



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

DESARROLLO METODOLOGICO E INFORME CON ANTECEDENTES PARA LA REALIZACION DE LOS ANALISIS DE IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD DE AGUAS DE LAS CUENCAS CACHAPOAL, MAIPO Y ELQUI

Volumen N° 4: Cuenca del Río Elqui

REALIZADO POR:



Universidad Católica del Norte
ver más allá

S.I.T. N° 279

SANTIAGO, JULIO DE 2012

EQUIPO TECNICO

**Ministro de Obras Públicas
Ing. Laurence Golborne Riveros**

**Director General de Aguas
Abogado Matías Desmadryl**

**Jefe Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos
Ing. Mónica Musalem Jara**

**Inspector Fiscal
Ing. Diego San Miguel Cornejo**

NOMBRE CONSULTORES:

**Jefe de Proyecto
Dr. Rodrigo Sfeir Yazigi**

Profesionales:

**Dr. Ernesto Cortés Pizarro
Mg. Rodrigo Gallardo Núñez
Mg. Niris Cortés Pizarro
Mg. Marcelo Fuentes Rojas
Qca. Marcela Garrido Angel
Ing. Com. Marcelo Olivares Arenas
Ing. Com. Sebastián Esquivel Riveros**

INDICE GENERAL

	Pág.
1. Introducción	1
2. Descripción general del anteproyecto de normas de calidad secundaria de aguas continentales superficiales del Río Elqui.....	2
3. Línea base ambiental cuenca río Elqui	6
3.1. Descripción de la calidad de aguas	6
3.1.1. Calidad de las aguas.	6
3.2. Definición de impactos.	24
3.2.1. Cumplimiento de la NSCA de acuerdo a la línea base y sus respectivas proyecciones.....	24
3.2.2. Proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui.....	31
3.2.3. Cumplimiento de la NSCA considerando proyectos con potenciales emisiones al Río Elqui.	36
3.2.4. Identificación de causas probables en el incumplimiento de la NCSA	36
4. Estimación de los IAU por receptor	41
4.1. IAU Agrícola	41
4.2. IAU Ganadero.....	42
4.3. IAU Ecosistema y biodiversidad	43
5. Valorización económica del impacto de la norma en los receptores.....	44
5.1. Valorización económica del impacto de la norma en los receptores a través de los IAU.....	44
5.1.1. Valorización económica del impacto de la norma en la agricultura a través del IAU	44
5.1.2. Valorización económica del impacto de la norma en la ganadería a través del IAU	45
5.1.3. Valorización económica del impacto de la norma en el ecosistema y biodiversidad a través del IAU	46

6.	Valorización económica del impacto de la norma en los emisores, determinación de los costos de abatimiento	48
7.	Determinación de costos operacionales de la norma	51
8.	Valorización económica total de los impactos de la NCSA del Río Elqui.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia río Elqui	5
Tabla 2. Valores de tendencia central, escenario actual	7
Tabla 3. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 1.333 para vida acuática, por tramos en la cuenca del Río Elqui	19
Tabla 4. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 1.333 para riego, por tramos en la cuenca del Río Elqui	20
Tabla 5. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 409, para agua potable y bebida animal, por tramos en la cuenca del Río Elqui	21
Tabla 6. Cumplimiento NCh 1.333 para vida acuática, escenario actual por tramos en la cuenca del Río Elqui	22
Tabla 7. Cumplimiento NCh 1.333 para riego, escenario actual por tramos en la cuenca del Río Elqui	22
Tabla 8. Cumplimiento NCh 409 para agua potable y bebida animal, escenario actual por tramos en la cuenca del Río Elqui	23
Tabla 9. Valor de los parámetros de acuerdo al escenario actual (línea base)	25
Tabla 10. Proyección de la línea base, año 1	25
Tabla 11. Proyección de la línea base, año 2	26
Tabla 12. Proyección de la línea base, año 3	26
Tabla 13. Proyección de la línea base, año 4	27
Tabla 14. Proyección de la línea base, año 5	27
Tabla 15. Códigos de visualización del cumplimiento de la norma	28
Tabla 16. Cumplimiento de la norma de acuerdo a escenario actual (línea base)	28
Tabla 17. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 1	28
Tabla 18. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 2	29
Tabla 19. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 3	29
Tabla 20. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 4	30
Tabla 21. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 5	30
Tabla 22. Proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui	31
Tabla 23. Proyectos seleccionados cuenca del Río Elqui	31
Tabla 24. Identificación de proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui	32
Tabla 25. Caracterización de los proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui	33
Tabla 26. Causas probables de incumplimiento de la NCSA	36
Tabla 27. Parámetros del IAU Agrícola y sus respectivos Pi	41
Tabla 28. IAU Agrícola en cuenca del Río Elqui	41

Tabla 29. Parámetros del IAU Ganadero y sus respectivos Pi	42
Tabla 30. IAU Ganadero en cuenca del Río Elqui	42
Tabla 31. Parámetros del IAU Ecosistema y biodiversidad y sus respectivos Pi	43
Tabla 32. IAU Ecosistema y biodiversidad en cuenca del Río Elqui.....	43
Tabla 33. Productividad sector agrícola en la cuenca del Río Elqui	44
Tabla 34. Valorización económica del sector agrícola en la cuenca del Río Elqui.....	44
Tabla 35. Valorización económica del impacto de la norma en el sector agrícola en la cuenca del río Elqui	45
Tabla 36. Productividad sector ganadero en la cuenca del Río Elqui	45
Tabla 37. Valorización económica del sector ganadero en la cuenca del Río Elqui.....	46
Tabla 38. Valorización económica del impacto de la norma en el sector ganadería en la cuenca del río Elqui	46
Tabla 39. Productividad sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del Río Elqui.....	46
Tabla 40. Valorización económica del sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del Río Elqui	47
Tabla 41. Valorización económica del impacto de la norma en el sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del río Elqui	47
Tabla 42. Valores máximos de saturación de acuerdo a proyección.....	48
Tabla 43. Caudales a tratar en tramos cabecera.....	49
Tabla 44. Costos totales de abatimiento en tramos cabecera (millones \$).....	49
Tabla 45. Concentraciones corregidas de parámetros por efecto dilución	49
Tabla 46. Caudales a tratar en tramos aguas abajo.....	50
Tabla 47. Costos totales de abatimiento en tramos aguas abajo.....	50
Tabla 48. Costo unitario de análisis de concentración (pesos).....	51
Tabla 49. Costo total anual de aplicación de la norma (millones de \$).....	51
Tabla 50. Valorización económica total de la NCSA del Río Elqui	52

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución espacial áreas de vigilancia cuenca río Elqui	2
Figura 2. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de conductividad eléctrica	8
Figura 3. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de oxígeno disuelto	9
Figura 4. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual del pH.....	9
Figura 5. Caudal y comportamiento estacional en escenario actual de RAS	10
Figura 6. Comportamiento estacional en escenario actual de Temperatura (a) y sus diferencias con respecto al Valor Natural (b).....	11
Figura 7. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de cloruros.....	12
Figura 8. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de sulfatos	12
Figura 9. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de nitrato	13
Figura 10. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de fosfatos	13
Figura 11. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de cobre.....	14
Figura 12. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de hierro	14
Figura 13. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de manganeso.....	15
Figura 14. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de molibdeno.....	15
Figura 15. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de níquel.....	16
Figura 16. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de boro	16
Figura 17. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de aluminio	17
Figura 18. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de arsénico	17
Figura 19. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de plomo	18
Figura 20. Distribución espacial de proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui.....	35

1. Introducción

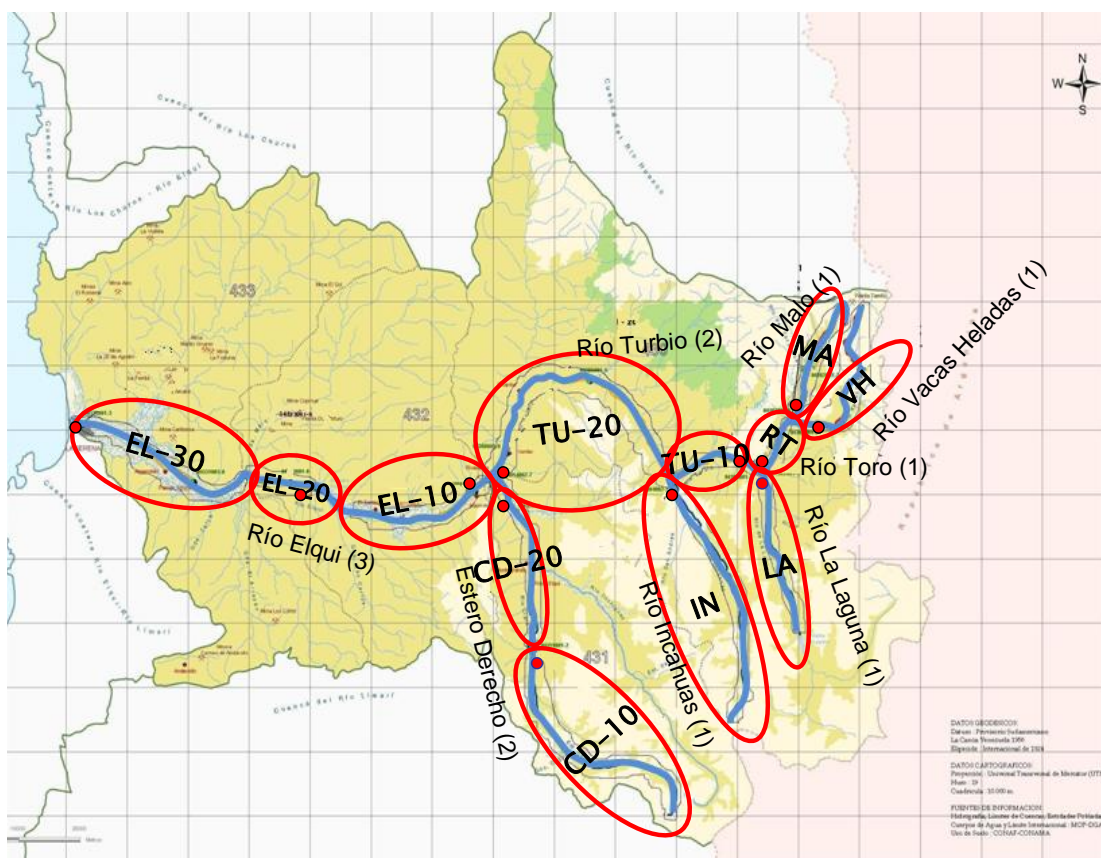
El presente documento corresponde al componente Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas de la Cuenca Río Elqui del proyecto “Desarrollo Metodológico e Informe con Antecedentes para la Realización de los Análisis de Impacto Económico y Social de las Normas Secundarias de Calidad de Aguas de las Cuencas Cachapoal, Maipo y Elqui”.

El informe se ha estructurado en 7 capítulos principales, En el Capítulo 2, se entrega una descripción general del anteproyecto de norma, en el Capítulo 3 se define la línea base ambiental de la cuenca del Río Elqui y los cambios esperados a través de la proyección del valor de los parámetros normados y del efecto de futuros proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En el Capítulo 4 se estiman los Índices de Aptitud de Uso para los receptores relevantes de la cuenca (agricultura, ganadería y ecosistema y biodiversidad). En el Capítulo 5 se estiman los beneficios económicos para los receptores relevantes. En el Capítulo 6 se estima el impacto de la norma en los emisores de la cuenca a través de los costos de abatimiento. En el Capítulo 7 se presentan los costos asociados a la operación de la Norma. Por último, en el Capítulo 8 se presenta la valorización económica total de los impactos de la NCSA de la cuenca del Río Elqui.

2. Descripción general del anteproyecto de normas de calidad secundaria de aguas continentales superficiales del Río Elqui

El Anteproyecto de Norma de Calidad Secundaria de Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Elqui establece 12 estaciones de monitoreo asociadas a 8 cauces de la cuenca. Los cauces considerados son (entre paréntesis aparece el número de tramos individuales o estaciones de monitoreo por cause): Río Malo (1), Río Vacas Heladas (1), Río Del Toro (1), Río La Laguna (1), Río Turbio (2), Río Incahuas (1), Río Estero Derecho (2) y Río Elqui (3). Sus respectivas estaciones de monitoreo y tramos asociados pueden apreciarse en la Figura 1.

Figura 1. Distribución espacial áreas de vigilancia cuenca río Elqui



Por otra parte, la norma considera 18 parámetros, los que pueden ser clasificados en:

- Físico-químicos: Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, pH, RAS, Temperatura
- Inorgánicos: Cloruro, Sulfato, Nitrato, Fosfato
- Metales esenciales totales: Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Boro
- Metales no esenciales totales: Aluminio, Arsénico, Plomo

Para estos 18 parámetros la norma establece valores límites diferenciados por tramo (Tabla 1):

Tabla 1. Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia río Elqui

		ÁREAS DE VIGILANCIA											
		Río Malo	Río Vacas Heladas	Río Toro	Río de La Laguna	Río Turbio		Río Incahuas	Estero Derecho		Río Elqui		
Parámetro	Unidad	MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
Físico-químicos													
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2700	2450	2500	660	1100	810	420	180	350	630	760	1650
Oxígeno Disuelto*	mg/L	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
pH**	rango	3,6-8,5	4,0-8,5	4,0-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
RAS***	-	2,1	2,5	4,01	1,25	1,8	1,5	0,6	0,45	0,5	1	1,5	2,75
Temperatura	Δ°C	6	7	8	6	6	6	7	5	5	6	5	5
Inorgánicos													
Cloruro	mg/L	100	125	130	33	58	35	12	5,7	7,5	24	28	175
Sulfato	mg/L	1480	1110	1370	145	370	280	135	25,7	76	196	215	375
Nitrato	mg/L	0,75	0,5	2,5	0,68	0,8	0,9	0,47	0,26	1,2	1,01	1,4	4
Fosfato	mg/L	0,07	0,05	0,06	0,03	0,02	0,03	0,015	0,02	0,03	0,02	0,025	0,04
Metales esenciales totales													
Cobre	mg/L	44,6	0,23	30	0,06	7,4	2,05	0,15	0,015	0,03	1,3	0,25	0,04
Hierro	mg/L	37	20,6	32	1,65	7,6	5,1	0,85	0,5	0,33	3,2	1,5	0,6
Manganeso	mg/L	9,3	5,7	7,7	0,12	1,5	0,9	0,19	0,03	0,03	0,48	0,09	0,07
Molibdeno	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Níquel	mg/L	0,2	0,42	0,42	0,42	0,42	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Boro	mg/L	5,1	4,8	5,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	0,03	1,5	1,5
metales no esenciales totales													
Aluminio	mg/L	58	27,9	38,2	3	10,7	7	2,3	0,5	0,7	4,2	0,7	1
Arsénico	mg/L	1,19	0,64	1,1	0,06	0,26	0,15	0,007	0,005	0,007	0,08	0,045	0,015
Plomo	mg/L	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

NOTA

(*) = Expresado en términos de valor mínimo.

(**) = Expresado en términos de valor máximo y mínimo.

3. Línea base ambiental cuenca río Elqui

3.1. Descripción de la calidad de aguas

Para la evaluación de impacto de la norma con respecto a la calidad de las aguas en la cuenca del Río Elqui, se realizó en primer lugar un análisis estadístico descriptivo de los datos (DGA, 2010) y del comportamiento estacional, correspondientes al escenario actual. Para describir la calidad de las aguas en relación a los parámetros incluidos en el anteproyecto de NSCA para la cuenca del Río Elqui, se obtienen los valores de tendencia central para cada tipo de distribución. Con el fin de estimar la influencia estacional en los valores de los parámetros normados, para el escenario actual (últimos tres años), se agrupan sus valores de tendencia central por estación del año, para cada tramo.

Por otro lado, en base a normativa chilena ya existente, se caracteriza la calidad de las aguas de la cuenca por tramo según su uso, a partir de los parámetros incluidos en el anteproyecto de NSCA del Río Elqui. La calidad del agua según uso, para el escenario actual, se referencia a las normas existentes en Chile: NCh 1.333 (INN, 1987) (riego, vida acuática) y NCh 409 (INN, 2005) (consumo agua potable, bebida animal).

3.1.1. Calidad de las aguas.

a) Análisis estadístico de los datos para escenario actual.

En la presente sección se analizarán los datos estadísticamente a través de su valor de tendencia central. El análisis estadístico para el escenario actual (últimos tres años), revela que el 54 % de los casos normados presenta una distribución normal a lo largo de la cuenca del Río Elqui, por lo que su valor de tendencia central corresponde a la media aritmética (ver Tabla 2). Un 19% presenta solo curtosis fuera del rango, y su valor de tendencia central es el promedio aritmético. Un 27 % de los parámetros normados presenta curtosis y coeficiente de asimetría fuera del rango $[-2, +2]$, por lo que el valor de tendencia central corresponde a la mediana.

Se observa que existe una diferencia en la distribución estadística de los parámetros en los distintos cursos de agua de la cuenca. En la Tabla 2, para el escenario actual, se resume el detalle de la situación estadística que presentan los conjuntos de datos clasificados por parámetros y por área de vigilancia.

Tabla 2. Valores de tendencia central, escenario actual

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			Río Malo	Río Vacas Heladas	Río Toro	Río de La Laguna	Río Turbio		Río Incahuas	Estero Derecho		Río Elqui		
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL30	EL50
Físico-químicos														
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2095 DN	1749 C	1966 DN	439 DN	724 DN	590 DN	302 DN	129 DN	254 DN	470 C	539 DN	1091 DN
2	Oxígeno Disuelto	mg/L	11,2 DN	10,7 DN	9,5 DN	9,8 DN	9,5 C	9,2 DN	10,2 DN	10,3 CA	8,8 CA	9,5 C	9,1 CA	10,7 DN
3	pH	rango	3,7 C	6,4 DN	4,2 DN	8,4 C	7,4 C	7,9 CA	7,9 DN	7,7 DN	8,1 DN	8,0 DN	8,1 DN	8,0 DN
4	RAS	-	1,43 DN	1,63 DN	2,71 DN	0,76 DN	1,09 C	0,92 DN	0,40 CA	0,27 DN	0,35 CA	0,62 DN	0,75 C	1,93 DN
5	Temperatura	Δ°C	3,7 DN	3,9 DN	5,6 DN	4,2 C	4,3 DN	3,2 DN	4,9 DN	3,4 DN	3,6 DN	3,6 DN	2,1 DN	3,4 DN
Inorgánicos														
6	Cloruro	mg/L	79,72 DN	81,58 DN	89,08 DN	17,38 DN	21,81 DN	21,14 DN	6,06 CA	2,86 DN	4,2590162 C	15,23 DN	17,55 CA	89,85 DN
7	Sulfato	mg/L	1214,49 DN	837,61 DN	1092,79 DN	118,27 DN	163,11464 C	203,28 DN	105,67 DN	17,251333 C	59,14 CA	156,35 DN	151,63933 C	264,73042 C
8	Nitrato	mg/L	0,60 DN	0,28 DN	0,36 DN	0,48 DN	0,48 DN	0,59 DN	0,31 DN	0,13 DN	0,8545675 C	0,67 DN	0,83 CA	1,519679 C
9	Fosfato	mg/L	0,038 DN	0,014 DN	0,045 DN	0,020 DN	0,016 DN	0,015 DN	0,012 DN	0,017 DN	0,016 DN	0,0125663 C	0,017 DN	0,020 DN
Metales esenciales totales														
10	Cobre	mg/L	26,74 DN	0,11 DN	17,34 DN	0,025 CA	0,82 DN	1,435 CA	0,06 DN	0,01 CA	0,01 DN	0,73 DN	0,02 CA	0,02 DN
11	Hierro	mg/L	19,29 DN	10,02 C	17,45 DN	0,19 C	0,185 CA	2,52 CA	0,40 DN	0,29 C	0,17 DN	2,1540833 C	0,06 DN	0,57 DN
12	Manganeso	mg/L	6,785 CA	3,621 DN	5,571 DN	0,051 DN	0,345 DN	0,515 CA	0,095 DN	0,01 CA	0,019 DN	0,304 DN	0,025 CA	0,052 DN
13	Molibdeno	mg/L	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA
14	Níquel	mg/L	0,070 DN	0,02 CA	0,047 DN	0,02 C	0,02 CA	0,02 CA	0,02 CA	0,02 C	0,02 C	0,02 C	0,02 CA	0,02 C
15	Boro	mg/L	3,49 C	2,57 C	3,92 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA	1,00 CA
Metales no esenciales totales														
16	Aluminio	mg/L	43,83 DN	7,57 C	27,35 C	0,56 C	2,72 DN	4,37 C	1,38 DN	0,28 C	0,45 DN	3,09 C	0,3 CA	0,6 CA
17	Arsénico	mg/L	0,315 DN	0,302 DN	0,320 C	0,026 CA	0,042 CA	0,083 DN	0,002 DN	0,002 C	0,003 C	0,027 DN	0,006 CA	0,007 DN
18	Plomo	mg/L	0,05 C	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	0,05 CA	1,240 DN

C Curtosis fuera del Rango [-2,+2](Promedio)
 A Coef. Asimetría fuera del Rango [-2,+2](Mediana)
 CA Curtosis y Coef. Asimetría fuera del rango [-2,+2](Mediana)
 SA Sin análisis por menor a 3 datos

DN Distribución Normal
 PNN Parámetro No Normado
 PSI Parámetro Sin Información

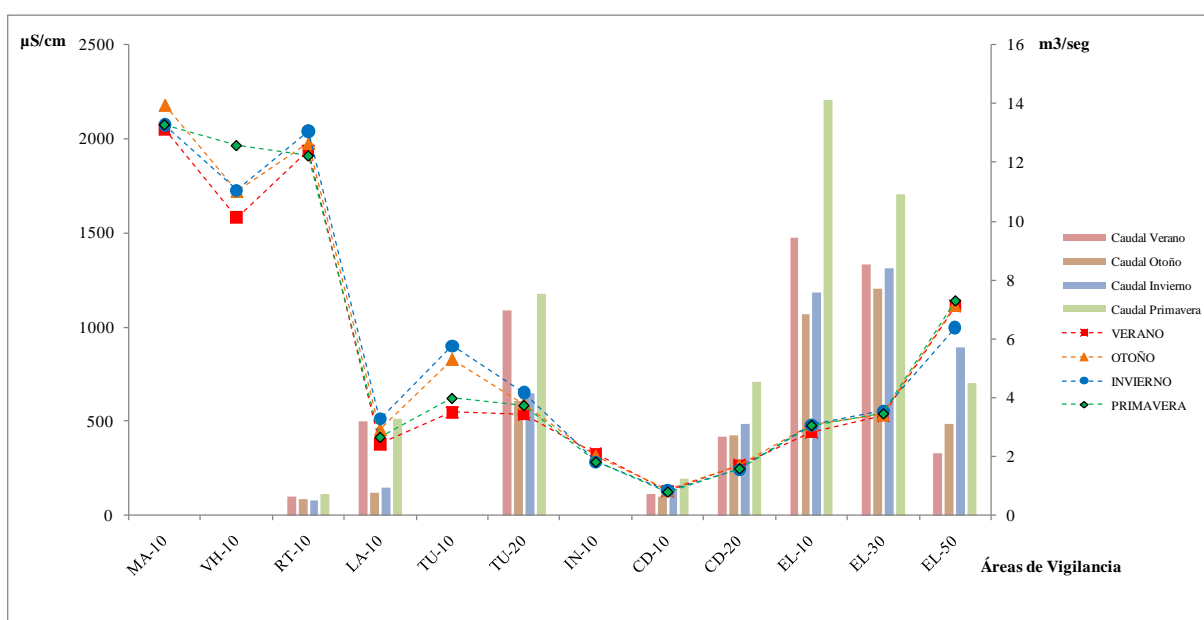
b) Comportamiento estacional en escenario actual.

El presente análisis del comportamiento estacional de los parámetros se realiza para los 3 últimos años.

La cuenca del río Elqui presenta un régimen nival en su parte alta y pluvio-nival en la parte baja, registrando su menor caudal en la estación de otoño.

El parámetro conductividad eléctrica (Figura 2) presenta las mayores magnitudes en las áreas de MA10, VH10 y RT10. El comportamiento de este parámetro no se ve influenciado mayormente por los caudales manteniendo un comportamiento estable durante todo el año. Similar situación presenta el pH (Figura 4), pero con bajos pH en las áreas mencionadas anteriormente.

Figura 2. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de conductividad eléctrica



Unos de los parámetros que presenta el mismo comportamiento estacional a lo largo de toda la cuenca del Elqui es el oxígeno disuelto (Figura 3), con una menor concentración en época estival (verano y primavera) y mayor concentración en otoño.

Figura 3. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de oxígeno disuelto

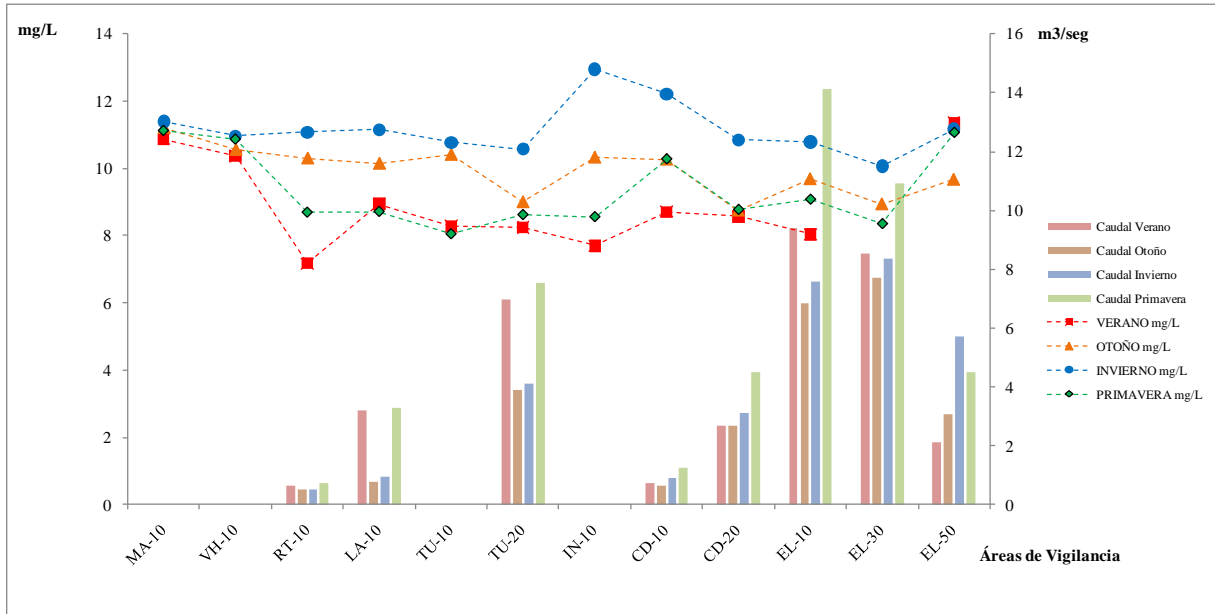


Figura 4. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual del pH

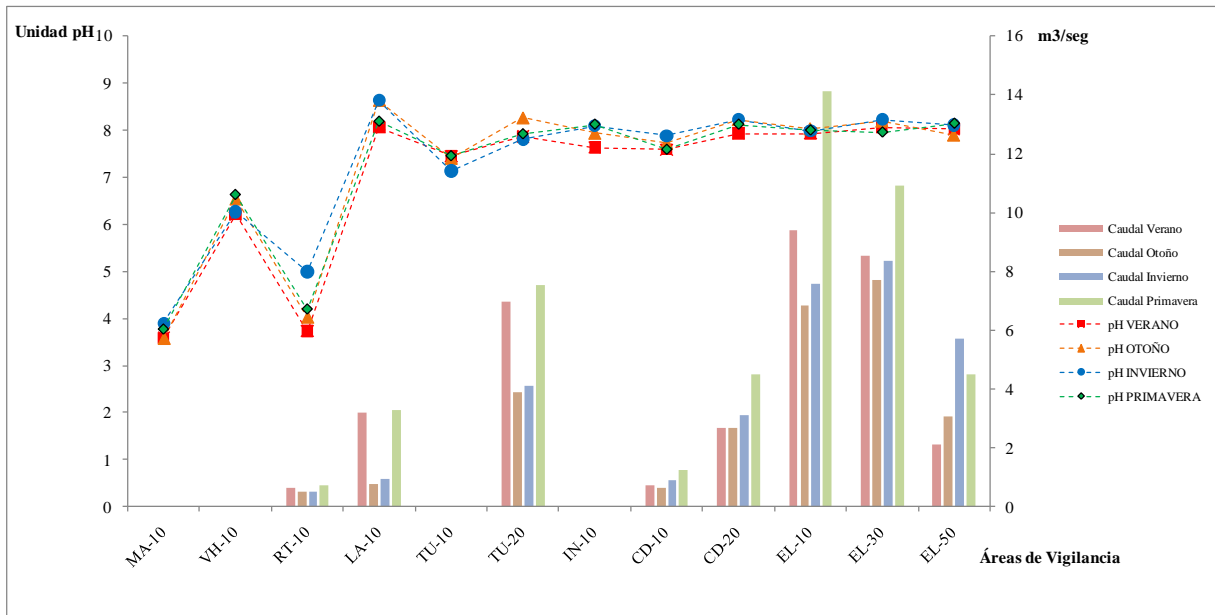
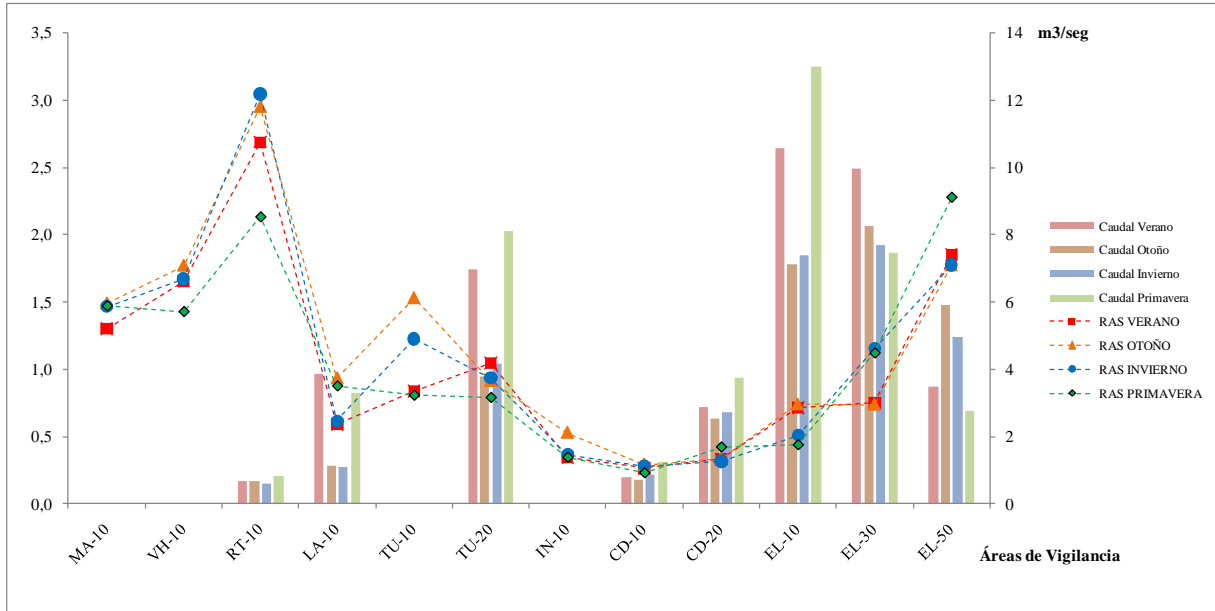
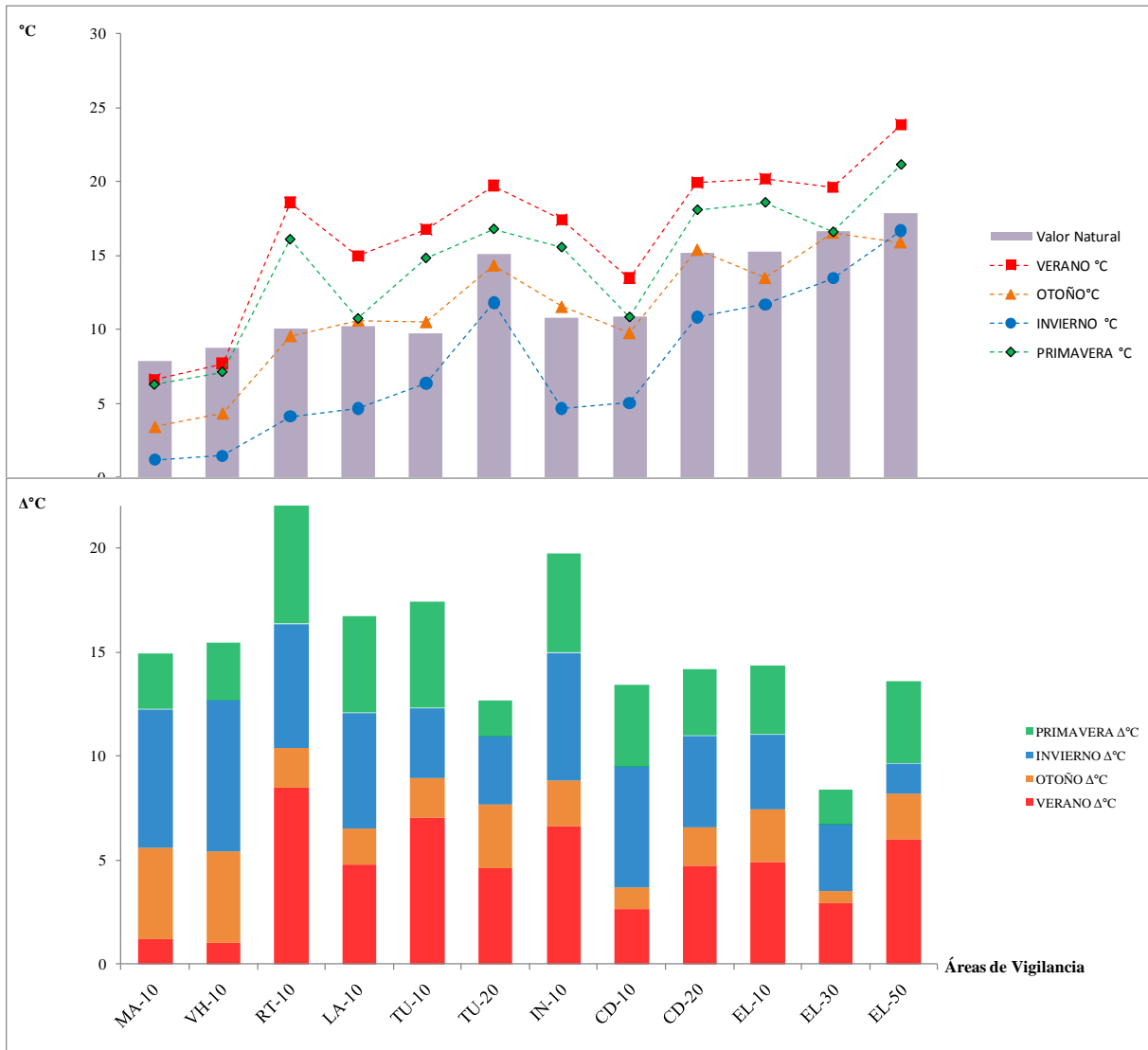


Figura 5. Caudal y comportamiento estacional en escenario actual de RAS



La temperatura desarrolla una tendencia de crecimiento desde la parte alta de la cuenca hasta la desembocadura (Figura 6.a), presentando las mayores temperaturas en la estación de primavera – verano y las menores en otoño – invierno. La época de otoño presenta la menor diferencia con el valor natural de las aguas, en cada uno de los tramos (Figura 6.b)

Figura 6. Comportamiento estacional en escenario actual de Temperatura (a) y sus diferencias con respecto al Valor Natural (b).



Los parámetros cloruros y sulfatos (Figura 7 y Figura 8) presentan un comportamiento similar a la conductividad eléctrica (Figura 2). Altas concentraciones en los ríos Malo (MA10), Vacas Heladas (VH10), Toro (TR10), disminuyendo en la zona media y baja de la cuenca, con excepción, en el tramo EL50 para el cloruro, el que tiene un aumento notable.

Figura 7. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de cloruros

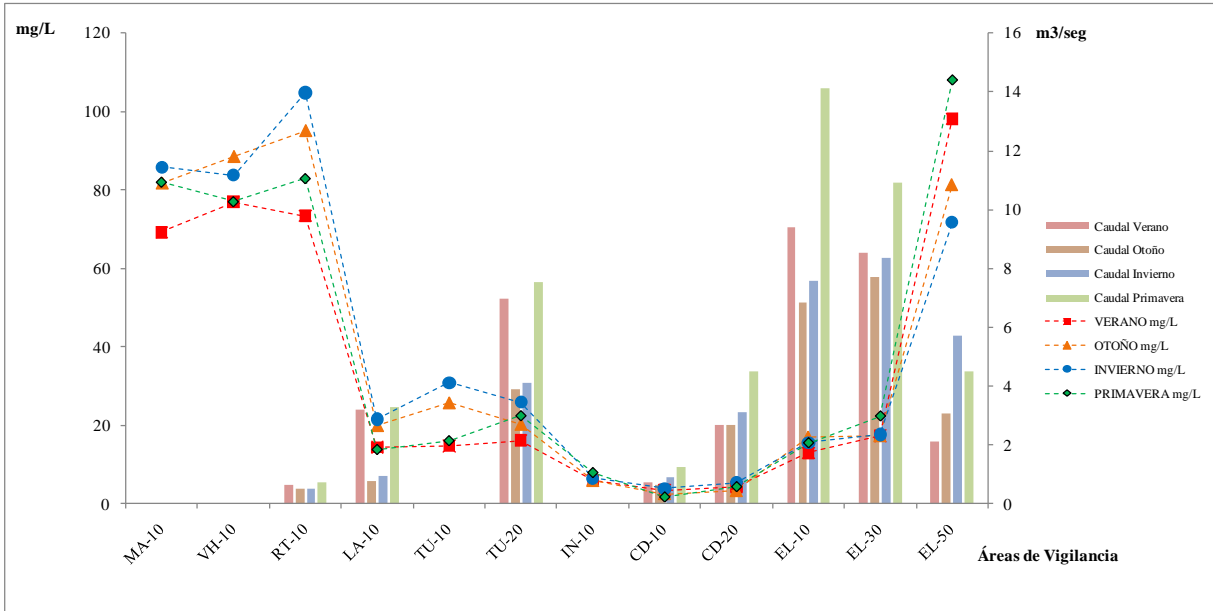
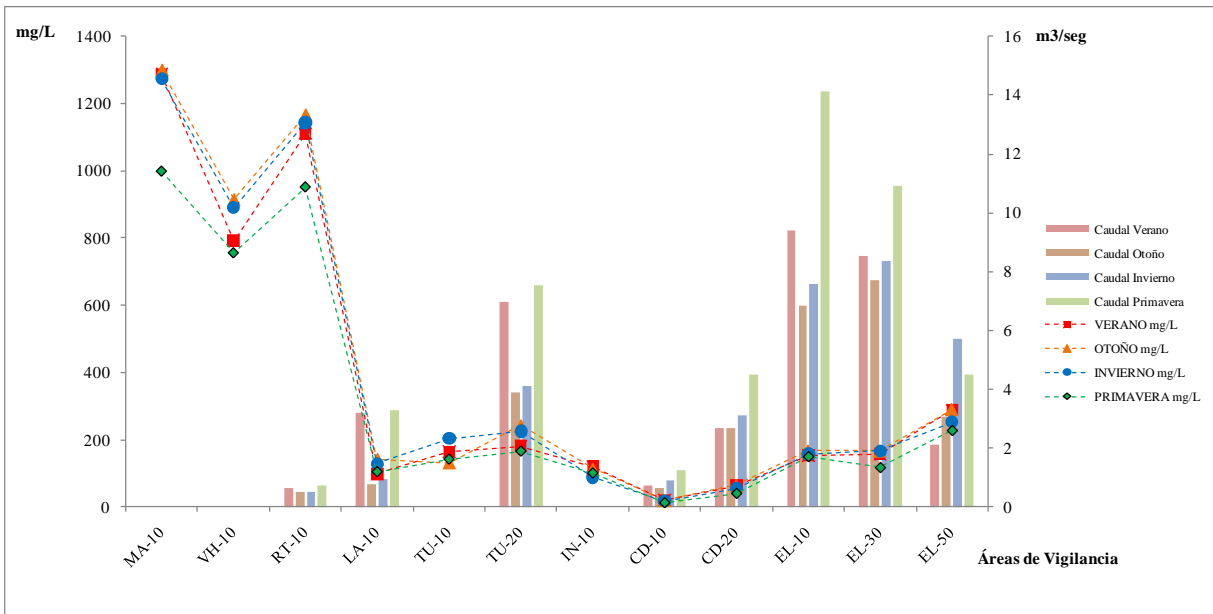


Figura 8. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de sulfatos



El parámetro fosforo presenta una marcada diferencias en entre las estaciones del año, predominando las altas concentraciones en las épocas de primavera e invierno (Figura 10). Sin embargo, el nitrato (Figura 9) se mantiene constante en la parte alta de la cuenca, aumentando su concentración en la parte baja.

Figura 9. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de nitrato

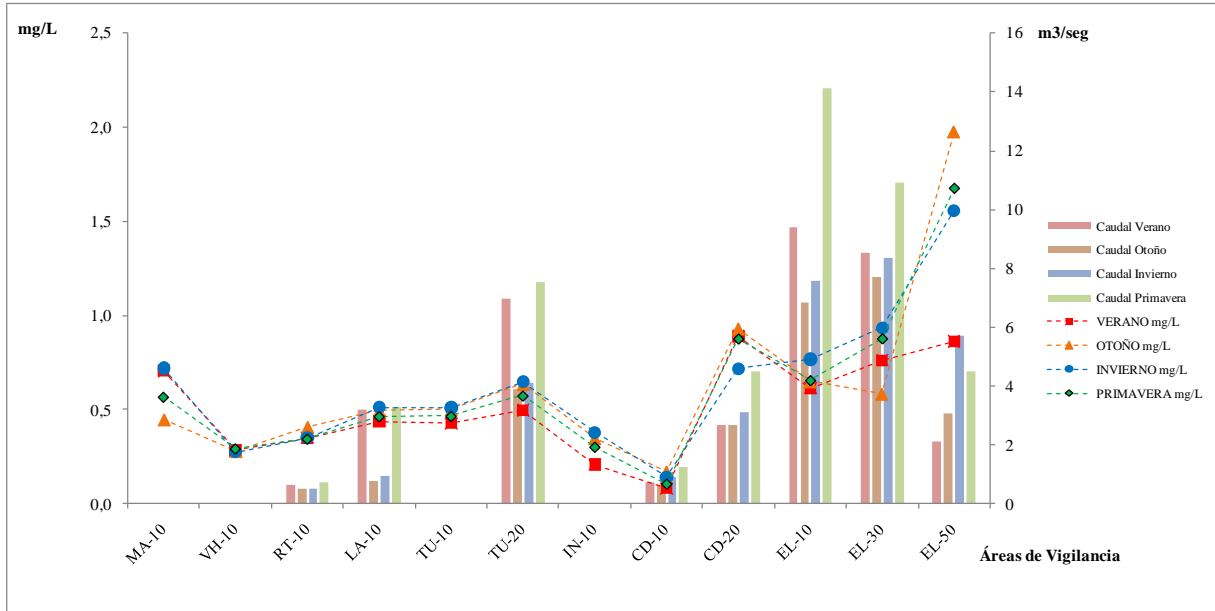


Figura 10. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de fosfatos

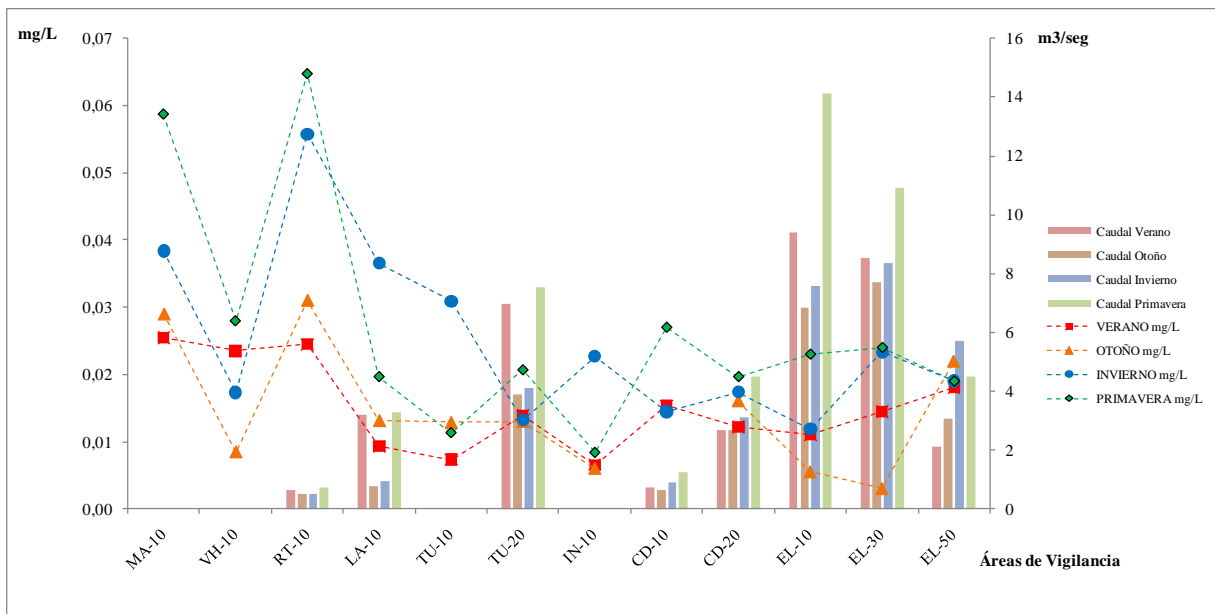


Figura 11. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de cobre

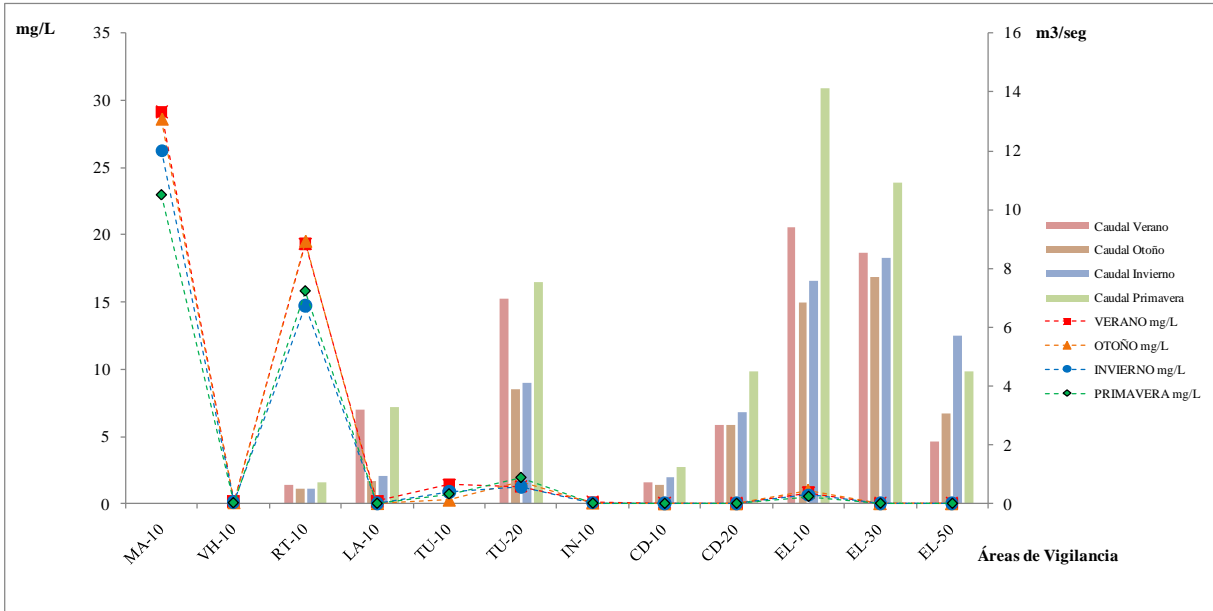


Figura 12. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de hierro

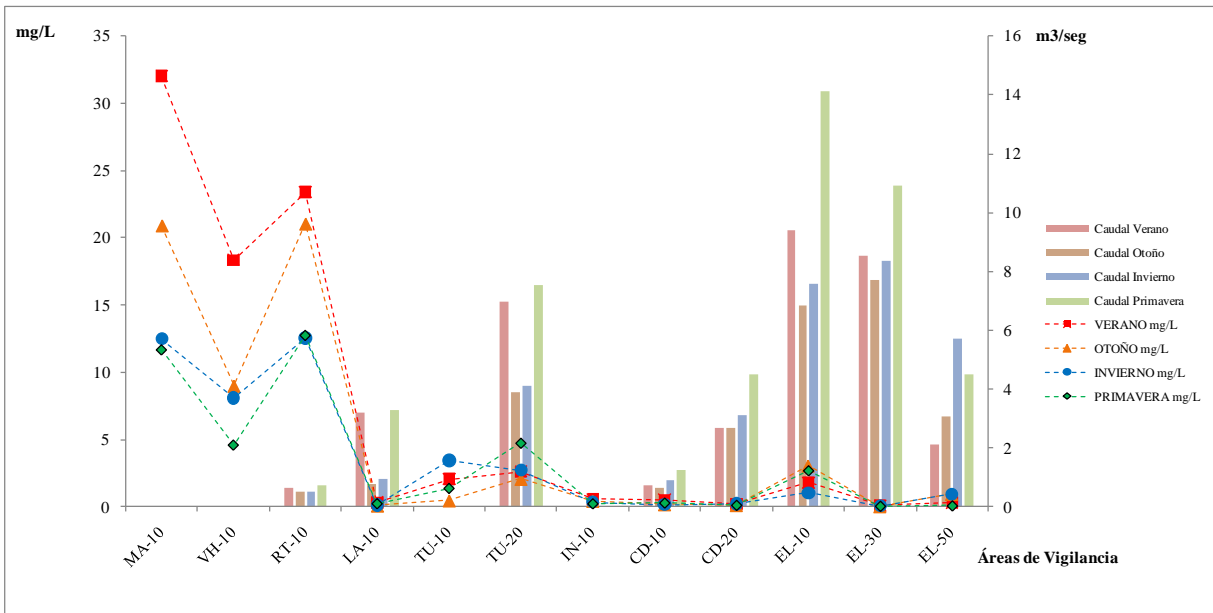


Figura 13. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de manganeso

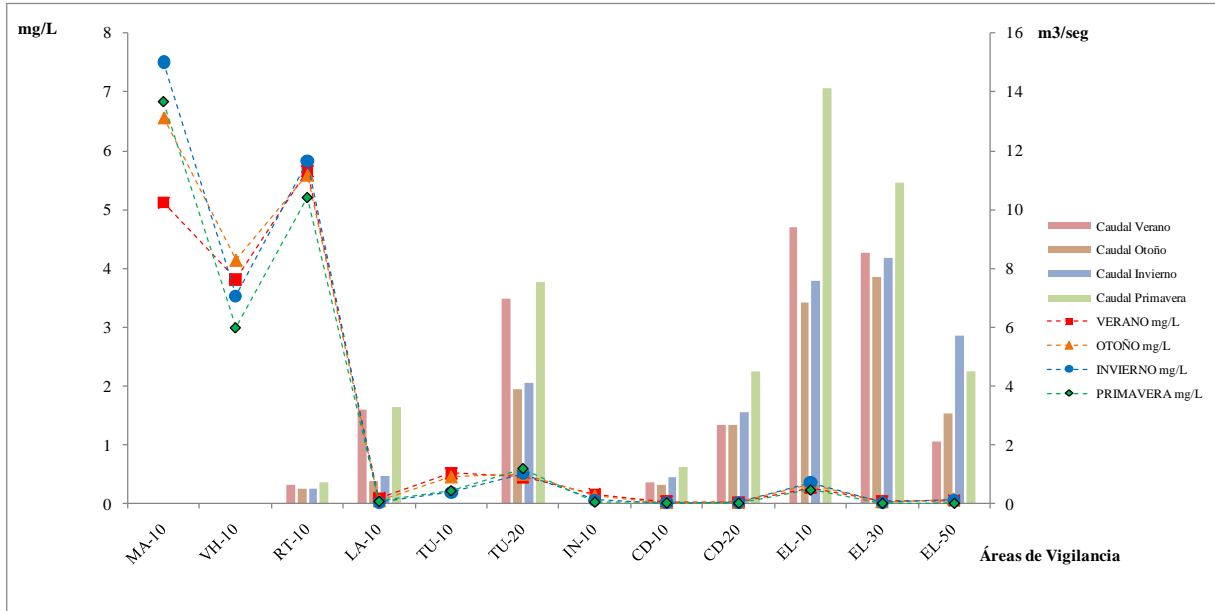


Figura 14. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de molibdeno

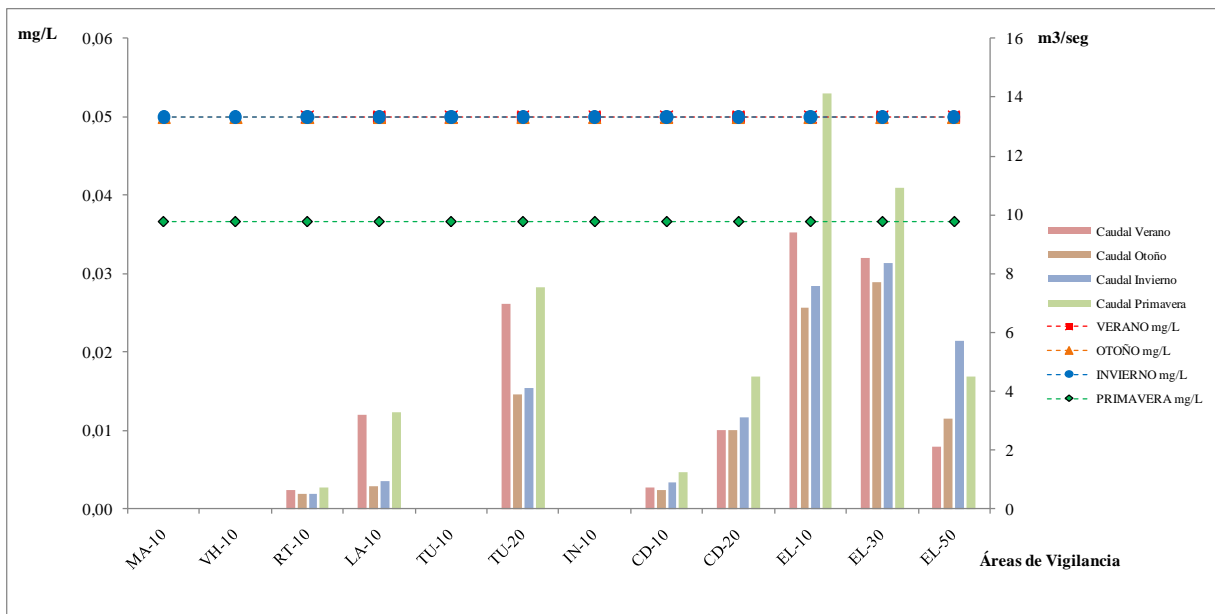


Figura 15. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de níquel

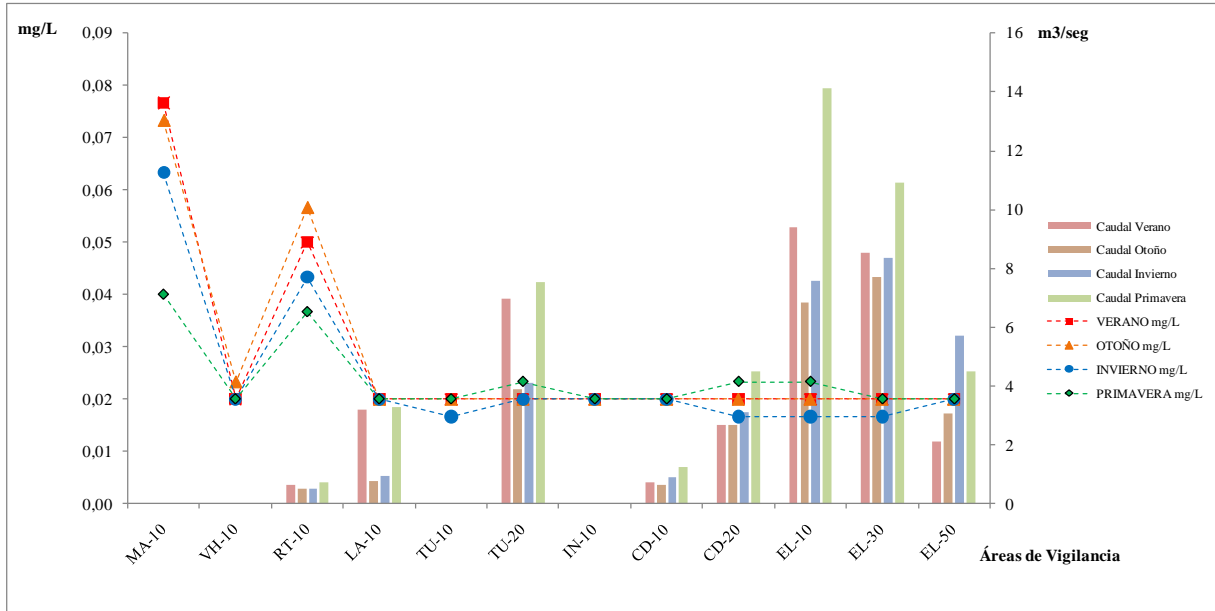


Figura 16. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de boro

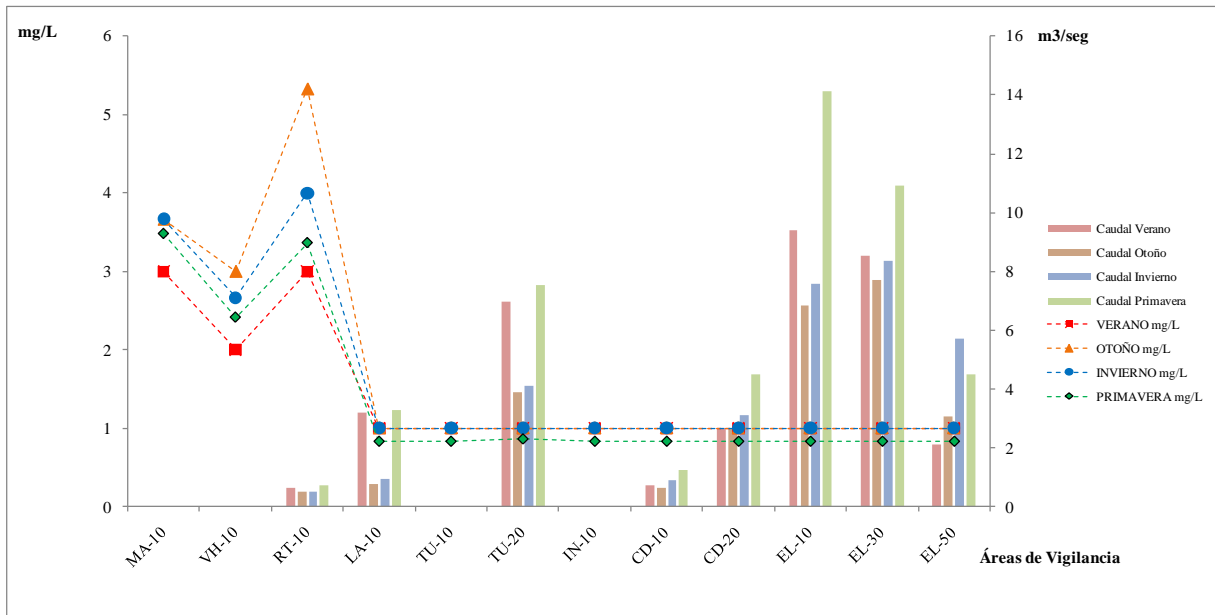


Figura 17. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de aluminio

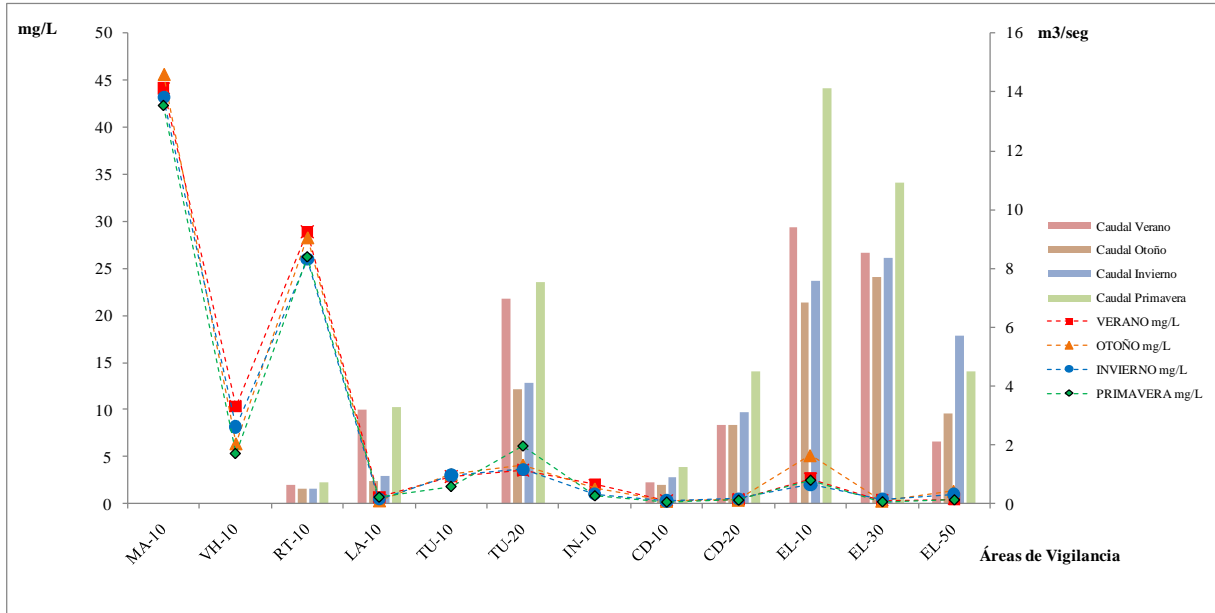


Figura 18. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de arsénico

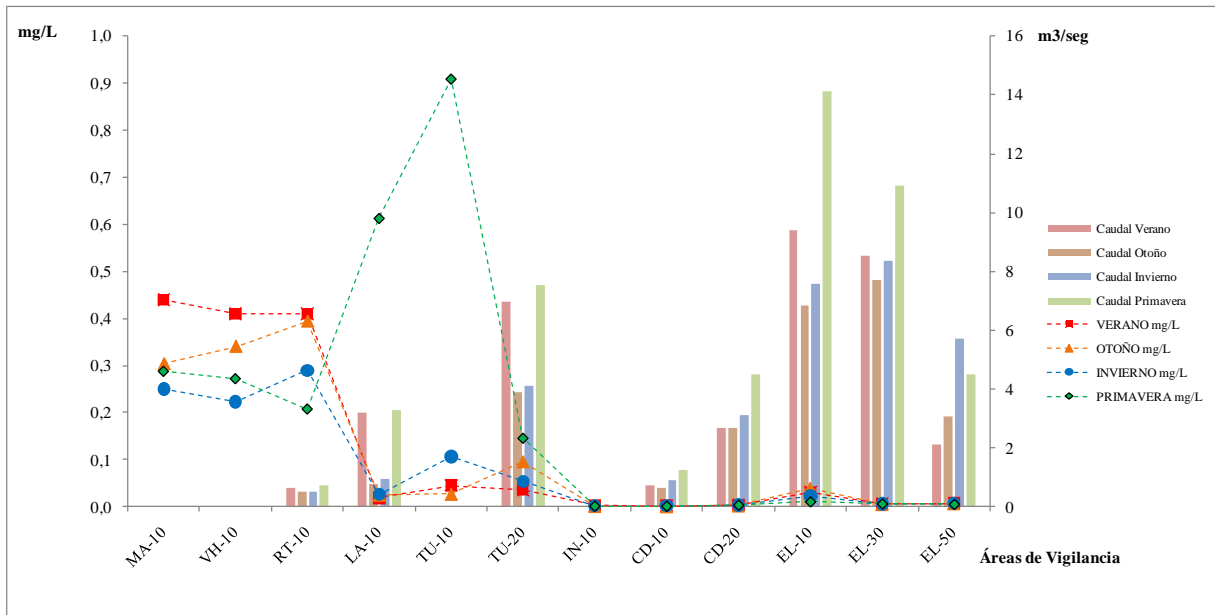
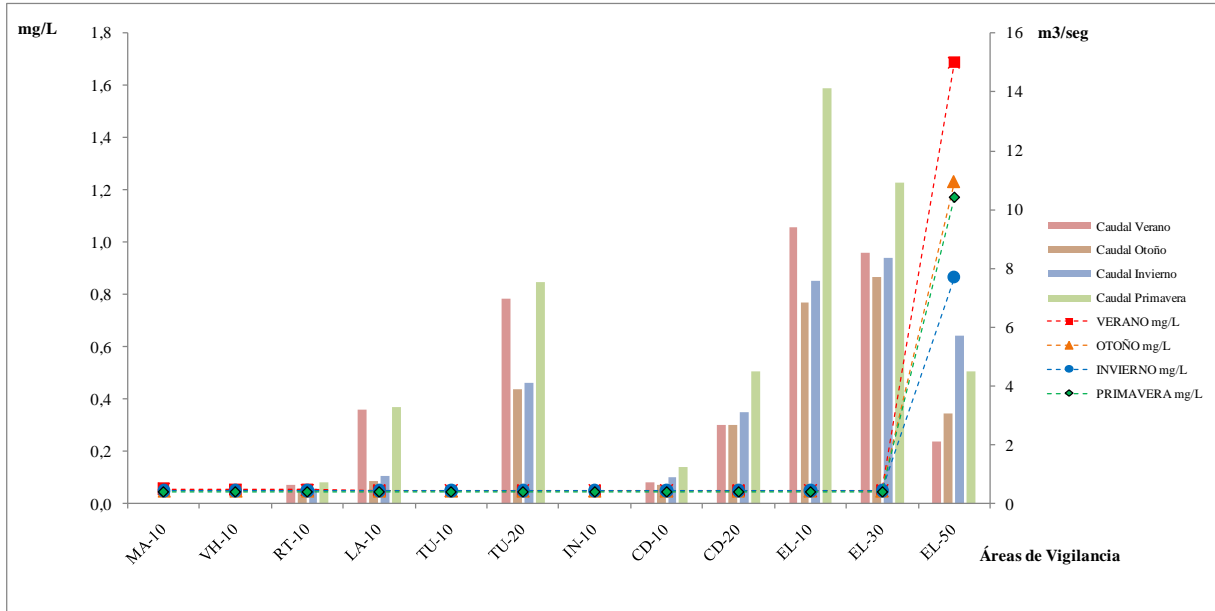


Figura 19. Caudales y comportamiento estacional en escenario actual de plomo



El comportamiento de los metales en la cuenca se presenta muy similar para todos los parámetros. Se observan mayores concentraciones en los cursos de agua de la parte alta de la cuenca, como son los ríos Malos (MA10), Vacas Heladas (VH10), y Toro (RT10) (Figura 11 a la Figura 18), disminuyendo sus concentraciones en la parte media y baja de la cuenca. El metal que se presenta con excepciones a estos comportamientos es el plomo (Figura 19), presentando sus mayores concentraciones en el último tramo del río Elqui (EL50)

c) Calidad del agua según uso.

Para el escenario actual se establece el grado de cumplimiento que presentarían las aguas de las diferentes áreas de vigilancia en términos del eventual uso que se les podría dar. Se contrastan los valores de tendencia central asociados a los parámetros, en el último período de 3 años, con las siguientes normas de uso:

- NCh 1.333: riego y vida acuática.
- NCh 409: agua potable y bebida animal.

Los resultados obtenidos son mostrados a continuación.

Vida acuática:

Son ocho los parámetros de calidad de aguas que la NCh 1.333 establece para su uso en vida acuática. De ellos el 67 % no se encuentra normado en la NSCA de la cuenca del Río Elqui (Tabla 3). Por lo tanto, no se puede establecer un criterio de calidad actual para este uso. Sin embargo, con estas consideraciones se puede mencionar que los cursos de aguas que cumplen con la totalidad de los parámetros normados son: río Vacas Heladas (VH10), río La Laguna (LA10) y estero Derecho (CD-10) con un 33%. El menor cumplimiento se presenta en el río Toro con un 11%. Las restantes áreas cumplen en un 22% de los parámetros normados en la NSCA.

Tabla 3. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 1.333 para vida acuática, por tramos en la cuenca del Río Elqui

ÁREAS DE VIGILANCIA	VIDA ACUÁTICA			
	CUMPLE	NO CUMPLE	PÁRAMETRO NO NORMADO	PÁRAMETRO SIN INFORMACIÓN
MA10	22	11	67	0
VH10	33	0	67	0
RT10	11	22	67	0
LA10	33	0	67	0
TU10	22	11	67	0
TU20	22	11	67	0
IN10	22	11	67	0
CD10	33	0	67	0
CD20	22	11	67	0
EL10	22	11	67	0
EL30	22	11	67	0
EL50	22	11	67	0

Riego:

La NCh 1.333 establece treinta parámetros de calidad de aguas para su uso en riego. El porcentaje de parámetros no normados en la NSCA es del 57%. A pesar de la falta de información, al analizar la Tabla 4 (por curso de agua, no por tramo) se observa que:

- Los cursos de agua que presenta el mayor porcentaje de cumplimiento de la NCh 1.333 para uso en riego (36 %) son: río la Laguna (LA10), río Incahuas (IN10) y estero Derecho – río Claro (CD 10-20)
- El Río Malo (MA10) y el río Toro son los cursos de agua que presentan el mayor porcentaje de incumplimiento de la NCh 1.333 para uso en riego (32 %).

Al analizar la Tabla 4 se evidencia que los tramos con mejor calidad de agua para riego, en consideración con alto porcentaje de parámetros no normados en la NSCA, corresponden de forma similar a el río La Laguna (LA10), río Incahuas (IN10) y estero Derecho – río Claro (CD 10-20), incluyendo el tramo del río Elqui que se extiende desde la salida del embalse Puclaro hasta el puente Las Rojas. En este análisis, nuevamente los ríos Malo (MA10) y Toro (RT10) presentan el mayor porcentaje de incumplimiento (32%)

Tabla 4. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 1.333 para riego, por tramos en la cuenca del Río Elqui

ÁREAS DE VIGILANCIA	RIEGO			
	CUMPLE	NO CUMPLE	PÁRAMETRO NO NORMADO	PÁRAMETRO SIN INFORMACIÓN
MA10	11	32	57	0
VH10	18	25	57	0
RT10	11	32	57	0
LA10	36	7	57	0
TU10	29	14	57	0
TU20	29	14	57	0
IN10	36	7	57	0
CD10	36	7	57	0
CD20	36	7	57	0
EL10	29	14	57	0
EL30	36	7	57	0
EL50	32	11	57	0

Agua potable y bebida animal:

La NCh 409 establece cuarenta y cinco parámetros de calidad para su uso en agua potable, el alcance de esta norma se extiende a bebida animal (dado por NCh 1.333).

En los cursos de agua superficial (divididos por tramos) de la cuenca del Río Elqui, el porcentaje de parámetros no normados en la NSCA es del 80% (Tabla 5), por lo que no se puede establecer un criterio de calidad actual para este uso.

A pesar de la falta de información se puede observar por curso de agua, que el estero Derecho – Río Claro (CD 10- 20) presenta el mayor porcentaje de cumplimiento (20%), mientras que el río Toro (RT-10), muestra el mayor porcentaje de incumplimiento (16%), seguido del río Malo (MA10) con un 13% con respecto a la NCh 409.

Si se analiza la Tabla 5 por tramos, el escenario se mantiene similar incluyendo el tramo del río Elqui desde la salida del embalse Puclaro hasta el puente de Las Rojas con un alto porcentaje de cumplimiento (20%)

Tabla 5. Porcentaje de cumplimiento de la NCh 409, para agua potable y bebida animal, por tramos en la cuenca del Río Elqui

ÁREAS DE VIGILANCIA	AGUA POTABLE Y BEBIDA ANIMAL			
	CUMPLE	NO CUMPLE	PÁRAMETRO NO NORMADO	PÁRAMETRO SIN INFORMACIÓN
MA10	7	13	80	0
VH10	11	9	80	0
RT10	4	16	80	0
LA10	18	2	80	0
TU10	16	4	80	0
TU20	13	7	80	0
IN10	18	2	80	0
CD10	20	0	80	0
CD20	20	0	80	0
EL10	13	7	80	0
EL30	20	0	80	0
EL50	16	4	80	0

Específicamente, el cumplimiento con respecto a cada norma se resume en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8

Tabla 8. Cumplimiento NCh 409 para agua potable y bebida animal, escenario actual por tramos en la cuenca del Río Elqui

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL30	EL50
1	Actividad base total	Bq/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
2	Actividad beta total	Bq/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
3	Actividad alfa total	Bq/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
4	Amoniaco	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
5	Arsénico	mg/L	NC	NC	NC	NC	NC	NC	C	C	C	NC	C	C
6	Benceno	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
7	Bromodlorometano	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
8	Cadmio	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
9	Cianuro	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
10	Cloruros	mg/L	C	C	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C
11	Cobre	mg/L	NC	C	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C
12	Coliformes fecales	NMP/100ml	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
13	Color verdadero	Unidad Pt-Co	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
14	Compuestos fenólicos	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
15	Cromo total	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
16	DDT+DDD+DDE	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
17	2,4 D	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
18	Dibromoclorometano	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
19	Estroncio 90	Bq/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
20	Fluoruro	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
21	Hierro	mg/L	NC	NC	NC	C	C	NC	NC	C	C	NC	C	NC
22	Lindano	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
23	Manganeso	mg/L	NC	NC	NC	C	NC	NC	C	C	C	NC	C	C
24	Magnesio	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
25	Mercurio	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
26	Metoxicloro	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
27	Monocloroamina	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
28	Nitrato	mg/L	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
29	Nitrito	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
30	Olor	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
31	Pentaclorofenol	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
32	pH	mg/L	NC	C	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C
33	Plomo	mg/L	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC
34	Radio 226	Bq/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
35	Sabor	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
36	Selenio	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
37	Sólidos disueltos totales	%	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
38	Sulfato	mg/L	NC	NC	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C
39	Tribromometano	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
40	Triclorometano	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
41	Tetracloreto	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
42	Tolueno	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
43	Turbiedad	NTU	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
44	Xilenos	µg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN
45	Zinc	mg/L	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN	PNN

C Cumple

NC No Cumple

PNN Párametro no normado

PSI Párametro sin información

El análisis de cumplimiento de las diferentes normas de uso se dificulta por falta de información, ya que muchos de los parámetros no están considerados en la NSCA. En el siguiente análisis de cumplimiento de normas de uso se consideran sólo los parámetros contenidos en la NSCA.

Con esta consideración, se identifican incumplimientos en más de un parámetro y focalizados en la zona alta de la cuenca, específicamente en los ríos Malo, Vaca Heladas y Toro.

En vida acuática el parámetro con más problema es la temperatura en 8 de 12 áreas y el pH con 2 de 12 áreas.

Para riego, los parámetros con mayores problemas de incumplimiento manganeso con 6 de 12 áreas y cobre con 5 de 12 áreas. Las áreas más afectadas en cuanto a cantidad de

parámetros en incumplimiento (>3) son MA-10, VH-10, RT-10. Si el análisis se considera con más de 2 parámetros, junto con las mencionadas, se incluye TU-10, TU-20, EL-10 y EL-50

Para agua potable los parámetros con mayores problemas son Arsénico y Hierro con 7 de 12 áreas en incumplimiento. Las áreas con mayor cantidad de parámetros en incumplimiento (>3) son MA-10, VH-10 y RT-10. Si el análisis se considera con más de 2, se incluyen a las áreas más afectadas TU-20 y EL-10.

3.2. Definición de impactos.

3.2.1. Cumplimiento de la NSCA de acuerdo a la línea base y sus respectivas proyecciones

El valor actual de los parámetros contenidos en la NSCA del Río Elqui se pueden apreciar en la Tabla 9. Hay un conjunto de parámetros para los cuales no ha sido posible manifestarse sobre su estado actual, pues los valores asociados a los registros históricos se encuentran por debajo del límite de detección de acuerdo a las técnicas de análisis utilizadas. Esta situación ocurre para los parámetros molibdeno y plomo en todos los tramos y manganeso, níquel y boro en alguno de ellos.

De acuerdo a la proyección de la línea base (Anexo Electrónico: ncs3_elqui_proyecciones_v01.xlsx) el valor de los parámetros para cada uno de los cinco años estimados se pueden apreciar en la Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14 respectivamente.

Tabla 9. Valor de los parámetros de acuerdo al escenario actual (línea base)

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2190	1800	2071	446	764	594	317	135	263	473	554	1130
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	11,67	11,6	10,3	9,9	9,6	10,1	11,7	10,4	9,1	9,7	9,1	11,1
3	pH	unidad pH	3,7	6,5	4,3	8,3	7,5	8,0	8,0	7,8	8,3	8,1	8,2	8,1
4	RAS		1,6	1,7	2,8	0,8	1,2	1,0	0,4	0,3	0,3	0,7	0,8	2,1
5	Temperatura	Δ°C	4,3	4,8	7,7	4,8	6,1	3,7	6,9	4,7	4,1	4,0	2,8	4,8
6	Cloruro	mg/l	83,6	86,7	106,1	18,7	24,2	22,9	6,3	3,2	4,3	15,0	17,8	95,9
7	Sulfato	mg/l	1253,7	900,0	1100,0	131,4	177,0	240,1	115,8	19,0	60,0	165,8	159,2	290,8
8	Nitrato	mg/l	0,69	0,28	0,38	0,50	0,51	0,63	0,37	0,14	0,90	0,76	0,91	2,59
9	Fosfato	mg/l	0,050	0,021	0,049	0,021	0,015	0,017	0,009	0,023	0,019	0,014	0,019	0,022
10	Cobre	mg/l	28,55	0,13	18,13	0,03	1,03	1,54	0,07	0,01	0,01	0,94	0,02	0,02
11	Hierro	mg/l	21,64	10,24	22,00	0,18	1,65	3,08	0,50	0,27	0,19	1,70	0,05	0,52
12	Manganeso	mg/l	7,02	3,86	5,92	0,06	0,55	0,51	0,11			0,33	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,07		0,05									
15	Boro	mg/l	4,0	3,0	4,0									
16	Aluminio	mg/l	45,39	7,60	29,21	0,50	3,78	4,13	1,53	0,30	0,53	2,95	0,30	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,356	0,342	0,379	0,038	0,059	0,060	0,002	0,001	0,004	0,030	0,006	0,007
18	Plomo	mg/l												

Parámetro con problema de límite de detección

Tabla 10. Proyección de la línea base, año 1

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2200	1838	2104	450	751	624	316	137	270	491	554	1088
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	12,4	11,8	10,4	10,2	9,8	10,1	11,3	10,7	9,5	9,9	9,4	11,3
3	pH	unidad pH	3,6	6,8	4,3	8,5	7,4	8,0	8,0	7,8	8,2	8,0	8,2	8,1
4	RAS		1,40	1,56	2,57	0,66	0,89	0,85	0,50	0,20	0,33	0,77	1,15	1,86
5	Temperatura	Δ°C	3,4	4,7	6,1	4,8	6,1	3,6	5,8	4,4	3,9	4,0	2,6	4,3
6	Cloruro	mg/l	85,3	86,6	103,5	16,8	21,3	21,4	6,0	2,8	4,1	15,0	17,6	82,8
7	Sulfato	mg/l	1287,2	877,1	1166,5	134,6	176,4	215,9	117,6	17,6	59,3	158,7	152,2	258,8
8	Nitrato	mg/l	0,70	0,25	0,38	0,50	0,50	0,61	0,33	0,12	0,90	0,74	0,86	2,59
9	Fosfato	mg/l	0,037	0,023	0,039	0,017	0,016	0,015	0,012	0,020	0,018	0,013	0,019	0,023
10	Cobre	mg/l	30,48	0,15	19,08	0,03	0,74	1,66	0,07	0,01	0,01	0,77	0,02	0,02
11	Hierro	mg/l	20,11	9,71	18,72	0,19	0,69	2,68	0,38	0,26	0,20	1,82	0,05	0,93
12	Manganeso	mg/l	7,34	3,81	6,10	0,06	0,24	0,54	0,11			0,30	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,07		0,05									
15	Boro	mg/l	3,8	2,9	4,0									
16	Aluminio	mg/l	43,52	9,07	29,21	0,81	3,32	4,99	1,35	0,30	0,45	3,21	0,35	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,336	0,296	0,373	0,186	0,203	0,083	0,002	0,001	0,004	0,031	0,006	0,008
18	Plomo	mg/l												

Tabla 11. Proyección de la línea base, año 2

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2256	1936	2123	455	831	660	315	137	270	497	555	1110
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	12,6	11,9	10,2	10,4	10,3	9,5	11,2	11,2	9,5	10,1	9,3	11,5
3	pH	unidad pH	3,7	6,8	4,3	8,6	7,5	8,0	8,2	7,8	8,3	8,1	8,2	8,1
4	RAS		1,40	1,56	2,53	0,61	0,82	0,82	0,51	0,19	0,35	0,77	1,31	1,88
5	Temperatura	Δ°C	4,6	5,7	6,1	3,8	6,1	3,2	5,4	3,4	3,6	3,8	1,6	4,3
6	Cloruro	mg/l	84,9	84,8	103,5	15,8	17,4	21,3	5,9	2,6	3,8	15,0	18,4	82,8
7	Sulfato	mg/l	1316,27	822,07	1170,58	135,58	184,65	209,87	116,44	17,65	59,32	161,72	149,15	255,22
8	Nitrato	mg/l	0,76	0,25	0,38	0,51	0,51	0,62	0,31	0,14	0,97	0,74	0,85	2,31
9	Fosfato	mg/l	0,032	0,023	0,043	0,017	0,016	0,014	0,013	0,019	0,018	0,012	0,020	0,023
10	Cobre	mg/l	30,45	0,16	19,08	0,03	0,99	1,66	0,07	0,01	0,01	0,67	0,02	0,01
11	Hierro	mg/l	18,45	8,71	18,01	0,22	1,49	2,68	0,35	0,31	0,22	2,02	0,12	0,96
12	Manganeso	mg/l	7,34	3,77	6,18	0,06	0,32	0,62	0,10			0,30	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,07		0,05									
15	Boro	mg/l	3,5	2,5	4,1									
16	Aluminio	mg/l	41,04	9,07	28,10	0,81	3,32	4,99	1,33	0,31	0,45	3,21	0,35	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,371	0,288	0,363	0,199	0,305	0,105	0,001	0,002	0,004	0,028	0,006	0,007
18	Plomo	mg/l												

Tabla 12. Proyección de la línea base, año 3

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2314	1940	2145	489	827	636	315	137	272	497	555	1108
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	13,2	12,4	10,2	10,4	10,3	9,5	11,2	11,4	9,6	10,3	9,6	11,7
3	pH	unidad pH	3,5	6,8	4,2	8,7	7,4	8,1	8,2	7,8	8,2	8,0	8,1	8,1
4	RAS		1,40	1,56	2,47	0,60	0,71	0,80	0,53	0,19	0,35	0,80	1,36	1,88
5	Temperatura	Δ°C	4,6	4,6	5,8	2,9	6,2	3,6	5,1	2,1	2,9	3,3	1,6	4,3
6	Cloruro	mg/l	84,0	84,8	103,5	15,8	14,4	21,2	5,3	2,6	3,7	16,1	19,1	86,4
7	Sulfato	mg/l	1346,67	822,07	1221,36	135,12	184,65	203,48	126,15	17,12	59,32	161,72	146,25	255,22
8	Nitrato	mg/l	0,81	0,24	0,41	0,46	0,45	0,57	0,29	0,10	0,99	0,74	0,83	2,12
9	Fosfato	mg/l	0,032	0,023	0,043	0,017	0,017	0,014	0,014	0,019	0,017	0,012	0,021	0,023
10	Cobre	mg/l	31,58	0,15	19,55	0,03	1,28	1,69	0,07	0,01	0,01	0,65	0,02	0,01
11	Hierro	mg/l	18,45	8,00	17,21	0,25	1,86	2,65	0,32	0,30	0,17	2,02	0,25	0,99
12	Manganeso	mg/l	7,44	3,77	6,18	0,06	0,46	0,61	0,10			0,28	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,07		0,05									
15	Boro	mg/l	3,0	1,5	4,2									
16	Aluminio	mg/l	40,77	9,07	28,10	0,81	3,32	4,99	1,33	0,30	0,45	3,21	0,35	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,346	0,287	0,333	0,207	0,349	0,105	0,000	0,002	0,004	0,026	0,008	0,009
18	Plomo	mg/l												

Tabla 13. Proyección de la línea base, año 4

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2318	1962	2189	490	847	644	324	138	281	498	558	1114
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	13,4	12,8	10,3	10,6	10,3	9,5	11,7	11,7	9,6	10,3	9,6	12,2
3	pH	unidad pH	3,5	7,1	4,2	8,9	7,4	8,1	8,3	7,7	8,2	8,0	8,1	8,1
4	RAS		1,40	1,56	2,43	0,49	0,58	0,77	0,56	0,14	0,35	0,85	1,41	1,89
5	Temperatura	Δ°C	4,6	4,6	6,7	3,0	7,0	3,6	5,1	1,9	2,9	3,7	1,6	4,6
6	Cloruro	mg/l	84,1	84,8	104,4	15,5	11,8	21,3	4,6	2,5	3,6	16,4	20,1	92,1
7	Sulfato	mg/l	1383,39	822,07	1237,22	137,90	184,65	202,09	126,87	16,45	61,63	162,57	141,96	256,00
8	Nitrato	mg/l	0,88	0,22	0,44	0,46	0,44	0,57	0,29	0,10	1,03	0,74	0,84	2,13
9	Fosfato	mg/l	0,032	0,023	0,041	0,016	0,019	0,015	0,015	0,020	0,017	0,012	0,022	0,023
10	Cobre	mg/l	32,00	0,13	20,18	0,03	1,28	1,77	0,06	0,01	0,01	0,57	0,02	0,01
11	Hierro	mg/l	17,41	6,70	16,41	0,25	1,86	2,39	0,27	0,29	0,17	2,02	0,25	1,03
12	Manganeso	mg/l	7,55	3,78	6,33	0,06	0,46	0,61	0,09			0,26	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,066		0,047									
15	Boro	mg/l	3,0	1,6	4,5									
16	Aluminio	mg/l	40,77	9,07	28,10	0,81	3,32	4,99	1,33	0,32	0,45	3,21	0,35	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,346	0,258	0,266	0,207	0,405	0,105	0	0,002	0,004	0,025	0,008	0,009
18	Plomo	mg/l												

Tabla 14. Proyección de la línea base, año 5

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL30	EL50
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2389	2122	2215	490	847	649	324	143	287	520	558	1138
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	13,7	12,8	10,4	10,9	10,8	9,4	11,9	12,2	9,6	10,5	9,7	12,5
3	pH	unidad pH	3,4	7,1	4,1	9,0	7,4	8,1	8,4	7,7	8,2	8,0	8,1	8,1
4	RAS		1,40	1,56	2,37	0,43	0,50	0,74	0,59	0,14	0,36	0,85	1,58	1,91
5	Temperatura	Δ°C	4,6	4,6	6,7	3,3	7,0	3,6	5,4	2,0	2,9	3,7	1,7	5,6
6	Cloruro	mg/l	87,6	84,8	108,8	14,2	9,2	21,7	4,6	2,5	3,6	16,7	20,9	92,9
7	Sulfato	mg/l	1433,43	822,07	1275,08	143,94	184,65	201,58	129,02	16,43	61,98	165,39	141,96	258,22
8	Nitrato	mg/l	0,94	0,20	0,47	0,46	0,44	0,57	0,29	0,09	1,07	0,75	0,84	2,14
9	Fosfato	mg/l	0,032	0,023	0,040	0,015	0,020	0,017	0,017	0,021	0,017	0,013	0,023	0,024
10	Cobre	mg/l	32,97	0,13	20,18	0,03	1,28	1,77	0,06	0,01	0,01	0,49	0,02	0,01
11	Hierro	mg/l	16,36	5,41	15,61	0,25	1,86	2,14	0,22	0,28	0,17	2,02	0,25	1,07
12	Manganeso	mg/l	7,66	3,79	6,49	0,05	0,46	0,61	0,09			0,25	0,03	
13	Molibdeno	mg/l												
14	Níquel	mg/l	0,066		0,047									
15	Boro	mg/l	3,0	1,9	4,6									
16	Aluminio	mg/l	40,77	9,07	28,10	0,81	3,32	4,99	1,33	0,32	0,45	3,21	0,35	0,90
17	Arsénico	mg/l	0,310	0,250	0,133	0,207	0,469	0,115	0	0,002	0,004	0,025	0,008	0,009
18	Plomo	mg/l												

Parámetro con problema de límite de detección

Al contrastar el valor de la línea base y sus respectivas proyecciones (Tabla 9 a la Tabla 14) con los valores de la norma se puede apreciar el cumplimiento, latencia o saturación de los parámetros de la norma en los respectivos tramos. Estos resultados se presentan a través de códigos de colores y alfanuméricos (Tabla 15) que ayudan a interpretar visualmente el nivel de cumplimiento de la NSCA.

Tabla 15. Códigos de visualización del cumplimiento de la norma

0	Parámetro con problema de límite de detección	1	Cumple	2	Latente	3	Saturado
PSI	Parámetros Sin Información	PNN	Parámetro No Normado				

Tabla 16. Cumplimiento de la norma de acuerdo a escenario actual (línea base)

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Temperatura	Δ°C	1	1	2	2	3	1	2	2	2	1	1	2
6	Cloruro	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Sulfato	mg/l	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1
8	Nitrato	mg/l	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Fosfato	mg/l	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
12	Manganeso	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Boro	mg/l	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 17. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 1

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
5	Temperatura	Δ°C	1	1	1	2	3	1	2	2	1	1	1	2
6	Cloruro	mg/l	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Sulfato	mg/l	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1
8	Nitrato	mg/l	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Fosfato	mg/l	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
12	Manganeso	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Boro	mg/l	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 18. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 2

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	
5	Temperatura	Δ°C	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	2	
6	Cloruro	mg/l	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	Sulfato	mg/l	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	
8	Nitrato	mg/l	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
9	Fosfato	mg/l	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
12	Manganeso	mg/l	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Boro	mg/l	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 19. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 3

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1
5	Temperatura	Δ°C	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2
6	Cloruro	mg/l	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	Sulfato	mg/l	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	
8	Nitrato	mg/l	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
9	Fosfato	mg/l	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
12	Manganeso	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Boro	mg/l	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 20. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 4

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	
5	Temperatura	Δ°C	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	
6	Cloruro	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	Sulfato	mg/l	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	
8	Nitrato	mg/l	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
9	Fosfato	mg/l	1	1	1	1	2	1	3	3	1	2	1	
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
12	Manganeso	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Boro	mg/l	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 21. Cumplimiento de la norma de acuerdo a proyección de la línea base, año 5

ID	PARÁMETRO	UNIDAD	ÁREAS DE VIGILANCIA											
			MA10	VH10	RT10	LA10	TU10	TU20	IN10	CD10	CD20	EL10	EL20	EL30
1	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1
2	Oxígeno Disuelto	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	pH	unidad pH	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	RAS		1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	
5	Temperatura	Δ°C	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3	
6	Cloruro	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	Sulfato	mg/l	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	
8	Nitrato	mg/l	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
9	Fosfato	mg/l	1	1	1	1	3	1	3	3	1	2	1	
10	Cobre	mg/l	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
11	Hierro	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
12	Manganeso	mg/l	2	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0	
13	Molibdeno	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Níquel	mg/l	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Boro	mg/l	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	Aluminio	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
17	Arsénico	mg/l	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	
18	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

3.2.2. Proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui

La metodología de evaluación consideró la revisión de los 185 proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental electrónico entre los años 2005 y 2009, considerándose los proyectos aprobados (171) y en calificación (14), Tabla 22.:

Tabla 22. Proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui

Sector productivo	Aprobado	En Calificación
Agropecuario	8	
Energía	32	1
Equipamiento	2	
Infraestructura de Transporte	1	
Infraestructura Hidráulica	8	
Inmobiliarios	3	2
Minería	29	6
Otros	18	1
Pesca y Acuicultura	21	1
Planificación Territorial	13	2
Saneamiento Ambiental	36	1
Total general	171	14

Para estos proyectos se establecieron los siguientes criterios de selección:

- Se determina no considerar, por no ser generadores de emisiones en cantidad relevante los rubros Infraestructura de Transporte, Infraestructura Hidráulica, Planificación Territorial, Infraestructura Portuaria e Inmobiliarios.
- Se considera una buffer de 2.000 metros desde la línea central de cada tramo
- Se considera la condición más desfavorable de emisión de cada proyecto

De esta manera se considera que sólo 9 de los proyectos analizados pueden considerarse emisiones potenciales de la cuenca del Río Elqui, los que se distribuyen de la siguiente forma (Tabla 23):

Tabla 23. Proyectos seleccionados cuenca del Río Elqui

Proyectos	Cantidad
Minería	4
S. Ambiental	5
Total general	9

La localización de estos proyectos con respecto a los tramos evaluados se puede apreciar en la Figura 20. El detalle de estos proyectos con su identificación y caracterización se encuentra en la Tabla 24 y Tabla 25.

Tabla 24. Identificación de proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui

ID	Código	Nombre	Este (*)	Norte(*)	Rubro	Fecha Presentación	Estado
1	SA98	Modificación Sistema De Alcantarillado, Tratamiento Y Disposición Final De Aguas Servidas De Marquesa Y Nueva Talcuna (E-Seia)	309.920	6.683.700	Saneamiento Ambiental	31-Ago-2009	A
2	SA90	Sistema Alternativo De Tratamiento Y Disposición De Agua De Lavado Y Manejo De Orujo Y Escobajo En Planta Agroindustrial Montegrande (E-Seia)	356.813	6.670.828	Saneamiento Ambiental	6-Feb-2009	A
3	SA87	Mejoramiento Del Sistema De Tratamiento Y Disposición De Vinaza, Aguas De Lavado Y Manejo De Orujo Y Escobajo En Planta Agroindustrial Vicuña (E-Seia)	336.097	6.675.710	Saneamiento Ambiental	5-Feb-2009	A
4	SA67	Sistema De Manejo De Riles De Planta Pisquera Río Elqui (E-Seia)	325.361	6.676.896	Saneamiento Ambiental	18-Mar-2008	A
5	SA34	Regularización Sistema De Tratamiento De Riles Roeper (E-Seia)	301.512	6.679.585	Saneamiento Ambiental	28-Feb-2007	A
6	MI62	Tranque De Relaves Any (E-Seia)	306.973	6.682.613	Minería	6-Feb-2008	A
7	MI57	Proyecto Ampliación Planta Talcuna (E-Seia)	317.140	6.692.594	Minería	10-Dic-2007	A
8	MI105	Tranque De Relaves Panules	314.185	6.691.822	Minería	19-Oct-2010	C
9	MI101	Proyecto Condoriaco (Planta De Cianuración Para Minerales De Oro Y Plata)	317.499	6.693.149	Minería	10-May-2010	A

(*) Coordenadas UTM Datum WGS 84

Tabla 25. Caracterización de los proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui

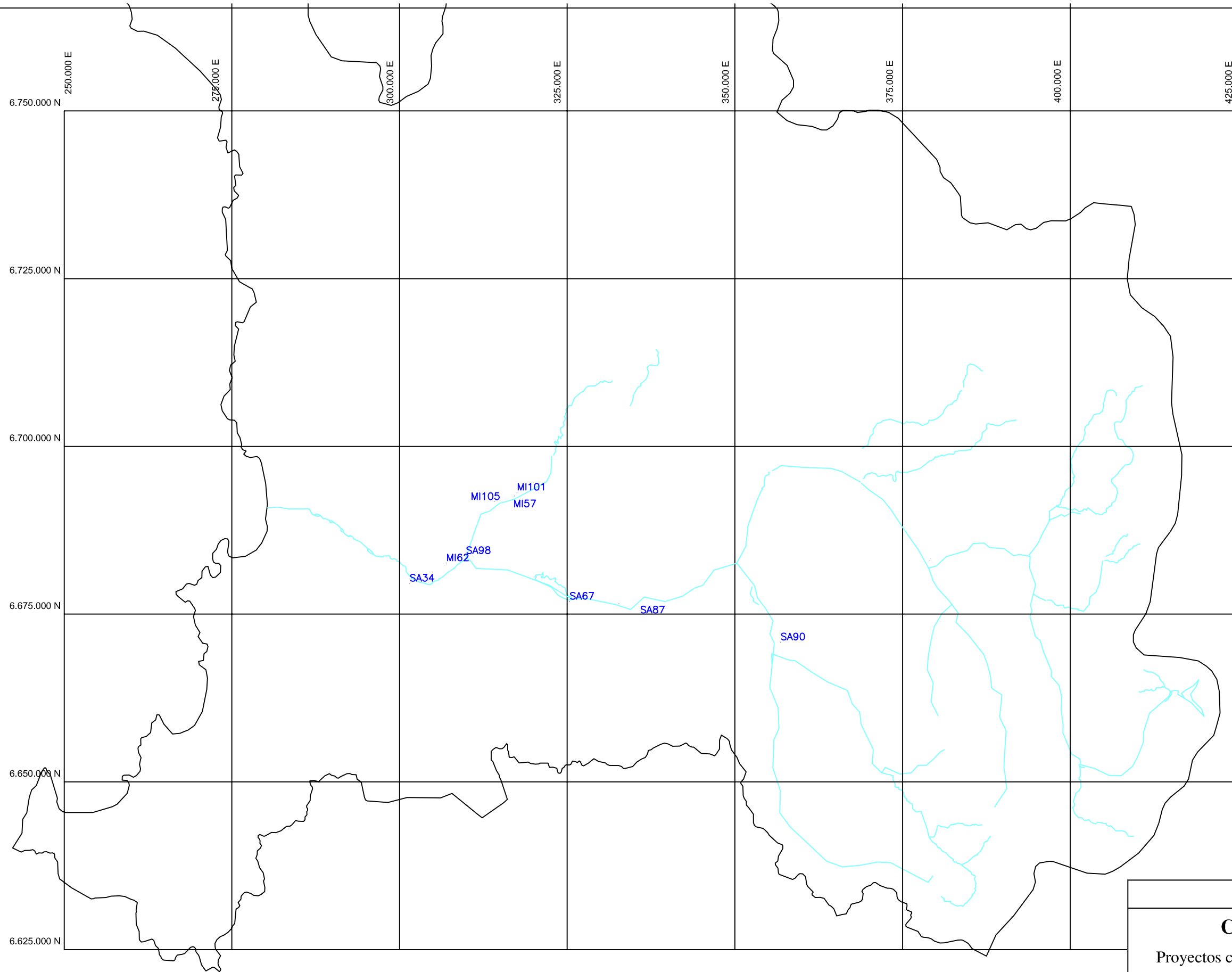
Nomenclatura: d (m): Distancia en metros al eje del tramo

Tipo de Emisión: I (Infiltración), R (Recirculación), D (Descarga) y A (Acumulación)

ID	Código	d (m)	Tipo	Tipo de Emisión	Caudal (lt/mes) o indicado	Parámetros
1	SA98	64	DIA	Descarga	Caudal medio de A. Servidas 5.16 l/s (446 m3/d) Nota: no se indica caudal descarga	El efluente se descarga al cauce del "Río Elqui" la DIA señala que cumplirá con la NCh 1.333 Of.78 y Decreto Supremo N°90/2000 a través de un emisario. Parámetros: DBO5 < 35 - mg/l SST <80 mg/l NTK <50 - 75 mg/l Fósforo <10 - 15 mg/l Coliformes totales <1000 NMP/100
2	SA90	961	DIA	Evaporación	Agua de lavado producida 1319 m3/año	Las aguas de lavado serán incorporadas a proceso de compostaje de orujo y escobajo, no se generaría descarga, el agua se consume y evapora en el proceso.
3	SA87	1000	DIA	Evaporación	residuos líquidos 20.521 m3/año	Los residuos líquidos, vinasa, agua de lavado y otros, serán incorporadas a proceso de compostaje de orujo y escobajo, no se generaría descarga, el agua se consume y evapora en el proceso.
4	SA67	400	DIA	I; Riego; evaporación	vinasa: max 32,2 m3/día. Agua lavado 15 m3/día	Disposición de vinaza en caminos de tierra al interior de predios agrícolas y fertiriego. El agua de lavado se utiliza como mitigador de polvo en caminos interiores de la Agroindustria (nota: SA87 y SA90 cambia este sistema).
5	SA34	800	DIA	Riego, Infiltración	Cauda diseño sistema tratamiento 15 m3/día	El efluente final cumplirá con los parámetros exigidos por la Norma N° 1333. Parámetros: DBO5 mensual después de cloración <100 mg/l Coliformes Fecales <1000 NMP/100 ML Sólidos Suspendidos Totales <100 mg/l El efluente tratado será dispuesto en estanque de riego del recinto de aproximadamente 8500 m3, la que se mezclará y luego se utilizará para riego de tunales de la agrícola.

ID	Código	d (m)	Tipo	Tipo de Emisión	Caudal (lt/mes) o indicado	Parámetros
6	MI62	1300	DIA	Recirculación	caudal infiltrado y evaporado 8,5 t/seg	Proyecto declara que las aguas claras del tranque se recircularán al proceso equivalente a un 70% de 3,5 m3 de agua por tonelada de mineral (aprox. 17 lt/seg)
7	MI57	380	DIA	Recirculación, infiltración y evaporación.	0	Aumento capacidad de tratamiento de 750 a 2500 toneladas día. No declara emisiones desde tranque.
8	MI105	680	DIA	Infiltración y evaporación	Aproximadamente 1 m3 de agua no son retornadas por tonelada tratada	Tranque de relaves para 4,6 millones de toneladas y una vida útil de 6 años.
9	MI101	700	DIA	Infiltración	El Ril sería la infiltración en las pilas de ripio, no cuantificado.	Proyecto cianuración relaves antiguos, como residuo quedan pilas de lixiviación agotadas.

Figura 20. Distribución espacial de proyectos con potencial de emisiones en la cuenca del Río Elqui



SIMBOLOGÍA
 EN: Energía
 SA: Saneamiento Ambiental
 MI: Minería
 OT: Otros

Cuenca Elqui Proyectos con Potenciales Emisiones		PLANO N°3
		ESCALA : 1:600.000
		FECHA:
DATUM WGS 84 UTM ZONE 19S		LEV.: CALC.: DIB: PROYEC.:

3.2.3. Cumplimiento de la NSCA considerando proyectos con potenciales emisiones al Río Elqui.

De los proyectos analizados en el apartado anterior, sólo el N° 1: Modificación Sistema de Alcantarillado, Tratamiento y Disposición Final de Aguas Servidas de Marquesa y Nueva Talcuna en tramo EL 20 considera descargas directas al río, sin embargo, las características declaradas no afectan los parámetros explicitados en la NSCA del río Elqui, por lo tanto, no tiene la capacidad de modificar las condiciones de cumplimiento que se desprenden de la proyección de la línea base.

3.2.4. Identificación de causas probables en el incumplimiento de la NSCA

Las razones que pueden generar la existencia de parámetros saturados de acuerdo a las proyecciones se expresan en la Tabla 26.

Tabla 26. Causas probables de incumplimiento de la NSCA

Parámetro	Tramo	Causa probable antrópica	Causa probable natural
pH	MA10 LA10	<p>Las actividades industriales generalmente causan la acidificación más que la alcalinización de los ríos.</p> <p>En la acidificación se distinguen principalmente 3 tipos de contaminación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efluentes líquidos industriales con bajo pH (papel y celulosa, curtiembres, elaboradoras de tinturas, residuos pisqueros). • Drenajes mineros, los cuales son casi siempre ácidos, generando en las aguas de los cursos receptores valores de pH menores que 2. • Precipitación ácida resultante de contaminación atmosférica causada por la combustión de carbón (y subsiguiente producción de dióxido de azufre – SO₂) y las emisiones de motores a combustión (óxidos de nitrógeno). Ambos tipos de compuestos (SO₂ y NO_x) forman fuertes ácidos minerales cuando se disuelven 	<p>En aguas superficiales, el pH generalmente varía entre 4 y 11. En aguas naturales el pH está influenciado por condiciones geológicas y atmosféricas, pudiendo variar diaria y estacionalmente. Las fluctuaciones diurnas ocurren en sistemas productivos donde las tasas relativas de fotosíntesis y respiración varían sobre un período de 24 horas, ya que la fotosíntesis altera el equilibrio carbonato/bicarbonato al remover el CO₂ del agua. La variabilidad estacional se encuentra relacionada ampliamente al ciclo hidrológico, particularmente en ríos con áreas de drenaje que sustentan vegetación.</p> <p>En el sector de MA10 toda la zona alta de la cuenca es ácida, sin que se identifiquen proyectos mineros activos en el último tiempo claramente asociadas a esto. Pasivos mineros pudieran si estar relacionados (El Indio).</p> <p>En el sector de LA10 la saturación es por valores básicos. No se identifican actividades antrópicas asociadas.</p>

Parámetro	Tramo	Causa probable antrópica	Causa probable natural
		<p>el agua. Cuando precipita lluvia ácida sobre un área de drenaje, los ácidos fuertes lixivian calcio y magnesio desde el suelo, y también interfieren con la disponibilidad de nutrientes.</p> <p>En los sistemas eutróficos, cambios de pH pueden deberse a un aumento en la actividad biológica. Los valores de pH pueden llegar a fluctuar desde valores menores a 6 a valores sobre 10 dentro de un período de 24 horas, como resultado de las tasas variables de fotosíntesis y de respiración.</p>	
RAS	EL20	<p>Descargas de residuos líquidos industriales y sólidos a los cursos de agua superficiales que contengan estos iones.</p> <p>El agua reciclada puede ser una fuente de exceso de Na en el suelo comparado con otros cationes como Ca, K, Mg, y por lo tanto, debe ser controlado adecuadamente. La fracción de agua de pozo que la planta no absorbe, va renovando el acuífero subterráneo por lo que este puede irse enriqueciendo en cationes por sucesivas lixiviaciones de sal.</p>	<p>Puede deberse a características particulares del lugar (geológicas, climatológicas, sedimentos, etc). En zonas estuarinas, las entradas de marea afectarán la concentración de sodio presente en el agua.</p> <p>Sus causa pueden llegar a coincidir con las de la conductividad</p> <p>La condición de dureza natural de las aguas del sector probablemente pueda estar asociada a la causa.</p>
Temperatura	TU10 EL30	<p>Las fuentes antropogénicas que alteran la temperatura del agua incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descarga de efluentes industriales con carga térmica. • Descarga de aguas de refrigeración desde centrales termoeléctricas. • Flujos de retorno de agua más cálidos procedentes de actividades de riego. • Remoción de la cubierta vegetal riparia con 	<p>Las características térmicas de las aguas lólicas dependen de varios factores relacionados con la región y el área de drenaje. Entre estos destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La latitud y altitud del río. • Factores hidrológicos (fuente de agua, contribución relativa de aguas subterráneas, y tasa de flujo o descarga). • Factores climáticos: temperatura del aire, cubierta nubosa, velocidad del viento, presión de vapor y eventos

Parámetro	Tramo	Causa probable antrópica	Causa probable natural
		<p>incremento de la cantidad de radiación solar que llega al agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de aguas entre cuencas. • Descarga de aguas desde embalses. 	<p>de precipitación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características estructurales del río y del área de drenaje, incluyendo rasgos topográficos, cubierta vegetal, forma del canal, volumen de agua, profundidad y turbidez. <p>Las aguas superficiales exhiben patrones de periodicidad diarios y anuales, además de cambios longitudinales a lo largo del curso del río y procesos de estratificación vertical en aguas más profundas. Las temperaturas mínima y máxima, y los rangos de temperatura varían dependiendo de estos factores mencionados anteriormente.</p> <p>Probablemente la causa sea natural por cuanto no se detectan actividades antrópicas de magnitud tal que den cuenta de la tendencia en la proyección en los valores del parámetro.</p>
Nitrato	MA10	<p>La actividad humana puede modificar de manera importante las proporciones naturales de nitratos y nitritos, principalmente debido a la aplicación de fertilizantes que contienen nitrato. Los procesos de combustión pueden también incrementar la presencia de estos compuestos, debido a la emisión de óxidos de nitrógeno que pueden ser convertidos en nitratos y nitritos en el ambiente.</p> <p>En aguas superficiales la concentración es mucho más baja, pero puede llegar a dispararse, por efecto sobre todo de las prácticas de agricultura y ganadería intensivas.</p> <p>Los nitratos y nitritos también se pueden originar en la industria química como residuo, o como producto final. Además, son</p>	<p>Los nitritos y nitratos son escasos en la naturaleza y aparecen formando depósitos salinos en zonas cálidas y secas. Principalmente se presenta en la forma de nitratos. Estos depósitos se forman con la intervención de bacterias o en procesos atmosféricos como descargas eléctricas que transforman el nitrógeno del aire en ácido nítrico. También pueden encontrarse nitratos en los evaporatos formados al secarse ciertos lagos. Los nitratos de cobre aparecen en yacimientos de este metal situados en zonas tórridas, como consecuencia de procesos de alteración.</p> <p>En la parte alta de la cuenca, no se identifican actividades antrópicas de las descritas potencialmente aquí como causas (por ejemplo agricultura intensiva). Sin embargo, tampoco es posible asegurar que la causa sea natural por no disponerse de mayor</p>

Parámetro	Tramo	Causa probable antrópica	Causa probable natural
		usados como agentes conservantes en las comidas.	información por ejemplo del tipo hidrogeológica.
Fosfato	TU10 IN10 CD10	Los humanos han cambiado radicalmente el suministro natural de fósforo en las plantas por la adición de estiércoles ricos en fosfatos. El fosfato, es también añadido a alimentos como quesos, salsas y jamón. Los efectos son mayormente consecuencias de las emisiones de grandes cantidades de fosfatos en el ambiente debido a la minería y a los cultivos. Durante la purificación del agua los fosfatos no son a menudo eliminados correctamente, así que pueden expandirse, a través de largas distancias cuando se encuentran en la superficie de las aguas.	Los fosfatos pueden ser encontrados naturalmente en yacimientos de rocas fosfáticas y en plantas. IN10 y CD10 se encuentran en la parte alta de la cuenca, siendo valles diferentes e independientes. En su punto de termino el tramo TU10 se conecta con IN10. En estos tramos no se identifican actividades antrópicas de las descritas potencialmente aquí como causas (minería y agricultura intensiva). Sin embargo, tampoco es posible asegurar que la causa sea natural por no disponerse de mayor información por ejemplo del tipo hidrogeológica.
Hierro	EL30	El hierro también ingresa al ambiente procedente de actividades humanas, principalmente de la combustión de coque y carbón, drenajes ácidos de la minería, procesamiento de minerales, percolación de rellenos sanitarios y de la corrosión de hierro y acero. Varias industrias que también emplean hierro en sus procesos, o en sus productos son la industria química, petroquímica y fungicidas. Los cursos de agua se pueden ver impactados negativamente por altos niveles de hierro procedentes en los drenajes ácidos de minas cercanas. Frente a una exposición húmeda y oxígeno atmosférico disponible, el ión ferroso se oxida al estado férrico, una reacción que frecuentemente es acelerada por la acción bacteriana. Si el drenaje genera condiciones ácidas en el curso de agua, la tasa de oxidación será lenta. Sin embargo, si la condición ácida es neutralizada (lo cual depende de las condiciones geológicas superficiales) y el pH se eleva a	El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. Las dos principales fuentes minerales son la hematita, Fe_2O_3 , y la limonita, $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$. Las piritas, FeS_2 , y la cromita, $Fe(CrO_2)_2$, se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. La pirita a menudo se encuentra asociada con depósitos de carbón. El hierro se encuentra también en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas. El hierro es naturalmente liberado al ambiente por meteorización de minerales de sulfuro (pirita, FeS_2) y rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. En este tramo no es posible identificar actividad antrópica lo suficientemente importante como para asociarla claramente como causa de este efecto. La actividad minera de la Quebrada Marquesa es la única que podría asociarse. Sin embargo, si fuera sí, se esperaría que dicho efecto se comenzara a observar ya aguas arriba a EL30.

Parámetro	Tramo	Causa probable antrópica	Causa probable natural
		valores entre 7 y 8, la tasa de oxidación aumentará y el hidróxido férrico precipitará. La ocurrencia de una capa de hidróxido férrico sobre el fondo y riberas de esteros, se aprecia con frecuencia en áreas afectadas por drenajes mineros ácidos. Condiciones reductoras del agua no permitirán esta oxidación del hierro.	
Arsénico	LA10 TU10	<p>El arsénico puede presentarse en altas concentraciones en cuerpos de agua sometidos a contaminación industrial, o en la vecindad de actividades industriales que utilizan o descargan arsénico, o compuestos arsenicales.</p> <p>Las industrias manufactureras que emplean arsénico en sus procesos, o en sus productos, incluyen son principalmente la industria minera, la industria metal-mecánica, productores de pesticidas y fertilizantes, productores de vidrio y cerámicas, elaboradoras de tintas, curtiembres, productores de preservantes de maderas, la industria química y fabricantes de detergentes.</p>	<p>El arsénico elemental tiene una limitada extensión en la naturaleza, presentándose principalmente como resultado de la meteorización de rocas que contienen arsénico y de la actividad volcánica. La mayoría del arsénico se presenta como arsenuros de metales o como arsenopirita.</p> <p>El arsénico inorgánico en los ambientes acuáticos se presenta como arsénico (III) y como arsénico (V), dependiendo del pH y del potencial redox. El arsénico se adsorbe en los sedimentos y en los sólidos suspendidos. Además, es liposoluble.</p> <p>Al arsénico se le encuentra natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. Los arseniatos y tioarseniatos naturales son comunes y la mayor parte de los minerales de sulfuro contienen arsénico. El óxido, arsenolita, As_4O_6, se encuentra como producto de la alteración debida a los agentes atmosféricos de otros minerales de arsénico.</p> <p>Existe una marcada localización del área definida por estos tramos en la parte alta de la cuenca. No se puede descartar la influencia de los cursos de aguas que se encuentran sobre estas zona. Posiblemente las causas son históricas pero no se puede precisar si son de origen natural o antrópico.</p>

4. Estimación de los IAU por receptor

4.1. IAU Agrícola

El IAU Agrícola se compone de 13 parámetros, Tabla 27, (carbonatos, cloruro, cobre, coliformes fecales, conductividad eléctrica, DBO5, hierro, manganeso, nitrato, oxígeno disuelto, pH, sodio y sulfato, sin embargo, cuatro de ellos están ausentes en el anteproyecto de norma del Río Elqui (carbonatos, coliformes fecales, DBO5 y sodio). Esto determina que las estimaciones que se realicen a partir del IAU Agrícola posean un 30% de incertidumbre, lo que equivale a la suma de los P_i asociados a los parámetros no normados.

Tabla 27. Parámetros del IAU Agrícola y sus respectivos P_i

	Parámetro	Presente en la Norma	Pi
1	Carbonatos	No	0,058
2	Cloruro	Si	0,090
3	Cobre	Si	0,081
4	Coliformes fecales	No	0,126
5	Conductividad eléctrica	Si	0,101
6	DBO5	No	0,042
7	Hierro	Si	0,057
8	Manganeso	Si	0,058
9	Nitrato	Si	0,113
10	Oxígeno disuelto	Si	0,033
11	Ph	Si	0,105
12	Sodio	No	0,071
13	Sulfato	Si	0,066

En la Tabla 28 se presentan los IAU Agrícola por tramos asociados a la norma y las respectivas proyecciones. En el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 1 Evaluación agricultura, está la secuencia que permite obtener dichos IAU (valores normados de los parámetros, valores proyectados por trienio y los Q_i para los valores de la norma y los proyectados).

Tabla 28. IAU Agrícola en cuenca del Río Elqui

IAU	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	31,42	33,75	32,62	56,66	39,65	43,35	53,88	59,36	60,17	45,14	53,58	50,35
Año 1	31,42	44,45	32,43	60,60	49,32	48,28	60,04	63,55	62,50	52,52	61,19	59,01
Año 2	31,42	45,02	31,42	60,14	49,89	48,84	58,99	63,55	62,50	53,91	61,19	57,96
Año 3	31,42	45,58	30,52	60,14	49,89	48,84	60,84	63,55	62,50	53,91	61,19	57,96
Año 4	31,42	46,15	30,52	60,14	49,89	48,84	59,80	63,55	62,50	53,91	61,19	57,96
Año 5	31,42	45,71	30,52	60,14	49,89	48,84	59,80	63,55	62,50	54,72	61,19	57,38

Para todos los tramos y años de proyección es posible observar que los IAU Agrícola son mayores a los IAU que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen los valores máximos o mínimos (según corresponda) que establece la norma, excepto para el tramo RT 10, donde el IAU de la norma es marginalmente mayor a los observados en las proyecciones.

4.2. IAU Ganadero

El IAU Ganadero se compone de 11 parámetros, Tabla 29 Tabla 27, (amonio, arsénico, cianuro, cobre, coliformes fecales, cromo total, escherichia coli, hidrocarburos totales, mercurio, pH y plomo), sin embargo, siete de ellos están ausentes en el anteproyecto de norma del Río Elqui (amonio, cianuro, coliformes fecales, cromo total, escherichia coli, hidrocarburos totales y mercurio). Esto determina que las estimaciones que se realicen a partir del IAU Ganadero posean un 68% de incertidumbre, lo que equivale a la suma de los P_i asociados a los parámetros no normados.

Tabla 29. Parámetros del IAU Ganadero y sus respectivos P_i

	Parámetro	Presente en la Norma	P_i
1	Amonio	No	0,067
2	Arsénico	Si	0,147
3	Cianuro	No	0,191
4	Cobre	Si	0,039
5	Coli. Fecales	No	0,061
6	Cromo Total	No	0,080
7	Escherichia coli	No	0,067
8	Hidrocarburos totales	No	0,082
9	Mercurio	No	0,129
10	pH	Si	0,053
11	Plomo	Si	0,082

En la Tabla 30 se presentan los IAU Ganadero por tramos asociados a la norma y las respectivas proyecciones. En el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 2 Evaluación ganadería, está la secuencia que permite obtener dichos IAU (valores normados de los parámetros, valores proyectados por trienio y los Q_i para los valores de la norma y los proyectados).

Tabla 30. IAU Ganadero en cuenca del Río Elqui

IAU	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	10,86	12,43	10,86	24,94	11,92	13,38	25,62	26,80	27,20	20,72	25,23	26,80
Año 1	10,86	16,53	10,86	23,99	14,03	20,84	28,14	28,92	28,39	26,17	28,39	28,92
Año 2	10,86	16,53	10,86	16,12	14,03	20,84	27,61	28,92	28,39	26,56	28,39	28,39
Año 3	10,86	16,53	10,86	16,12	14,03	19,38	28,00	28,92	28,39	26,56	28,39	28,39
Año 4	10,86	16,53	10,86	16,12	14,03	19,38	28,00	28,92	28,39	26,56	28,39	28,39
Año 5	10,86	16,53	13,79	16,12	14,03	17,91	28,00	28,92	28,39	26,96	28,39	28,39

Para todos los tramos y años de proyección es posible observar que los IAU Ganadero son mayores a los IAU que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen los valores máximos o mínimos (según corresponda) que establece la norma, excepto en el tramo LA 10. Por lo tanto, con un 68% de incertidumbre se puede establecer que dada la situación proyectada, la norma no estaría produciendo una mejora en la calidad del agua para uso ganadero, exceptuando el tramo antes mencionado.

4.3. IAU Ecosistema y biodiversidad

El IAU Ecosistema y biodiversidad se compone de 12 parámetros, Tabla 31 Tabla 29 Tabla 27, (aceites y grasas, cobre, cromo total, DBO5, fósforo total, hierro, níquel, nitrógeno total, oxígeno disuelto, pH, temperatura y zinc), sin embargo, siete de ellos están ausentes en el anteproyecto de norma del Río Elqui (aceites y grasas, cromo total, DBO5, fósforo total, níquel, nitrógeno total y zinc). Esto determina que las estimaciones que se realicen a partir del IAU Ecosistema y biodiversidad posean un 58% de incertidumbre, lo que equivale a la suma de los P_i asociados a los parámetros no normados.

Tabla 31. Parámetros del IAU Ecosistema y biodiversidad y sus respectivos P_i

	Parámetro	Presente en la Norma	P_i
1	Aceites y Grasas	No	0,126
2	Cobre	Si	0,034
3	Cromo Total	No	0,066
4	DBO5	No	0,090
5	Fósforo Total	No	0,102
6	Hierro	Si	0,038
7	Níquel	No	0,040
8	Nitrógeno Total	No	0,116
9	Oxígeno disuelto	Si	0,133
10	pH	Si	0,107
11	Temperatura	Si	0,114
12	Zinc	No	0,035

En la Tabla 32 se presentan los IAU Ecosistema y biodiversidad por tramos asociados a la norma y las respectivas proyecciones. En el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 3 Evaluación ecosistema, está la secuencia que permite obtener dichos IAU (valores normados de los parámetros, valores proyectados por trienio y los Q_i para los valores de la norma y los proyectados).

Tabla 32. IAU Ecosistema y biodiversidad en cuenca del Río Elqui

IAU	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	28,55	29,91	28,55	36,07	31,44	32,20	35,39	36,41	36,75	32,95	35,05	36,41
Año 1	28,55	37,73	28,55	39,61	37,22	36,15	40,01	40,68	39,61	37,94	39,61	40,68
Año 2	28,55	38,10	28,55	38,55	37,60	36,53	38,94	40,68	39,61	38,27	39,61	39,61
Año 3	28,55	38,48	28,55	38,55	37,60	36,53	39,28	40,68	39,61	38,27	39,61	39,61
Año 4	28,55	38,86	28,55	38,55	37,60	36,53	39,28	40,68	39,61	38,27	39,61	39,61
Año 5	28,55	38,16	28,55	38,55	37,60	36,53	39,28	40,68	39,61	38,61	39,61	39,61

Para todos los tramos y años de proyección es posible observar que los IAU Ecosistema y biodiversidad son mayores o iguales a los IAU que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen los valores máximos o mínimos (según corresponda) que establece la norma. Por lo tanto, con un 58% de incertidumbre se puede establecer que dada la situación proyectada, la norma no estaría produciendo una mejora en la calidad del agua para el ecosistema y biodiversidad.

5. Valorización económica del impacto de la norma en los receptores

5.1. Valorización económica del impacto de la norma en los receptores a través de los IAU

5.1.1. Valorización económica del impacto de la norma en la agricultura a través del IAU

En el capítulo anterior se ha logrado establecer con un 30% de incertidumbre que dada la situación proyectada, la norma no estaría produciendo una mejora en la calidad del agua para uso agrícola, salvo marginalmente en el tramo RT 10. Esta situación determina que la valorización económica del impacto de la norma a través del análisis de productividad sea cero, pues las productividades proyectadas en el sector agrícola son mayores o iguales a las que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen el valor de la norma, Tabla 33 (ver Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 1 Evaluación agricultura).

Tabla 33. Productividad sector agrícola en la cuenca del Río Elqui

Productividad	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	55%	55%	55%	80%	60%	65%	75%	80%	85%	70%	75%	75%
Año 1	55%	65%	55%	85%	70%	70%	85%	85%	85%	75%	85%	80%
Año 2	55%	70%	55%	85%	70%	70%	80%	85%	85%	75%	85%	80%
Año 3	55%	70%	55%	85%	70%	70%	85%	85%	85%	75%	85%	80%
Año 4	55%	70%	55%	85%	70%	70%	80%	85%	85%	75%	85%	80%
Año 5	55%	70%	55%	85%	70%	70%	80%	85%	85%	75%	85%	80%

Sin embargo, al asignarle una distribución uniforme entre 0 y 100 a los Q_i de los parámetros que conforman el IAU agrícola y que no están considerados en la norma es posible complementar la evaluación a través del método de simulación de Montecarlo. Para esto se requiere contar con la valorización económica del sector agrícola por tramos, (Tabla 34). Esta valorización está disponible en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 1 Evaluación agricultura y se ha construido a partir de la hoja N°4 Valorización agricultura, hoja N° 7 Asignación tramos y hoja N° 8 Valorización tramos).

Tabla 34. Valorización económica del sector agrícola en la cuenca del Río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Año 1	2.984	2.486	955	2.449	1.516	1.767	3.749	2.485	188	2.215	8.205	21.735
Año 2	3.142	2.618	1.005	2.578	1.596	1.861	3.948	2.617	198	2.333	8.639	22.887
Año 3	3.308	2.757	1.059	2.715	1.681	1.959	4.157	2.756	209	2.456	9.097	24.100
Año 4	3.483	2.903	1.115	2.859	1.770	2.063	4.377	2.902	220	2.587	9.580	25.378
Año 5	3.668	3.057	1.174	3.010	1.864	2.172	4.609	3.055	232	2.724	10.087	26.723

Los resultados del método de simulación de Montecarlo se pueden apreciar en la Tabla 35 y están disponibles en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_reporte_agricultura_v01.xlsx, hoja N° 1 Reporte agricultura. Esta valorización económica del impacto de la norma en el sector

agrícola se debe entender como la diferencia entre el valor de la producción con norma y el valor de la producción proyectada. Aquí se puede observar que para todos los tramos en que hay actividad agrícola se produciría un beneficio positivo por la aplicación de la norma, sin embargo, este se explica por la variabilidad de los parámetros que componen el IAU agrícola y que no están considerados en la norma. Bajo esta modalidad y considerando una tasa de descuento del 6% y un horizonte de evaluación de cinco años, el impacto económico total de la norma en el sector agrícola en la cuenca del Río Elqui es de MM\$ 1.911, siendo su respectiva desviación estándar de MM\$ 1.346.

Tabla 35. Valorización económica del impacto de la norma en el sector agrícola en la cuenca del río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
VAN (6%)	594	15	233	132	15	72	124	87	10	35	199	396
Desviación estándar	653	64	227	191	47	138	250	133	12	96	452	1.020

5.1.2. Valorización económica del impacto de la norma en la ganadería a través del IAU

En el capítulo anterior se ha logrado establecer con un 68% de incertidumbre que dada la situación proyectada, la norma no estaría produciendo una mejora en la calidad del agua para uso ganadero, salvo en el tramo LA 10. Esta situación determina que la valorización económica del impacto de la norma a través del análisis de productividad sea cero, pues las productividades proyectadas en el sector ganadero son iguales a las que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen el valor de la norma, Tabla 36 (ver Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 2 Evaluación ganadería).

Tabla 36. Productividad sector ganadero en la cuenca del Río Elqui

Productividad	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Año 1	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Año 2	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Año 3	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Año 4	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Año 5	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Sin embargo, al asignarle una distribución uniforme entre 0 y 100 a los Q_i de los parámetros que conforman el IAU ganadero y que no están considerados en la norma es posible complementar la evaluación a través del método de simulación de Montecarlo. Para esto se requiere contar con la valorización económica del sector ganadería por tramos, (Tabla 37). Esta valorización está disponible en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 2 Evaluación ganadería y se ha construido a partir de la hoja N°5 Valorización ganadería, hoja N° 7 Asignación tramos y hoja N° 8 Valorización tramos).

Tabla 37. Valorización económica del sector ganadero en la cuenca del Río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Año 1	115	96	37	105	59	68	145	367	7	86	383	1.073
Año 2	121	101	39	110	62	72	152	387	8	90	403	1.130
Año 3	128	106	41	116	65	76	160	407	8	95	424	1.189
Año 4	134	112	43	122	68	80	169	429	8	100	447	1.252
Año 5	142	118	45	129	72	84	178	451	9	105	470	1.319

Los resultados del método de simulación de Montecarlo se pueden apreciar en la Tabla 38 y están disponibles en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_reporte_ganaderia_v01.xlsx, hoja N° 1 Reporte ganadería. Esta valorización económica del impacto de la norma en el sector ganadero se debe entender como la diferencia entre el valor de la producción con norma y el valor de la producción proyectada. Aquí se puede observar que para todos los tramos en que hay actividad ganadera se produciría un beneficio positivo por la aplicación de la norma, sin embargo, este se explica por la variabilidad de los parámetros que componen el IAU ganadero y que no están considerados en la norma. Bajo esta modalidad y considerando una tasa de descuento del 6% y un horizonte de evaluación de cinco años, el impacto económico total de la norma en el sector ganadero en la cuenca del Río Elqui es de MM\$ 608, siendo su respectiva desviación estándar de MM\$ 329.

Tabla 38. Valorización económica del impacto de la norma en el sector ganadería en la cuenca del río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
VAN (6%)	41	19	13	67	16	7	32	83	2	12	76	240
Desviación estándar	44	27	14	51	19	12	38	98	2	18	94	283

5.1.3. Valorización económica del impacto de la norma en el ecosistema y biodiversidad a través del IAU

En el capítulo anterior se ha logrado establecer con un 58% de incertidumbre que dada la situación proyectada, la norma no estaría produciendo una mejora en la calidad del agua para uso ecosistémico. Esta situación determina que la valorización económica del impacto de la norma a través del análisis de productividad sea cero, pues las productividades proyectadas en el sector ecosistema y biodiversidad son mayores o iguales a las que se obtendrían en caso de que los parámetros alcancen el valor de la norma, Tabla 39 (ver Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 3 Evaluación ecosistema).

Tabla 39. Productividad sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del Río Elqui

Productividad	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Norma	50%	50%	50%	60%	55%	55%	60%	60%	60%	55%	60%	60%
Año 1	50%	60%	50%	60%	60%	60%	65%	65%	60%	60%	60%	65%
Año 2	50%	60%	50%	60%	60%	60%	60%	65%	60%	60%	60%	60%
Año 3	50%	60%	50%	60%	60%	60%	60%	65%	60%	60%	60%	60%
Año 4	50%	60%	50%	60%	60%	60%	60%	65%	60%	60%	60%	60%
Año 5	50%	60%	50%	60%	60%	60%	60%	65%	60%	60%	60%	60%

Sin embargo, al asignarle una distribución uniforme entre 0 y 100 a los Q_i de los parámetros que conforman el IAU ecosistema y biodiversidad y que no están considerados

en la norma es posible complementar la evaluación a través del método de simulación de Montecarlo. Para esto se requiere contar con la valorización económica del sector ecosistema y biodiversidad por tramos, (Tabla 40). Esta valorización está disponible en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion_v01.xlsx, hoja N° 3 Evaluación ecosistema y se ha construido a partir de la hoja N°6 Valorización ecosistema y hoja N° 7 Asignación tramos).

Tabla 40. Valorización económica del sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del Río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Año 1	31,59	40,17	17,55	20,67	59,28	49,92	35,88	0,78	30,81	85,80	75,66	72,15
Año 2	31,59	40,17	17,55	20,67	59,28	49,92	35,88	0,78	30,81	85,80	75,66	72,15
Año 3	31,59	40,17	17,55	20,67	59,28	49,92	35,88	0,78	30,81	85,80	75,66	72,15
Año 4	31,59	40,17	17,55	20,67	59,28	49,92	35,88	0,78	30,81	85,80	75,66	72,15
Año 5	31,59	40,17	17,55	20,67	59,28	49,92	35,88	0,78	30,81	85,80	75,66	72,15

Los resultados del método de simulación de Montecarlo se pueden apreciar en la Tabla 41 y están disponibles en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_reporte_ecosistema_v01.xlsx, hoja N° 1 Reporte ecosistema. Esta valorización económica del impacto de la norma en el ecosistema se debe entender como la diferencia entre la valorización del ecosistema con norma y la valorización proyectada. Aquí se puede observar que en todos los tramos se produciría un beneficio positivo por la aplicación de la norma, sin embargo, este se explica por la variabilidad de los parámetros que componen el IAU ecosistema y biodiversidad y que no están considerados en la norma. Bajo esta modalidad y considerando una tasa de descuento del 6% y un horizonte de evaluación de cinco años, el impacto económico total de la norma en el sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del Río Elqui es de MM\$ 57, siendo su respectiva desviación estándar de MM\$ 25.

Tabla 41. Valorización económica del impacto de la norma en el sector ecosistema y biodiversidad en la cuenca del río Elqui

Millones de \$	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
VAN (6%)	6,81	2,10	3,83	2,82	4,52	5,05	4,21	0,08	4,00	7,90	7,75	8,10
Desviación estándar	7,53	3,97	4,29	3,29	7,23	7,73	5,55	0,11	5,00	11,51	10,94	10,99

6. Valorización económica del impacto de la norma en los emisores, determinación de los costos de abatimiento

La valorización económica del impacto de la NCSA del Río Elqui en los emisores queda fuertemente limitada por la ausencia de información disponible o restricción de acceso a la misma, esto debido a que durante el desarrollo del presente estudio no fue posible acceder a los caudales vertidos por los emisores en los distintos tramos de la cuenca.

Sin embargo, tal como se propone en la metodología, cuando no es posible obtener una caracterización completa y suficiente de las emisiones sobre los tramos de la norma se puede utilizar como camino alternativo trabajar directamente con los valores del cauce.

Los tramos y parámetros que de acuerdo a las proyecciones sobrepasan la norma se resumen en la Tabla 26. No obstante, de acuerdo a la metodología, cuando existen dos tramos consecutivos que se encuentran en saturación, primero se deben estimar los costos de abatimiento del tramo que se encuentra aguas arriba, luego por efecto dilución se corrige la concentración del tramo que se encuentra aguas abajo y se determina si aun sigue en saturación, en cuyo caso también se estiman para dicho tramo los respectivos costos de abatimiento, pero en función de la nueva concentración.

Los antecedentes que a continuación se presentan se pueden observar en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluación_v01.xlsx, hoja N° 9 Costos de abatimiento

Los tramos y sus valores máximos de saturación dentro del período de proyección de cinco años para la cuenca del Río Elqui se presentan en la Tabla 42.

Tabla 42. Valores máximos de saturación de acuerdo a proyección

Parámetro	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Conductividad Eléctrica												
Oxígeno Disuelto												
pH				8,97								
RAS											1,58	
Temperatura												
Cloruro												
Sulfato												
Nitrato	0,94											
Fosfato					0,02		0,02	0,02				
Cobre												
Hierro												1,07
Manganeso												0,08
Molibdeno							0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
Níquel												
Boro										0,93		
Aluminio												
Arsénico				0,21	0,47							
Plomo										0,09		0,90

Una vez identificado los parámetros que dentro del horizonte de evaluación estarían en saturación se procede a estimar los caudales a tratar en los tramos cabeceras, Tabla 43, estos caudales se determinaron a través del equilibrio de masas, teniendo como objetivo alcanzar el valor de la norma.

Tabla 43. Caudales a tratar en tramos cabecera

m3/d	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Caudal Total	7.277	7.277	-	7.772	-	-	7.277	1.294	-	-	-	-
Caudal a limpiar	2.005	-	-	-	-	-	952	67	-	-	-	-

Definido los caudales a tratar se seleccionan las tecnologías de abatimiento en función de los parámetros objetivos (saturación). Las tecnologías requeridas por tramos cabecera y los respectivos costos de abatimiento se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Costos totales de abatimiento en tramos cabecera (millones \$)

Tecnología (MM\$)	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Adsorción con carbón activada	155,9						99,7	20,3				
Costo total	155,9						99,7	20,3				

Con posterioridad a la aplicación de las tecnologías de abatimiento en los tramos cabecera, se procede a corregir la concentración de los parámetros que se encontraban en saturación aguas abajo (Tabla 45).

Tabla 45. Concentraciones corregidas de parámetros por efecto dilución

Parámetro	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Conductividad Eléctrica												
Oxígeno Disuelto												
pH				8,48								
RAS											1,50	
Temperatura												
Cloruro												
Sulfato												
Nitrato												
Fosfato					0,02							
Cobre												
Hierro												0,58
Manganeso												0,07
Molibdeno									0,07	0,07	0,07	
Níquel												
Boro										0,04		
Aluminio												
Arsénico				0,05	0,25							
Plomo										0,07		0,03

Los caudales equivalentes a tratar en los tramos aguas abajo se estiman en la Tabla 46

Tabla 46. Caudales a tratar en tramos aguas abajo

m3/d	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Caudal Total			790		7.277	7.277			4.725	12.635	11.019	2.422
Caudal a tratar			-		-	-			-	6.814	-	-

Definido los caudales a tratar en los tramos aguas abajo se seleccionan las tecnologías de abatimiento en función de los parámetros objetivos (saturación). Las tecnologías requeridas por tramos cabecera y los respectivos costos de abatimiento se presentan en la Tabla 47. De esta manera, los costos totales de abatimiento considerando tanto los tramos cabecera como los tramos aguas abajo equivalen a MM\$ 600,73.

Tabla 47. Costos totales de abatimiento en tramos aguas abajo

Tecnología (MMus\$)	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Adsorción con carbón activada										324,8		
Costo total										324,8		

7. Determinación de costos operacionales de la norma

Para determinar los costos operativos de aplicación de la norma se considera el costo de análisis de concentración de parámetros y el costo administrativo estimado que corresponde al funcionario que debe analizar los resultados obtenidos. La Tabla 48 muestra los costos unitarios de análisis por parámetro y tramo. Las memorias de cálculo de la estimación de los costos operativos de la norma se encuentran en el Anexo Electrónico: ncs3_elqui_evaluacion.xlsx, hoja N° 10 Costos operativos.

Tabla 48. Costo unitario de análisis de concentración (pesos)

PARAMETRO	MA-10	VH-10	RT-10	LA-10	TU-10	TU-20	IN-10	CD-10	CD-20	EL-10	PEL-30	PEL-50
Conductividad Eléctrica	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Oxígeno Disuelto	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e
pH	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e
RAS	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Temperatura	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e	s/e
Cloruro	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Sulfato	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Nitrato	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Fosfato	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Cobre	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Hierro	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Manganeso	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Molibdeno	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Níquel	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Boro	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Aluminio	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Arsénico	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Plomo	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500

s/e: Parámetro sin costo asociado

El costo total de análisis de concentración de parámetros por campaña es de \$ 810.000, sin embargo, como se requieren 4 campañas al año el costo total anual de análisis de concentración de parámetros es de \$3.240.000. Por último, al incorporar el costo anual administrativo, estimado en \$ 4.500.000 anuales, el costo total anual de la aplicación de la norma es de \$ 7.740.000 (Tabla 49).

Tabla 49. Costo total anual de aplicación de la norma (millones de \$)

COSTO APLICACION NORMA	Millones de \$
Costo análisis campaña	0,81
Costo análisis anual	3,24
Costo administrativo	4,50
Costo total anual	7,74

8. Valorización económica total de los impactos de la NCSA del Río Elqui

La valorización económica total de los impactos que produce la NCSA del Río Elqui se resume en la Tabla 50. Para un horizonte de evaluación de 5 años y utilizando una tasa de descuento del 6% se estaría produciendo un impacto positivo equivalente a MM\$ 1.942,97. Sin embargo, este resultado está fuertemente condicionado por el hecho de que los parámetros que constituyen los distintos IAU no están todos considerados en la NCSA del Río Elqui y por las restricciones de acceso durante el desarrollo del estudio a la caracterización completa de las emisiones sobre los distintos tramos que componen la norma.

Tabla 50. Valorización económica total de la NCSA del Río Elqui

Item	Millones de \$
Impacto en receptores	
Impacto sector agrícola	1.911,18
Impacto sector ganadería	607,82
Impacto sector ecosistema	57,31
Total impacto receptores	2.576,30
Total impacto emisores	(600,73)
Total costo operativo	(32,60)
VET NCSA	1.942,97