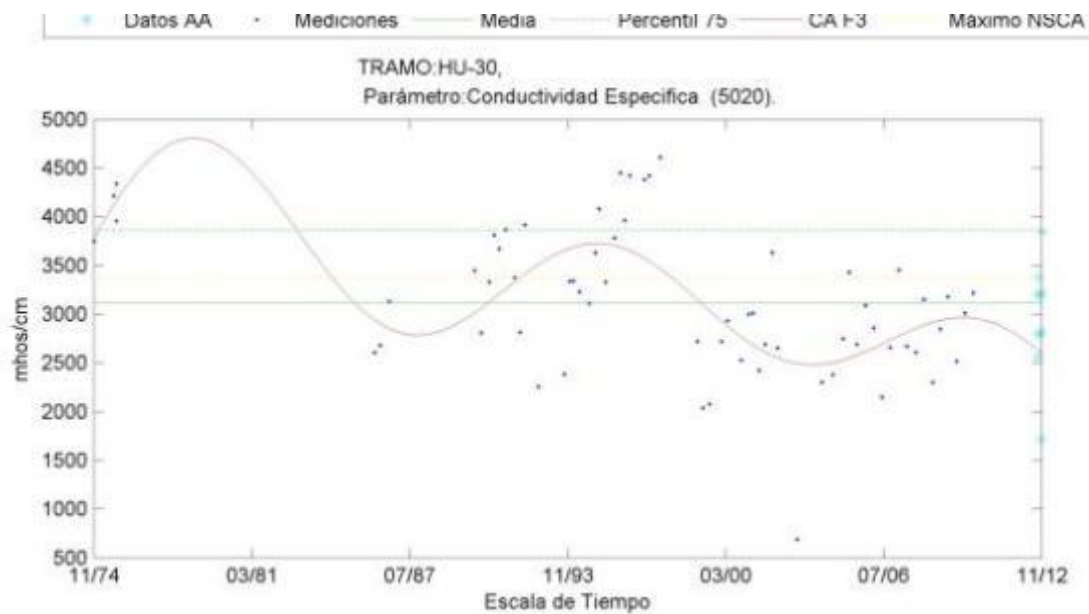
En el ANEXO 11 se presentan, como es usual en todos los otros anexos, los gráficos para las mediciones realizadas, con la salvedad que ahora han sido agrupados según subcuenca y parámetro. A modo de ejemplo, en el gráfico siguiente se expone el conjunto total de datos para el parámetro pH en el tramo HU-30.

**Gráfico N° 35**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos, incluyendo cuatro estaciones de monitoreo**



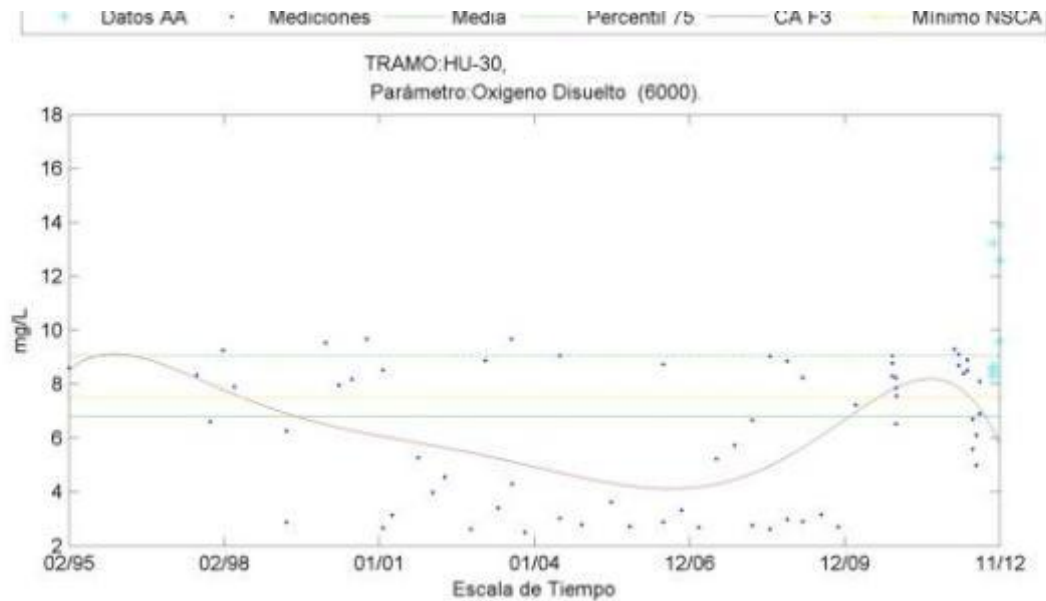
### 6.2.1 Subcuenca HU-30

**Gráfico N° 36**  
**Parámetro 5020 Conductividad Específica**



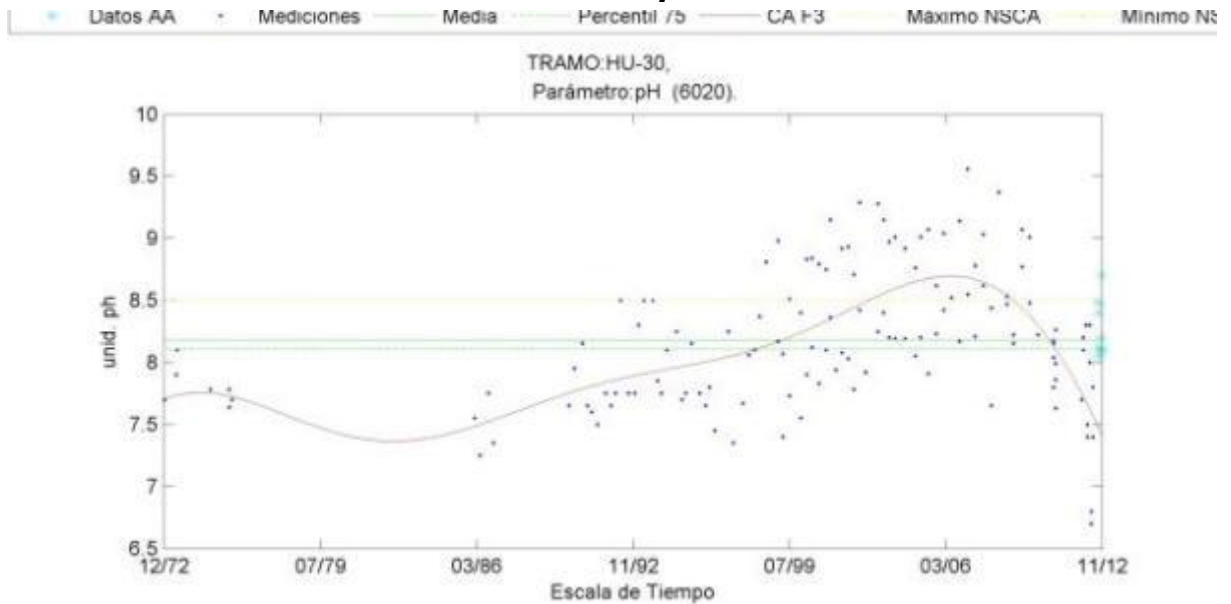
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 3380 mhos/cm. Se observan datos distribuidos en toda la subcuenca para este parámetro. Se observa una tendencia a la disminución de estos valores con el paso del tiempo, lo que no se refleja en el análisis puntual de las estaciones de monitoreo.

**Gráfico N° 37**  
**Parámetro 6000 Oxígeno Disuelto**



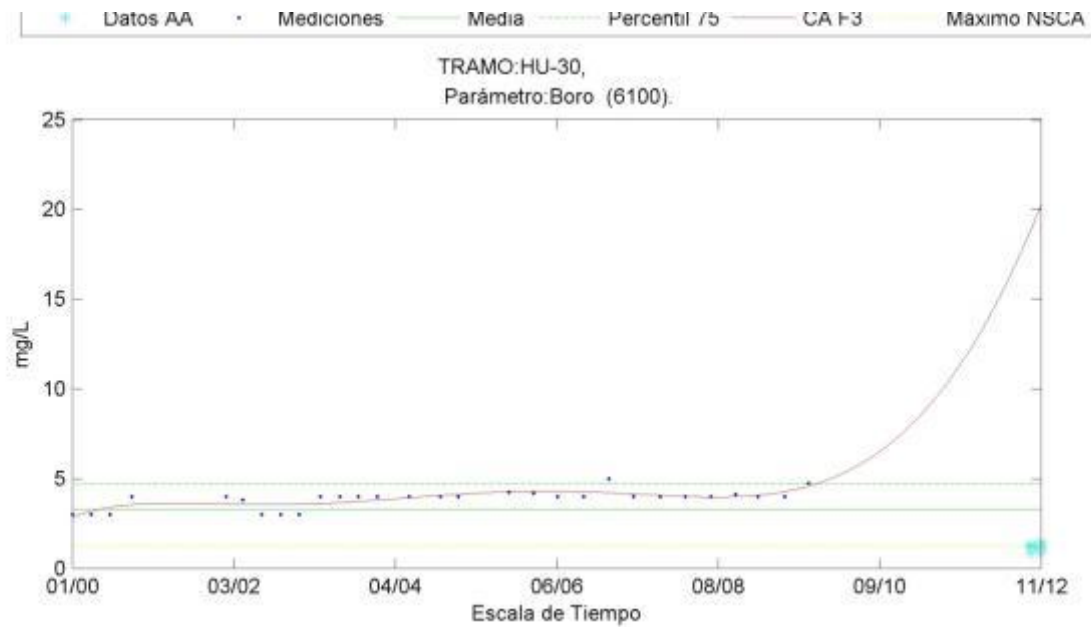
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. Se observan datos distribuidos en toda la subcuenca para este parámetro. Se observa una tendencia a sobrepasar el límite normado para los datos nuevos, lo que se refleja en los datos de nuestra campaña.

**Gráfico N° 38**  
**Parámetro 6020 pH.**



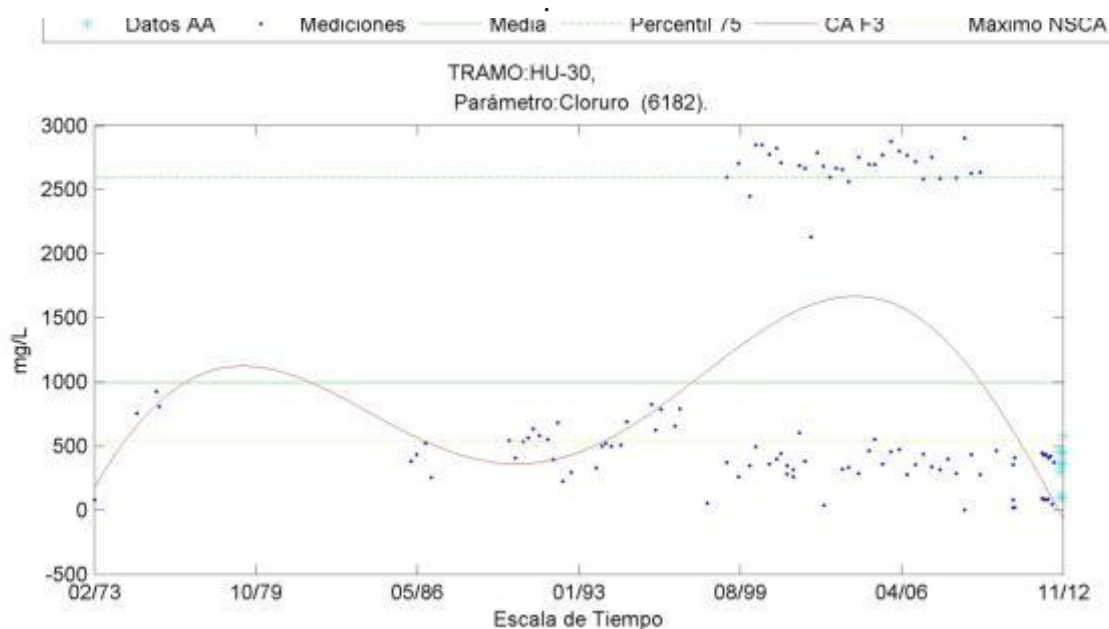
**Descripción de la situación:** El límite normado es de [6.5, 8.5] unidades de pH. Se observan datos distribuidos en toda la subcuenca para este parámetro. Se observa a aumentar en toda la subcuenca, marcadamente en los años 1995-2005. Se observa que el límite inferior de esta norma nunca es traspasado por los datos, situación que se manifiesta en casi todo el río Huasco y sus afluentes.

**Gráfico N° 39**  
**Parámetro 6100 Boro**



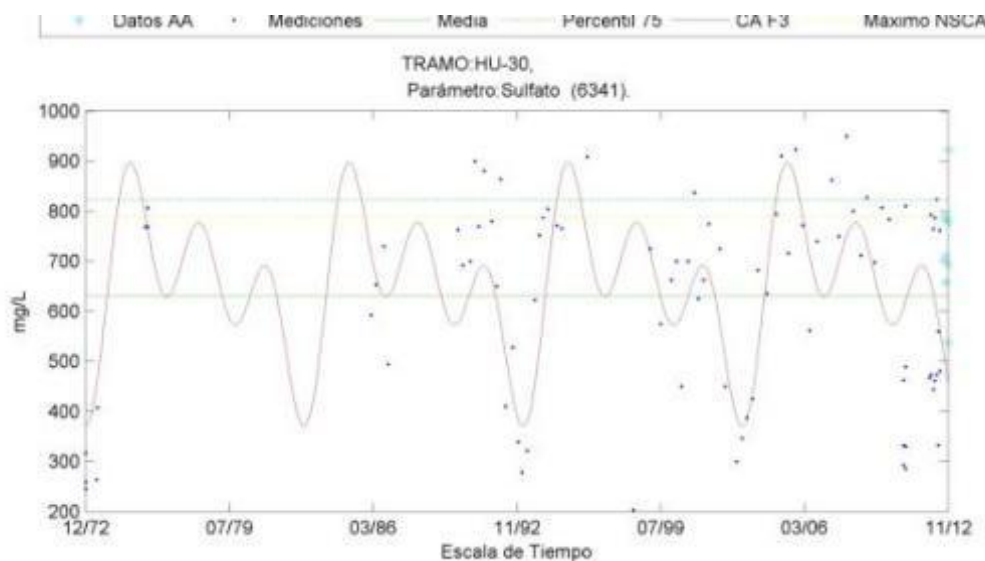
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 1.25 mg/L. Se observan datos distribuidos en toda la subcuenca para este parámetro. La curva ajustada no corresponde a la dinámica de los datos, que más bien se fija en valores estables sobrepasando el límite propuesto. Los datos de nuestra campaña se encuentran más cercanos a la norma que los registrados por otras fuentes.

### Gráfico N° 40 Parámetro 6182 Cloruro



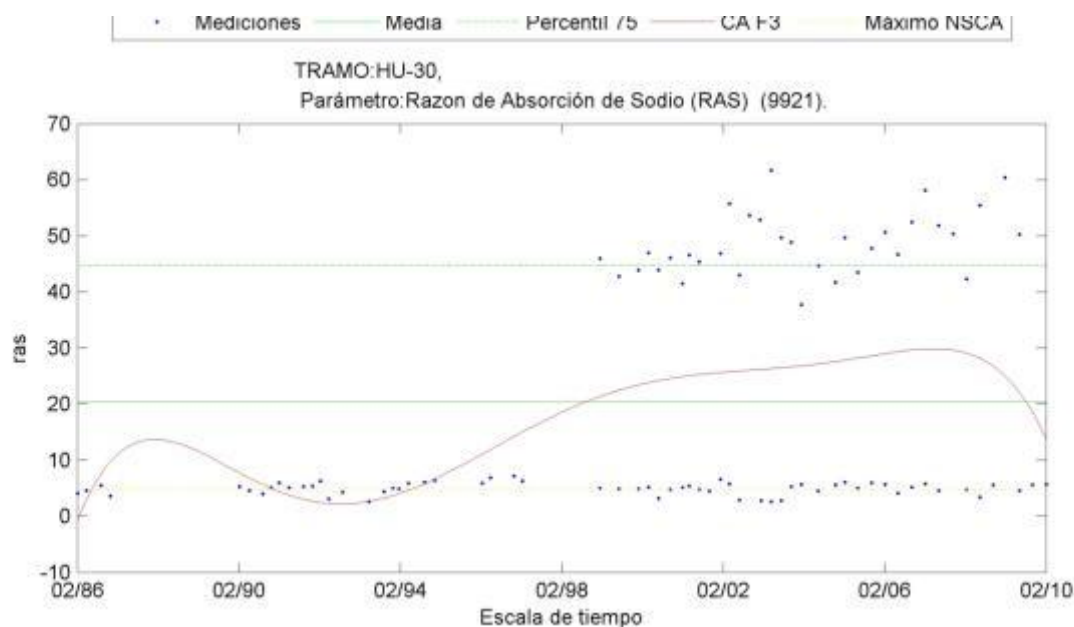
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 540 mg/L. Se observan dos agrupamientos de datos en la subcuenca. Para unos existe la certeza de sobrepasar el límite, en casi cuatro veces lo propuesto, mientras que los otros se distribuyen entorno al límite.

### Gráfico N° 41 Parámetro 6341 Sulfato.



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 790 mg/L. Se observan datos distribuidos en toda la subcuenca para este parámetro. Se observa una tendencia a cumplir el límite normado para todos los datos. Los datos de las campañas de Asesorías Algoritmos oscilan dentro de la franja prevista.

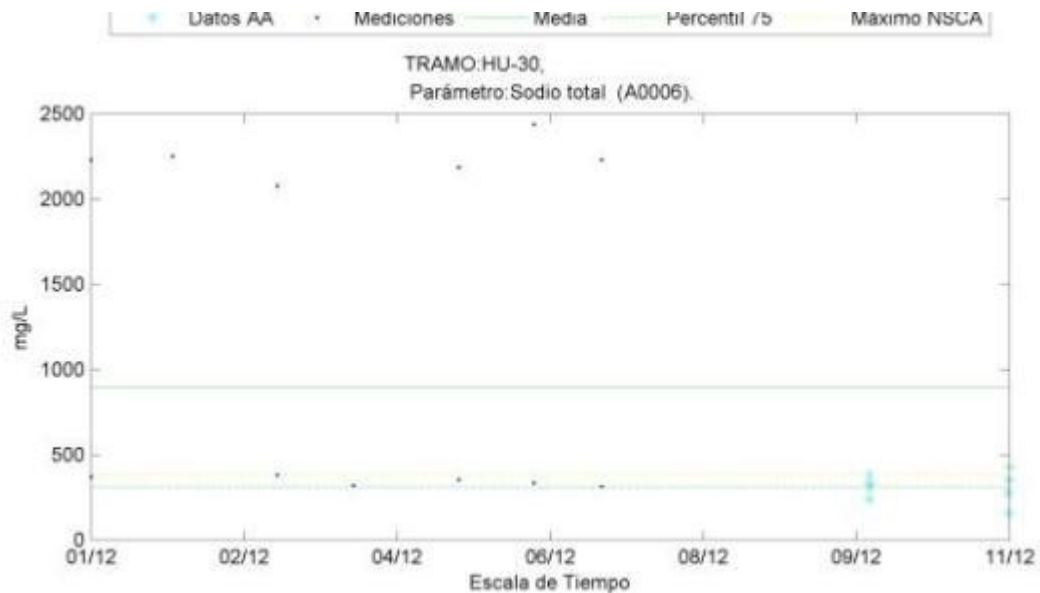
**Gráfico N° 42**  
**Parámetro 9921 Razón de Absorción de Sodio.**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 4.9 mg/L. Se observan dos agrupamientos de datos en la subcuenca. Para unos existe la certeza de sobrepasar el límite, en casi diez veces lo propuesto, mientras que los otros se distribuyen entorno al límite.



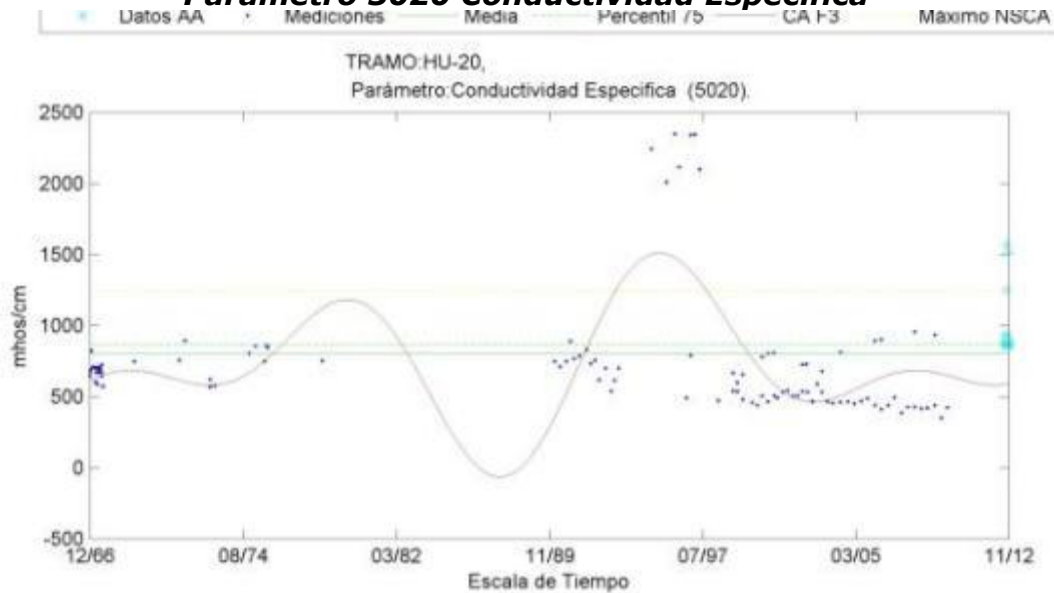
**Gráfico N° 43**  
**Parámetro A0006 Sodio total.**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 380mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. Se observan dos grupos de datos, unos que oscilan entorno al valor máximo normado, los que incluyen los realizados por nuestros monitoreos, y otros que exceden en casi 8 veces el valor normado.

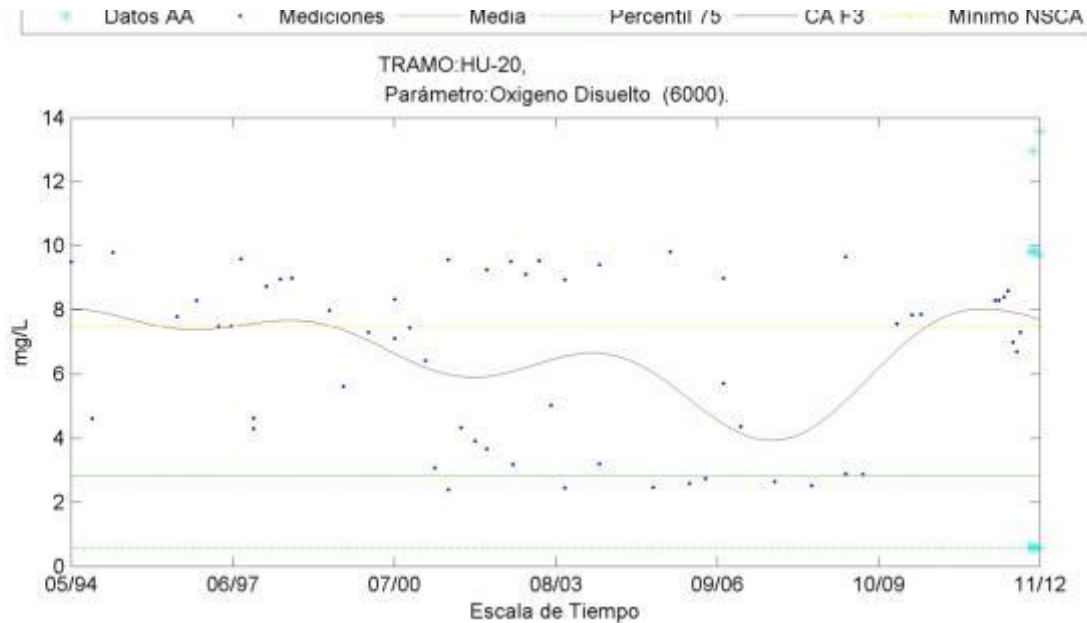
### 6.2.2 Subcuenca HU-20

**Gráfico N° 44**  
**Parámetro 5020 Conductividad Específica**



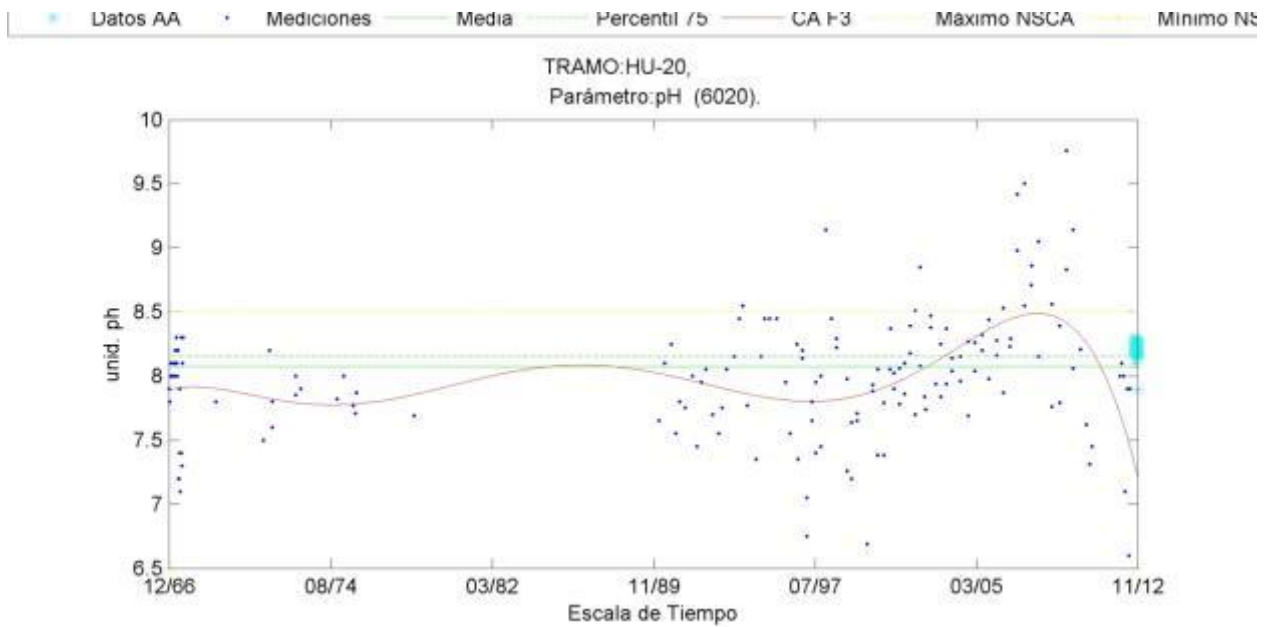
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 1250 mg/L. La mayoría de los datos cumple con lo normado. Existe un grupo de datos que no cumplen con lo normado entre los cuales aparecen los medidos por nuestra campaña.

**Gráfico N° 45**  
**Parámetro 6000 Oxígeno Disuelto.**



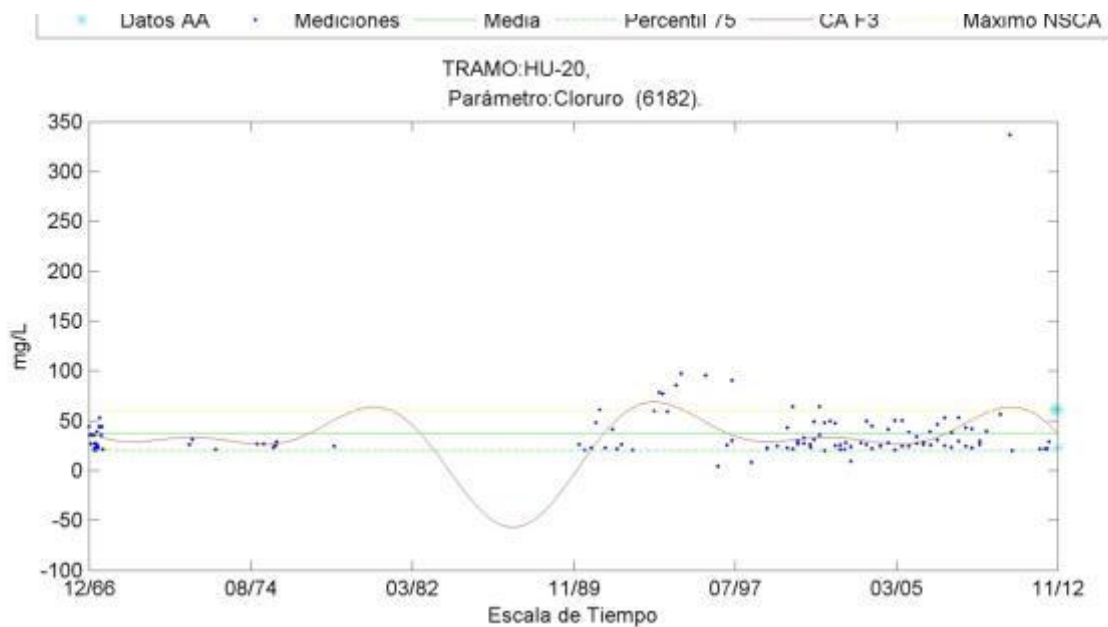
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. La media de los datos se encuentra bajo el límite normado, y los datos medidos en nuestras campañas de monitoreo oscilan entre todos los valores medidos históricamente. Se infiere que en ciertos lugares existe una tendencia a sobrepasar el mínimo normado mientras que en otros no.

### Gráfico N° 46 Parámetro 6020 pH



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 6.5 a 8.5 unidades de pH. El comportamiento global es tendiente a lo básico (pH sobre 7.0 unidades), mientras que el límite inferior de la norma nunca se ve sobrepasado. Los datos medidos en nuestras campañas se acercan al límite básico, como lo es el comportamiento global de los datos.

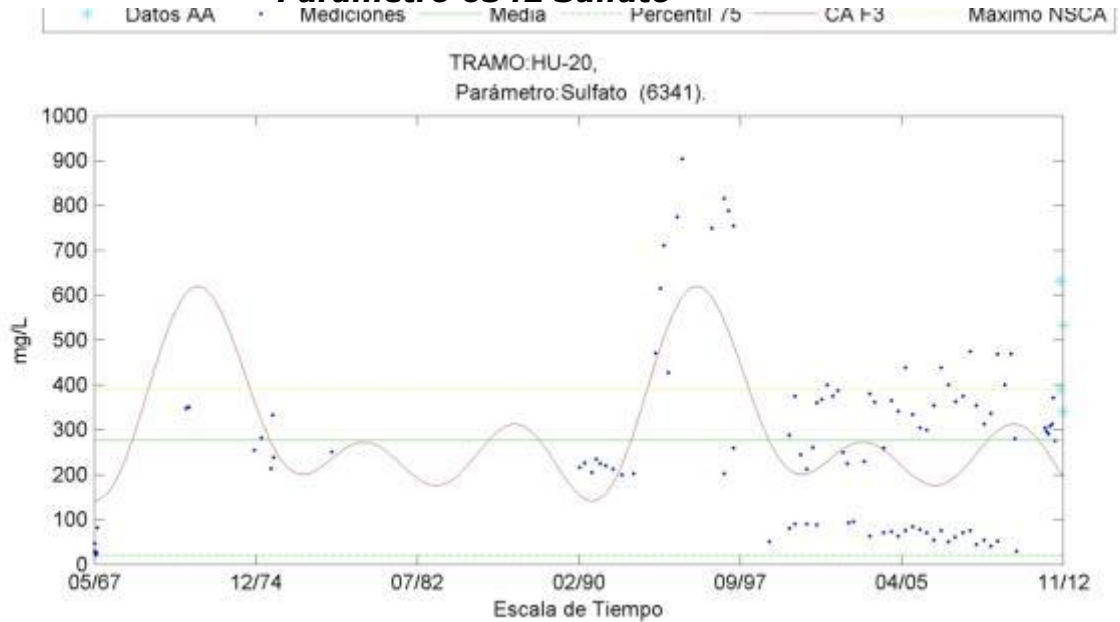
### Gráfico N° 47 Parámetro 6182 Cloruro



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 60 mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste válida en todo el tiempo de monitoreo.

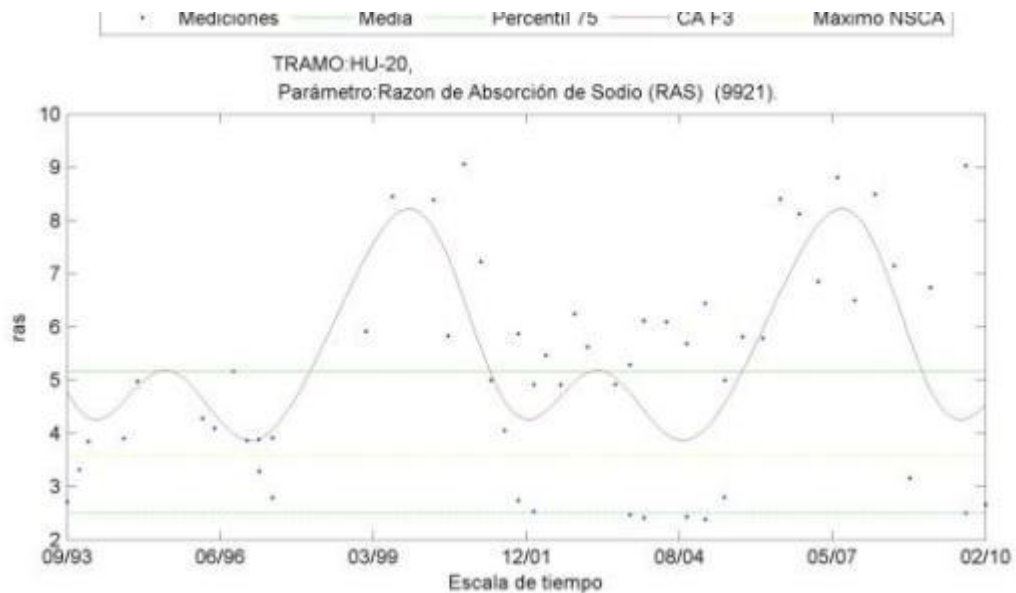
En el conjunto de los datos más actuales se observa un comportamiento casi estable, con casi una totalidad de cumplimientos al límite máximo normado. Los datos de nuestras campañas se condicen con esta observación.

**Gráfico N° 48**  
**Parámetro 6342 Sulfato**



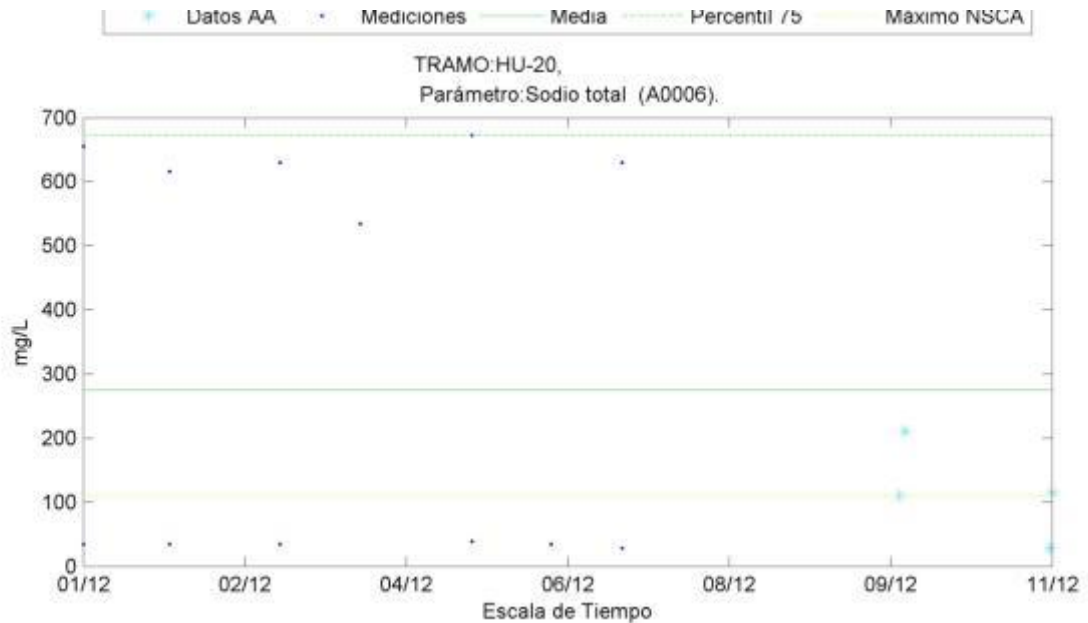
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 390 mg/L. Los datos nuevos oscilan entorno al cumplimiento de esta norma. Se registran datos pick entre los años 1990 y 1998. Algunos datos de nuestro monitoreo representan un pick para los datos desde el 1998 en adelante.

**Gráfico N° 49**  
**Parámetro 9921 Razón de Absorción de Sodio.**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 3.6 ras. Existe un comportamiento global a no cumplir con este límite normado.

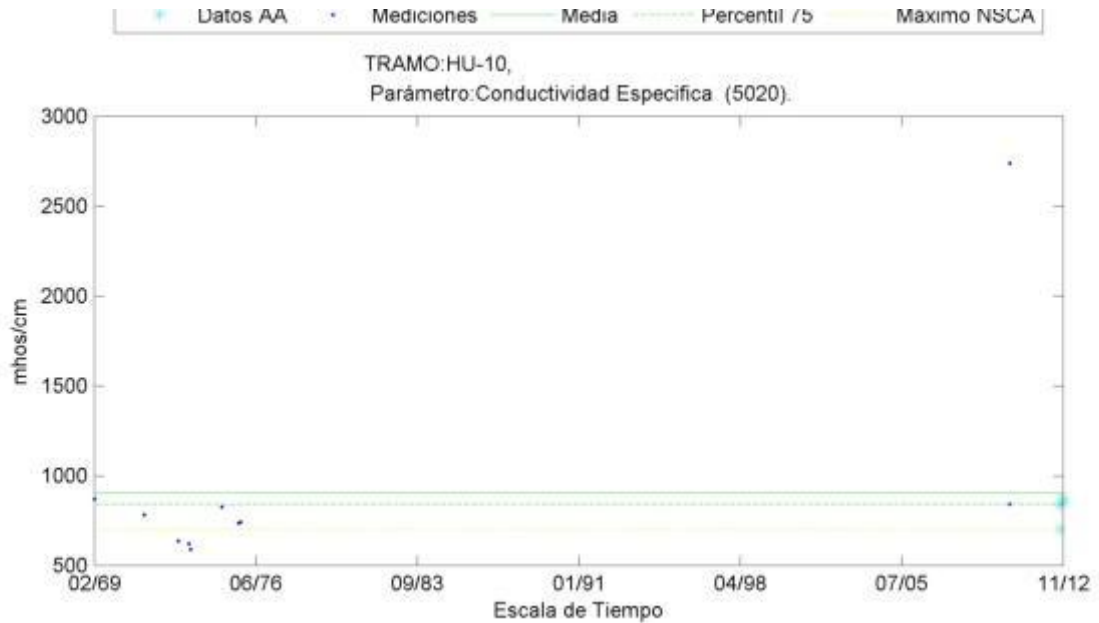
**Gráfico N° 50**  
**Parámetro A0006 Sodio total.**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 110 mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. Se observan dos grupos de datos, unos que oscilan entorno al valor máximo normado, los que incluyen los realizados por nuestros monitoreos, y otros que exceden en casi 8 veces el valor normado.

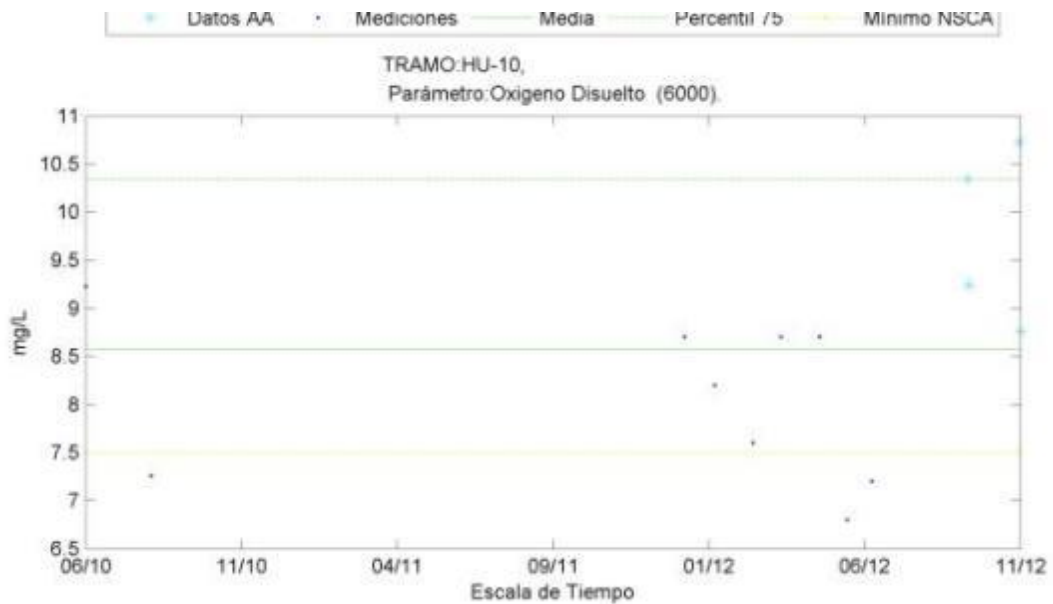
### 6.2.3 Subcuenca HU-10

**Gráfico N° 51**  
**Parámetro 5020 Conductividad Específica**



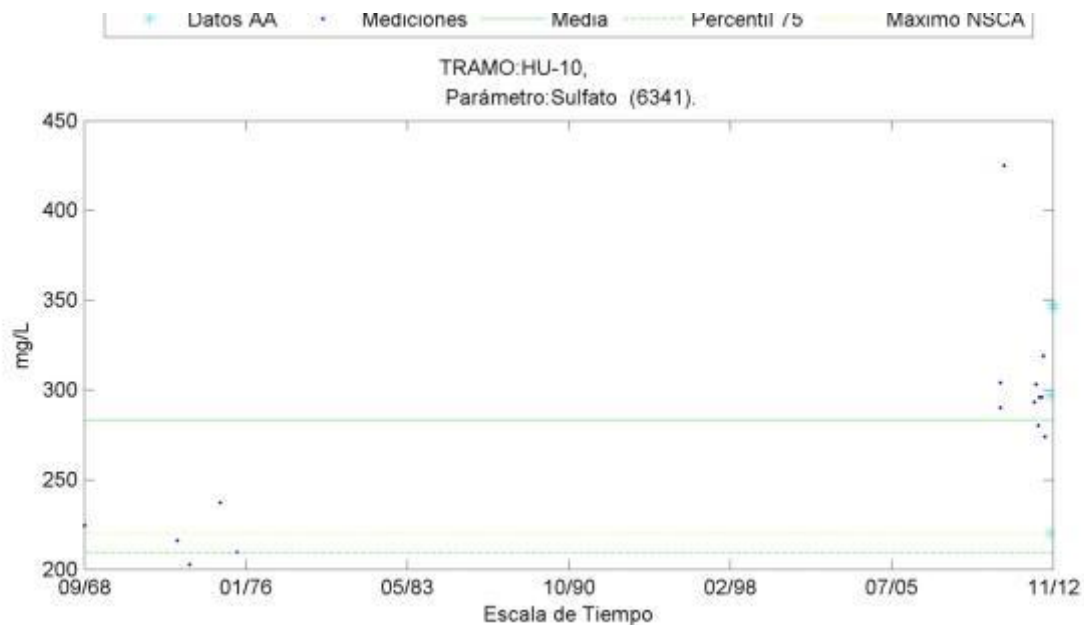
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 700 mhos/cm. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. Se observa que la mayoría de los datos oscila en torno al valor normado, mientras que un solo dato reciente excede este valor. Dentro de este comportamiento, visto como un dato global, este valor es un outlier.

**Gráfico N° 52**  
**Parámetro 6000 Oxígeno disuelto**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. La mayoría de los datos satisface el valor normado, incluyendo la totalidad de los monitoreados por Asesorías Algoritmos.

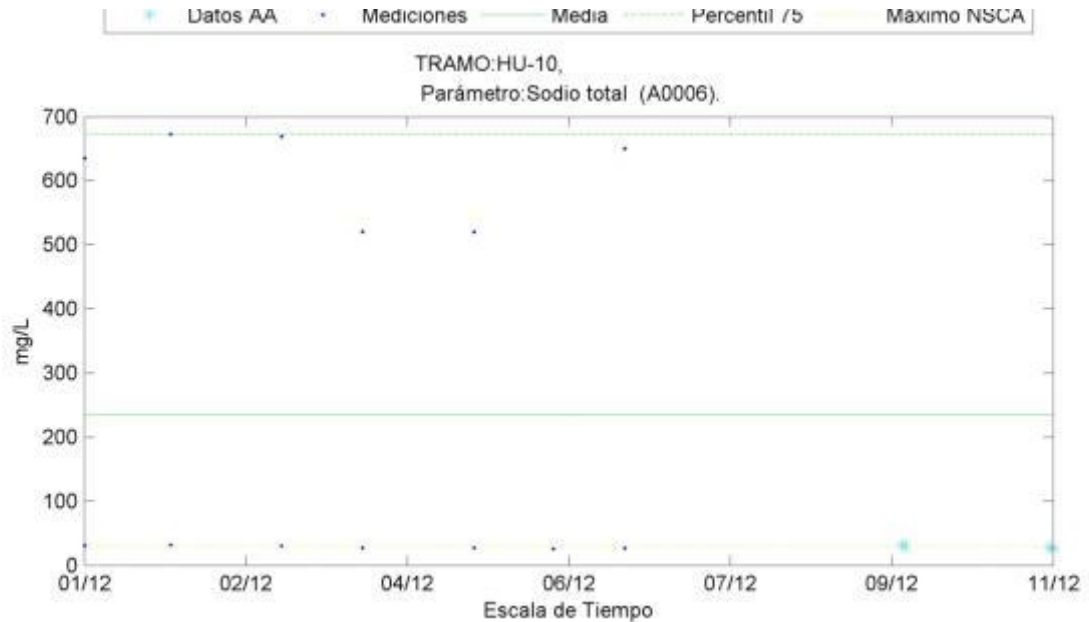
**Gráfico N° 53**  
**Parámetro 6341 Sulfato.**





**Descripción de la situación:** El límite normado es de 220 mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. Se observan dos grupos de datos, unos que oscilan entorno al valor máximo normado y otros que exceden en casi 2 veces el valor normado, el cual incluye los datos mas recientes y los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos.

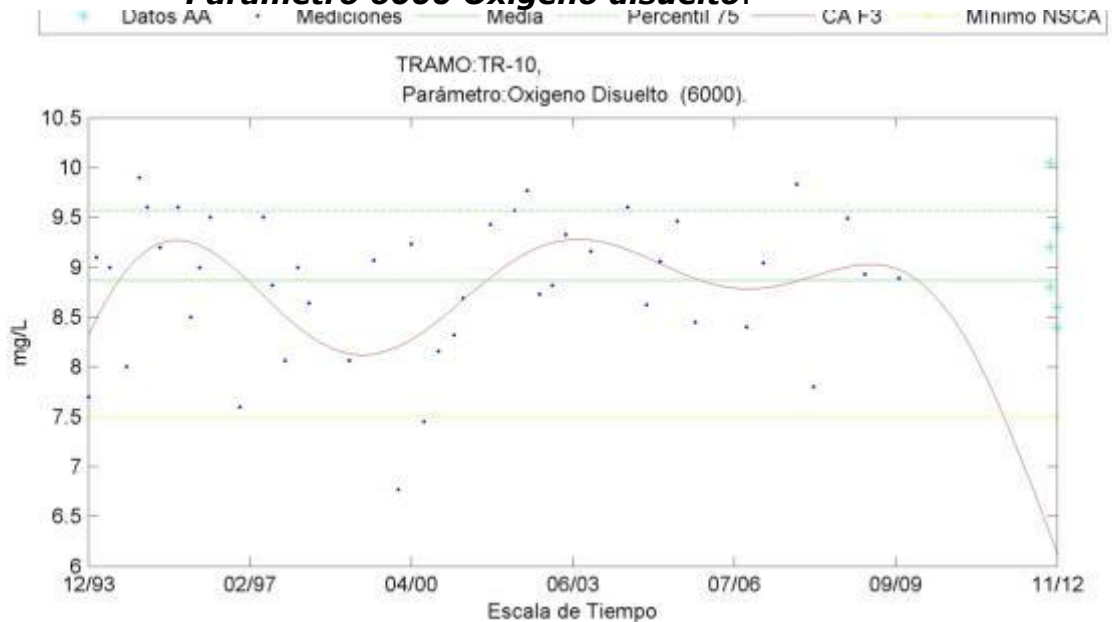
**Gráfico N° 54**  
**Parámetro A0006 Sodio total**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 30 mg/L. No existen suficientes datos como para generar una curva de ajuste. Se observan dos grupos de datos, unos que oscilan entorno al valor máximo normado, los que incluyen los realizados por nuestros monitoreos, y otros que exceden en casi 8 veces el valor normado.

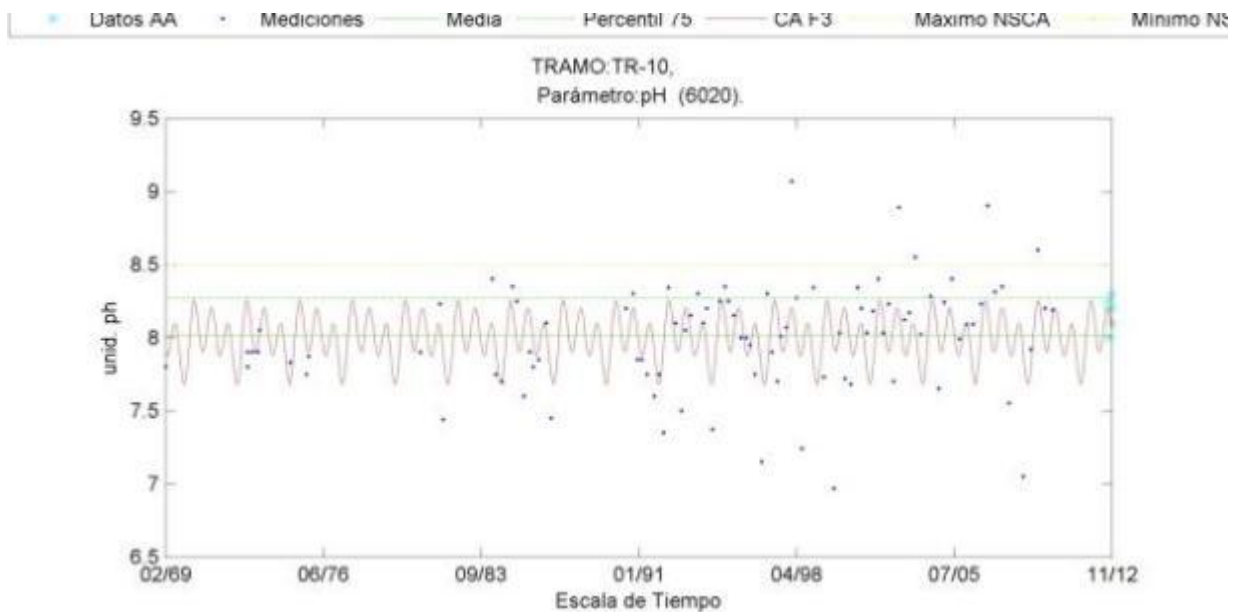
## 6.2.4 Subcuenca TR-10

**Gráfico N° 55**  
**Parámetro 6000 Oxígeno disuelto.**



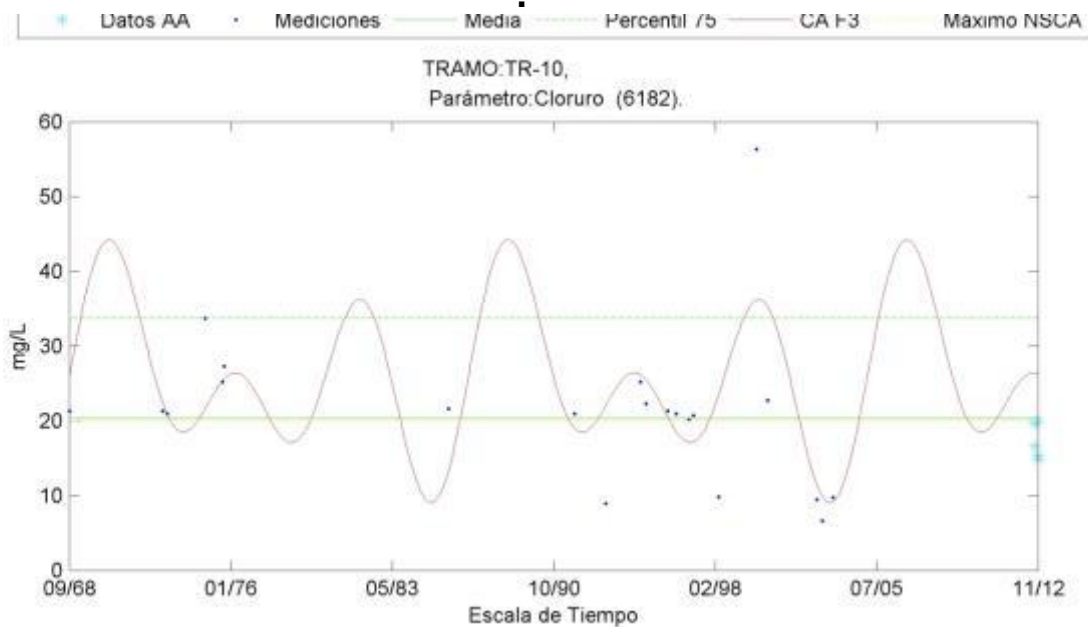
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. La mayoría de los datos satisface el valor normado, incluyendo la totalidad de los monitoreados por Asesorías Algoritmos y se observa un comportamiento global que está sobre el mínimo normado.

**Gráfico N° 56**  
**Parámetro 6020 pH.**



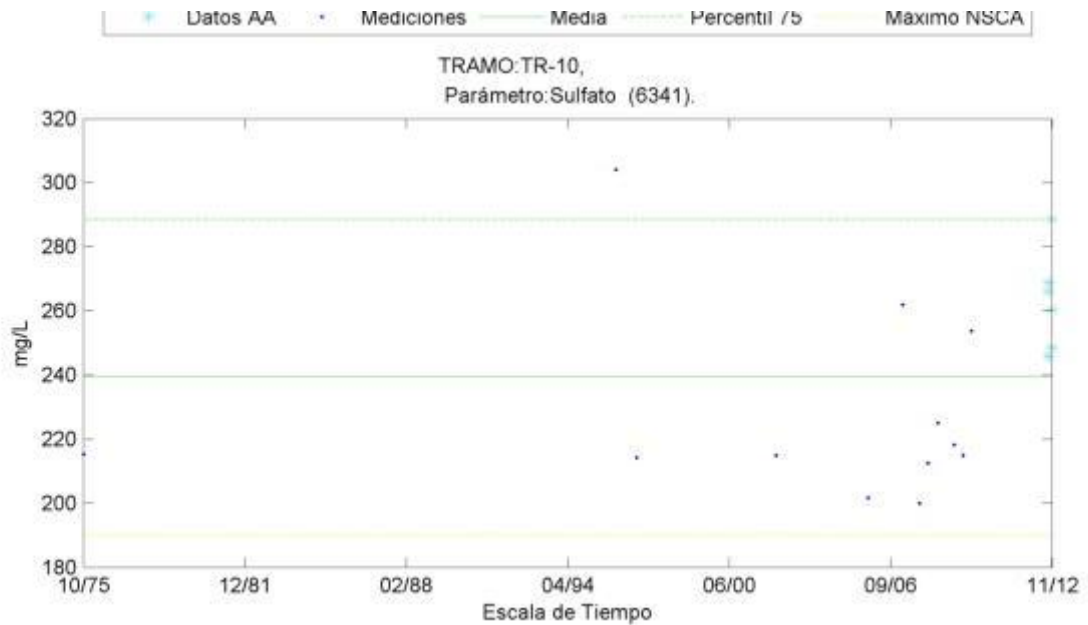
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 6.5 a 8.5 unidades de pH. La mayoría de los datos satisface el valor normado, incluyendo la totalidad de los monitoreados por Asesorías Algoritmos. El límite ácido nunca es cruzado.

**Gráfico N° 57**  
**Parámetro 6182 Cloruro**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 20 mg/L. Los datos informados en los años 90 y 70 tienen a no satisfacer este límite. Los datos informados por algoritmos se encuentran bajo este límite. Por falta de periodicidad en los monitoreos, la curva de ajuste no es confiable.

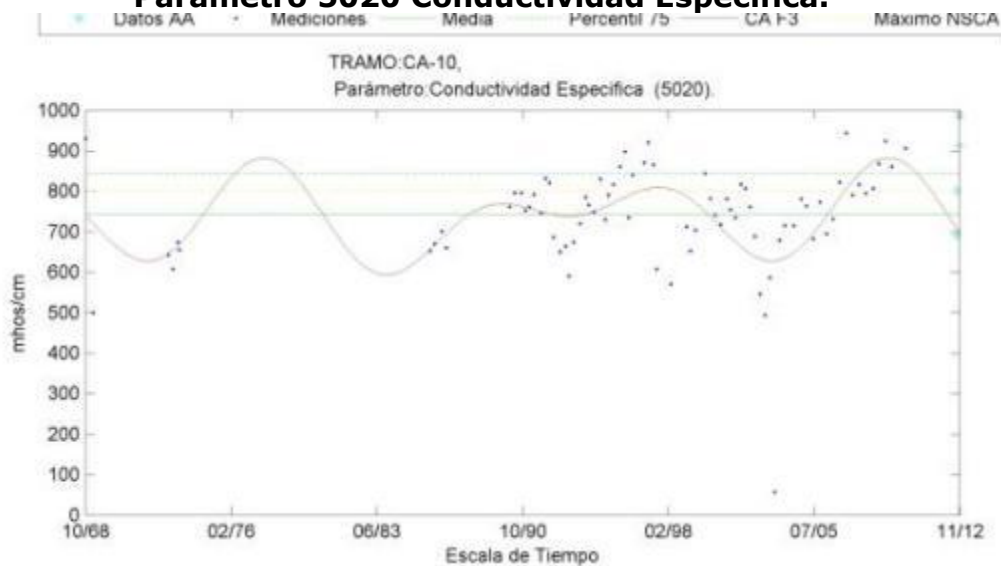
**Gráfico N° 58**  
**Parámetro 6341 Sulfato.**



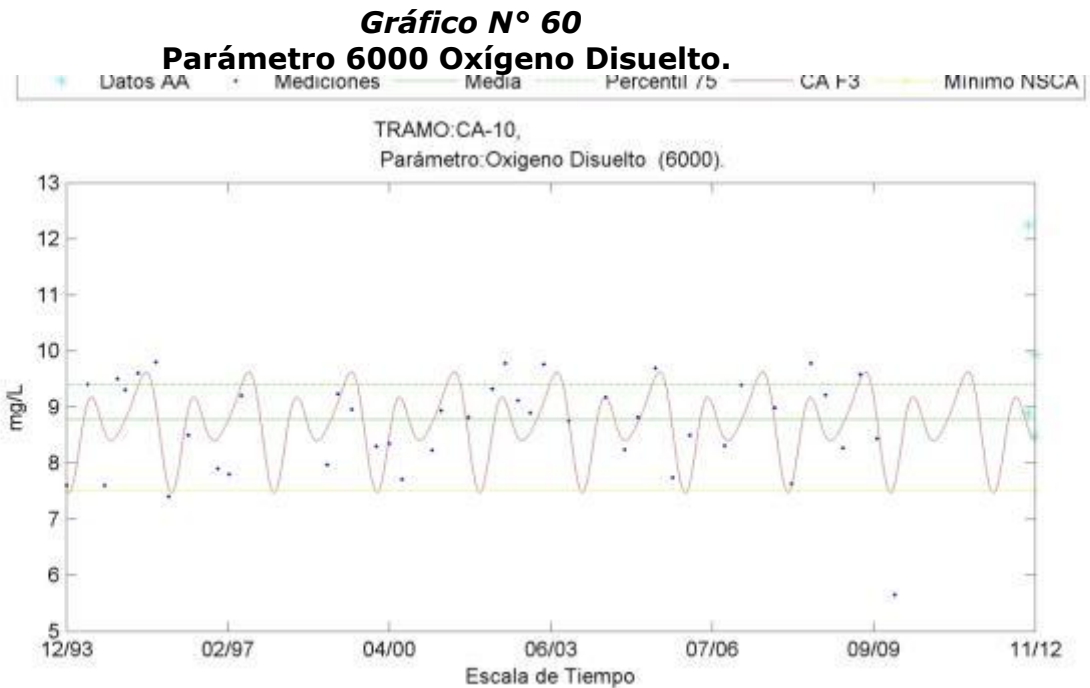
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 190 mg/L. La totalidad de los datos sobrepasa este límite, incluyendo los del año 1975 y los informados por Asesorías Algoritmos. Este es un punto crítico en lo referente a posibles fuentes de incumplimientos a lo propuesto en las NSCA. No existen suficientes datos como para ajustar una curva y observar comportamientos.

### 6.2.5 Subcuenca CA-10

**Gráfico N° 59**  
**Parámetro 5020 Conductividad Específica.**

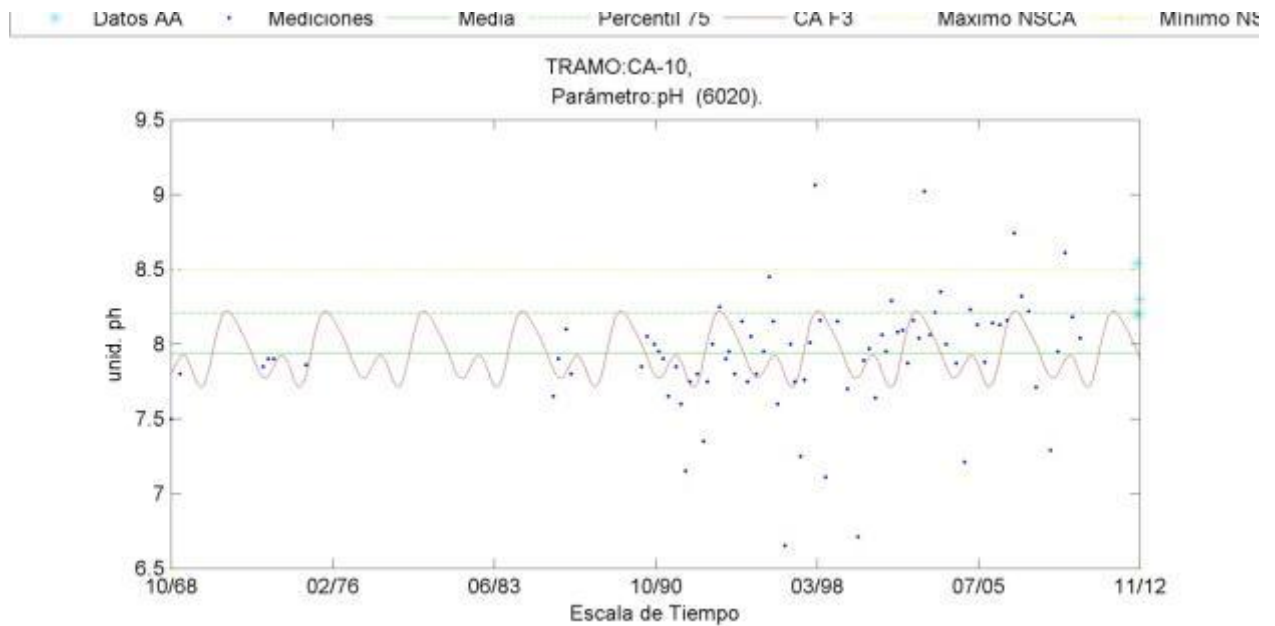


**Descripción de la situación:** El límite normado es de 800 mhos/cm. Históricamente los datos oscilan en torno a este valor, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos.



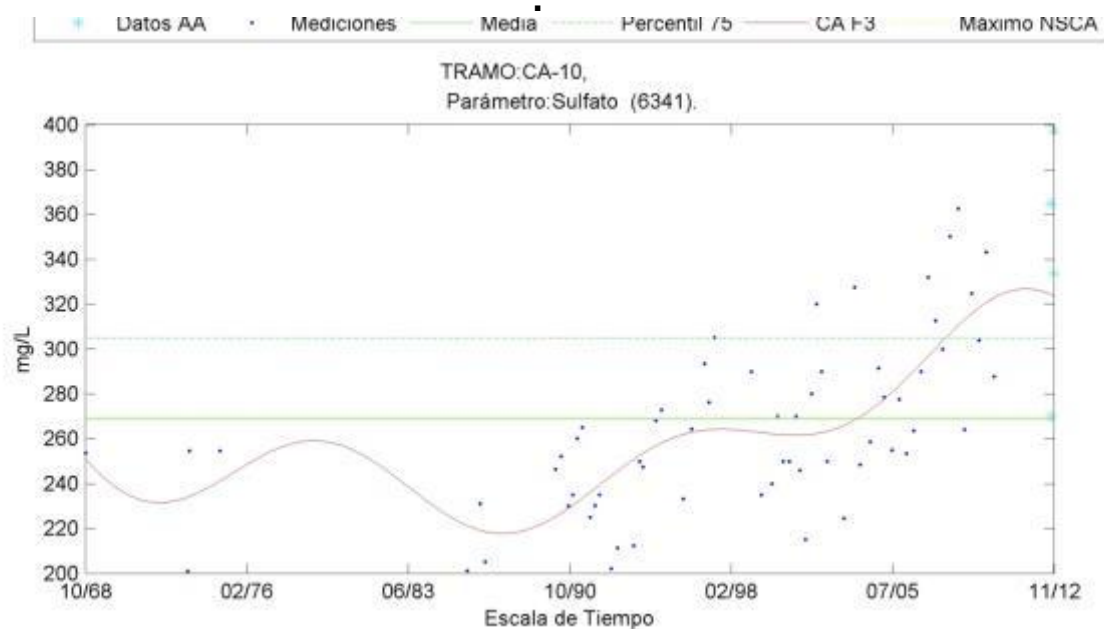
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. Casi la totalidad de los datos sobrepasa este límite, incluyendo los informados por Asesorías Algoritmos. Los datos informados presenta un pick histórico de oxígeno disuelto para la subcuenca.

### Gráfico N° 61 Parámetro 6020 pH.



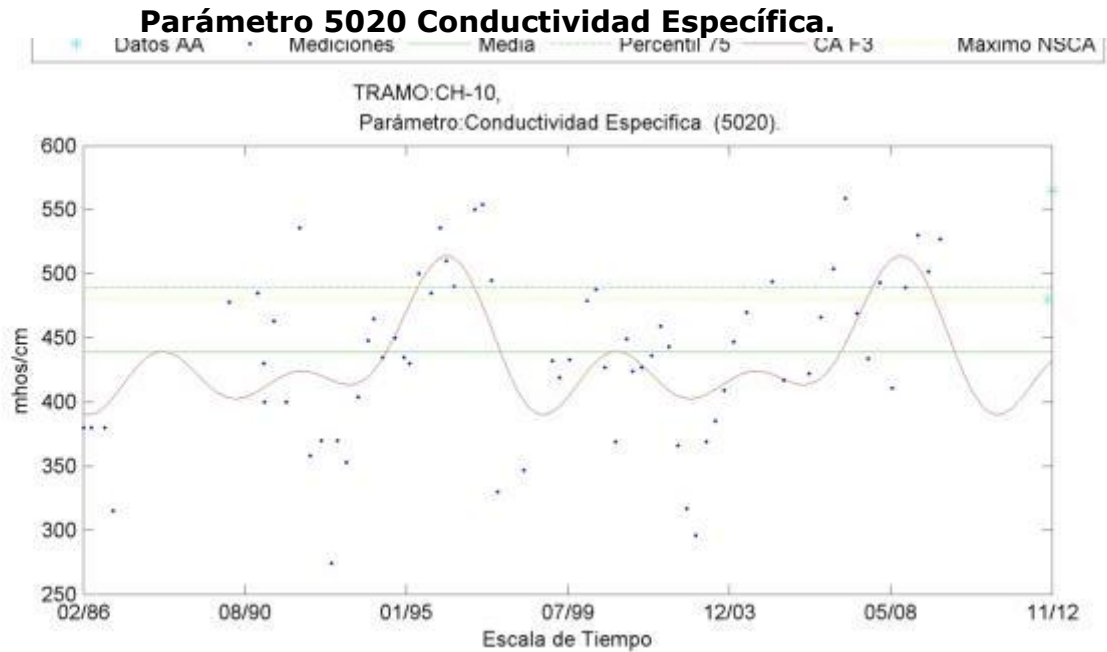
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 6.5 a 8.5 unidades de pH. La mayoría de los datos se encuentra cerca del límite ácido. Se observa un fenómeno particular referente al resto de las subcuencas del río, manifestado en la sección 7.2. A diferencia de todo lo sucedido en las otras estaciones, aquí se observa una tendencia más básica para cierto conjunto de datos.

### Gráfico N° 62 Parámetro 6341 Sulfato



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 270 mg/L. Existe una tendencia al alza, registrada a partir de los año 1990 hasta la actualidad, la cual se condice con el monitoreo hecho por Asesorías Algoritmos. La totalidad de los datos monitoreados en las últimas campañas ha excedido el límite normado.

## 6.2.6 Subcuenca CH-10

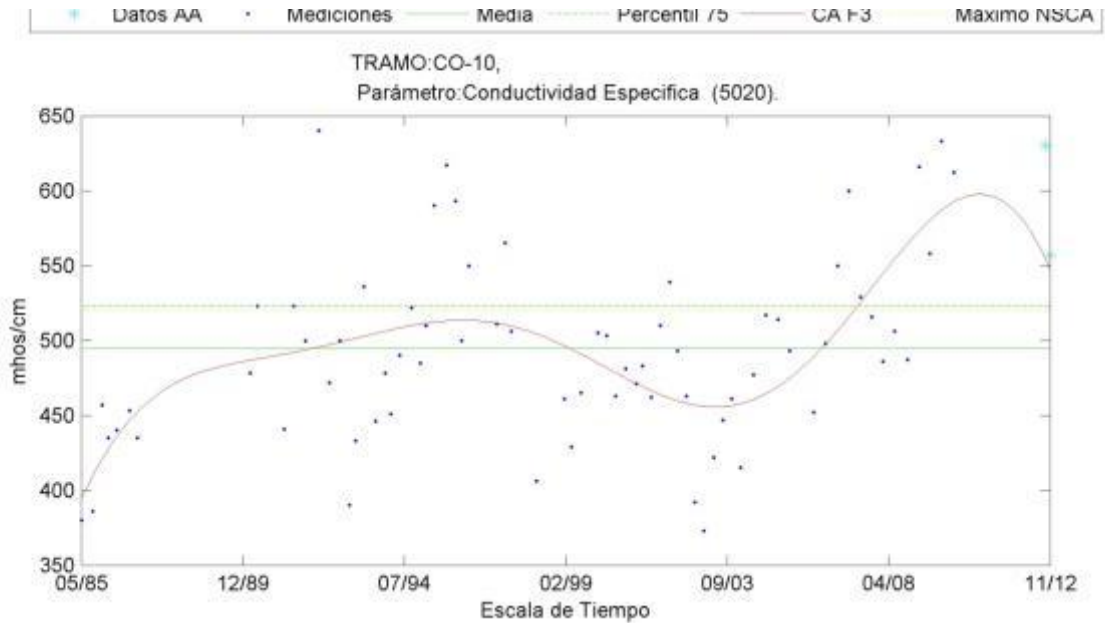


**Descripción de la situación:** El límite normado es de 480 mhos/cm. Históricamente los datos oscilan en torno a este valor, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos. Existen registros de cumplimientos y de incumplimientos históricamente, y precisamente nuestra campaña de monitoreo obtuvo un cumplimiento a esta norma y un dato que excedía lo propuesto.



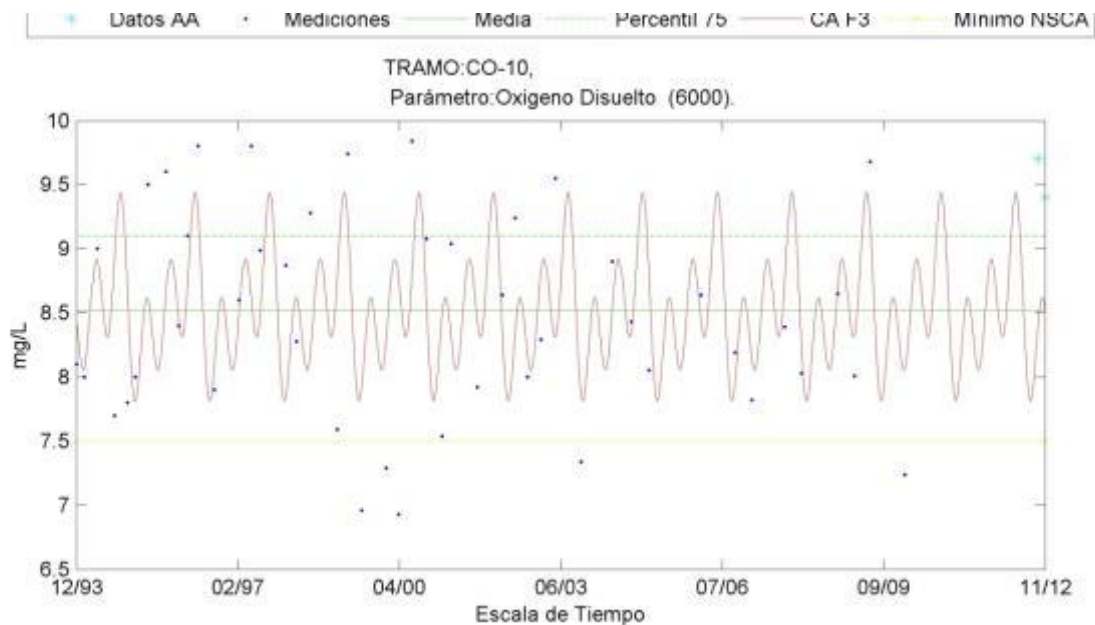
## 6.2.7 Subcuenca CO-10

**Gráfico N° 63**  
**Parámetro 5020 Conductividad Específica.**



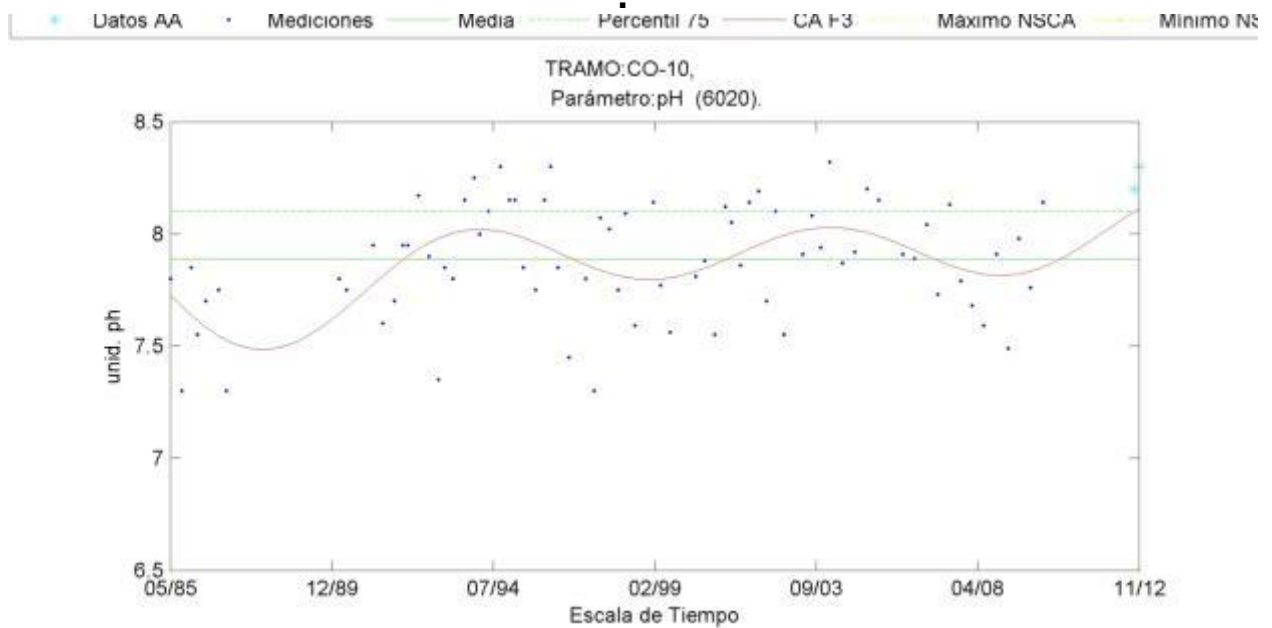
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 520 mhos/cm. Históricamente los datos oscilan en torno a este valor, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos. En el último periodo, desde el año 2003 a la fecha, existe una tendencia a la alza en los valores medidos, esto se condice con los valores obtenidos en nuestra campaña de monitoreos, donde ambos excedieron el límite normado.

### Gráfico N° 64 Parámetro 6000 Oxígeno disuelto.



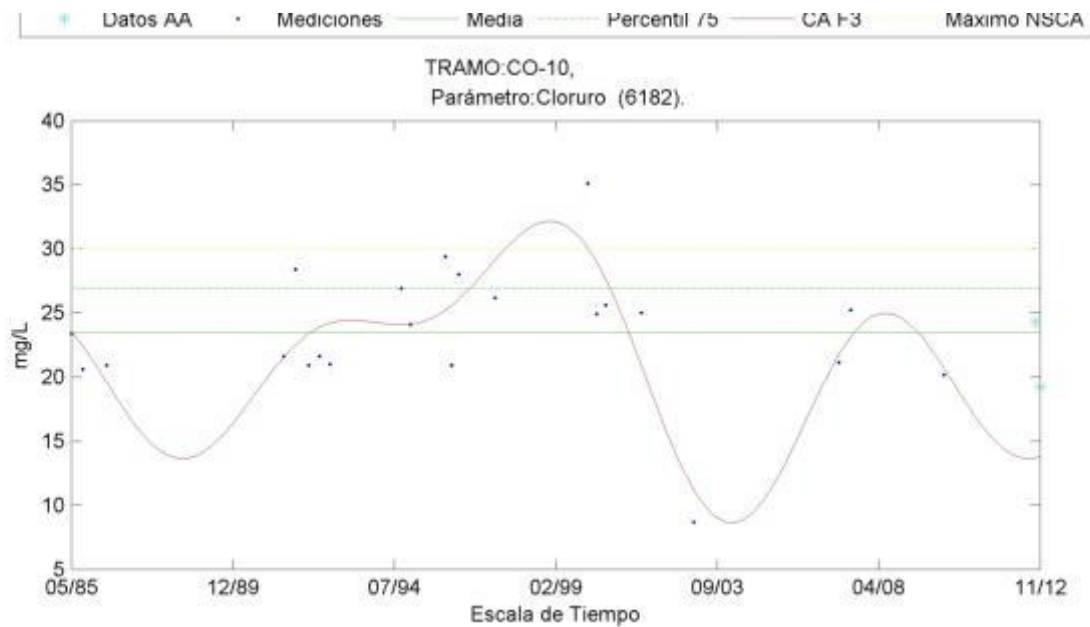
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 7.5 mg/L. Históricamente los datos oscilan sobre este valor, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos. La mayoría de los datos está sobre el límite inferior propuesto, donde se incluyen los informados por Asesorías Algoritmos.

**Gráfico N° 65**  
**Parámetro 6020 pH**



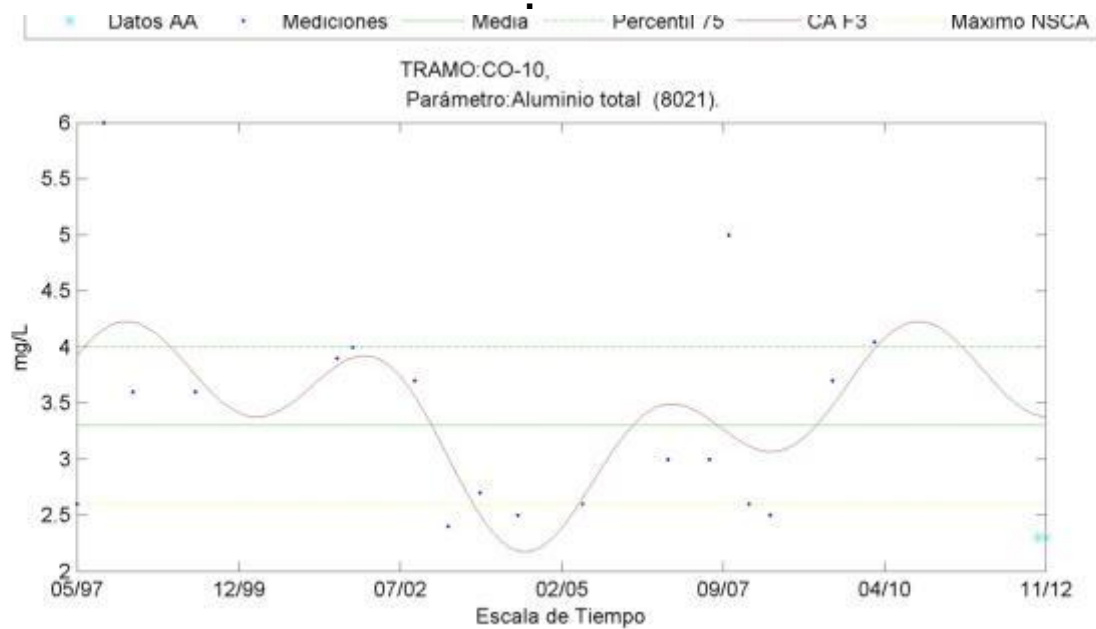
**Descripción de la situación:** El límite normado es de 6.5 a 8.5 unidades de pH. Históricamente los datos oscilan bajo el límite básico, en ellos se incluyen los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos. No existen registros de incumplimientos al valor normados, pero si una ligera tendencia a la alza, registrada desde el año 1990 en adelante.

**Gráfico N° 66**  
**Parámetro 6182 Cloruro.**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 30 mg/L. Históricamente los datos oscilan bajo a este valor, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos. La mayoría de los datos está bajo el límite normado, incluyendo los datos informados por Asesorías Algoritmos.

**Gráfico N° 67**  
**Parámetro 8021 Aluminio total**



**Descripción de la situación:** El límite normado es de 2.6 mg/L. Históricamente los datos oscilan sobre este valor a diferencia de algunos datos obtenidos entre el 2003 y el 2008, y los datos informados por Asesorías Algoritmos, los cuales están bajo el límite de propuesto.

### 6.3 Resumen de la situación por subcuenca

En la Tabla N° 29 se adjunta un breve resumen de la situación por subcuenca de río expuesta en la sección anterior. Se excluyen de este resumen las estaciones donde no se puede inferir información por falta de mediciones o inadecuadas frecuencias de monitoreo.

**Tabla N° 29**  
**Resumen de la situación por subcuenca por tramo de río**

Tramo	Parámetro	Observación
HU-30	Conductividad Específica (5020)	Se observa una tendencia a disminuir a partir de los años 1995-1998. Desde estas fechas el número de incumplimientos a lo propuesto en las NSCA disminuye pero todavía se registran, incluyendo los datos obtenidos por Asesorías Algoritmos.
	Oxígeno disuelto (6000)	Se observa una tendencia al alza desde el año 2006. El pick histórico lo registró Asesorías Algoritmos en campaña de monitoreo del presente proyecto.
	Boro (6100)	Existe escasa distribución de los datos históricos, lo que supone que el parámetro es extremadamente estable en la subcuenca o se encuentra bajo los límites de detección. En cualquier caso se observa un incumplimiento histórico a lo propuesto en las NSCA del total de los datos.
	Cloruro (6182)	Existen dos nubes de datos, los datos informados por Asesorías Algoritmos se encuentran dentro de la zona de cumplimiento a lo propuesto en las NSCA. Referenciamos al análisis por estación en la subcuenca.
	Sulfato (6341)	Se observa una gran varianza y oscilación de los datos en la subcuenca. El grueso de los datos cumple con lo propuesto en las NSCA.
	RAS (9921)	Análogamente a lo observado para el Cloruro, existen dos nubes de datos. La nube más cercana al límite propuesto en las NSCA presenta poca varianza. Este parámetro no cumple con lo propuesto en las NSCA para casi todos los datos históricos.
	Sodio total (A0006)	No existen suficientes datos para realizar un análisis histórico. Pero la mayoría de los datos monitoreados en los últimos años satisface lo propuesto en las NSCA.
HU-20	Conductividad Específica (5020)	La mayoría de los datos cumple con lo normado.
	Oxígeno disuelto	Los datos depende del lugar de monitoreo. Referenciamos al análisis por estación.

Tramo	Parámetro	Observación
	(6000)	
	pH (6020)	El comportamiento es básico (entorno a las 7 unidades de pH). El grueso de los datos cumple con lo propuesto en las NSCA.
	Cloruro (6182)	Se observa una tendencia global a cumplir lo propuesto en las NSCA. Los datos obtenidos por Asesorías Algoritmos se encuentran sobre el límite normado.
	Sulfato (6342)	Se observan nubes de datos y una gran varianza de ellos. La mayoría de los datos se encuentra en cumplimiento, pero la mayoría de los datos de Asesorías Algoritmos exceden lo propuesto en las NSCA.
	RAS (9921)	Existe un comportamiento global a no cumplir con este límite normado.
TR-10	Oxígeno disuelto (6000)	Se observa un comportamiento global que está sobre el mínimo propuesto en las NSCA.
	pH (6020)	La mayoría de los datos oscila dentro de los valores básicos en la zona de cumplimiento.
CA-10	Conductividad específica (5020)	Históricamente los datos oscilan en torno al valor máximo propuesto en las NSCA, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos.
	Oxígeno disuelto (6000)	La totalidad de los datos cumple o está muy cercano al límite propuesto en las NSCA.
	pH (6020)	Se observa una tendencia al alza y los datos oscilan bajo el límite básico propuesto en las NSCA.
	Sulfato (6341)	Se observa una tendencia al alza y la totalidad de los monitoreos realizados durante los últimos años no han cumplido con lo propuesto en las NSCA.
CH-10	Conductividad específica (5020)	Históricamente los datos oscilan en torno al valor propuesto en las NSCA, incluyendo los datos monitoreados por Asesorías Algoritmos.
CO-10	Conductividad específica (5020)	Desde el 2003 a la fecha que se registra incumplimientos y una tendencia al alza en las magnitudes. Los datos obtenidos por Asesorías Algoritmos contienen uno de los pick históricos. Desde el 2009 que se excede lo propuesto en las NSCA.
	Oxígeno disuelto (600)	Los datos oscilan sobre el límite mínimo propuesto en las NSCA. Existen solo cinco incumplimientos registrados que corresponden a una pequeña cantidad de mediciones en relación con los datos históricos.
	pH (6020)	Los valores históricos se acercan al límite básico propuesto en las NSCA. Existe una tendencia al alza histórica y uno de los picks se registran entre los datos de Asesorías Algoritmos.

## 6.4 Análisis de la situación química por estación de monitoreo para parámetros sensibles incluidos en las NSCA.

### 6.4.1 Mediciones promedio por subcuenca.

A continuación un listado de las emisiones promedio por parámetro y subcuenca. Estos resultados serán usados exhaustivamente en la siguiente sección, donde serán utilizados como punto de comparación para los parámetros de medición respecto a las medias de las cuencas a las que pertenecen y las cercanas a ellos.

**Tabla N° 30**  
**Mediciones promedio por subcuenca**

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
CA-10	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	1127500	ceL/L
CA-10	5140	Temperatura del Agua	20.918	Grad. C
CA-10	A0011	Caudal	4.207	m <sup>3</sup> /s
CA-10	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.05	mg N-NO2 /L
CA-10	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.55	mg N-NO3 /L
CA-10	6000	Oxígeno Disuelto	8.781	mg/L
CA-10	6080	Bicarbonato	126.059	mg/L
CA-10	6100	Boro	0.288	mg/L
CA-10	6182	Cloruro	12.469	mg/L
CA-10	6240	Nitratos	4.15	mg/L
CA-10	6310	Fosforo total	0.118	mg/L
CA-10	6341	Sulfato	268.707	mg/L
CA-10	7040	Demanda química de Oxígeno	17.152	mg/L
CA-10	8021	Aluminio total	8.019	mg/L
CA-10	8041	Arsénico total	0.005	mg/L
CA-10	8120	Calcio disuelto	83.021	mg/L
CA-10	8145	Cobre total	0.02	mg/L
CA-10	8203	Fierro total	13.543	mg/L
CA-10	8260	Magnesio disuelto	22.871	mg/L
CA-10	8281	Manganeso total	0.04	mg/L
CA-10	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
CA-10	8341	Níquel total	0.01	mg/L
CA-10	8383	Plomo total	0.003	mg/L
CA-10	8400	Potasio disuelto	2.786	mg/L
CA-10	8440	Sodio disuelto	26.128	mg/L
CA-10	8465	Zinc total	0.031	mg/l
CA-10	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
CA-10	A0005	Molibdeno total	0.04	mg/L
CA-10	A0006	Sodio total	26.525	mg/L
CA-10	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
CA-10	A0009	Fosfato total	0.368	mg/L
CA-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	658	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
CA-10	A0012	Amonio	0.05	mg/L
CA-10	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.15	mg/L
CA-10	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
CA-10	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.275	mg/L
CA-10	A0034	Magnesio total	16.625	mg/L
CA-10	A0045	Calcio Total	111.95	mg/L
CA-10	A0050	Hierro Total	0.215	mg/L
CA-10	A0055	Potasio Total	1.72	mg/L
CA-10	A0073	Sólidos suspendidos	13	mg/L
CA-10	A0075	Alcalinidad	132.25	mg/L
CA-10	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
CA-10	5020	Conductividad Especifica	743.682	mhos/cm
CA-10	A0021	Coliformes Fecales	70.75	NMP/100 ML
CA-10	6020	pH	7.938	unid. ph
CH-10	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	240000	cel/L
CH-10	5140	Temperatura del Agua	16.233	Grad. C
CH-10	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.05	mg N-NO2 /L
CH-10	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.5	mg N-NO3 /L
CH-10	6000	Oxígeno Disuelto	8.5	mg/L
CH-10	6100	Boro	0.05	mg/L
CH-10	6182	Cloruro	7.2	mg/L
CH-10	6240	Nitratos	0.5	mg/L
CH-10	6310	Fosforo total	0.365	mg/L
CH-10	6341	Sulfato	221.185	mg/L
CH-10	7040	Demanda química de Oxígeno	15.234	mg/L
CH-10	8021	Aluminio total	3.108	mg/L
CH-10	8041	Arsénico total	0.005	mg/L
CH-10	8120	Calcio disuelto	59.994	mg/L
CH-10	8145	Cobre total	0.025	mg/L
CH-10	8203	Fierro total	15.975	mg/L
CH-10	8260	Magnesio disuelto	8.516	mg/L
CH-10	8281	Manganeso total	0.375	mg/L
CH-10	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
CH-10	8341	Níquel total	0.03	mg/L
CH-10	8383	Plomo total	0.003	mg/L
CH-10	8440	Sodio disuelto	7.798	mg/L
CH-10	8465	Zinc total	0.11	mg/l
CH-10	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
CH-10	A0005	Molibdeno total	0.015	mg/L
CH-10	A0006	Sodio total	18.755	mg/L
CH-10	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
CH-10	A0009	Fosfato total	1.14	mg/L
CH-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	402	mg/L
CH-10	A0012	Amonio	0.05	mg/L
CH-10	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.05	mg/L
CH-10	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L



TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
CH-10	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.16	mg/L
CH-10	A0034	Magnesio total	7.75	mg/L
CH-10	A0045	Calcio Total	60.6	mg/L
CH-10	A0050	Hierro Total	0.415	mg/L
CH-10	A0055	Potasio Total	1.215	mg/L
CH-10	A0073	Sólidos suspendidos	10	mg/L
CH-10	A0075	Alcalinidad	29.4	mg/L
CH-10	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
CH-10	5020	Conductividad Especifica	439.171	mhos/cm
CH-10	A0021	Coliformes Fecales	12.5	NMP/100 ML
CH-10	6020	pH	7.85	unid. ph
CO-10	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	2375000	ceL/L
CO-10	5140	Temperatura del Agua	12.636	Grad. C
CO-10	A0011	Caudal	3.72	m <sup>3</sup> /s
CO-10	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.05	mg N-NO2 /L
CO-10	A0014	Nitrógeno de nitratos	1.25	mg N-NO3 /L
CO-10	6000	Oxígeno Disuelto	8.518	mg/L
CO-10	6080	Bicarbonato	83.817	mg/L
CO-10	6100	Boro	0.255	mg/L
CO-10	6120	Carbonato	4.35	mg/L
CO-10	6182	Cloruro	23.467	mg/L
CO-10	6240	Nitratos	8.6	mg/L
CO-10	6310	Fosforo total	0.125	mg/L
CO-10	6341	Sulfato	199.412	mg/L
CO-10	7040	Demanda química de Oxigeno	20.631	mg/L
CO-10	8021	Aluminio total	3.302	mg/L
CO-10	8041	Arsénico total	0.005	mg/L
CO-10	8120	Calcio disuelto	60.812	mg/L
CO-10	8145	Cobre total	0.05	mg/L
CO-10	8203	Fierro total	3.583	mg/L
CO-10	8260	Magnesio disuelto	8.768	mg/L
CO-10	8281	Manganeso total	0.33	mg/L
CO-10	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
CO-10	8341	Níquel total	0.01	mg/L
CO-10	8383	Plomo total	0.003	mg/L
CO-10	8400	Potasio disuelto	3.068	mg/L
CO-10	8440	Sodio disuelto	22.458	mg/L
CO-10	8465	Zinc total	0.15	mg/l
CO-10	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
CO-10	A0005	Molibdeno total	0.01	mg/L
CO-10	A0006	Sodio total	22.085	mg/L
CO-10	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
CO-10	A0009	Fosfato total	1.71	mg/L
CO-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	434	mg/L
CO-10	A0012	Amonio	0.05	mg/L
CO-10	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno	1	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
CO-10	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
CO-10	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.16	mg/L
CO-10	A0034	Magnesio total	8.55	mg/L
CO-10	A0045	Calcio Total	52.95	mg/L
CO-10	A0050	Hierro Total	0.28	mg/L
CO-10	A0055	Potasio Total	1.465	mg/L
CO-10	A0073	Sólidos suspendidos	20	mg/L
CO-10	A0075	Alcalinidad	65.785	mg/L
CO-10	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
CO-10	5020	Conductividad Especifica	494.671	mhos/cm
CO-10	A0021	Coliformes Fecales	8	NMP/100 ML
CO-10	6020	pH	7.887	unid. ph
ES-10	8021	Aluminio total	4.971	mg/L
ES-10	8203	Fierro total	9.711	mg/L
ES-10	8281	Manganeso total	2.986	mg/L
ES-10	8465	Zinc total	2.45	mg/l
ES-10	A0001	Cloro total	4.498	mg/L
ES-10	A0006	Sodio total	5.507	mg/L
ES-10	A0009	Fosfato total	141.905	mg/L
ES-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	307.347	mg/L
ES-10	A0003	Conductividad	326.519	umho
ES-10	6020	pH	6.427	unid. ph
HU-10	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	365000	cel/L
HU-10	5140	Temperatura del Agua	20.675	Grad. C
HU-10	A0011	Caudal	5.825	m <sup>3</sup> /s
HU-10	A0015	Nitrógeno de nitritos	1.276	mg N-NO2 /L
HU-10	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.55	mg N-NO3 /L
HU-10	6000	Oxígeno Disuelto	8.574	mg/L
HU-10	6100	Boro	0.258	mg/L
HU-10	6182	Cloruro	49.698	mg/L
HU-10	6240	Nitratos	2.921	mg/L
HU-10	6310	Fosforo total	0.053	mg/L
HU-10	6341	Sulfato	283.155	mg/L
HU-10	7040	Demanda Química de Oxigeno	5.933	mg/L
HU-10	8021	Aluminio total	0.6	mg/L
HU-10	8041	Arsénico total	0.004	mg/L
HU-10	8120	Calcio disuelto	84.77	mg/L
HU-10	8145	Cobre total	0.023	mg/L
HU-10	8260	Magnesio disuelto	20.852	mg/L
HU-10	8281	Manganeso total	0.047	mg/L
HU-10	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
HU-10	8341	Níquel total	0.01	mg/L
HU-10	8383	Plomo total	0.003	mg/L
HU-10	8440	Sodio disuelto	29.411	mg/L
HU-10	8465	Zinc total	0.039	mg/l
HU-10	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
HU-10	A0005	Molibdeno total	0.012	mg/L
HU-10	A0006	Sodio total	234.271	mg/L
HU-10	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
HU-10	A0009	Fosfato total	0.156	mg/L
HU-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	809.286	mg/L
HU-10	A0012	Amonio	0.05	mg/L
HU-10	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno	4.925	mg/L
HU-10	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
HU-10	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.175	mg/L
HU-10	A0034	Magnesio total	13.95	mg/L
HU-10	A0045	Calcio Total	97.125	mg/L
HU-10	A0050	Hierro Total	0.258	mg/L
HU-10	A0055	Potasio Total	1.775	mg/L
HU-10	A0073	Sólidos suspendidos	10	mg/L
HU-10	A0075	Alcalinidad	126.518	mg/L
HU-10	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
HU-10	5020	Conductividad Especifica	902	mhos/cm
HU-10	A0021	Coliformes Fecales	13.75	NMP/100 ML
HU-10	A0003	Conductividad	834.333	umho
HU-10	6020	pH	7.648	unid. ph
HU-20	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	353250	ceL/L
HU-20	5140	Temperatura del Agua	17.112	Grad. C
HU-20	A0011	Caudal	5.905	m <sup>3</sup> /s
HU-20	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.05	mg N-NO2 /L
HU-20	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.8	mg N-NO3 /L
HU-20	6000	Oxígeno Disuelto	2.838	mg/L
HU-20	6080	Bicarbonato	226.081	mg/L
HU-20	6100	Boro	0.635	mg/L
HU-20	6120	Carbonato	14.873	mg/L
HU-20	6182	Cloruro	35.881	mg/L
HU-20	6240	Nitratos	1.545	mg/L
HU-20	6310	Fosforo total	0.025	mg/L
HU-20	6341	Sulfato	264.476	mg/L
HU-20	7040	Demanda Quimica de Oxigeno	24.842	mg/L
HU-20	8021	Aluminio total	1.95	mg/L
HU-20	8041	Arsenico total	0.003	mg/L
HU-20	8120	Calcio disuelto	66.83	mg/L
HU-20	8145	Cobre total	0.018	mg/L
HU-20	8203	Fierro total	5.416	mg/L
HU-20	8260	Magnesio disuelto	23.731	mg/L
HU-20	8281	Manganeso total	0.028	mg/L
HU-20	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
HU-20	8341	Niquel total	0.01	mg/L
HU-20	8383	Plomo total	0.003	mg/L
HU-20	8400	Potasio disuelto	4.495	mg/L
HU-20	8440	Sodio disuelto	57.789	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
HU-20	8465	Zinc total	0.028	mg/l
HU-20	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
HU-20	A0005	Molibdeno total	0.013	mg/L
HU-20	A0006	Sodio total	275.462	mg/L
HU-20	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
HU-20	A0009	Fosfato total	0.075	mg/L
HU-20	A0010	Solidos Disueltos Totales	30.211	mg/L
HU-20	A0012	Amonio	0.05	mg/L
HU-20	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno	1	mg/L
HU-20	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
HU-20	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.225	mg/L
HU-20	A0034	Magnesio total	13.65	mg/L
HU-20	A0045	Calcio Total	121.3	mg/L
HU-20	A0050	Hierro Total	0.125	mg/L
HU-20	A0055	Potasio Total	2.497	mg/L
HU-20	A0073	Sólidos suspendidos	10	mg/L
HU-20	A0075	Alcalinidad	158.25	mg/L
HU-20	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
HU-20	5020	Conductividad Especifica	790.42	mhos/cm
HU-20	A0021	Coliformes Fecales	96.75	NMP/100 ML
HU-20	9921	Razon de Absorción de Sodio (RAS)	5.17	ras
HU-20	A0003	Conductividad	850.833	umho
HU-20	6020	pH	8.05	unid. ph
HU-30	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	6496875	ceL/L
HU-30	5140	Temperatura del Agua	23.384	Grad. C
HU-30	A0011	Caudal	6.263	m <sup>3</sup> /s
HU-30	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.145	mg N-NO2 /L
HU-30	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.4	mg N-NO3 /L
HU-30	6000	Oxígeno Disuelto	6.813	mg/L
HU-30	6080	Bicarbonato	324.284	mg/L
HU-30	6100	Boro	3.281	mg/L
HU-30	6120	Carbonato	41.89	mg/L
HU-30	6182	Cloruro	996.594	mg/L
HU-30	6240	Nitratos	1.694	mg/L
HU-30	6310	Fosforo total	0.302	mg/L
HU-30	6341	Sulfato	630.954	mg/L
HU-30	7040	Demanda Quimica de Oxigeno	45.662	mg/L
HU-30	8021	Aluminio total	0.237	mg/L
HU-30	8041	Arsenico total	0.003	mg/L
HU-30	8120	Calcio disuelto	177.31	mg/L
HU-30	8145	Cobre total	0.018	mg/L
HU-30	8203	Fierro total	5.095	mg/L
HU-30	8260	Magnesio disuelto	56.652	mg/L
HU-30	8281	Manganeso total	0.036	mg/L
HU-30	8303	Mercurio total	0.001	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
HU-30	8341	Niquel total	0.01	mg/L
HU-30	8383	Plomo total	0.003	mg/L
HU-30	8400	Potasio disuelto	31.426	mg/L
HU-30	8440	Sodio disuelto	998.925	mg/L
HU-30	8465	Zinc total	0.02	mg/l
HU-30	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
HU-30	A0005	Molibdeno total	0.011	mg/L
HU-30	A0006	Sodio total	898.231	mg/L
HU-30	A0007	Nitritos	1.717	mg/L
HU-30	A0009	Fosfato total	0.942	mg/L
HU-30	A0010	Solidos Disueltos Totales	1817.8	mg/L
HU-30	A0012	Amonio	0.05	mg/L
HU-30	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno	8.552	mg/L
HU-30	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
HU-30	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.425	mg/L
HU-30	A0034	Magnesio total	24.638	mg/L
HU-30	A0045	Calcio Total	159.325	mg/L
HU-30	A0050	Hierro Total	0.103	mg/L
HU-30	A0055	Potasio Total	4.627	mg/L
HU-30	A0073	Sólidos suspendidos	11.5	mg/L
HU-30	A0075	Alcalinidad	210.49	mg/L
HU-30	A0076	Clorofila-a	0.013	mg/L
HU-30	5020	Conductividad Especifica	3115.347	mhos/cm
HU-30	A0021	Coliformes Fecales	250	NMP/100 ML
HU-30	9921	Razon de Absorción de Sodio (RAS)	20.38	ras
HU-30	A0003	Conductividad	3031.167	umho
HU-30	6020	pH	8.18	unid. ph
PO-10	8021	Aluminio total	5.09	mg/L
PO-10	8203	Fierro total	5.744	mg/L
PO-10	8281	Manganeso total	3.28	mg/L
PO-10	A0001	Cloro total	6.532	mg/L
PO-10	A0006	Sodio total	20.766	mg/L
PO-10	A0009	Fosfato total	376.831	mg/L
PO-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	746.391	mg/L
PO-10	A0003	Conductividad	809.195	umho
PO-10	6020	pH	7.515	unid. ph
PO-20	8021	Aluminio total	11.828	mg/L
PO-20	8203	Fierro total	15.964	mg/L
PO-20	8281	Manganeso total	2.95	mg/L
PO-20	A0001	Cloro total	7.748	mg/L
PO-20	A0009	Fosfato total	229.088	mg/L
PO-20	A0010	Solidos Disueltos Totales	490.438	mg/L
PO-20	A0003	Conductividad	567.495	umho
PO-20	6020	pH	7.835	unid. ph
QU-10	8021	Aluminio total	24.5	mg/L
QU-10	8203	Fierro total	20.65	mg/L
QU-10	A0001	Cloro total	7	mg/L

TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
QU-10	A0006	Sodio total	8.636	mg/L
QU-10	A0009	Fosfato total	79.282	mg/L
QU-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	300.485	mg/L
QU-10	A0003	Conductividad	336.67	umho
QU-10	6020	pH	8.052	unid. ph
TO-10	A0001	Cloro total	4.257	mg/L
TO-10	A0006	Sodio total	5.611	mg/L
TO-10	A0007	Nitritos	2.6	mg/L
TO-10	A0009	Fosfato total	170.667	mg/L
TO-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	351.05	mg/L
TO-10	A0003	Conductividad	406.94	umho
TO-10	6020	pH	7.686	unid. ph
TR-10	A0078	Fitoplancton abundancia relativa	14752500	ceL/L
TR-10	5140	Temperatura del Agua	20.089	Grad. C
TR-10	A0011	Caudal	4.753	m <sup>3</sup> /s
TR-10	A0015	Nitrógeno de nitritos	0.158	mg N-NO2 /L
TR-10	A0014	Nitrógeno de nitratos	0.85	mg N-NO3 /L
TR-10	6000	Oxígeno Disuelto	8.866	mg/L
TR-10	6080	Bicarbonato	126.721	mg/L
TR-10	6100	Boro	0.225	mg/L
TR-10	6120	Carbonato	4.459	mg/L
TR-10	6182	Cloruro	20.334	mg/L
TR-10	6240	Nitratos	4.333	mg/L
TR-10	6310	Fosforo total	0.112	mg/L
TR-10	6341	Sulfato	239.702	mg/L
TR-10	7040	Demanda Química de Oxígeno	14.708	mg/L
TR-10	8021	Aluminio total	4.275	mg/L
TR-10	8041	Arsenico total	0.004	mg/L
TR-10	8120	Calcio disuelto	76.016	mg/L
TR-10	8145	Cobre total	0.02	mg/L
TR-10	8203	Fierro total	5.567	mg/L
TR-10	8260	Magnesio disuelto	15.325	mg/L
TR-10	8281	Manganeso total	0.097	mg/L
TR-10	8303	Mercurio total	0.001	mg/L
TR-10	8341	Niquel total	0.01	mg/L
TR-10	8383	Plomo total	0.003	mg/L
TR-10	8400	Potasio disuelto	3.741	mg/L
TR-10	8440	Sodio disuelto	26.149	mg/L
TR-10	8465	Zinc total	0.075	mg/l
TR-10	A0002	Cianuro total	0.05	mg/L
TR-10	A0005	Molibdeno total	0.01	mg/L
TR-10	A0006	Sodio total	20.843	mg/L
TR-10	A0007	Nitritos	0.05	mg/L
TR-10	A0009	Fosfato total	0.277	mg/L
TR-10	A0010	Solidos Disueltos Totales	476.667	mg/L
TR-10	A0012	Amonio	0.05	mg/L
TR-10	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1.367	mg/L

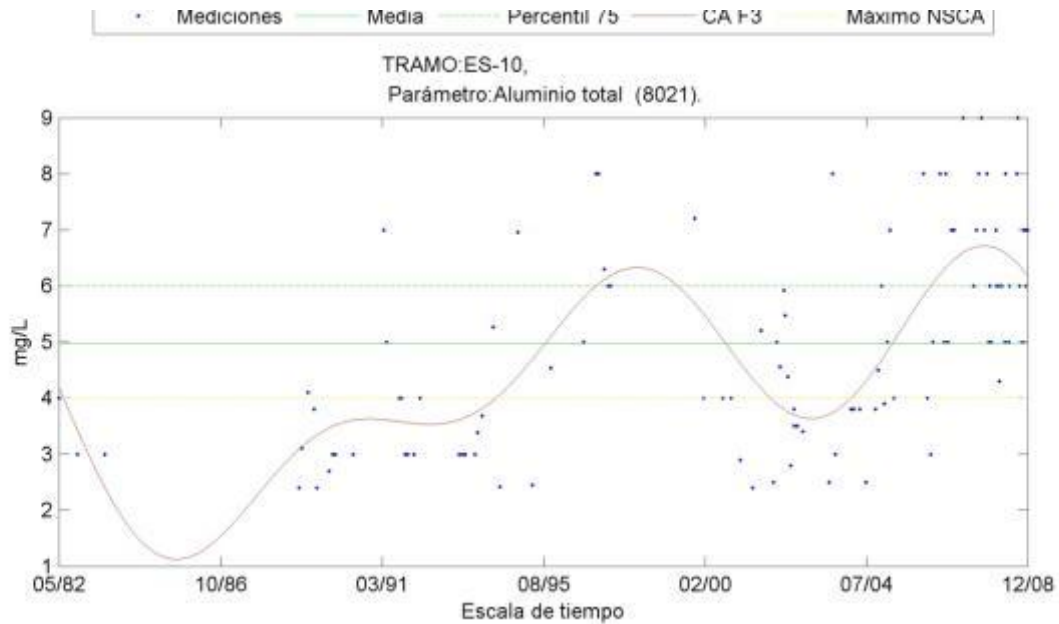
TRAMO	COD_PARAM	NOMBRE	MEDIA	UNIDAD
TR-10	A0017	Amoniaco	0.05	mg/L
TR-10	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl	0.17	mg/L
TR-10	A0034	Magnesio total	9.933	mg/L
TR-10	A0045	Calcio Total	75.833	mg/L
TR-10	A0050	Hierro Total	0.135	mg/L
TR-10	A0055	Potasio Total	1.553	mg/L
TR-10	A0073	Sólidos suspendidos	10	mg/L
TR-10	A0075	Alcalinidad	85.165	mg/L
TR-10	A0076	Clorofila-a	0.01	mg/L
TR-10	5020	Conductividad Especifica	660.5	mhos/cm
TR-10	A0021	Coliformes Fecales	21.5	NMP/100 ML
TR-10	6020	pH	8.011	unid. ph

Los datos anteriores son un resumen de todos los datos históricos informados digitalmente por el MMA, sumando estudios hechos por ANAM, DICTEC, de la Junta de Vigilancia del Río Huasco y la campaña de monitoreo realizada por Asesorías Algoritmos.

Una consulta SQL es anexada a la base de datos del proyecto con la capacidad de generar automáticamente esta consulta a partir de cualquier cambio o anexos de datos a ella.

Se adjunta a esta información en ANEXO 11 los gráficos por tramo de río, con los datos expuestos y georeferenciados. A modo de ejemplo, en este anexo se encuentran gráficos como los de la figura 800.

**Gráfico N° 68**  
**Datos históricos en la subcuenca del río El Estrecho para el**  
**Aluminio Total.**



**6.5 Mediciones realizadas: análisis histórico, hipótesis y medidas de mitigación para los fenómenos observados.**

A continuación un estudio detallado de la situación general sobre las estaciones de monitoreo y los monitoreos realizados en ellas. Se especifican situaciones en las que los datos aporten información relevante para las NSCA tanto en cumplimiento o incumplimientos a ellas en el supuesto de su implementación.

Se procede en un análisis estación por estación, para los parámetros de las NSCA. Se exponen los resultados obtenidos de los cuales se puede inferir información significativa para las NSCA. Se realiza primero un análisis histórico del comportamiento de los datos, posteriormente se sugieren hipótesis de causas y efecto a partir de lo observado y se termina sugiriendo medidas de mitigación para el control del parámetro observado.

**6.5.1 Subcuenca del río Huasco.**

**6.5.1.1 Estación 3826001: RIO HUASCO EN HUASCO BAJO.**

Esta estación de monitoreo es la que recibe todas las influencias de las emisiones al río, descontando únicamente las emisiones que se puedan causar



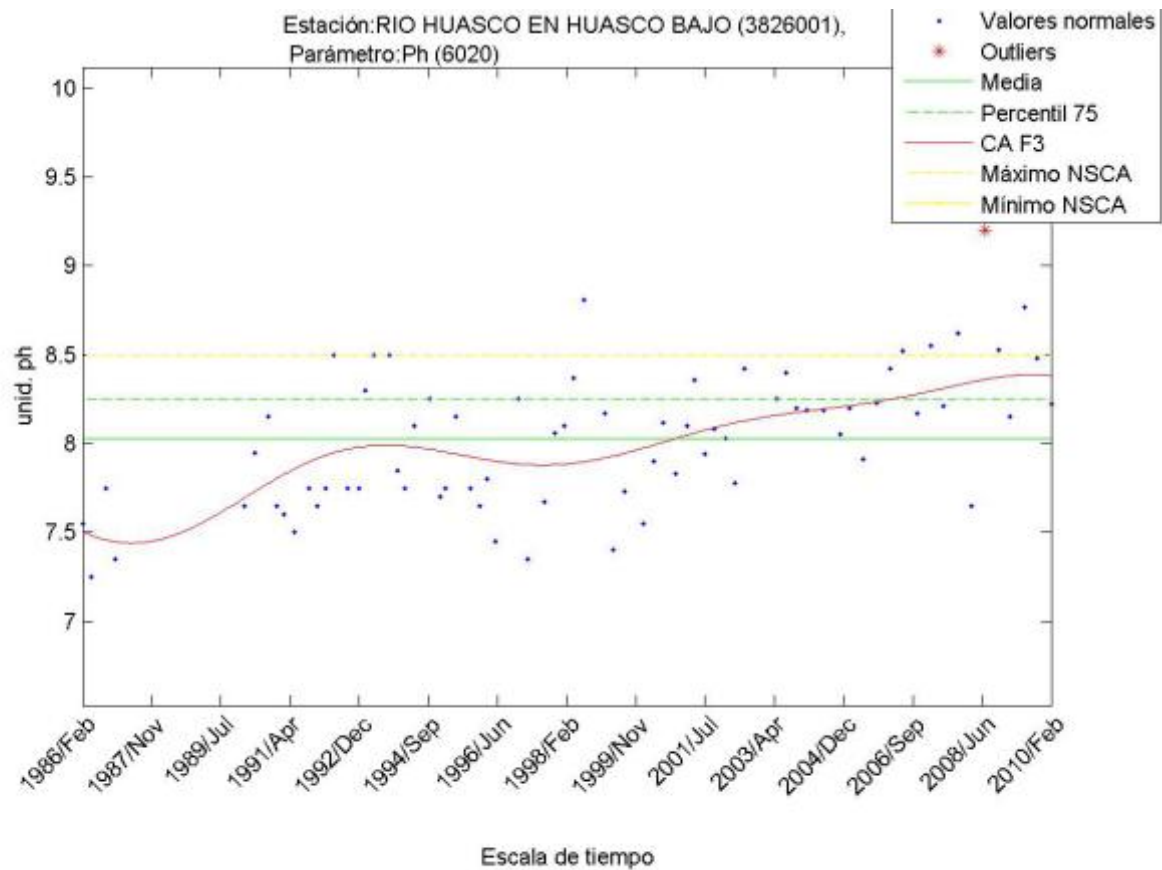
en los restantes 5km. De cuenca que pasan por los humedales hasta llegar a la desembocadura del río.

**a) Parámetro: 6020 pH**

**Análisis histórico.**

Se observa una tendencia a un aumento casi lineal de los niveles de pH. Esta tendencia es de aproximadamente 0.5 unidades de pH por año. El incumplimiento al límite propuesto en las NSCA para la subcuenca respectiva empezó a registrarse entre los años 2006-2012.

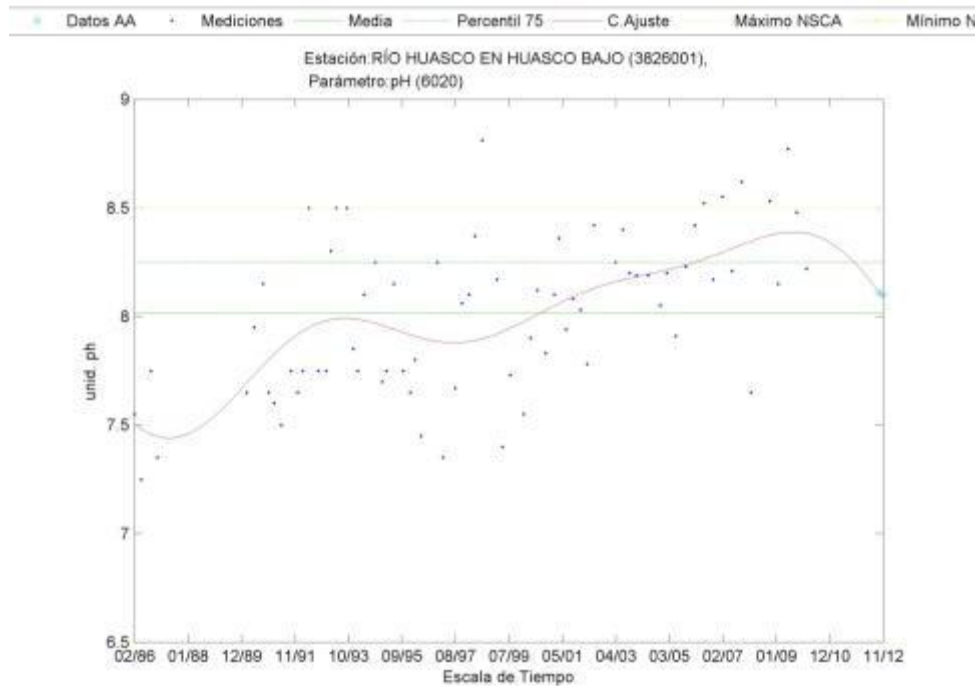
**Gráfico N° 69**  
**pH en Río Huasco, Huasco Bajo: Data histórica y análisis de outliers**



El dato outlier removido se presenta justo en donde en los últimos periodos de monitoreo para la estación, donde se esperaban los datos más extremos debido a lo observado en el párrafo anterior.

## **Gráfico N° 70**

### **Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos.**



Producto de las mediciones hechas por nuestra empresa, se logra captar nuevamente el comportamiento periódico, (ver el gráfico anterior), se prevenía un comportamiento estacionario con los datos anteriormente recolectados, ver Gráfico N° 69.

### **Hipótesis de causalidad y efectos.**

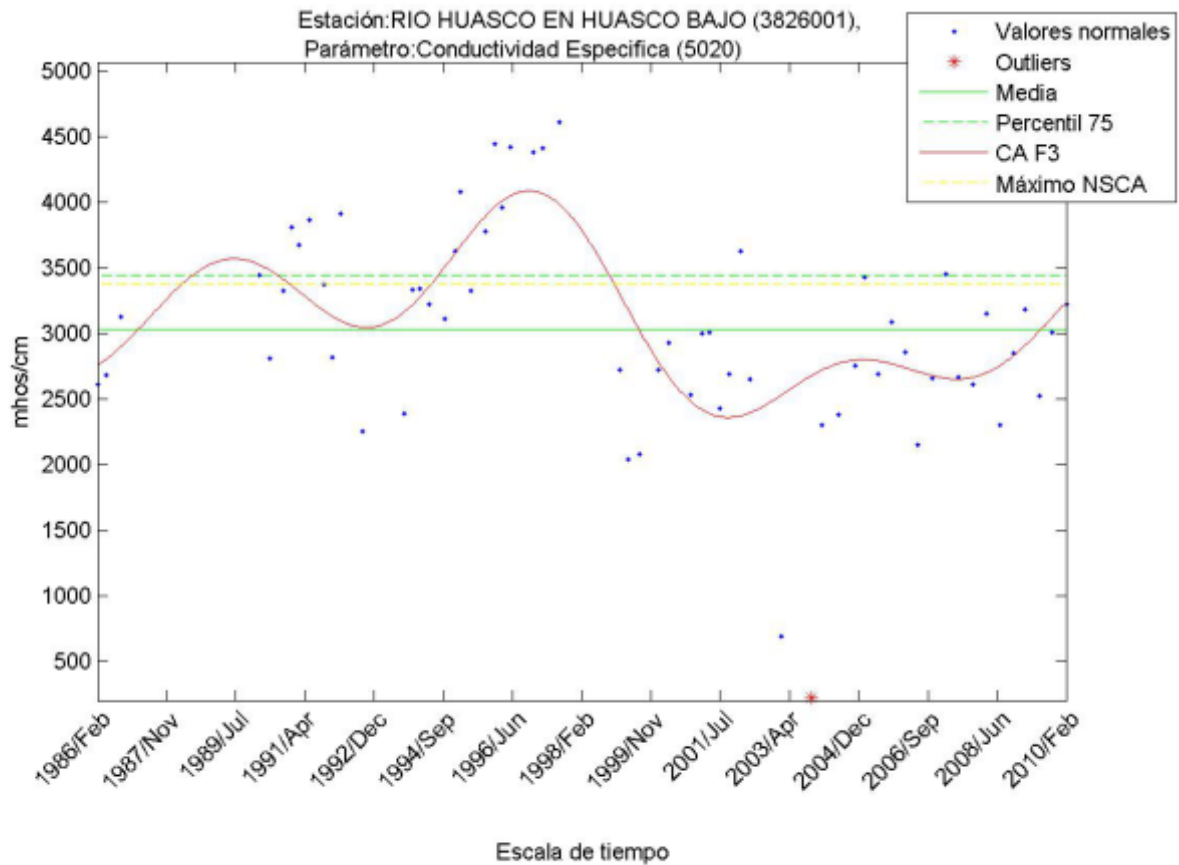
Los niveles de pH pueden ser alterados por un sin número de fuentes emisoras, pero todas ellas se encuentran presente en las cuencas del Río. Se postula que es por el continuo desarrollo de las actividades industriales y el desarrollo de los asentamientos humanos que se observa un crecimiento en las mediciones de este parámetro.

### **b) Parámetro: 5020 CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA.**

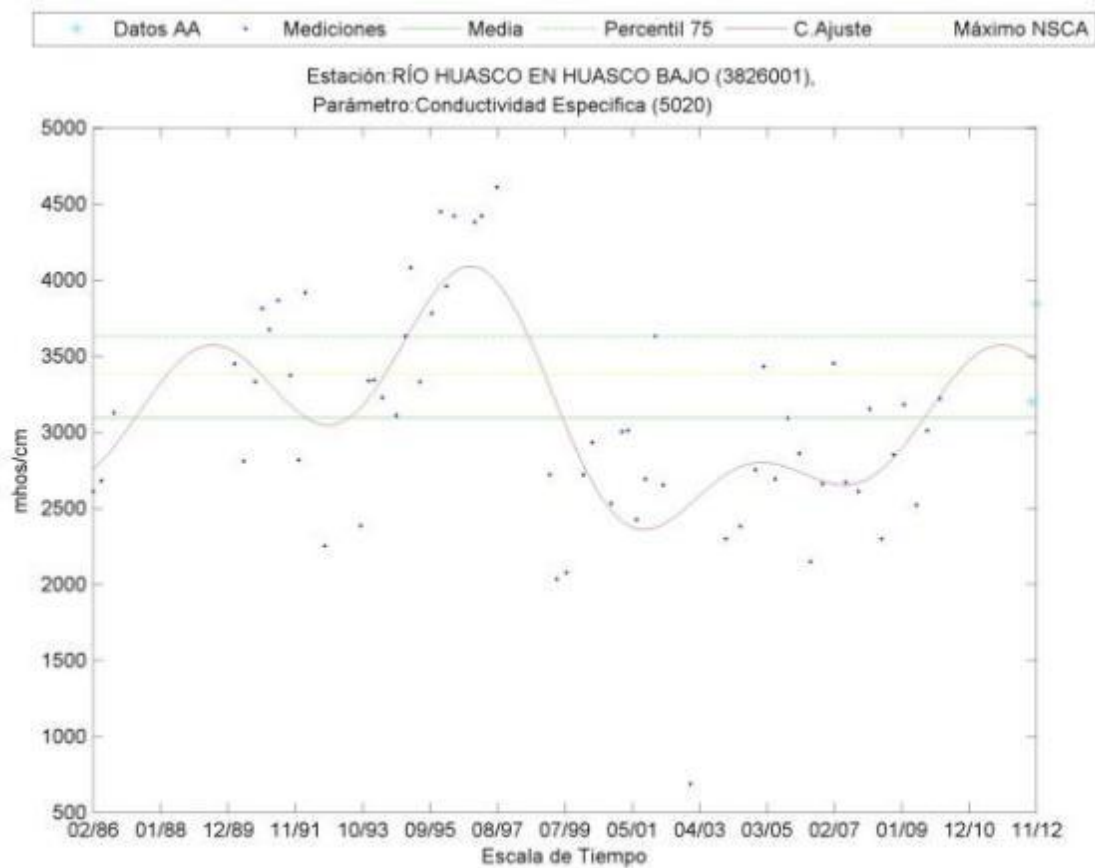
#### **Análisis histórico.**

Si bien se registran excesos a lo propuesto en las NSCA estos fueron registrados en los años 1994-1998. Desde entonces se ha registrado un comportamiento inferior al nivel propuesto como máximo por las NSCA.

**Gráfico N° 71**  
**Conductividad en Río Huasco, Huasco Bajo: Data histórica y análisis de outliers.**



**Gráfico N° 72**  
**Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos.**



Producto de las mediciones hechas por nuestra empresa, se logra captar nuevamente el comportamiento periódico, ver el gráfico anterior, aunque se prevenía una tendencia al crecimiento con los datos anteriormente recolectados, ver Gráfico N° 71.

**Hipótesis de causalidad y efectos.**

Si bien se han detectado incumplimientos, estos no se han repetido en el mismo número durante los últimos diez años. Esta estación puede presentar una fuente de incumplimientos a la NSCA para el parámetro por no excesivamente.

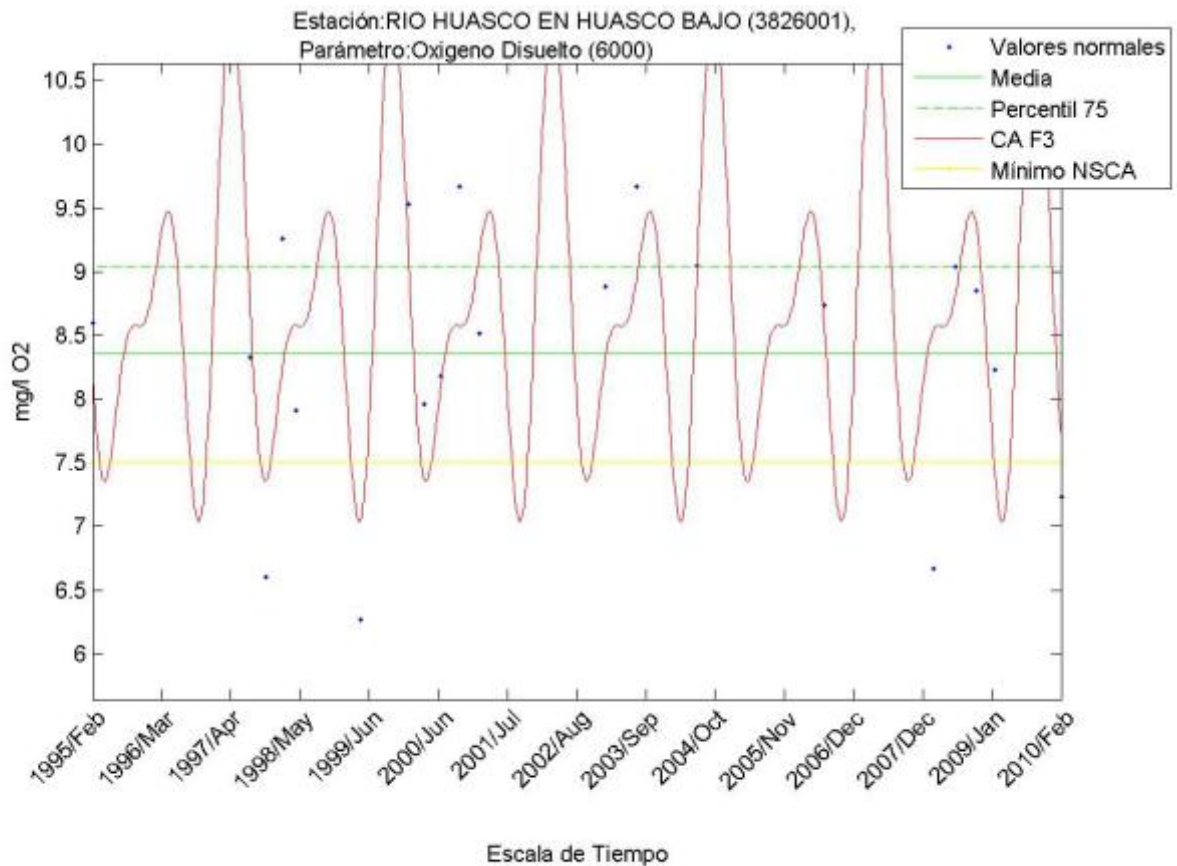
**c) Parámetro: 6000 OXIGENO DISUELTO**

**Análisis histórico.**

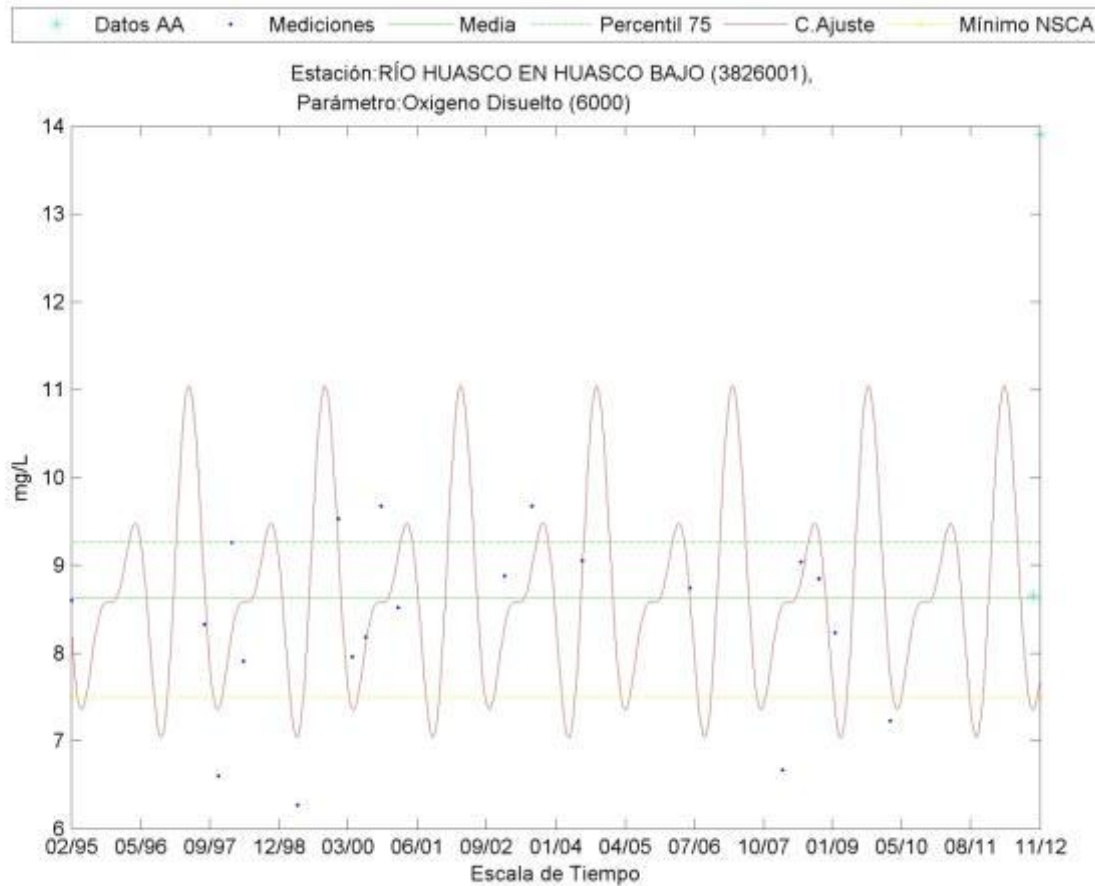
Este parámetro presenta un comportamiento cíclico que varía de año en año, alcanza su mínima en los primeros meses de cada año y sus máximas durante

los últimos meses de cada año. A principios de los años se produce una caída brusca para después continuar creciendo a distintas tazas según cada año.

**Gráfico N° 73**  
**Oxígeno disuelto en Río Huasco en Huasco Bajo: Data histórica**



### Gráfico N° 74 Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos



Producto de las mediciones hechas por nuestra empresa, se logra captar nuevamente el comportamiento oscilatorio del pH, ver comportamiento de la del gráfico anterior y el. Los datos medidos caen exactamente dentro de lo predicho, presentando un pick después de una medida normal.

#### Hipótesis de causalidad y efectos.

Con la llegada del verano y los aumentos de las temperaturas las actividades bióticas propias del ecosistema aumentan, produciendo un aumento en la flora y fauna de esta sección del río con el respectivo sobreconsumo de oxígeno.

### 6.5.1.2 Estación: HC0-4 aguas debajo de la descarga de aguas servidas de la planta de tratamientos de aguas servidas de frerina.

Punto de monitoreo ubicado a 700 metros aguas debajo de la planta de tratamientos. No se conoce específicamente la distancia desde esta estación hasta el punto exacto donde se produce el vertido de las aguas de la planta de tratamiento.

#### a. Parámetro: A0006 SODIO TOTAL.

#### Análisis histórico.

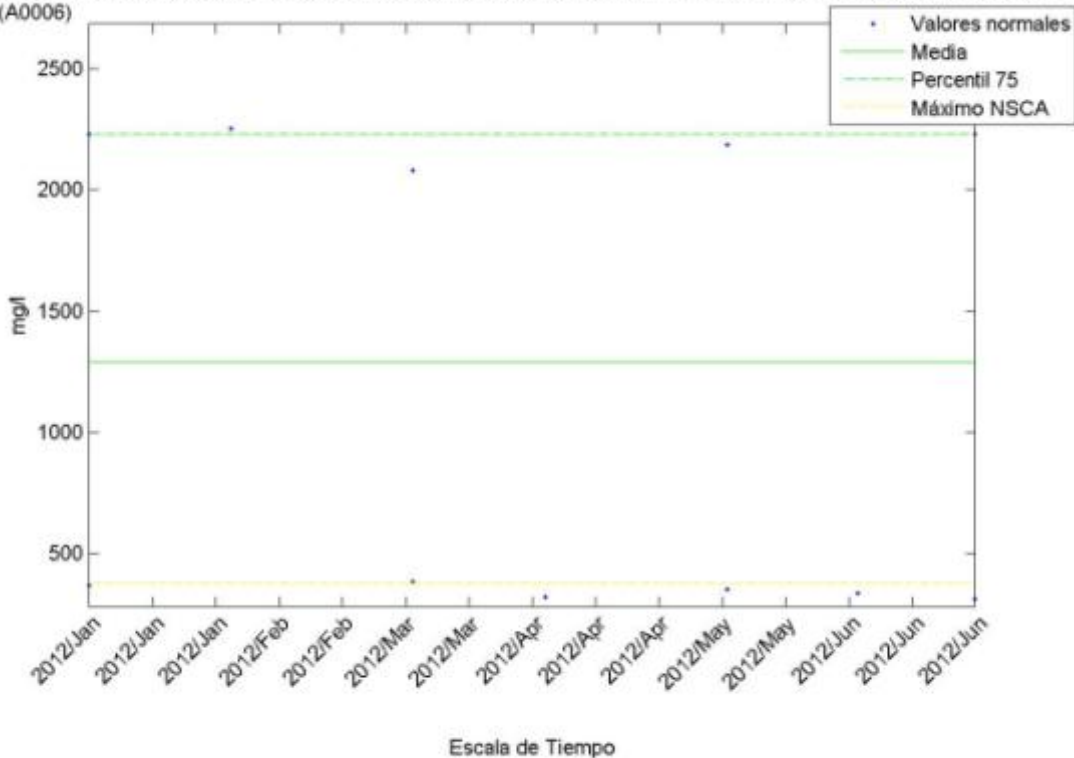
Las mediciones de este parámetro constan a partir de Enero de 2012. Se observa una tendencia al incumplimiento de lo propuesto en las NSCA puesto que tanto su percentil 75 como la misma media de los datos se encuentra sobre el máximo sugeridos en las normas.

El nivel medio se encuentra 5 veces más elevado que en el resto de la subcuenca, donde alcanza un promedio de 297.477mg/l de sodio.

Gráfico N° 75

#### Sodio total, aguas abajo descarga de ptas. Vallenar: Data histórica.

DEBAJO DE LA DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS SERVIDAS DE SODIO total (A0006)



## Hipótesis de causalidad y efectos.

La cercanía de la planta de tratamiento de aguas servidas sugiere que esta sea una causal directa de este comportamiento en toda la cuenca. En la eventual implementación de las NSCA este sería un punto de continuos incumplimientos a la norma.

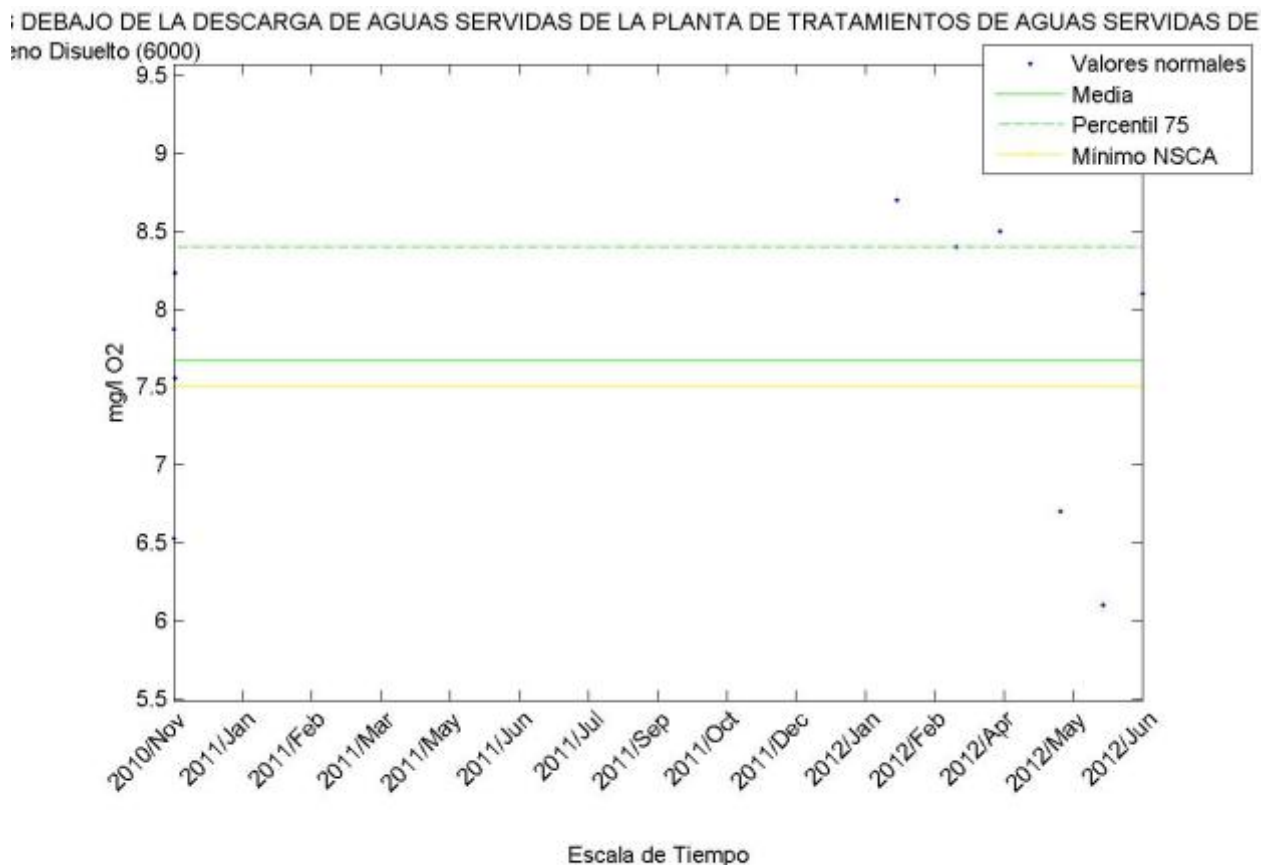
### b. Parámetro: 6000 OXIGENO DISUELTO

#### Análisis histórico.

En contraste a lo que sucede para el sodio total en este punto de monitoreo, se observa un cumplimiento a lo sugerido en las NSCA. El promedio para este parámetro en la subcuenca es de 5.594 mg/l y en este punto de monitoreo se encuentra sobre esta media en todas las mediciones realizadas.

**Gráfico N° 76**

**Data histórica, estación sin monitoreos de Asesorías Algoritmos.**





## Hipótesis de causalidad y efectos.

Resulta inesperado este resultado, puesto que por tratarse de una planta de tratamiento de aguas servidas lo que emite en las cercanías, se esperaría un incremento en la actividad biótica con el respectivo consumo de oxígeno.

## Medidas de mitigación.

Chequear el estado de la flora y fauna del río en las inmediaciones de la planta de tratamiento.

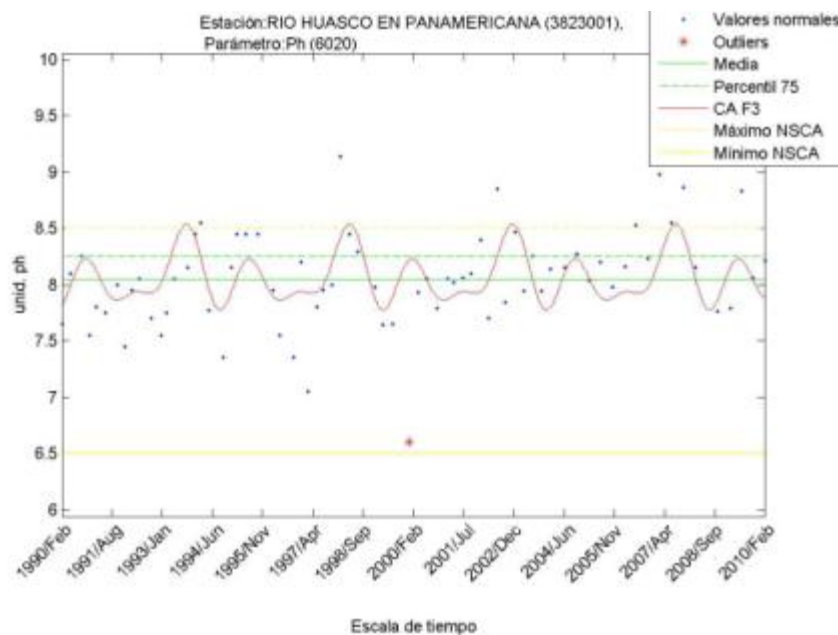
### 6.5.1.3 Estación: 3823001 RIO HUASCO EN PANAMERICANA

#### a. Parámetro: 6020 pH

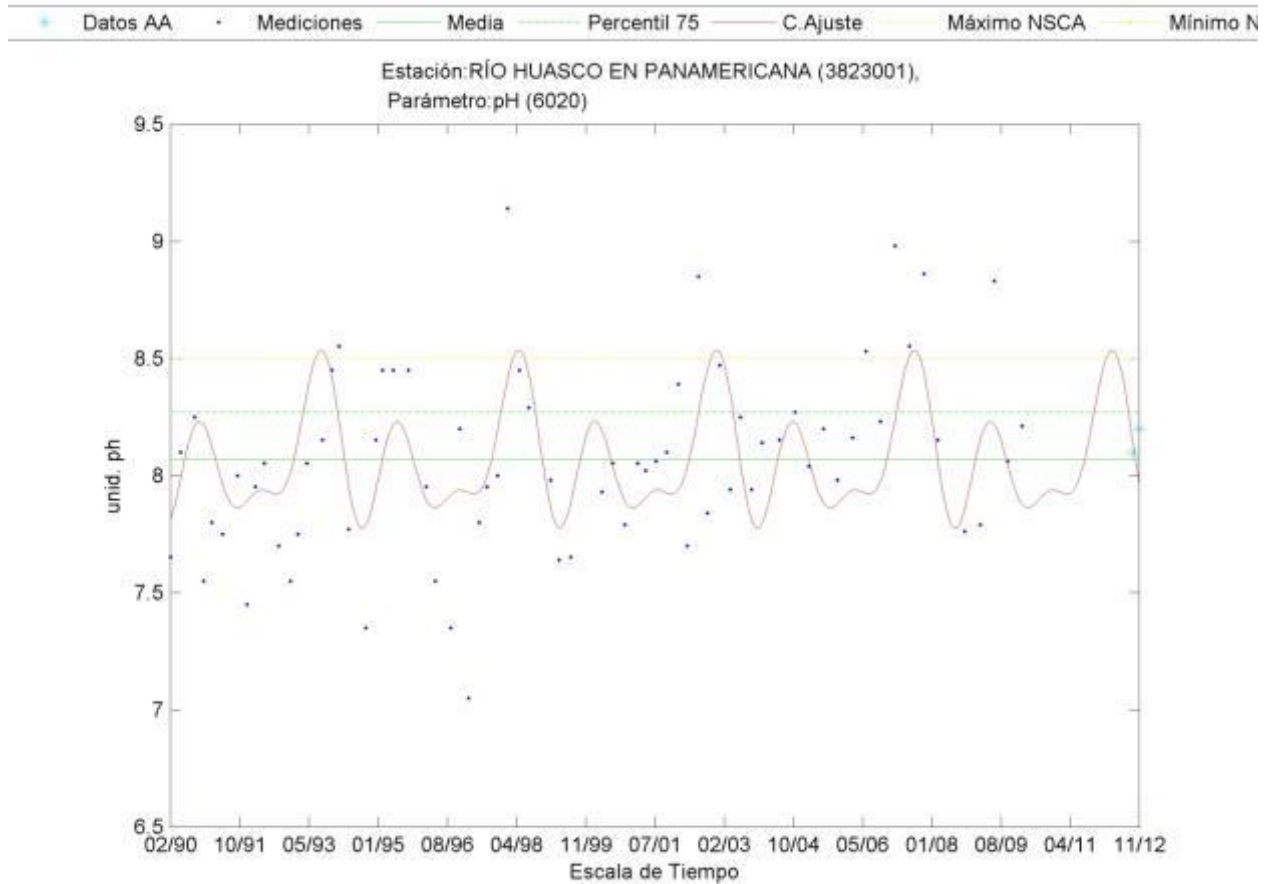
#### Análisis histórico.

Se registran datos desde 1990 hasta el 2010, el límite inferior propuesto nunca es traspasado, ni siquiera un dato extremal de todo el conjunto es capaz de traspasarlo. Por otro lado, el límite superior se encuentra dentro de la franja 7.5-8.5 unidades de pH, que es donde se encuentra la variación usual de los datos. Este límite es incumplido reiteradas veces pero la mayoría de los datos se encuentran dentro de lo permitido, lo que lleva que dada una cantidad suficiente de datos el percentil 75 se encuentre dentro de la franja permitida por las NSCA.

**Gráfico N° 77**  
**Data histórica y análisis de outliers.**



**Gráfico N° 78**  
**Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos**



Los datos obtenidos en nuestra campaña de monitoreo resultan un poco sobre la media histórica y casi en el centro de la franja de oscilación predista por el modelo de ajuste, ver figura anterior.

**Hipótesis de causalidad y efectos.**

El comportamiento cíclico de las mediciones puede deberse a la periodicidad de monitoreo y también a causas naturales. Si bien el grueso de los datos está en cumplimiento de la norma estos se encuentran casi al límite de lo permitido.

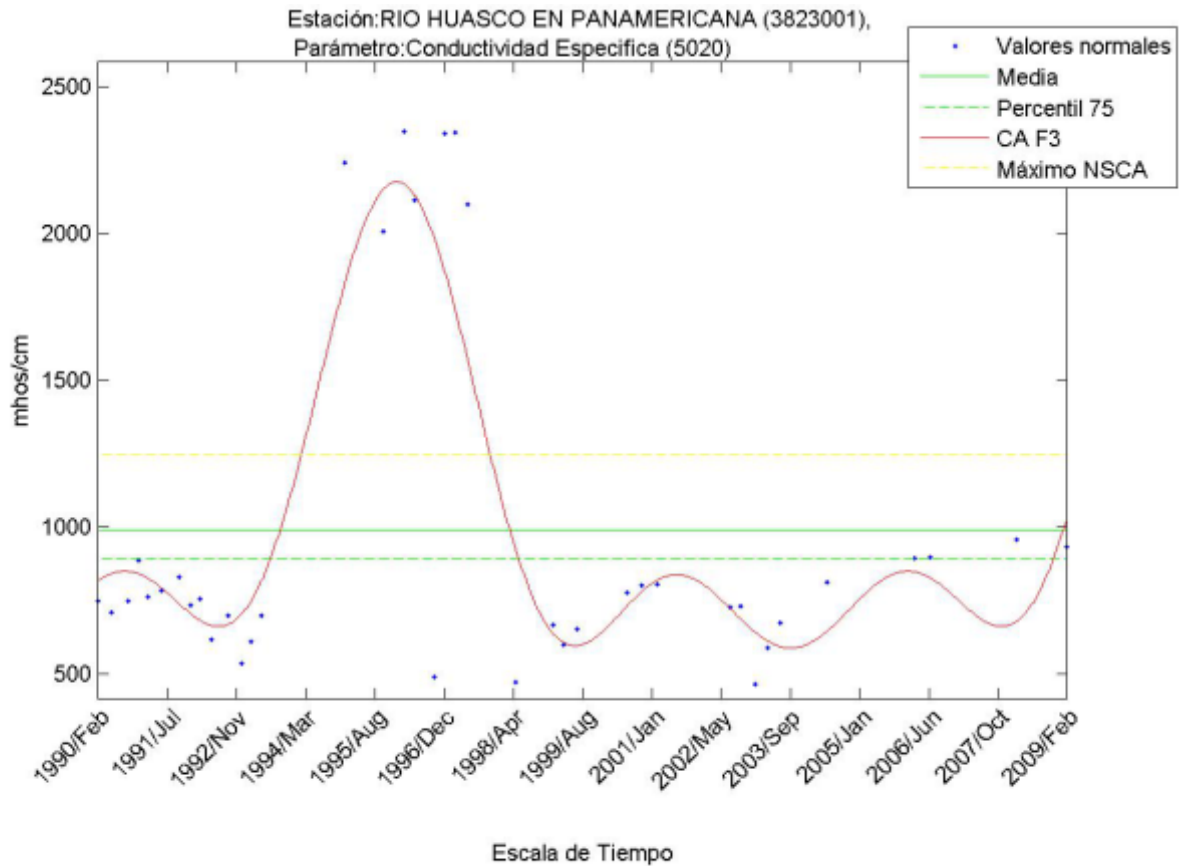
**b. Parámetro: 5020 CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA.**

**Análisis histórico.**

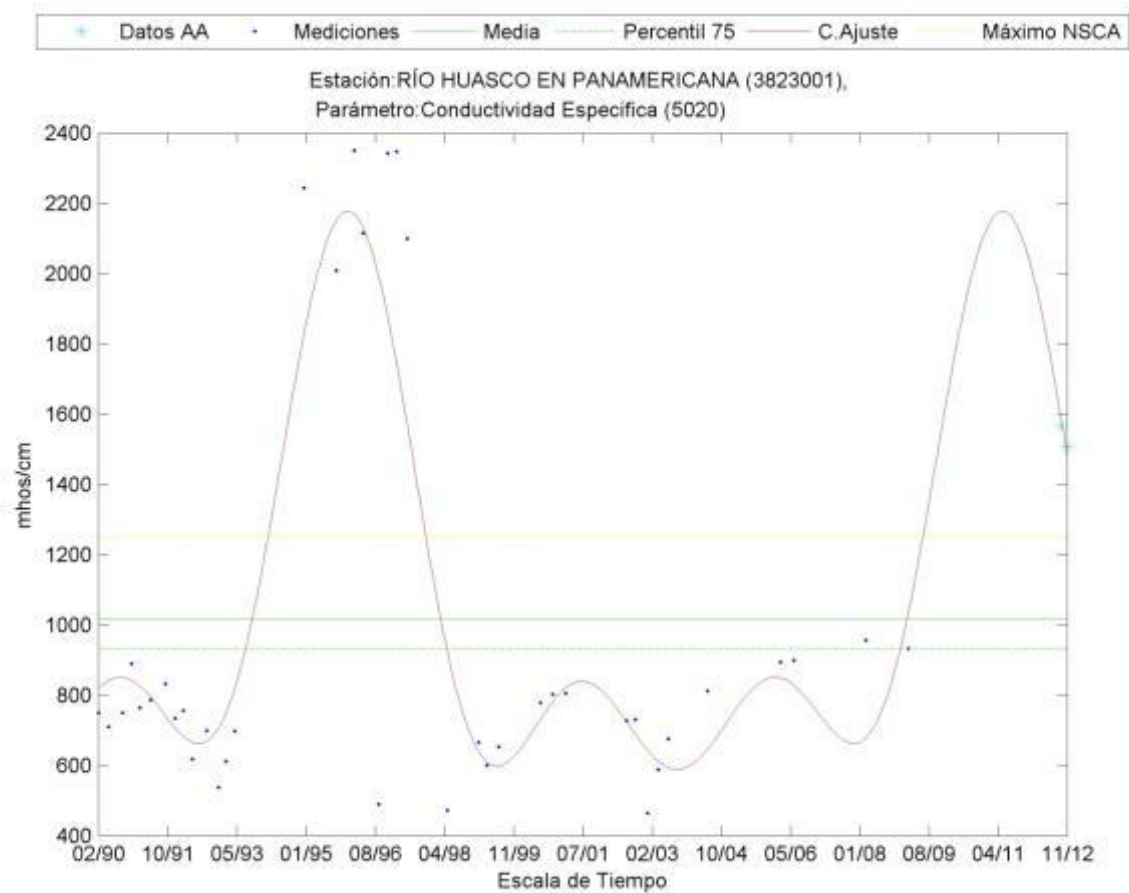
Los datos se obtienen desde 1990 hasta principios del 2009. Se recolectan entonces durante las mayorías de los años un comportamiento bajo la norma.

Pero en contraparte con esto, durante los años 1993 y 1999 se observó una alza en aproximadamente 3 veces el valor común a los otros años.

**Gráfico N° 79**  
**Data histórica de conductividad específica**



**Gráfico N° 80**  
**Data histórica sin outliers y campaña de Asesorías Algoritmos**

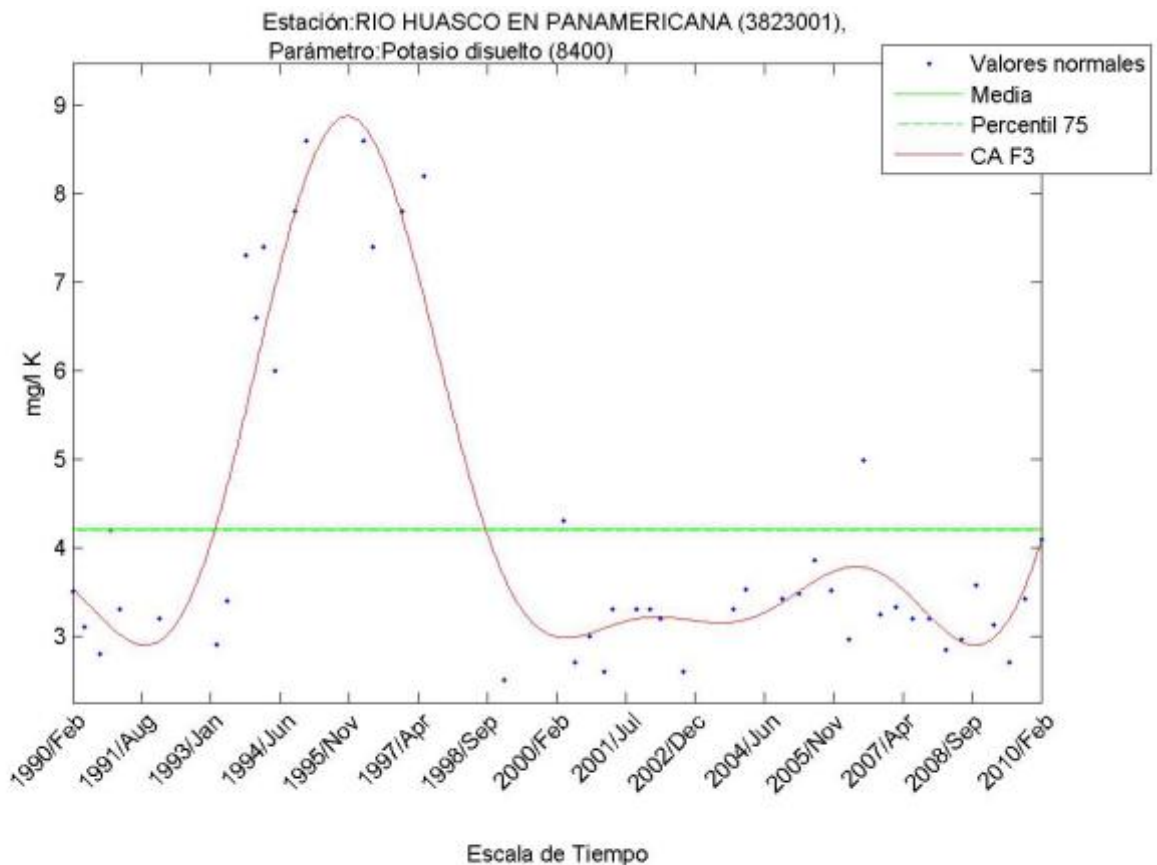


Los datos monitoreados coinciden con lo previsto referente a un alza periódica en el comportamiento de la conductividad específica ver gráfico anterior. De hecho, coinciden con la periodicidad propuesta a los datos previamente de ingresados los datos de nuestra campaña ver Gráfico N° 79.

**Hipótesis de causalidad y efectos.**

Actividades que se hayan realizado durante los años 1993-1998 pudieron ser las causales del comportamiento descrito. Se requiere tener un conocimiento de las actividades en las inmediaciones de los puntos de monitoreo cuando se realizan las mediciones. Agregamos a esta hipótesis el gráfico de la figura 10 en la que se muestra el mismo comportamiento anual para el parámetro Potasio Disuelto.

**Gráfico N° 81**  
**Data histórica de potasio disuelto en Río Huasco en Panamericana**



Con una correcta campaña de medición y conociendo que el comportamiento general del parámetro en esta estación es una tendencia al cumplimiento de lo propuesto en las NSCA se espera que no se registren datos que excedan los límites.

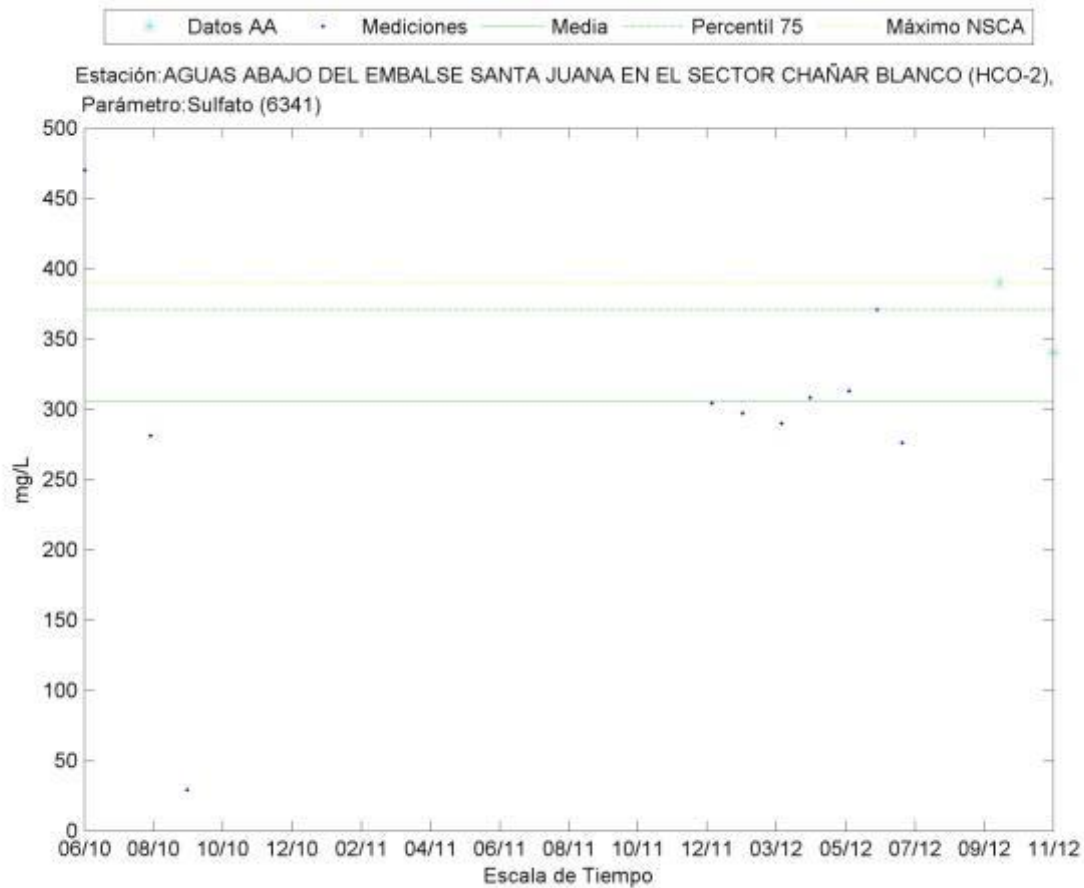
**6.5.1.4 Estación: HCO<sub>2</sub> AGUAS DEBAJO DEL EMBALSE SANTA JUANA SECTOR CHAÑAR BLANCO.**

**a. Parámetro: 6341 SULFATO.**

**Análisis histórico.**

Se registra un cumplimiento total a los límites propuestos en la NSCA (ver gráfico siguiente) tanto para la data histórica como a los de nuestra campaña de monitoreo. Sin embargo, el número de mediciones realizadas en este punto de monitoreos es menor a lo usual para la inferencia de información confiable.

**Gráfico N° 82**  
**Data histórica y monitoreada por Asesorías Algoritmos, Sulfato en**  
**Chañar Blanco**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

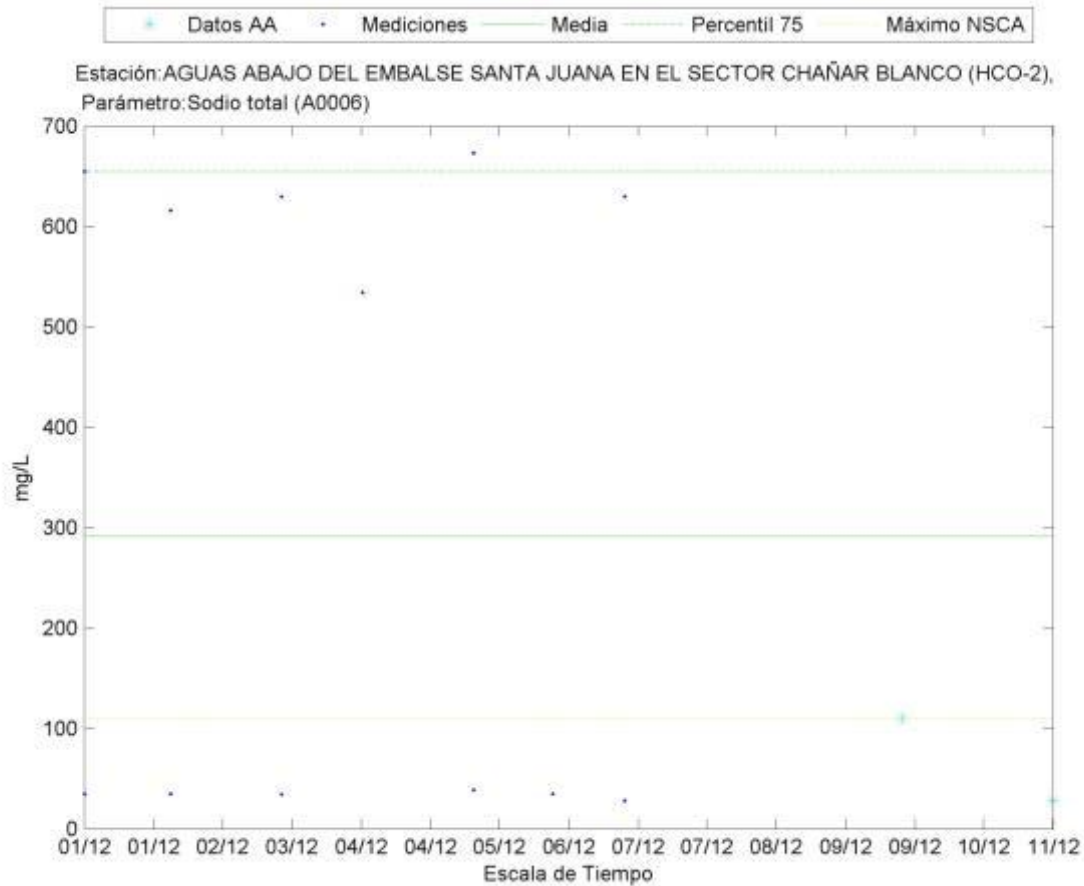
Un bajo número de mediciones puede llevar a pensar que estos resultados no son significativos, sin embargo, las mediciones realizadas logran cubrir completamente todo el periodo anual 2012, parte del 2011 y se condicen con el valor obtenido en julio de 2010.

**b. Parámetro: A0006 SODIO TOTAL.**

**Análisis histórico.**

Los datos obtenidos incluyen solo una fracción del año 2012. Sin embargo, se observan 5 mediciones que sobrepasan la norma de las 11 realizadas en el periodo de monitoreo. El promedio para esta subcuenca es de 275.462 mg/L.

**Gráfico N° 83**  
**Data histórica y monitoreada por Asesorías Algoritmos, Sodio en**  
**Chañar Blanco**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

Acciones locales alteran la cantidad de sodio presente, causando una elevada concentración en el punto de monitoreo.

**6.5.1.5 Estación: 3820003 RIO HUASCO EN SANTA JUANA.**

Este punto de monitoreo se encuentra a 500 metros aguas abajo del punto de emisión de las aguas del embalse Santa Juana.

**a. Parámetro: 6182 CLORURO.**

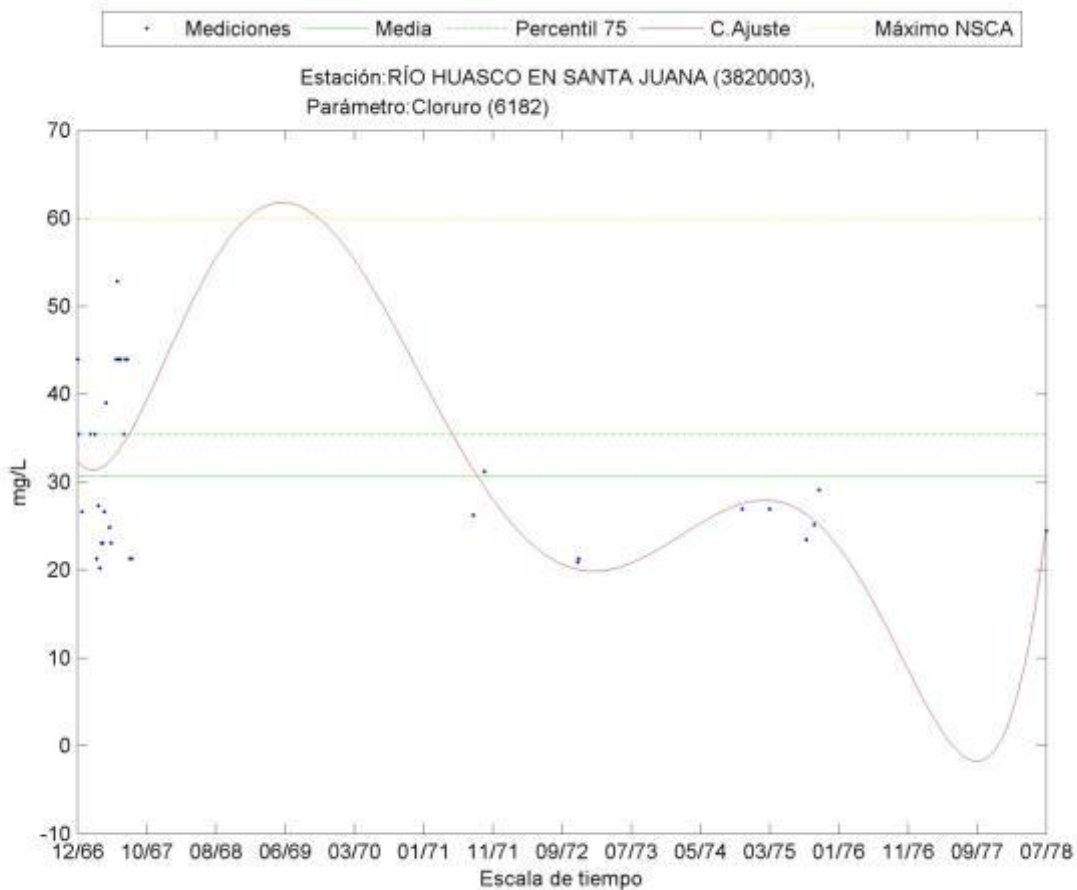
**Análisis histórico.**

Si bien el registro de datos es antiguo, se manifiesta la naturaleza sedimentaria del cloruro y la acción del embalse sobre los parámetros químicos del Río Huasco. El máximo normado propuesto para esta subcuenca es de

*Informe de resultados N°2. Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco*  
 Ministerio del Medio Ambiente de Chile

60mg/l y la media para toda la subcuenca HU-20 es de 35.881 mg/l y en la subcuenca superior HU-10 es 49.698 mg/l.

**Gráfico N° 84**  
**Data histórica de Cloruro en Santa Juana.**



### Hipótesis de causalidad y efectos.

La acción sedimentaria y degradatoria del embalse sobre los solutos presentes en el río disminuye en estos parámetros, ocasionando un caída de la mitad de los solutos presentes, a pesar de los bajos niveles de decantación, entre los niveles aguas arriba y aguas abajo del embalse.

#### 6.5.1.6 Estación: 3820002 RIO HUASCO EN CHEPICA

Esta estación marca el inicio, de oeste a este, del tramo HU-10, es decir la primera sección de río Huasco. A su vez, es la última estación antes de que las aguas se depositen en el embalse Santa Juana.

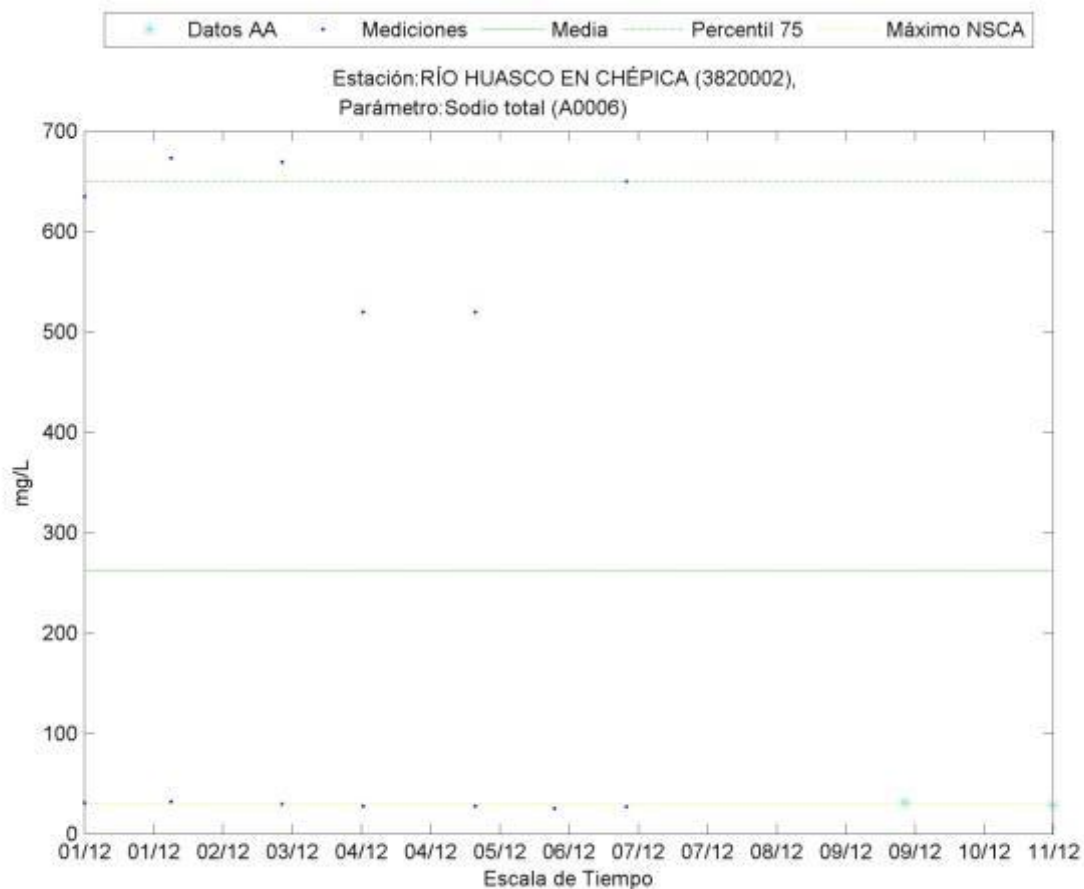


## a. Parámetro: A0006 SODIO TOTAL

### Análisis histórico.

Los datos medidos varían en el año 2012 y sus magnitudes se encuentran sobre los límites propuestos. El promedio de sodio presente para esta cuenca es de 234.271 mg/L,

**Gráfico N° 85**  
**Datos históricos y de la campaña de Asesorías Algoritmos, Sodio Total en Estación de Chépica.**



Los datos históricos se coinciden con los monitoreados por Asesorías Algoritmos. Se observa una concentración de datos entorno al valor máximo normado.

### Hipótesis de causalidad y efectos.

La naturaleza del río y las actividades realizadas aguas arriba del embalse inducen una mayor presencia de sodio en toda esta cuenca. De implementarse la norma este parámetro sería una continua fuente de incumplimientos.

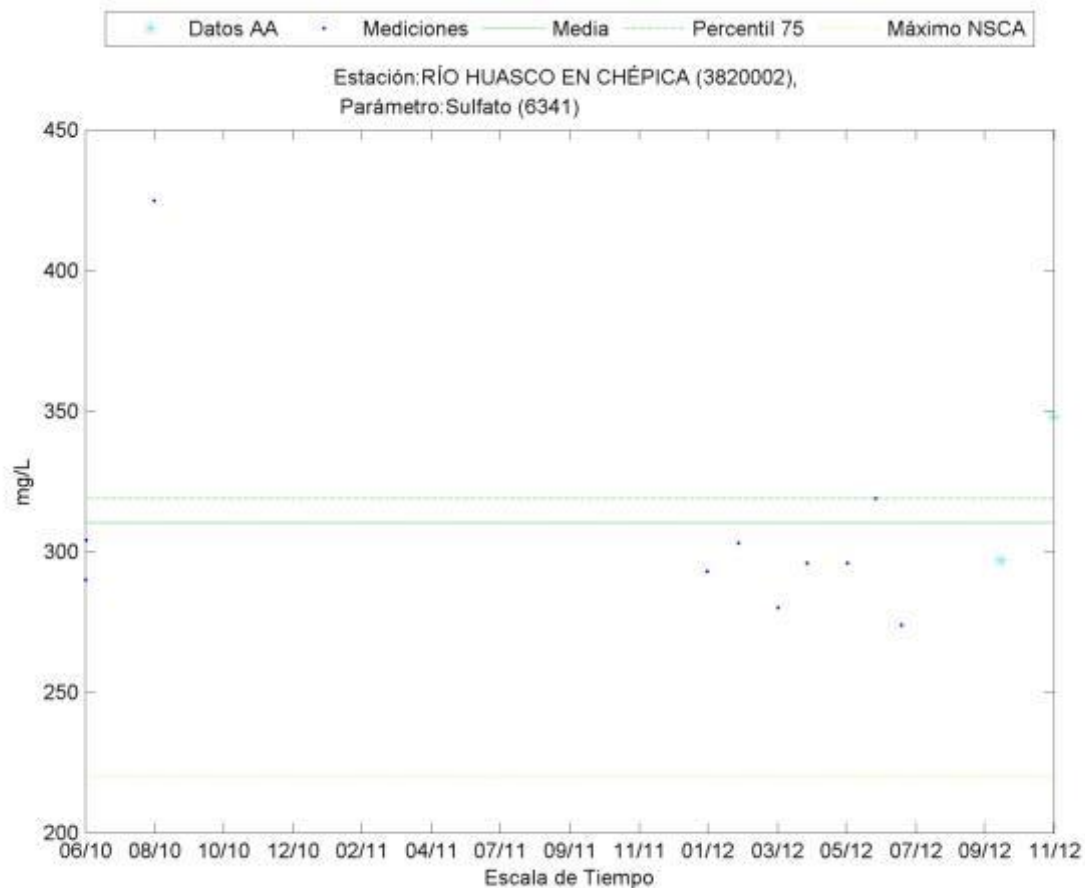
## b. Parámetro: 6341 SULFATO.

### Análisis histórico.

El máximo normado para el Sulfato en la cuenca HU-10 es de 220mg/l y el promedio para esta subcuenca es de 283.155 mg/l. Se observa que todos los datos recolectados incumplen lo sugerido en las NSCA.

Aguas abajo del embalse, en el tramo HU-20, la media observada para el sulfato es de 264.476 mg/l.

**Gráfico N° 86**  
**Datos históricos y de la campaña de Asesorías Algoritmos, Sulfato Total en Estación de Chépica.**



### Hipótesis de causalidad y efectos.

La naturaleza del río y las actividades realizadas aguas arriba del embalse inducen una mayor presencia de sulfato en toda esta cuenca que en la cuenca inmediatamente inferior. De implementarse la norma este parámetro sería una continua fuente de incumplimientos.

## 6.5.2 Subcuenca del río Carmen.

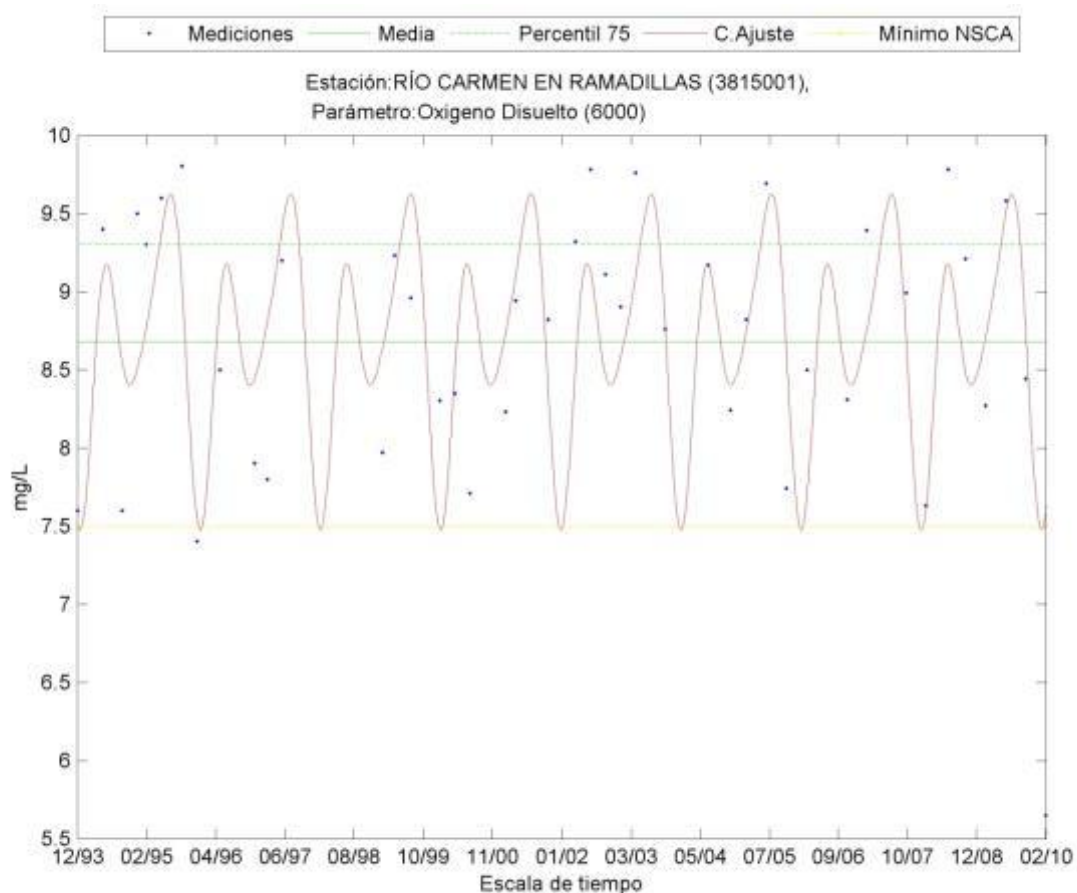
### 6.5.2.1 Estacion: 3815001 RIO CARMEN EN RAMADILLAS.

#### a. Parámetro: 6000 OXIGENO DISUELTO

#### Análisis histórico.

En la secuencia histórica registrada, desde los años 1993 hasta el 2010, se registró un total cumplimiento a la NSCA excepto por un dato atípico y un par muy cercano a él en el año 1996 (ver análisis de outliers ANEXO 3). La media para la subcuenca es de 8.781 mg/l de oxígeno disuelto y el valor mínimo propuesto en la NSCA corresponde a 7.5 mg/l.

**Gráfico N° 87**  
**Datos históricos para el oxígeno disuelto en Ramadillas.**



## **Hipótesis de causalidad y efectos.**

De implementarse estas normas, este punto de monitoreo no registraría incumplimientos a la NSCA.

En conjunto a esto, y el hecho de que esta estación esté ubicada nos los último 200 metros de río, antes de su encuentro con el río Tránsito, nos hace pensar que aguas se puede extender lo anterior a la mayoría de los puntos de monitoreo del río Carmen.

### **b. Parámetro: 6020 pH.**

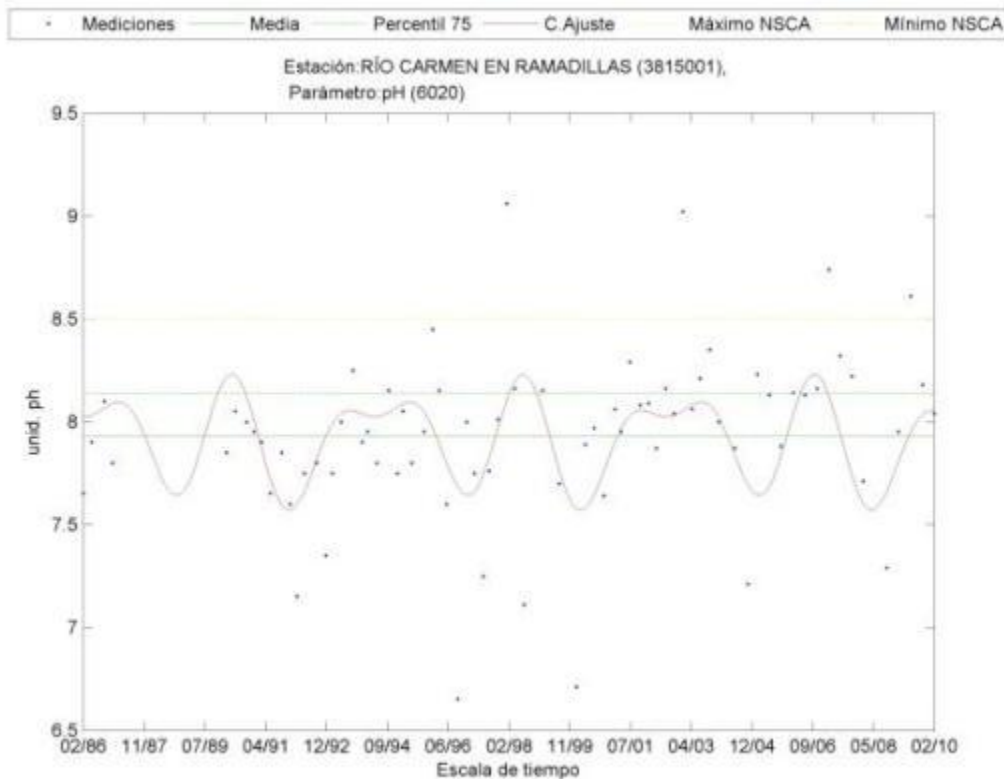
#### **Análisis histórico.**

Se registran datos desde 1986 hasta el 2010, el límite inferior propuesto nunca es traspasado, nisiquiera un dato extremal de todo el conjunto es capaz de traspasarlo (ver ANEXO 3).

Por otro lado, el límite superior se encuentra dentro de la franja 7.5-8.3 unidades de pH, que es donde se encuentra la variación usual de los datos. Este límite es incumplido reiteradas veces pero la mayoría de los datos se encuentran dentro de lo permitido, lo que lleva que dada una cantidad suficiente de datos el percentil 75 se encuentre dentro de la franja permitida por las NSCA.

### Gráfico N° 88

#### Datos históricos con outliers extraídos para el oxígeno disuelto en Ramadillas.



#### Hipótesis de causalidad y efectos.

El comportamiento cíclico de las mediciones puede deberse a la periodicidad de monitoreo y también a causas naturales. El grueso de los datos está en cumplimiento de la norma en la subcuenca.

#### 6.5.3 Subcuenca del río Tránsito.

##### 6.5.3.1 Estación 3806001 RIO TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN

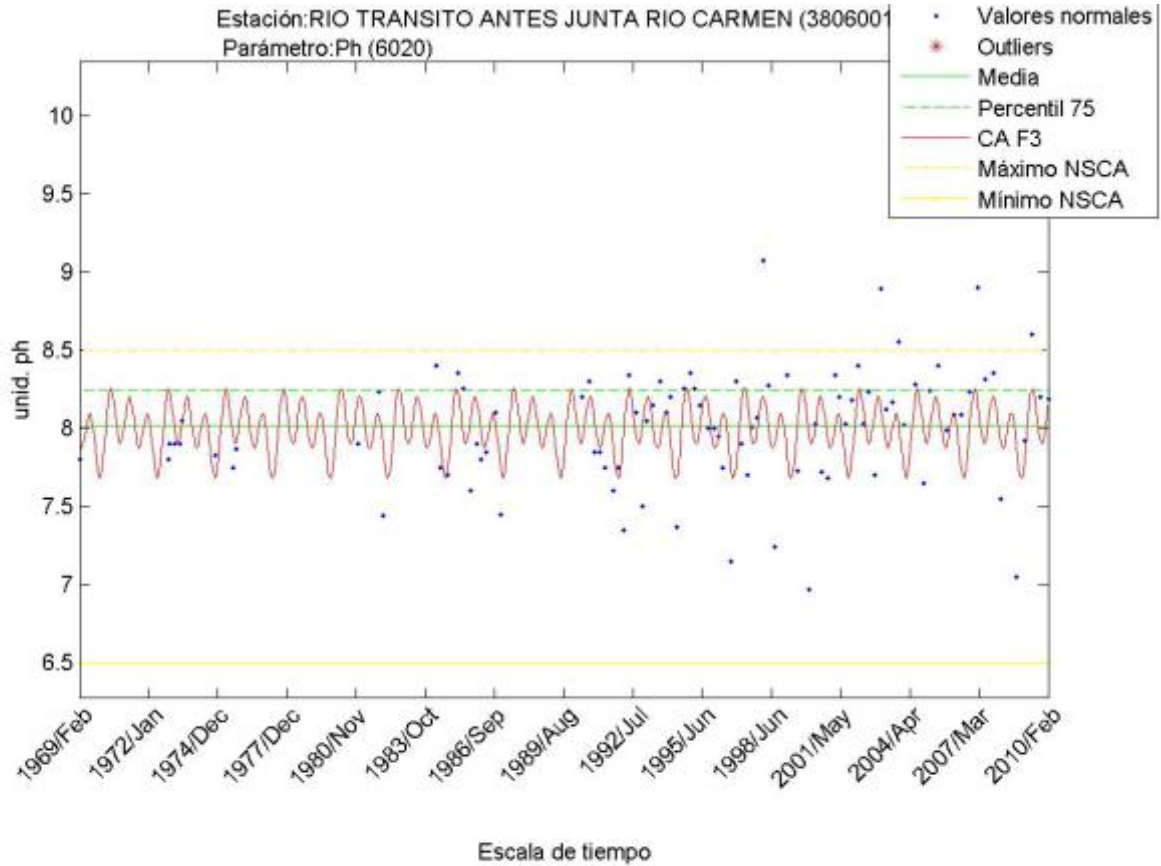
###### a. Parámetro: 6020 pH

#### Análisis histórico.

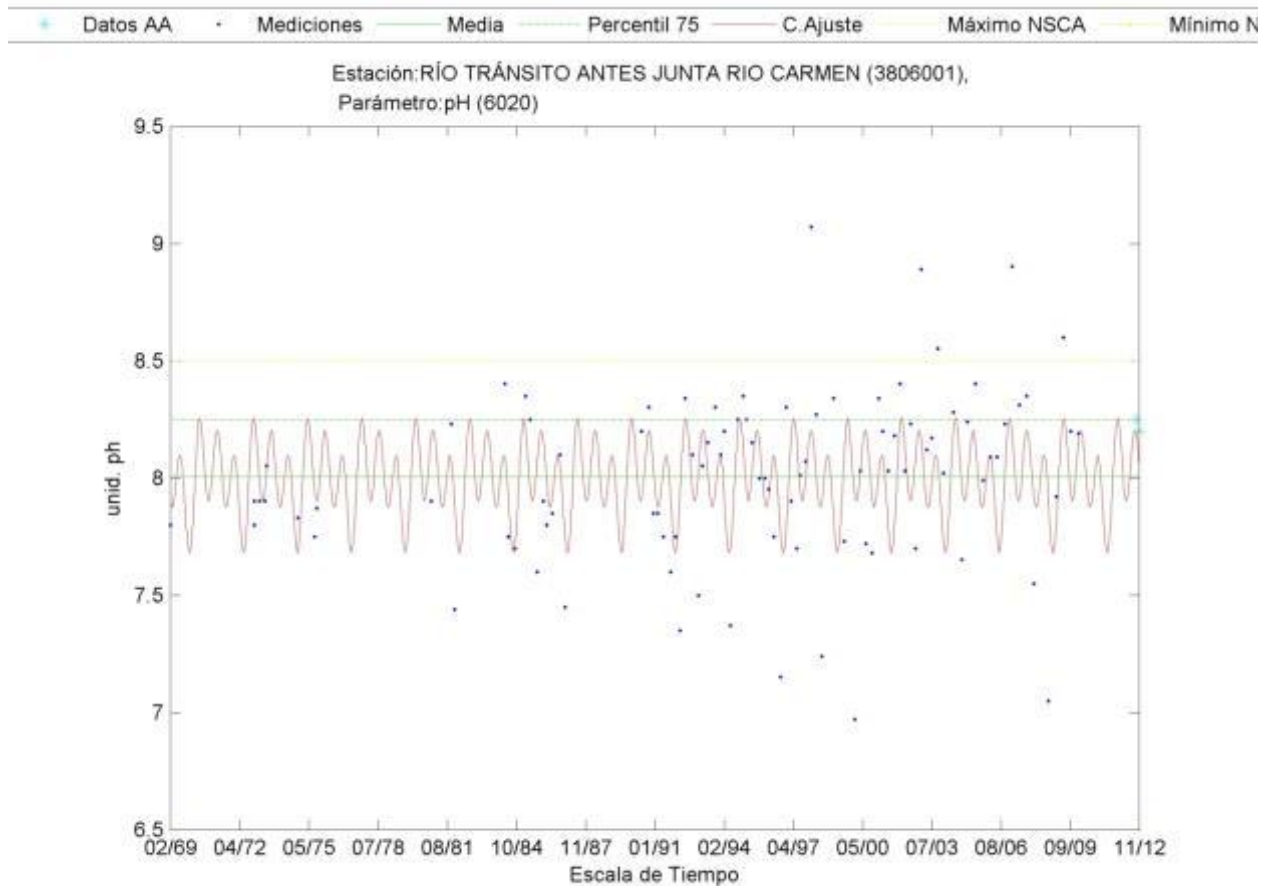
Los datos recolectados empiezan en 1969 y llegan hasta el año 2010. La franja en la que los datos oscilan es entre las 7.6-8.25 unidades de pH. El límite superior propuesto para esta subcuenca es de 8.5 unidades de pH. El percentil

75 de las observaciones se ubica debajo de este límite de las NSCA. El límite inferior de las NSCA nunca es traspasado.

**Gráfico N° 89**  
**Datos históricos y análisis de outliers para el oxígeno disuelto en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**



**Gráfico N° 90**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos recolectados en la campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

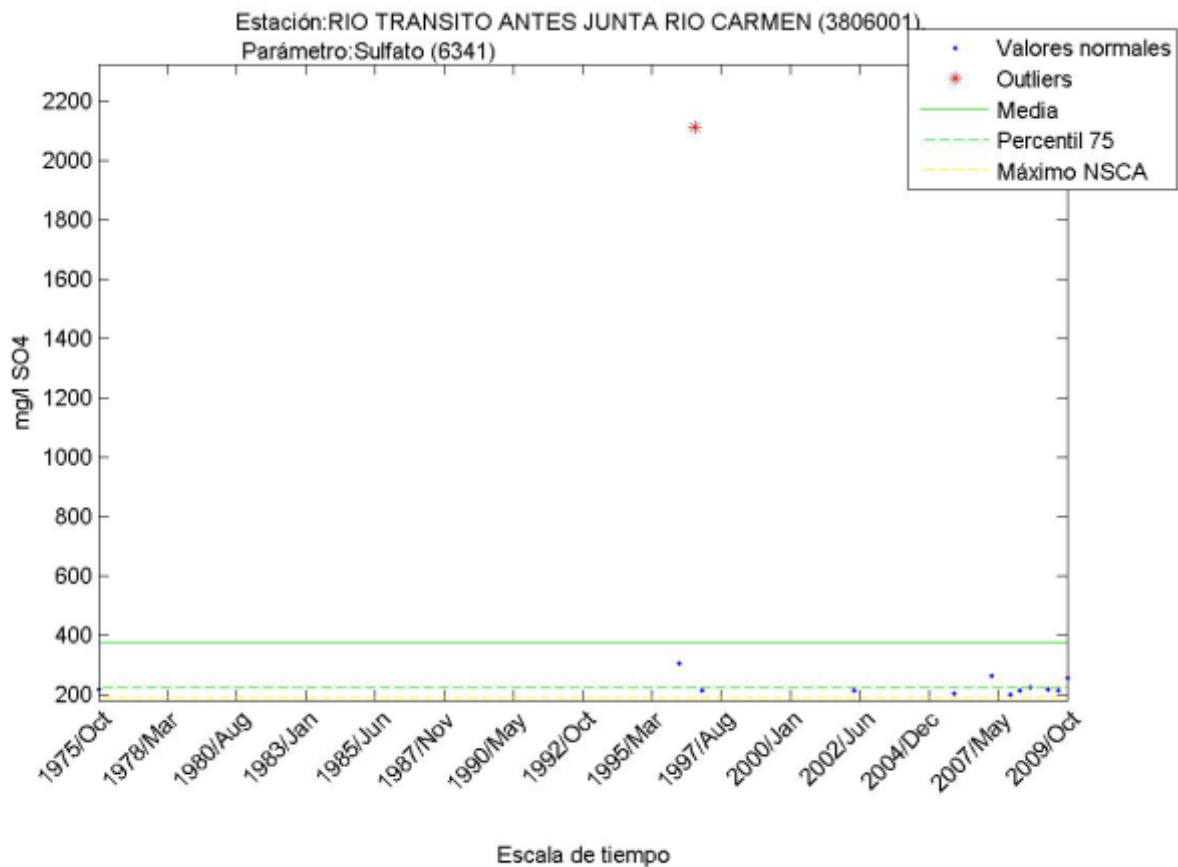
El límite superior se encuentra sobre los máximos esperados para el pH, y es poco usual encontrar incumplimientos a este límite. El límite inferior difícilmente será transgredido.

**b. Parámetro: 6341 SULFATO.**

**Análisis histórico.**

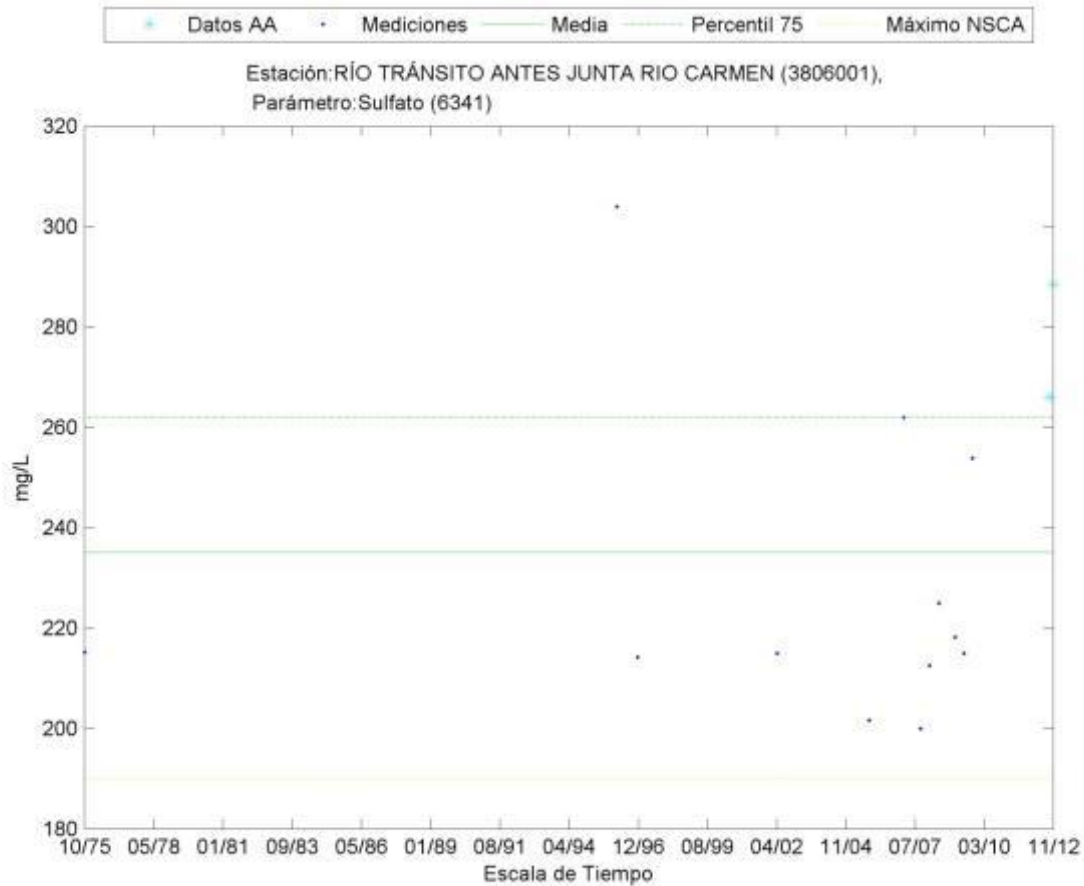
Los datos oscilan desde 1975 hasta el 2010, el mayor conjunto de datos se encuentran entre los años 2004 y 2010, y estos últimos se condicen con los datos anteriores. Se observa un dato outlier que es extremadamente grande y aislado en comparación con sus pares. Todos los datos sobrepasan el límite de las NSCA para la subcuenca que está fijado en 190mg/l.

**Gráfico N° 91**  
**Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**





**Gráfico N° 92**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos recolectados en la**  
**campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Tránsito antes**  
**Junta Río Carmen.**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

La implementación de la NSCA haría de este punto de monitoreo una continua fuente de incumplimientos. Cabe destacar que la falta de mediciones no permite hacer un análisis de comportamientos por lo que se puede aventurar referente a comportamientos periódicos menos estimas de aportes difusos.

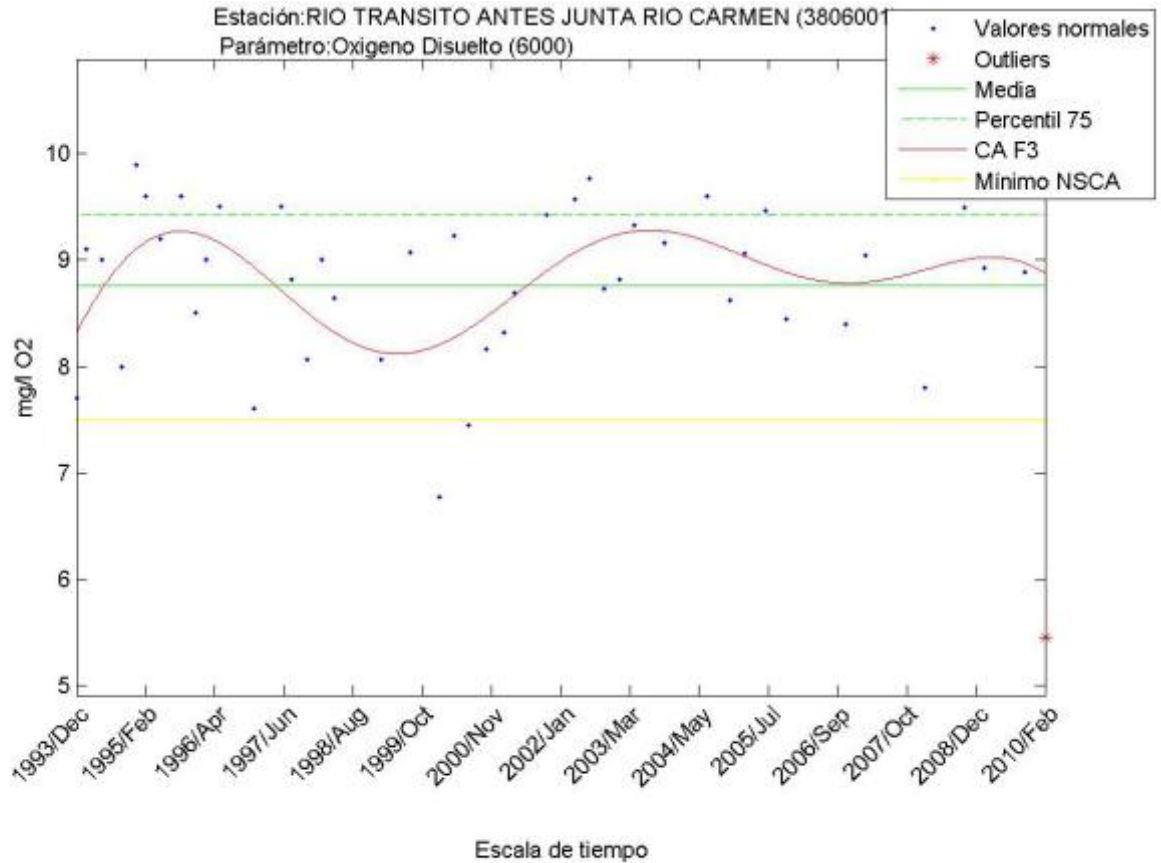
**c. Parámetro: 6000 OXIGENO DISUELTO.**

**Análisis histórico.**

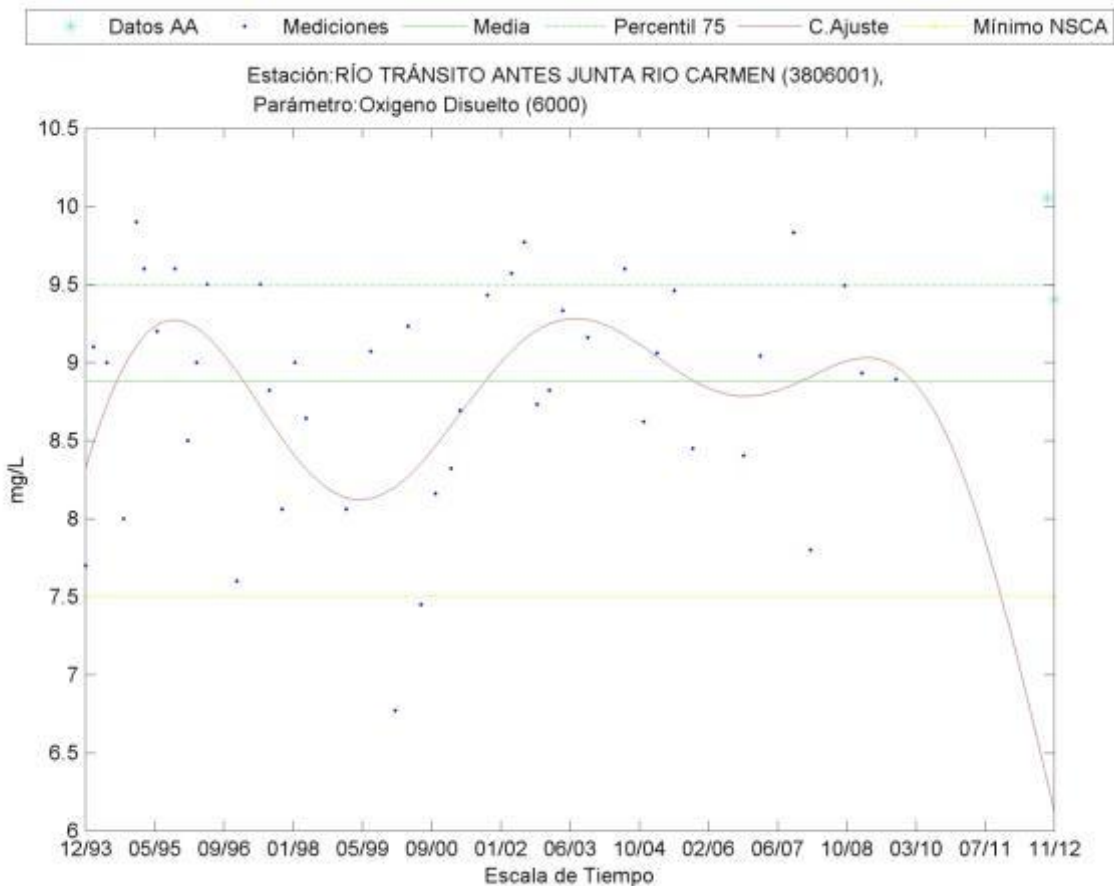
Se observan datos desde 1993 hasta el 2010, excelentemente espaciados y una curva de ajuste que se comporta cercana a lo observado a simple vista de los datos. Si bien existen incumplimientos a la NSCA estos son solamente tres y uno de ellos corresponde a un dato extremal tipo outlier. El límite propuesto en las NSCA para este parámetro es 7.5 mg/l, el cual se cumple con una

media de 8.8 mg/l, la media histórica para este parámetro en la subcuenca TR-10 es 8.866 mg/l.

**Gráfico N° 93**  
**Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen**



**Gráfico N° 94**  
**Datos históricos, con outliers removidos, para el Oxígeno disuelto en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**



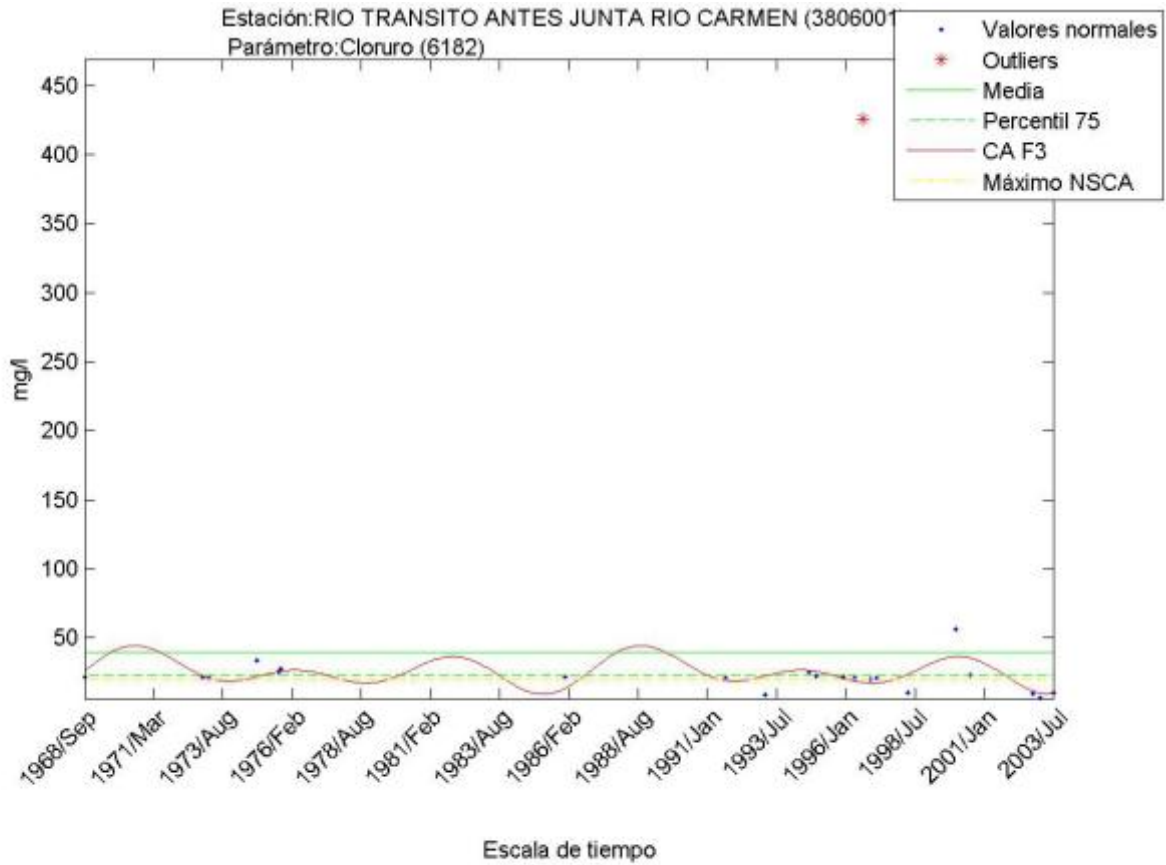
**Hipótesis de causalidad y efectos.**

Este punto de monitoreo se encuentra por sobre el límite propuesto en casi todo el tiempo. No sería fuente de incumplimientos de oxígeno esta estación de monitoreo para las NSCA.

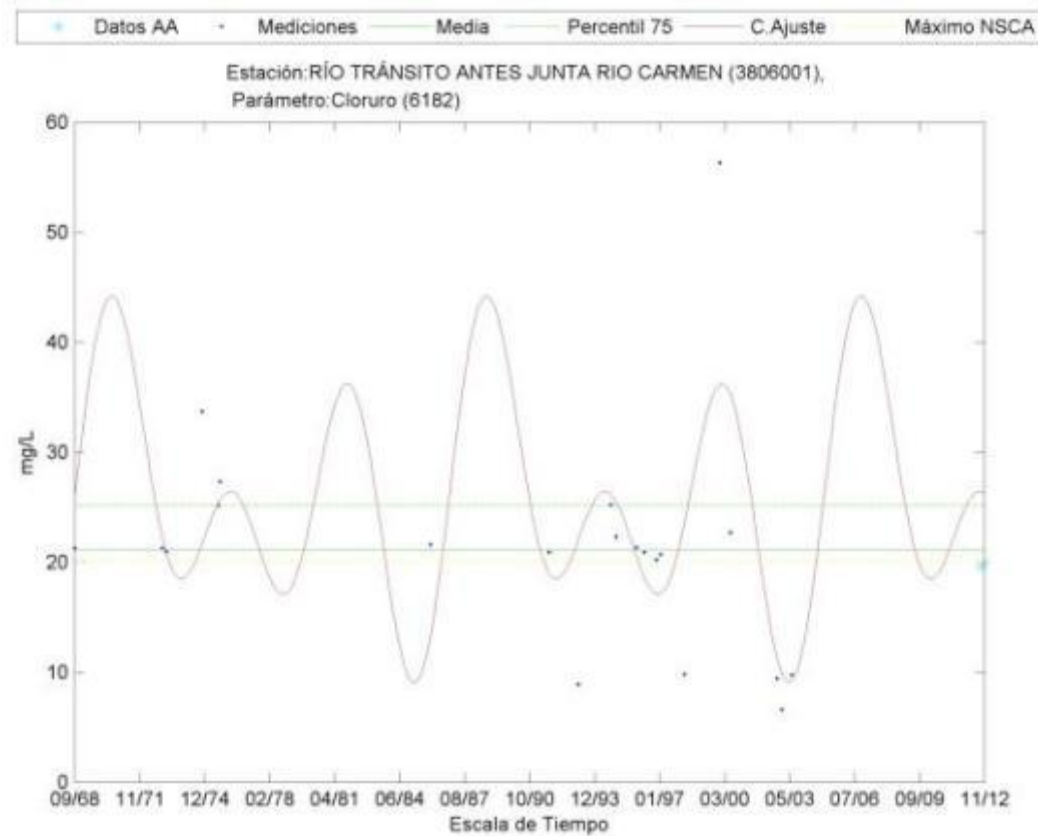
**d. Parámetro: 6182 CLORURO. Análisis histórico.**

Los datos informados partes desde el año 1968 hasta el año 2003, en ellos se observa un comportamiento que oscila entre los 50 mg/l y los 10 mg/l. La periodicidad de la toma de muestras es deficiente y por este motivo la curva interpolada solo muestra un comportamiento global. Sin embargo, vale resaltar que los datos de los últimos años son similares con los de los años anteriores. La media para la subcuenca es de 20.334 mg/l.

**Gráfico N° 95**  
**Datos históricos y análisis de outliers para el Sulfato total en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**



**Gráfico N° 96**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el Cloruro en Río Tránsito antes junta Río Carmen.**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

Esta estación será un punto de obtención de incumplimientos a las NSCA para este parámetro.

## 6.5.4 SUBCUENCA DEL RIO CHOLLAY

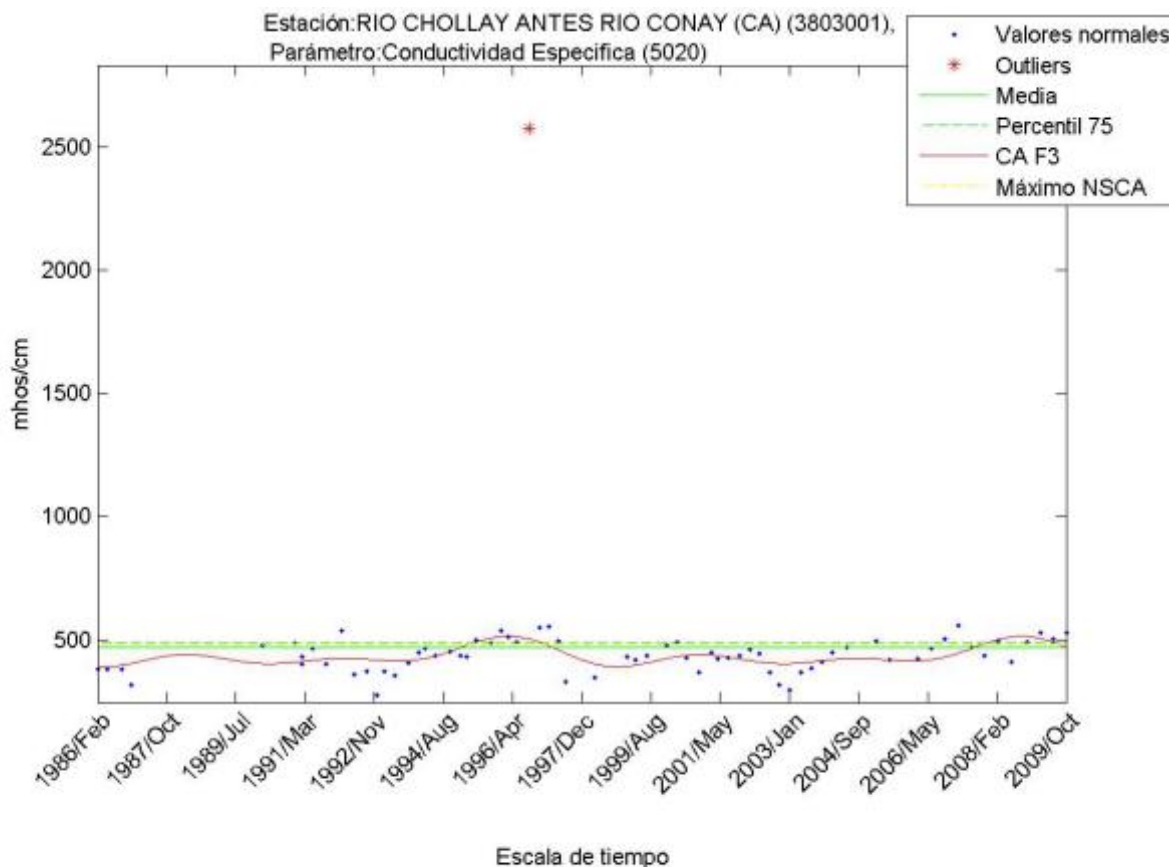
### 6.5.4.1 Estacion: 3803001 RIO CHOLLAY ANTES RIO CONAY.

#### a. Parámetro: 5020 CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA.

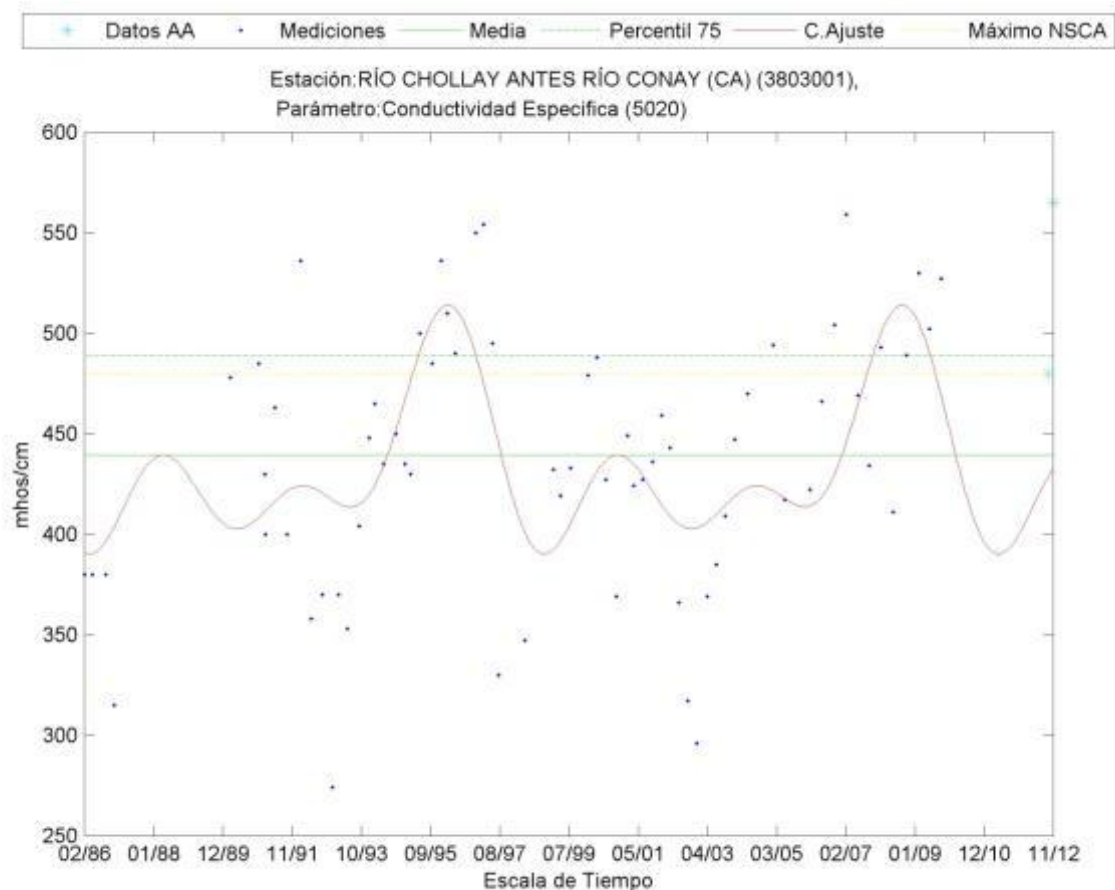
#### Análisis histórico.

Se muestran datos desde 1980 hasta el 2010, la franja de oscilación de los datos está situada entre los 250-500 mg/l, el límite normado para la subcuenca CH-10 es 480 mg/l y la media observada para el río es de 436.721 mg/l.

**Gráfico N° 97**  
**Datos históricos y análisis de outliers para la Conductividad Específica en Río Chollay antes Río Conay**



**Gráfico N° 98**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de**  
**Asesorías Algoritmos para el Cloruro en Río Tránsito antes junta Río**  
**Carmen.**



**Hipótesis de causalidad y efectos.**

La conductividad específica se encuentra en los límites de lo propuesto en la NSCA. Esta estación de monitoreo puede ser una fuente de incumplimientos para este parámetro.

## 6.5.5 Subcuenca del río Estrecho.

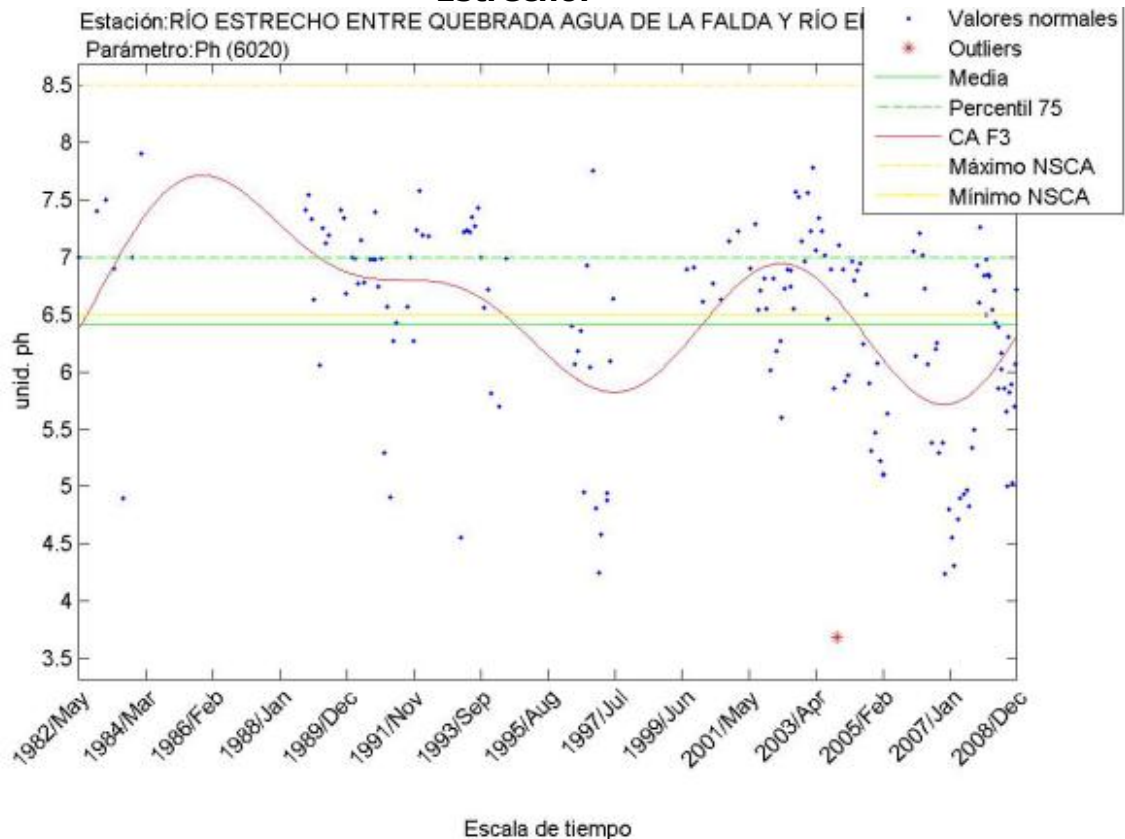
### 6.5.5.1 Estación: NE4 RIO ESTRECHO ENTRE QUEBRADA AGUA DE LA FALDA Y EL RIO EL TORO.

#### a. Parámetro: 6020 pH.

#### Análisis histórico.

A diferencia de todo lo observado en las cuencas del río completo, en esta estación se observa un histórico comportamiento de incumplimientos al límite inferior de pH propuesto por la NSCA en la subcuenca ES-10. El intervalo propuesto por la norma es de 6.5 a 8.5 unidades de pH.

**Figura 21: Datos históricos y análisis de outliers para el pH Río Estrecho.**



#### Hipótesis de causalidad y efectos

Si bien se observa que la curva de ajuste presenta una tendencia a disminuir, es decir a pH más bien básico, hay que observar que la nube de mediciones oscila entre 4 y 7 unidades de pH.



Esta estación presenta una diferencia con la mayoría de las estaciones de la cuenca, donde la tendencia del pH es más bien a sobrepasar el límite ácido. Observar también que la media se encuentra cercana al límite normado. Esta Estación y este parámetro puede ser una fuente de incumplimientos a al NSCA

### 6.5.6 Subcuenca del río Conay.

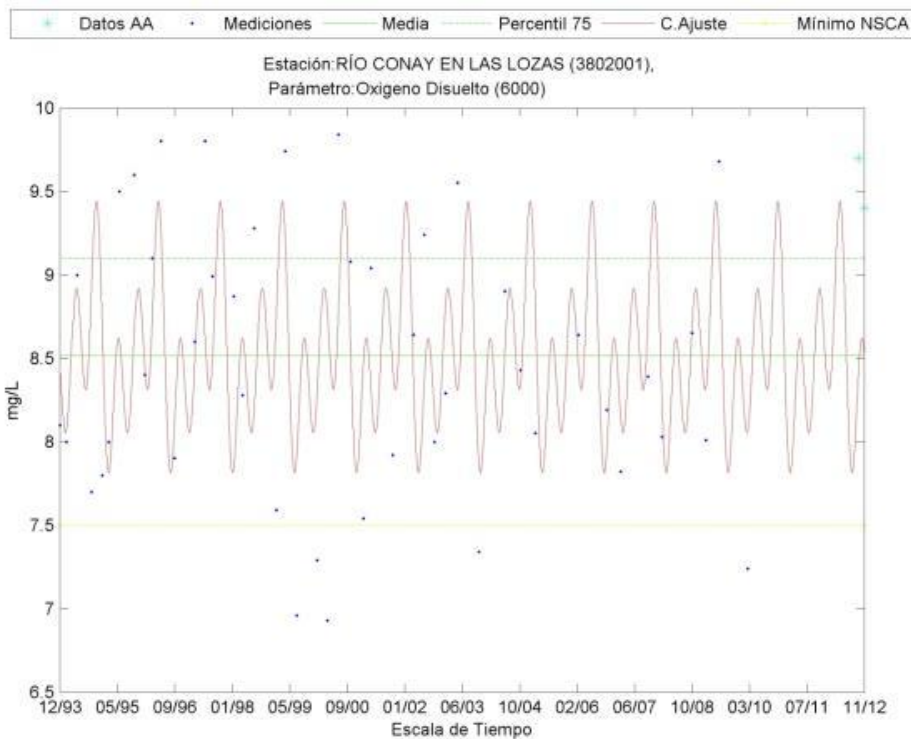
#### 6.5.6.1 Estación: 3802001 RIO CONAY EN LAS LOZAS.

##### a. Parámetro: 6000 OXIGENO DISUELTO.

#### Análisis histórico.

El parámetro—presenta solo cuatro datos se encuentran bajo el mínimo establecido en la NSCA, en todos los datos existentes, desde 1993 hasta 2010. La franja de oscilación de los valores de medición es desde 7.7 hasta 9.4 mg/l, el valor normado es de 7.5 mg/l para la subcuenca y el valor medio de la subcuenca es de 8.518 mg/l.

**Gráfico N° 99**  
**Datos históricos y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el Oxígeno disuelto en Río Conay en las Lozas.**



## Hipótesis de causalidad y efectos.

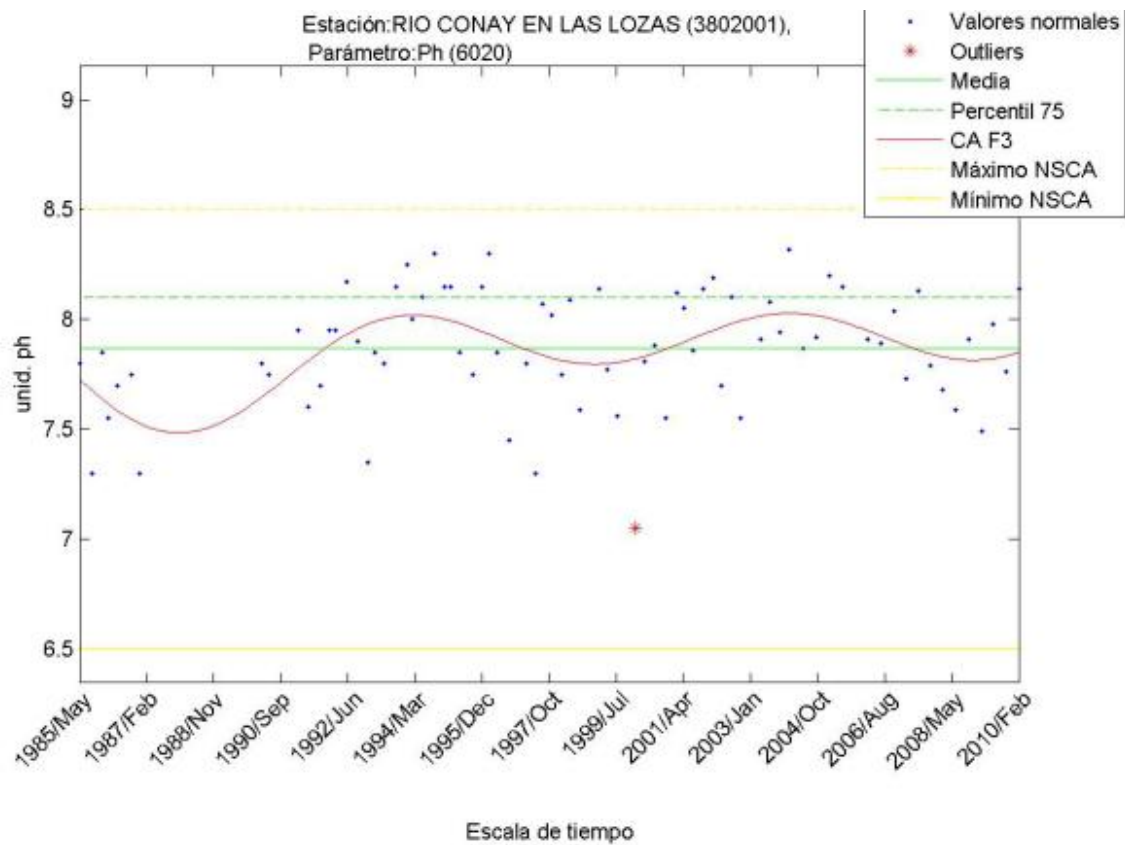
Esta estación cumple con los límites normados. Cabe resaltar que todos los ríos de la sección alta del río tienden a cumplir con los parámetros de la NSCA, esto puede ser debido a la velocidad de escurrimiento de los ríos y la poca presencia de flora fauna en ellos, en comparación con las subcuencas de los tramos inferiores.

### b. Parámetro: 6020 pH

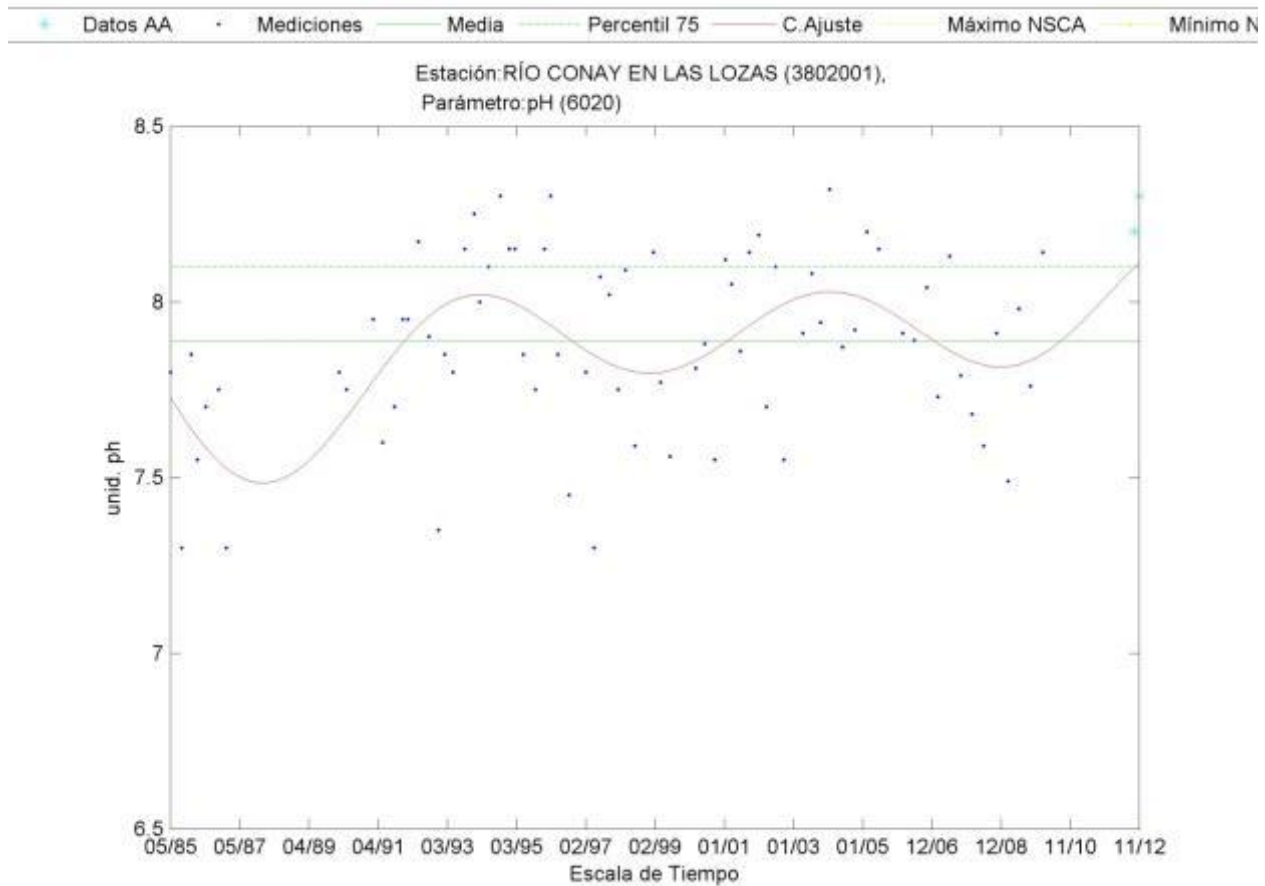
#### Análisis histórico.

Todos los datos, desde el año 1985 hasta el 2010, satisfacen los límites propuestos por la NSCA, que son precisamente desde 6.5 mg/l hasta 8.5 mg/l para la subcuenca en cuestión. Cabe resaltar que hasta un dato determinado como outlier se presenta dentro de lo normado.

**Gráfico N° 100**  
**Datos históricos, con análisis de outliers removidos para el pH en Río Conay en las Lozas.**



**Gráfico N° 101**  
**Datos históricos, con outliers removidos, y datos de campaña de Asesorías Algoritmos para el pH en Río Conay en las Lozas.**



### Hipótesis de causalidad y efectos.

La estima de los comportamientos de las mediciones nos hace pensar en una imperceptible alza del pH a medida que pasa el tiempo, pero demasiado ligera como para ser considerada en predicciones futuras. Esta estación no debería ser fuente de incumplimientos a las NSCA para este parámetro.

### 6.6 Conclusiones generales

El monitoreo desarrollado por Asesorías Algoritmos en la Cuenca del Huasco consideró siete áreas de vigilancia de las doce establecidas en la propuesta de NSCA. En cada una de las siete áreas se monitorearon los parámetros solicitados por el MMA, de los cuales sólo algunos están considerados en la propuesta de la NSCA. Cabe señalar que de los parámetros monitoreados sólo algunos tienen niveles de calidad establecidos, entre los que se cuenta:: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, ,cloruros, Nitrógeno de Nitratos,

**Informe de resultados N°2.** Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco  
Ministerio del Medio Ambiente de Chile

sulfatos, boro, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, sodio, zinc, aluminio, arsénico, cadmio, mercurio, plomo.

Del Inventario de Emisiones, se concluye, que hay dos fuentes emisoras relevante que corresponden a las PTAS de Vallenar y Freirina, ambas ubicadas en el tramo de Vigilancia HU-30. Los impactos de estas Plantas se pueden evaluar en la estaciones de monitoreo PTAS VALLENAR (punto HCO3) y QDA EL NEGRO (punto JV-2).

La data histórica con la que se cuenta, incluida la obtenida por Asesorías Algoritmos, no muestra continuidad y es muy heterogénea (ver Tabla N° 31) respecto a los parámetros y puntos de monitoreo, esto dificulta el cálculo de las excedencias o latencias, lo que a su vez hace complejo diseñar y proponer planes de mitigación para la mantención de la calidad de los cursos de aguas en la Cuenca del río Huasco.

**Tabla N° 31**  
**Cálculo del percentil 75, estaciones hco-3 y j-v2**

Estación	Parámetro	Periodo	Cumplimiento	Percentil 75	Limite normado MAX	Limite normado MIN	Datos primer periodo	Datos segundo periodo	Datos tercer periodo
HCO-3	8021	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	0,077	0,5	no	4	0	7
HCO-3	8041	2010 - 2012	Excedencia sin datos suficientes	0,012	0,007	no	4	0	7
HCO-3	6182	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	87,1	540	no	4	0	10
HCO-3	8145	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	0,014	0,03	no	4	0	7
HCO-3	5020	2010 - 2010	No se registran datos trianuales	NA	3380	no	4	NA	NA
HCO-3	6000	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	9,06	no	7,5	4	0	10
HCO-3	A0014	2010 - 2010	No se registran datos trianuales	NA	0,6	no	4	NA	NA
HCO-3	6020	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	8	8,5	6,5	4	0	10
HCO-3	6341	2010 - 2012	Latencia sin datos suficientes	473	790	no	4	0	11
HCO-3	A0005	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,02	no	7	NA	NA
HCO-3	A0006	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	380	no	7	NA	NA
JV-2	6020	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	8,5	6,5	2	NA	NA
JV-2	5020	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	3380	no	2	NA	NA





Estación	Parámetro	Periodo	Cumplimiento	Percentil 75	Limite normado MAX	Limite normado MIN	Datos primer periodo	Datos segundo periodo	Datos tercer periodo
JV-2	6000	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	no	7,5	2	NA	NA
JV-2	8021	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,5	no	2	NA	NA
JV-2	8041	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,007	no	2	NA	NA
JV-2	6100	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	1,25	no	2	NA	NA
JV-2	6182	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	540	no	2	NA	NA
JV-2	8145	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,03	no	2	NA	NA
JV-2	A0050	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,4	no	2	NA	NA
JV-2	8303	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,002	no	2	NA	NA
JV-2	A0005	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,02	no	2	NA	NA
JV-2	8341	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,02	no	2	NA	NA
JV-2	A0014	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,6	no	2	NA	NA
JV-2	8383	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,02	no	2	NA	NA
JV-2	A0006	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	380	no	2	NA	NA
JV-2	6341	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	790	no	2	NA	NA
JV-2	8465	2012 - 2012	No se registran datos trianuales	NA	0,02	no	2	NA	NA

## 7 Observaciones y estrategia para la estructuración de campañas de monitoreo en el Río Huasco.

### 7.1 Diagramas descriptivos de los tramos del río

Se adjuntan a continuación diagramas que ayudarán a tener una visión panorámica de los lugares de interés a lo largo de los distintos tramos del río Huasco. En ellos se ingresan los puntos más cercanos a los proyectos declarados en el SEIA, Ciudades, Estaciones de monitoreo, Bocatomas de canales de regadío. Estos diagramas se describen con cuatro imágenes que se representan en la siguiente figura

**Tabla N° 32**  
**Imágenes de los diagramas**

	<p>Corresponde a lugares geográficos, como inicio de tramos, junta de ríos entre otros.</p>
	<p>Es un punto de salidas de aguas del cause natural, es decir de una bocatoma.</p>
	<p>Representa lugares donde se produce el ingreso de contaminantes o parámetros de medición.</p>
	<p>Representa lugares donde se encuentran las estaciones de monitoreo de todas las entidades.</p>

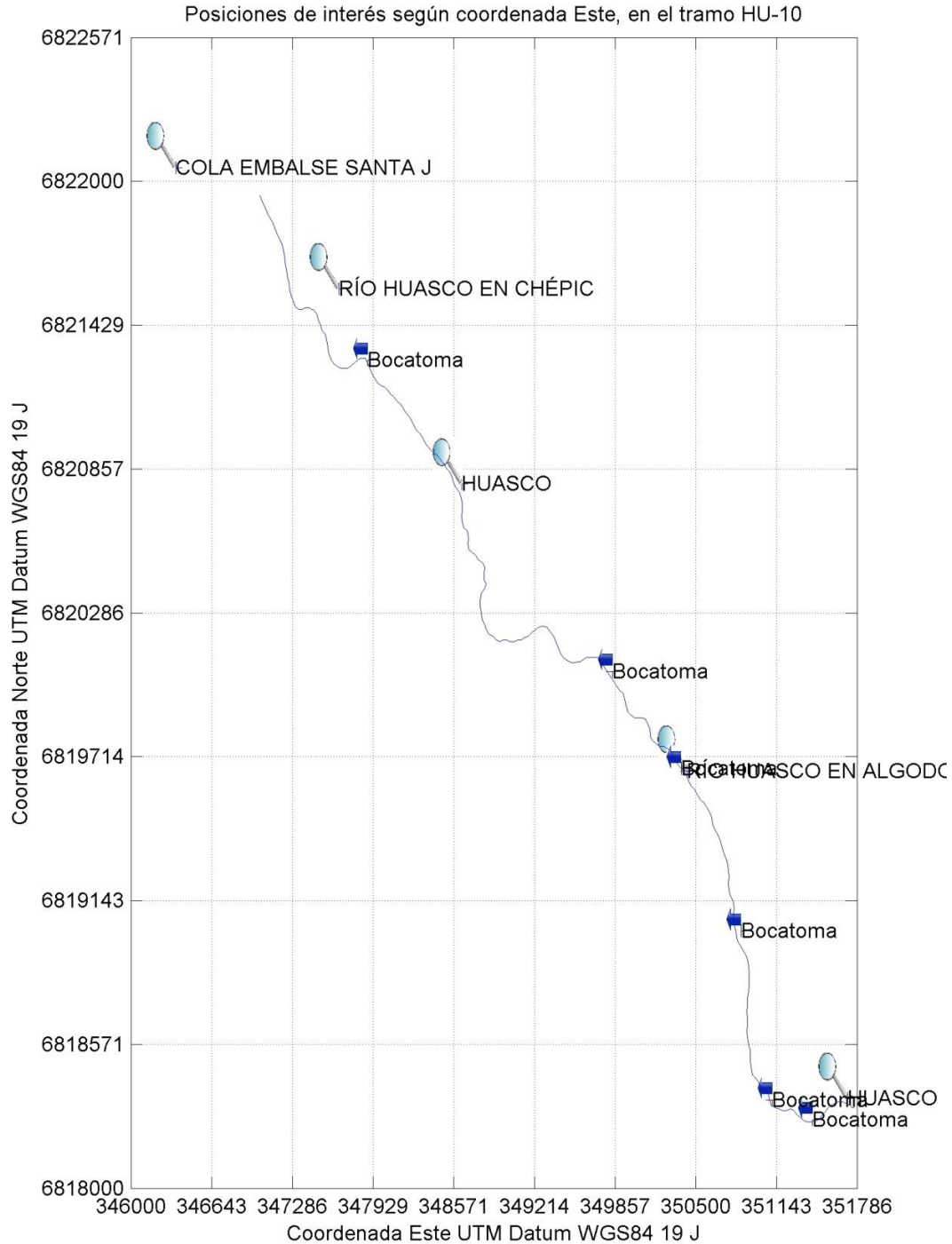
A modo de ejemplo se muestra un diagrama como ejemplo en la figura siguiente. La totalidad de los diagramas y otra información se encuentran dentro del ANEXO E.

Análogamente al diagrama anterior, se entregan versiones tipo diagrama y otra tipo plano de los lugares de interés en coordenadas norte y este, la totalidad de estos archivos se adjuntan en el ANEXO E y son dos tipos diagrama y plano 2D. Para tales efecto anexamos un diagrama de la situación en 2D ver figura siguiente.

**Figura N° 13**  
**Diagrama esquemático para el tramo bajo del Río Huasco.**



**Figura N° 14**  
**Esquema 2D del tramo alto del río Huasco.**





## 7.2 Problemáticas detectadas en las fuentes de monitoreo por cuenca.

En esta sección se describen las problemáticas, algunas ya mencionadas a lo largo del informe, de las campañas de monitoreo, las estrategias que ellas involucran y como estas afectan a la toma de decisiones.

Se hace un análisis por cuenca del río, enfocándose en estaciones con problemas y los parámetros en ella monitoreados.

### 7.2.1 Tramos del río Huasco: HU-10, HU-20 y HU-30.

Las estaciones de monitoreo que están presentes en este río son:

**Tabla N° 33**  
**Estaciones presentes en la cuenca del río Huasco**

TRAMO	CODIGO	NOMBRE	ESTE	NORTE
HU-10	3820001	Río Huasco en algodones	352889	6820900
	3820002	Río Huasco en chepica	348579	6824253
	JV-7	Cola embalse santa juana	346556	6825094
HU-20	3820003	Río Huasco en santa juana	339120	6827205
	3820003	Río Huasco en santa juana	338922	6826870
	3823001	Río Huasco en panamericana	324990	6838697
	3823009	Pozo agua potable vallenar	329649	6836825
	HCO-2	Aguas abajo del embalse santa juana en el sector chañar blanco	334111	6830563
	JV-5	Estación río Huasco en boca toma canal maranhon	338392	6827112
	JV-6	Cabecera embalse santa juana	339865	6826666
HU-30	3825001	Río Huasco en puente nicolasa	303237	6843933
	3825002	Río Huasco en bodequilla	305902	6843912
	3825003	Río Huasco en freirina	297713	6845621
	3826001	Río Huasco en Huasco bajo	286809	6848704
	3826011	Planta Huasco alto c2	289093	6846934
	HCO-3	Aguas debajo de la descarga de aguas servidas de la planta de tratamientos de aguas servidas de vallenar	322840	6839589
	HCO-4	Aguas debajo de la descarga de aguas servidas de la planta de tratamientos de aguas servidas de freirina	294437	6845270
	INIA02H	Río Huasco en puente los guindos	297679	6844436
	JV-2	Estación río Huasco en quebrada el negro	293906	6845229
	JV-36	Río Huasco bajo puente panamericana	322127	6839156
	JV-4	Estación río Huasco bajo ptas vallenar	323884	6839554

## Estadísticas la cuenca.

Se presentan a continuación en la tabla siguiente se muestra la estadística del número de mediciones por parámetro y por subcuenca de las cuencas del río Huasco. Entre los todos ellos resaltan:

HU-10: Oxígeno disuelto y Conductividad como los parámetros menos informados de la subcuenca.

HU-20: Aluminio total como el parámetro menos informado.

HU-30: Hierro total y Carbonato como los menos informados.

**Tabla N° 34**  
**Mediciones en en la subcuenca del río Huasco.**

Numero de mediciones por subcuenca por parametro			
TRAMO	'NUM_MEDICION'	COD_PARAM	NOMBRE
HU-10	14	5020	Conductividad Especifica
HU-10	4	5140	Temperatura del Agua
HU-10	13	6000	Oxígeno Disuelto
HU-10	22	6020	pH
HU-10	4	6100	Boro
HU-10	11	6182	Cloruro
HU-10	7	6240	Nitratos
HU-10	4	6310	Fosforo total
HU-10	19	6341	Sulfato
HU-10	15	7040	Demanda Quimica de Oxigeno
HU-10	4	8021	Aluminio total
HU-10	4	8041	Arsenico total
HU-10	6	8120	Calcio disuelto
HU-10	4	8145	Cobre total
HU-10	13	8260	Magnesio disuelto
HU-10	4	8281	Manganeso total
HU-10	4	8303	Mercurio total
HU-10	4	8341	Niquel total
HU-10	4	8383	Plomo total
HU-10	9	8440	Sodio disuelto
HU-10	4	8465	Zinc total
HU-10	4	A0002	Cianuro total
HU-10	6	A0003	Conductividad
HU-10	4	A0005	Molibdeno total
HU-10	17	A0006	Sodio total
HU-10	2	A0007	Nitritos
HU-10	4	A0009	Fosfato total
HU-10	7	A0010	Solidos Disueltos Totales
HU-10	6317	A0011	Caudal
HU-10	4	A0012	Amonio
HU-10	4	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno
HU-10	4	A0014	Nitrógeno de nitratos
HU-10	4	A0015	Nitrógeno de nitritos
HU-10	4	A0017	Amoniaco

HU-10	4	A0021	Coliformes Fecales
HU-10	4	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
HU-10	4	A0034	Magnesio total
HU-10	4	A0045	Calcio Total
HU-10	4	A0050	Hierro Total
HU-10	4	A0055	Potasio Total
HU-10	4	A0073	Sólidos suspendidos
HU-10	4	A0075	Alcalinidad
HU-10	4	A0076	Clorofila-a
HU-10	4	A0078	Fitoplancton abundancia relativa
HU-20	279	5020	Conductividad Especifica
HU-20	172	5140	Temperatura del Agua
HU-20	181	6000	Oxígeno Disuelto
HU-20	328	6020	pH
HU-20	50	6080	Bicarbonato
HU-20	4	6100	Boro
HU-20	16	6120	Carbonato
HU-20	165	6182	Cloruro
HU-20	4	6240	Nitratos
HU-20	4	6310	Fosforo total
HU-20	125	6341	Sulfato
HU-20	65	7040	Demanda Química de Oxígeno
HU-20	6	8021	Aluminio total
HU-20	4	8041	Arsenico total
HU-20	100	8120	Calcio disuelto
HU-20	4	8145	Cobre total
HU-20	11	8203	Fierro total
HU-20	129	8260	Magnesio disuelto
HU-20	4	8281	Manganeso total
HU-20	4	8303	Mercurio total
HU-20	4	8341	Niquel total
HU-20	4	8383	Plomo total
HU-20	91	8400	Potasio disuelto
HU-20	159	8440	Sodio disuelto
HU-20	4	8465	Zinc total
HU-20	55	9921	Razon de Absorción de Sodio (RAS)
HU-20	4	A0002	Cianuro total
HU-20	6	A0003	Conductividad
HU-20	4	A0005	Molibdeno total
HU-20	16	A0006	Sodio total
HU-20	2	A0007	Nitritos
HU-20	4	A0009	Fosfato total
HU-20	123	A0010	Solidos Disueltos Totales
HU-20	20174	A0011	Caudal
HU-20	4	A0012	Amonio
HU-20	4	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno
HU-20	4	A0014	Nitrógeno de nitratos
HU-20	4	A0015	Nitrógeno de nitritos
HU-20	4	A0017	Amoniaco
HU-20	4	A0021	Coliformes Fecales

HU-20	4	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
HU-20	4	A0034	Magnesio total
HU-20	4	A0045	Calcio Total
HU-20	4	A0050	Hierro Total
HU-20	4	A0055	Potasio Total
HU-20	4	A0073	Sólidos suspendidos
HU-20	4	A0075	Alcalinidad
HU-20	4	A0076	Clorofila-a
HU-20	4	A0078	Fitoplancton abundancia relativa
HU-30	72	5020	Conductividad Especifica
HU-30	64	5140	Temperatura del Agua
HU-30	72	6000	Oxígeno Disuelto
HU-30	143	6020	pH
HU-30	58	6080	Bicarbonato
HU-30	37	6100	Boro
HU-30	19	6120	Carbonato
HU-30	121	6182	Cloruro
HU-30	7	6240	Nitratos
HU-30	8	6310	Fosforo total
HU-30	96	6341	Sulfato
HU-30	78	7040	Demanda Química de Oxígeno
HU-30	8	8021	Aluminio total
HU-30	8	8041	Arsenico total
HU-30	61	8120	Calcio disuelto
HU-30	8	8145	Cobre total
HU-30	13	8203	Fierro total
HU-30	94	8260	Magnesio disuelto
HU-30	8	8281	Manganeso total
HU-30	8	8303	Mercurio total
HU-30	8	8341	Niquel total
HU-30	8	8383	Plomo total
HU-30	84	8400	Potasio disuelto
HU-30	99	8440	Sodio disuelto
HU-30	8	8465	Zinc total
HU-30	93	9921	Razon de Absorción de Sodio (RAS)
HU-30	8	A0002	Cianuro total
HU-30	6	A0003	Conductividad
HU-30	8	A0005	Molibdeno total
HU-30	20	A0006	Sodio total
HU-30	9	A0007	Nitritos
HU-30	8	A0009	Fosfato total
HU-30	10	A0010	Solidos Disueltos Totales
HU-30	2974	A0011	Caudal
HU-30	8	A0012	Amonio
HU-30	13	A0013	Demanda Bioquímica de Oxígeno
HU-30	8	A0014	Nitrógeno de nitratos
HU-30	8	A0015	Nitrógeno de nitritos
HU-30	8	A0017	Amoniaco
HU-30	8	A0021	Coliformes Fecales
HU-30	8	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl

HU-30	8	A0034	Magnesio total
HU-30	8	A0045	Calcio Total
HU-30	8	A0050	Hierro Total
HU-30	8	A0055	Potasio Total
HU-30	8	A0073	Sólidos suspendidos
HU-30	8	A0075	Alcalinidad
HU-30	8	A0076	Clorofila-a
HU-30	8	A0078	Fitoplancton abundancia relativa

Se observa en general una pobreza de la información de recolectada en la cuenca HU-10. Si bien esta cuenca no afecta significativamente el resto aguas debajo del embalse, la falta de información no permite hacer balances efectivos ni aguas arriba ni aguas debajo de ella.

### Problemáticas detectadas

- Una problemática puntual es la pobreza de mediciones realizadas en la estación 3820001, RIO HUASCO EN ALGODONES, siendo esta la primera estación del Río Huasco, deja un gran vacío para eventuales comparaciones y estimaciones de fuentes difusas o simplemente comparaciones que puedan agrupar directamente lo aportado en las aguas de los ríos Carmen y Tránsito.
- Siguiendo lo anterior, la falta de unicidad en los criterios de procesamiento de datos con las personas que emiten los resultados del convenio Barrick no permite un procesamiento libre de la información de las estaciones en las subcuenca HU-10. Con esta información se podría enriquecer tremendamente todo el tramo HU-10 y así poder estimar efectivamente los aportes difusos contrastando las estaciones de esta subcuenca con las otras del río.

### 7.2.2 Tramos del río Carmen: CA-10.

Las estaciones de monitoreo que están presentes en este río son:

**Tabla N° 35**  
**Estaciones presentes en la cuenca del río Carmen**

	<b>CODIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
CA-10	3814001	Río Carmen en San Felix	357998	6797742
	3814002	Río Carmen en el Colorado	352237	6792867
	3814003	Río Carmen en el Corral	362419	6779017
	3815001	Río Carmen en Ramadillas	355152	6818324
	3815002	Río Carmen en Puente La Majada	358622	6800741

3815003	Río Carmen antes Río Transito	355042	6818560
JV-11	Río Carmen bajo pueblo San Félix	358063	6799937
JV-12	Río Carmen antes de Quebrada Plata Alta	368005	6767986
JV-13	Río Carmen antes confluencia con Río Potrerillos	369736	6754251

### Estadísticas la cuenca.

Se presentan a continuación en la tabla siguiente la estadística de número de mediciones por parámetro y por subcuenca de las cuencas del río Huasco. Entre los todos ellos resalta que solo existan tres mediciones de Aluminio, el cual es un parámetro de las NSCA.

**Tabla N° 36**  
**Total de mediciones en la cuenca CA-10.**

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
CA-10	82	5020	Conductividad Especifica
CA-10	29	5140	Temperatura del Agua
CA-10	47	6000	Oxígeno Disuelto
CA-10	85	6020	pH
CA-10	10	6080	Bicarbonato
CA-10	4	6100	Boro
CA-10	31	6182	Cloruro
CA-10	2	6240	Nitratos
CA-10	4	6310	Fosforo total
CA-10	66	6341	Sulfato
CA-10	29	7040	Demanda Quimica de Oxigeno
CA-10	7	8021	Aluminio total
CA-10	4	8041	Arsenico total
CA-10	25	8120	Calcio disuelto
CA-10	4	8145	Cobre total
CA-10	3	8203	Fierro total
CA-10	40	8260	Magnesio disuelto
CA-10	4	8281	Manganeso total
CA-10	4	8303	Mercurio total
CA-10	4	8341	Niquel total
CA-10	4	8383	Plomo total
CA-10	26	8400	Potasio disuelto
CA-10	65	8440	Sodio disuelto
CA-10	4	8465	Zinc total
CA-10	4	A0002	Cianuro total
CA-10	4	A0005	Molibdeno total
CA-10	4	A0006	Sodio total
CA-10	2	A0007	Nitritos
CA-10	4	A0009	Fosfato total
CA-10	4	A0010	Solidos Disueltos Totales

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
CA-10	13024	A0011	Caudal
CA-10	4	A0012	Amonio
CA-10	4	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno
CA-10	4	A0014	Nitrógeno de nitratos
CA-10	4	A0015	Nitrógeno de nitritos
CA-10	4	A0017	Amoniaco
CA-10	4	A0021	Coliformes Fecales
CA-10	4	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
CA-10	4	A0034	Magnesio total
CA-10	4	A0045	Calcio Total
CA-10	4	A0050	Hierro Total
CA-10	4	A0055	Potasio Total
CA-10	4	A0073	Sólidos suspendidos
CA-10	4	A0075	Alcalinidad
CA-10	4	A0076	Clorofila-a
CA-10	4	A0078	Fitoplancton abundancia relativa

### 7.2.3 Tramos del río Chollay: CH-10.

Las estaciones de monitoreo que están presentes en este río son:

**Tabla N° 37**  
**Estaciones de monitoreo en el tramo del Río Chollay**

<b>TRAMO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>NOMBRE_ESTACIÓN</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
CH-10	3803001	Río Chollay antes Río Conay (CA)	387498	6794206
	JV-21	Río Pachuy antes confluencia Río Chollay	388076	6791767
	JV-22	Río Chollay bajo confluencia Río Blanco	390996	6780517

### Estadísticas la cuenca.

Se presentan a continuación en la tabla siguiente la estadística de número de mediciones por parámetro y por subcuenca de las cuencas del río Huasco.

Entre los todos ellos resalta que solo existan dos mediciones de Sulfato, el cual es un parámetro de las NSCA y la ausencia de mediciones de caudal.

**Tabla N° 38**  
**Mediciones en la subcuenca CH-10.**

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
CH-10	70	5020	Conductividad Especifica

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
CH-10	24	5140	Temperatura del Agua
CH-10	2	6000	Oxígeno Disuelto
CH-10	2	6020	pH
CH-10	2	6100	Boro
CH-10	2	6182	Cloruro
CH-10	1	6240	Nitratos
CH-10	2	6310	Fosforo total
CH-10	4	6341	Sulfato
CH-10	30	7040	Demanda Química de Oxigeno
CH-10	13	8021	Aluminio total
CH-10	2	8041	Arsénico total
CH-10	63	8120	Calcio disuelto
CH-10	2	8145	Cobre total
CH-10	4	8203	Fierro total
CH-10	18	8260	Magnesio disuelto
CH-10	2	8281	Manganeso total
CH-10	2	8303	Mercurio total
CH-10	2	8341	Níquel total
CH-10	2	8383	Plomo total
CH-10	56	8440	Sodio disuelto
CH-10	2	8465	Zinc total
CH-10	2	A0002	Cianuro total
CH-10	2	A0005	Molibdeno total
CH-10	2	A0006	Sodio total
CH-10	1	A0007	Nitritos
CH-10	2	A0009	Fosfato total
CH-10	2	A0010	Solidos Disueltos Totales
CH-10	2	A0012	Amonio
CH-10	2	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno
CH-10	2	A0014	Nitrógeno de nitratos
CH-10	2	A0015	Nitrógeno de nitritos
CH-10	2	A0017	Amoniaco
CH-10	2	A0021	Coliformes Fecales
CH-10	2	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
CH-10	2	A0034	Magnesio total
CH-10	2	A0045	Calcio Total
CH-10	2	A0050	Hierro Total
CH-10	2	A0055	Potasio Total
CH-10	2	A0073	Sólidos suspendidos
CH-10	2	A0075	Alcalinidad
CH-10	2	A0076	Clorofila-a
CH-10	2	A0078	Fitoplancton abundancia relativa

#### 7.2.4 Tramo del río Tránsito: TR-10.

Las estaciones de monitoreo que están presentes en este río son:

**Informe de resultados N°2.** Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco  
Ministerio del Medio Ambiente de Chile



**Tabla N° 39**  
**Estaciones de monitoreo del Río Tránsito**

TRAMO	CODIGO	NOMBRE	ESTE	NORTE
<b>TR-10</b>	3802003	Río Huasco antes junta Río Chollay-Conay	288067	6792788
	3804001	Río Tránsito en Los Tambos	381429	6796898
	3804002	Río Tránsito en Angostura Pinte	378360	6797821
	3804003	Río Tránsito en Chancoquin	374872	6802370
	3804004	Río Tránsito en El Tránsito	374832	6806064
	3806001	Río Tránsito antes Junta Río Carmen	355073	6818555
	ALG-TRCH	Río Tránsito aguas D debajo de Chancoquin	373522	6807601
	INIA16H	Pozo La Marquesa	366728	6811185
	JV-19	Inicio del Río Tránsito (bajo confluencia del Río Chollay y Río Conay)	386736	6794503

### Estadísticas la cuenca.

Se presentan a continuación en la tabla siguiente la estadística de número de mediciones por parámetro y por subcuenca de las cuencas del río Huasco.

Entre los todos ellos resalta que solo existan dos mediciones de Aluminio, el cual es un parámetro de las NSCA.

**Tabla N° 40**  
**Mediciones en la subcuenca TR-10.**

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
TRAMO	'NUM_MEDICION'	COD_PARAM	NOMBRE
TR-10	6	5020	Conductividad Especifica
TR-10	18	5140	Temperatura del Agua
TR-10	50	6000	Oxígeno Disuelto
TR-10	99	6020	pH
TR-10	13	6080	Bicarbonato
TR-10	6	6100	Boro
TR-10	8	6120	Carbonato
TR-10	27	6182	Cloruro
TR-10	3	6240	Nitratos
TR-10	6	6310	Fosforo total
TR-10	18	6341	Sulfato
TR-10	35	7040	Demanda Química de Oxígeno
TR-10	8	8021	Aluminio total
TR-10	6	8041	Arsénico total

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
TR-10	76	8120	Calcio disuelto
TR-10	6	8145	Cobre total
TR-10	3	8203	Fierro total
TR-10	16	8260	Magnesio disuelto
TR-10	6	8281	Manganeso total
TR-10	6	8303	Mercurio total
TR-10	6	8341	Níquel total
TR-10	6	8383	Plomo total
TR-10	29	8400	Potasio disuelto
TR-10	58	8440	Sodio disuelto
TR-10	6	8465	Zinc total
TR-10	6	A0002	Cianuro total
TR-10	6	A0005	Molibdeno total
TR-10	6	A0006	Sodio total
TR-10	3	A0007	Nitritos
TR-10	6	A0009	Fosfato total
TR-10	6	A0010	Solidos Disueltos Totales
TR-10	22365	A0011	Caudal
TR-10	6	A0012	Amonio
TR-10	6	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno
TR-10	6	A0014	Nitrógeno de nitratos
TR-10	6	A0015	Nitrógeno de nitritos
TR-10	6	A0017	Amoniaco
TR-10	6	A0021	Coliformes Fecales
TR-10	6	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
TR-10	6	A0034	Magnesio total
TR-10	6	A0045	Calcio Total
TR-10	6	A0050	Hierro Total
TR-10	6	A0055	Potasio Total
TR-10	6	A0073	Sólidos suspendidos
TR-10	6	A0075	Alcalinidad
TR-10	6	A0076	Clorofila-a
TR-10	6	A0078	Fitoplancton abundancia relativa

### 7.2.5 Tramo del río Conay: CO-10.

Las estaciones de monitoreo que están presentes en este río son:

**Tabla N° 41**  
**Estaciones en la subcuenca CO-10**

TRAMO	CODIGO	NOMBRE	ESTE	NORTE
CO-10	3802001	Río Conay en Las Lozas	392723	6797196
	3802002	Río Conay en junta Laguna Grande	395982	6804426
	JV-25	Río Conay en Puente Malaguín	392504	6797080
	JV-28	Río Valeriano antes de confluencia con río Laguna Grande	398158	6804197
	JV-29	Río Laguna Grande antes de junta con río Valeriano	398232	6804351
	JV-30	Río Laguna Chica antes de confluencia con Río Valeriano	409280	6805961
	JV-31	Río Valeriano antes confluencia con río Laguna Chica	409269	6805846
	JV-32	Río Laguna Grande antes de confluencia con Río Cazadero	402791	6816575
	JV-33	Río Cazadero antes junta río Laguna Grande	402750	6816634
	JV-34	Laguna Grande	411780	6821901
	JV-35	Laguna Chica	417354	6813943

### Estadísticas la cuenca.

Se presentan a continuación en la tabla siguiente la estadística de número de mediciones por parámetro y por subcuenca de las cuencas del río Huasco.

Entre los todos ellos resalta que solo existan seis mediciones de Sulfato, el cual es un parámetro de las NSCA.

**Tabla N° 42**  
**Mediciones en la subcuenca CO-10.**

Numero de mediciones por subcuenca por parametro			
TRAMO	'NUM_MEDICION'	COD_PARAM	NOMBRE
CO-10	30	5140	Temperatura del Agua
CO-10	48	6000	Oxígeno Disuelto
CO-10	76	6020	pH
CO-10	41	6080	Bicarbonato
CO-10	2	6100	Boro
CO-10	2	6120	Carbonato
CO-10	24	6182	Cloruro
CO-10	1	6240	Nitratos
CO-10	2	6310	Fosforo total
CO-10	8	6341	Sulfato
CO-10	25	7040	Demanda Química de Oxígeno
CO-10	20	8021	Aluminio total

<b>Numero de mediciones por subcuenca por parametro</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>'NUM_MEDICION'</b>	<b>COD_PARAM</b>	<b>NOMBRE</b>
CO-10	2	8041	Arsénico total
CO-10	64	8120	Calcio disuelto
CO-10	2	8145	Cobre total
CO-10	3	8203	Fierro total
CO-10	40	8260	Magnesio disuelto
CO-10	2	8281	Manganeso total
CO-10	2	8303	Mercurio total
CO-10	2	8341	Níquel total
CO-10	2	8383	Plomo total
CO-10	5	8400	Potasio disuelto
CO-10	49	8440	Sodio disuelto
CO-10	2	8465	Zinc total
CO-10	2	A0002	Cianuro total
CO-10	2	A0005	Molibdeno total
CO-10	2	A0006	Sodio total
CO-10	1	A0007	Nitritos
CO-10	2	A0009	Fosfato total
CO-10	2	A0010	Solidos Disueltos Totales
CO-10	1861	A0011	Caudal
CO-10	2	A0012	Amonio
CO-10	2	A0013	Demanda Bioquímica de Oxigeno
CO-10	2	A0014	Nitrógeno de nitratos
CO-10	2	A0015	Nitrógeno de nitritos
CO-10	2	A0017	Amoniaco
CO-10	2	A0021	Coliformes Fecales
CO-10	2	A0032	Nitrógeno total Kjeldahl
CO-10	2	A0034	Magnesio total
CO-10	2	A0045	Calcio Total
CO-10	2	A0050	Hierro Total
CO-10	2	A0055	Potasio Total
CO-10	2	A0073	Sólidos suspendidos
CO-10	2	A0075	Alcalinidad
CO-10	2	A0076	Clorofila-a
CO-10	2	A0078	Fitoplancton abundancia relativa

## 7.3 Problemáticas generales y de forma.

### 7.3.1 Manejo de los datos

A continuación se listan según grado de importancia de las formas que llevan a problemas en el manejo de los datos.

1. *Falta de un criterio común para informar sobre las mediciones realizadas.* Entrega de informes impresos que contienen cerca de 10.000 mediciones en el caso de los estudios hechos por Universidades y

laboratorios contratados por la INIA y cerca de los 100.000 datos que entregan los firmantes del convenio Barrick.

2. *Falta de unicidad de criterios respecto a la ubicación, nombre y codificación de las estaciones de monitoreo.* Por ejemplo, las siguientes estaciones son o puede ser la misma estación:

VIT3	JV13
VIT1	JV14
TO3	JV17
PY1	3806001
NE3	JV26
NE4	JV24
NE9	3803001
HCO-1	3820002

3. *Falta de una estrategia común en los parámetros a medir e informar en toda la extensión de la cuenca.* Caso crítico de esta situación son las mediciones realizadas en las estaciones JV-31, JV-34 y JV35, donde se ha medido el parámetro de GRASAS TOTALES, parámetro no medido en otras estaciones y cuyos valores observados son repiten inusualmente.

### **7.3.2 Consideraciones de ajustes a la propuesta de normativa actual**

Para la evaluación de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco, es importante considerar en la propuesta normativa todos los parámetros con sus respectivos niveles de calidad, principalmente los que son característicos de las fuentes emisoras, por ejemplo en el caso de las PTAS son relevantes la DBO<sub>5</sub> y los sólidos suspendidos.

Mantener la continuidad del monitoreo en el tiempo de los parámetros establecidos en la NSCA y los nuevos que se incorporen. Las campañas de monitoreo se deben desarrollar manteniendo lo más posible las variables a monitorear por ej: puntos de monitoreo, (entregar las coordenadas donde se requiere la toma de muestra), tipo de parámetros a controlar (totales o disueltos en el caso de los metales), metodologías de análisis con sus respectivos LD, lo que permitirá robustecer las base de datos y poder determinar los cumplimientos o excedencias bajo las mismas condiciones de monitoreo.

Para determinar la agregación o eliminación de parámetros y/o estaciones a monitorear, después de una campaña de monitoreo, necesario contar con información actualizada por parte de la autoridad (SISS entre otras) a través

de las resoluciones, lo que permitirá conocer los requisitos de las descargas a los cursos de aguas.

También es necesario contar con catastros de establecimientos comerciales (bases del SII) o de permisos municipales o sanitarios. Información que debe ser validada previo al diseño de las campañas de monitoreo. Además se requiere de más campañas con mayor tiempo de estudio y seguimiento por parte de los entes fiscalizadores, según su competencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- CAZALAC (Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe) (2012), "Modelo para la gestión hídrica de la Cuenca de Huasco".
- CAZALAC (Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe) (2011), "Modelo para la gestión hídrica de la cuenca de Huasco: Evaluación de caudal ambiental y valoración de servicios hidrológicos", mayo.
- CORFO ATACAMA (2008), "PTI Programa Territorial Integrado. Cadenas Agroindustriales", Vallenar, octubre.
- DGA (2012), "información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", N° 413, septiembre [En línea: [http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/Boletin\\_092012.pdf](http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/Boletin_092012.pdf)]
- DGA (2011), "información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", N° 404, diciembre. [En línea: [http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/Boletin\\_122011.pdf](http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/Boletin_122011.pdf)]
- DGA (2010), "información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", N° 392, diciembre. [En línea: <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/Boletin122010.pdf>]
- DGA (2009), "información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", N° 380, diciembre. [En línea: <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/boletin122009.pdf>]
- DGA (2008), "información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas", N° 368, diciembre. [En línea: <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacion%20Mensual/boletin122008.pdf>]
- CADE – IDEPE (Consultores en ingeniería) (2004), "Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad", diciembre. [En línea: [http://www.sinia.cl/1292/articles-31018\\_Huasco.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Huasco.pdf)].
- Flacso (2007), "Diagnóstico y línea base Plan de Desarrollo Económico, Comuna de Vallenar".
- GMA (Gestión y Monitoreo Ambiental Consultores) (2007), "consultoría para la recopilación de información sobre la biodiversidad y la situación socio-económica en apoyo a la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Huasco", Vallenar, Región de Atacama, Chile, diciembre.
- Herrera C. y otros (2010), "Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de las aguas subterráneas del Valle del Río Huasco. Región de Atacama, Chile. Evaluación hidrogeológica de la Cuenca del Río Huasco, con énfasis en la

- cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos”, Vol. 2, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, 177p., Antofagasta, Chile.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas) (2012), “Resultados preliminares censo de población y vivienda 2012”, Chile.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas) (2007), “División política administrativa y censal 2007”, [En línea: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/territorio/division\\_politico\\_administrativa/pdf/DPA\\_COMPLETA.pdf](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/territorio/division_politico_administrativa/pdf/DPA_COMPLETA.pdf)]
- PROGRAMA SERVICIO PAIS (2006), “Diagnóstico territorial de los pequeños agricultores del valle del Huasco”. Programa Territorial Integrado de CORFO, Valle del Huasco, Chile.
- Squeo y otros (2008), “Flora amenazada de la región de atacama y estrategias para su conservación”, Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, marzo.
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias) (2007), “Censo Agropecuario”. Chile.