



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables

INFORME FINAL

ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN SECTOR SILVOAGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO ELQUI

Equipo consultor Universidad de Chile

Ing. Agr., PhD. Alejandro León
Ing. Agr. Andrés de la Fuente
Ing. Agr. M.Sc. Ricardo Marchant
Ing. Agr. , Eduardo Parra

Noviembre 2005

1. TABLA DE CONTENIDOS

1. TABLA DE CONTENIDOS	2
2. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	5
3. MÉTODO.....	6
3.1 ELECCIÓN DE PARÁMETROS.....	6
3.2 ESTANDARIZACIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA.....	6
3.3 ELABORACIÓN DE CUADROS DE DATOS.....	7
3.4 CRITERIOS DE COMPARACIÓN.....	10
4. CARACTERIZACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL RIO ELQUI.....	11
4.1 ÁREAS DE VIGILANCIA PARA LA CUENCA DEL RÍO ELQUI.....	11
4.2 CALIDAD DE AGUA DE RIEGO EN LA CUENCA ELQUI.....	13
4.2.1 Primer Tramo: Río Vacas Heladas.....	13
4.2.2 Segundo Tramo: Río Malo.....	14
4.2.3 Tercer Tramo: Río Toro.....	15
4.2.4 Cuarto Tramo: Río Laguna.....	16
4.2.5 Quinto Tramo: Río Turbio 1.....	17
4.2.6 Sexto Tramo: Río Turbio 2.....	18
4.2.7 Séptimo Tramo: Río Incaguaz.....	19
4.2.8 Octavo Tramo: Estero Derecho.....	20
4.2.9 Noveno Tramo: Río Claro.....	21
4.2.10 Décimo Tramo: Río Cochiguaz.....	22
4.2.11 Décimo Primer Tramo: Río Elqui 1.....	23
4.2.12 Duodécimo Tramo: Río Elqui 2.....	24
4.2.13 Décimo Tercer Tramo: Río Elqui 3.....	25
5. RESUMEN DE PARÁMETROS	26
5.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	26
5.1.1 Situación de la Conductividad eléctrica en la cuenca del Río Elqui.....	26
5.1.2 Impacto de la Conductividad eléctrica en el suelo y los cultivos	27
5.2 DBO ₅	28
5.2.1 Situación de DBO ₅ en la cuenca del Río Elqui	28
5.3 OXÍGENO DISUELTO	29
5.3.1 Situación del Oxígeno disuelto en la cuenca del Río Elqui	29
5.4 pH.....	31
5.4.1 Situación del pH en la cuenca del Río Elqui.....	31
5.4.2 Impacto del pH en el suelo y los cultivos	32
5.5 SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	35
5.5.1 Situación de los Sólidos Suspendidos en la cuenca del Río Elqui.....	35
5.5.2 Impacto de los Sólidos suspendidos en el suelo y los cultivos	36
5.6 COLIFORMES FECALES.....	37
5.6.1 Situación de los Coliformes fecales en la cuenca del Río Elqui	37
5.7 CLORURO.....	38
5.7.1 Situación del Cloruro en la cuenca del Río Elqui	38
5.7.2 Impacto de los Cloruros en el suelo y los cultivos.....	39
5.8 SULFATOS	41
5.8.1 Situación de los Sulfatos en la cuenca del Río Elqui.....	41

5.8.2	Impacto de los Sulfatos en el suelo y los cultivos.....	42
5.9	BORO.....	44
5.9.1	Situación del Boro en la cuenca del Río Elqui.....	44
5.9.2	Impacto del Boro en el suelo y los cultivos	45
5.10	COBRE	50
5.10.1	Situación del Cobre en la cuenca del Río Elqui.....	50
5.10.2	Impacto del Cobre en el suelo y los cultivos	51
5.11	HIERRO.....	55
5.11.1	Situación del Hierro en la cuenca del Río Elqui	55
5.11.2	Impacto del Hierro en el suelo y los cultivos.....	56
5.12	MANGANESO	58
5.12.1	Situación del Manganeso en la cuenca del Río Elqui	58
5.12.2	Impacto del Manganeso en el suelo y los cultivos.....	59
5.13	MOLIBDENO.....	61
5.13.1	Situación del Molibdeno en la cuenca del Río Elqui	61
5.13.2	Impacto del Molibdeno en el suelo y los cultivos.....	62
5.14	NÍQUEL.....	64
5.14.1	Situación del Níquel en la cuenca del Río Elqui.....	64
5.14.2	Impacto del Níquel en el suelo y los cultivos	65
5.15	CINC	66
5.15.1	Situación del Cinc en la cuenca del Río Elqui	66
5.15.2	Impacto del Cinc en el suelo y los cultivos.....	67
5.16	ALUMINIO	69
5.16.1	Situación del Aluminio en la cuenca del Río Elqui	69
5.16.2	Impacto del Aluminio en el suelo y los cultivos.....	70
5.17	ARSÉNICO.....	74
5.17.1	Situación del Arsénico en la cuenca del Río Elqui	74
5.17.2	Impacto del Arsénico en el suelo y los cultivos.....	75
5.18	PLOMO.....	77
5.18.1	Situación del Plomo en la cuenca del Río Elqui	77
5.18.2	Impacto del Plomo en el suelo y los cultivos.....	78
6.	Cartografía de riego	80
6.1	ZONAS CULTIVADAS.....	81
6.2	ZONAS DE RIEGO.....	82
6.3	CUENCAS Y SUBCUENCAS.....	83
6.4	AREAS SENSIBLES.....	84
6.4.1	Sensibilidad del Suelo a los Sulfatos	85
6.4.2	Sensibilidad del Suelo al Arsénico.....	86
6.4.3	Sensibilidad del Suelo al Cobre	87
6.4.4	Sensibilidad del Suelo al Manganeso.....	88
6.4.5	Sensibilidad del Suelo al Molibdeno	89
6.4.6	Sensibilidad del Suelo al Plomo.....	90
6.4.7	Sensibilidad del Suelo al Cinc	91
6.4.8	Sensibilidad del Suelo al Aluminio.....	92
6.4.9	Sensibilidad del Suelo al Boro	93
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	94
7.1	CONSIDERACIONES PREVIAS.....	94

7.1.1 Contraste de efectos potenciales con química de suelos.....	94
7.1.2 Determinación de cultivos presentes en la cuenca.....	98
7.2 DIAGNÓSTICO ECONÓMICO	101
7.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS	101
7.3.1 Pérdida de margen bruto asociado a pérdidas de rendimiento comercial.....	101
7.4 EVALUACIÓN DE BENEFICIOS	104
7.5 PROYECCIÓN DE EFECTOS	116
7.5.1 Boro.....	117
7.5.2 Cobre.....	120
7.5.3 Arsénico	125
7.5.4 Manganeso	129
7.6 BALANCE BENEFICIO – COSTO.....	134
8. CONCLUSIONES	136
9.LITERATURA CITADA	137
10. ANEXOS	139
10.1 ANEXO I	139
10.2 ANEXO II.....	145
10.3. TABLA DE CONTENIDOS DE CUADROS Y FIGURAS.	146

2. CONSIDERACIONES PREVIAS

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) ha trabajado en el diseño del anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas que debería aplicarse en la Región de Coquimbo, específicamente en la cuenca asociada al río Elqui. Previo a su aplicación, han solicitado la realización de un estudio que determine el impacto económico que generaría una nueva norma secundaria de calidad de aguas sobre el sector agropecuario en la cuenca del Río Elqui.

El informe final que se presenta da cuenta del resultado final de este estudio, de acuerdo con los compromisos establecidos en los TDR respectivos.

A continuación se describen cada uno de los procedimientos empleados en el análisis económico realizado.

3. MÉTODO

De acuerdo a lo sugerido por la Dirección Regional del SAG IV Región, se procedió al procesamiento de la información de la línea base contenida en el documento “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (CADE-IDEPE, 2004). Los valores de los parámetros establecidos en el “Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas superficial de la cuenca del río Elqui y sus tributarios principales” (SAG, 2005) se contrastaron con la información de la línea base (CADE-IDEPE, 2004) y con los valores sugeridos en el estudio FAO de riego y drenaje 29 (FAO, 1987).

El contraste con los valores sugeridos por el estudio FAO de riego y drenaje 29 (FAO, 1987), se debe a que al analizar dos estudios complementarios: i) Irrigation water quality standart and salinity management strategies, Texas A & M university system, 1996 y ii) El estudio de calidad de aguas, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, ambos presentan valores similares para casi la totalidad de los parámetros evaluados exceptuando a los valores sugeridos para los elementos traza, los cuales presentan pequeñas variaciones con respecto a los valores sugeridos por el estudio FAO de riego y drenaje 29 (FAO, 1987).

Ante tal situación se privilegió el acceso a la fuente primaria de información y base de los estudios anteriormente citados, y por tanto se procedió a utilizar como criterio internacional de calidad de aguas los valores proporcionados por el estudio FAO de riego y drenaje 29 (FAO, 1987).

El procedimiento utilizado para desarrollar el procesamiento de la información fue el siguiente:

3.1 ELECCIÓN DE PARÁMETROS

En el ámbito de la elaboración del Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas, la Dirección Regional del SAG IV Región de un total de 61 parámetros que contiene el Anteproyecto de Norma, centró su análisis en 18 de ellos. El listado de los parámetros considerados se muestran a continuación en el Cuadro 1.

3.2 ESTANDARIZACIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA

Como primera labor se igualaron las unidades de medida de los parámetros contenidos en los documentos: i) “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (CADE-IDEPE, 2004), ii) “Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas superficial de la cuenca del río Elqui y sus tributarios principales” (SAG, 2005) y iii) “Estudio FAO de riego y drenaje 29” (FAO, 1987).

Las unidades de medidas utilizadas se encuentran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Parámetros analizados y sus respectivas unidades de medida

Parámetro	Unidad
1.- Conductividad eléctrica	uS/cm
2.- DBO5	mg/L
3.- Oxígeno disuelto	mg/L
4.- pH	Unidad
5.- Sólidos suspendidos	mg/L
6.- Coliformes fecales	NMP/100 ml
7.-Cloruro	mg/L
8.-Sulfato	mg/L
9.- Boro	mg/L
10.- Cobre	mg/L
11.- Hierro	mg/L
12.- Manganeso	mg/L
13.- Molibdeno	mg/L
14.- Níquel	ug/L
15.- Cinc	mg/L
16.- Aluminio	mg/L
17.- Arsénico	mg/L
18.- Plomo	mg/L

Fuente: Elaboración propia en base a CADE-IDEPE (2004)

3.3 ELABORACIÓN DE CUADROS DE DATOS

Posterior a la estandarización de unidades se procedió a la elaboración de cuadros base en formato Excel para un mejor manejo de la información.

A continuación se describen los cuadros base confeccionados, el método utilizado y la interrelación entre ellos:

- a. Cálculo de promedio de los valores del estudio CADE-IDEPE(2004): Se confeccionó una hoja de cálculo para cada tramo con los datos del estudio “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (CADE-IDEPE, 2004), donde se consideró el valor máximo anual (se consideraron las mediciones estacionales “Invierno”, “Otoño”, “Primavera” y “Verano”). En los tramos de la cuenca en que el estudio “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (CADE-IDEPE, 2004) consideró más de una estación de muestreo se consideró como valor máximo al valor de mayor cuantía del total de estaciones de muestreo consideradas para un determinado tramo.

Ej:

Estación Río Malo Antes de junta Río Vacas Heladas

	Invierno	Otoño	Primavera	Verano	Valor máximo
Cond. Eléctrica	1755,62	1756,048	1767	1769,78	1769,78

Estación Río Malo después de Tranque de relaves Minera El Indio

	Invierno	Otoño	Primavera	Verano	Valor máximo
Cond. Eléctrica	1600	1774,062	1888,34	1924,46	1924,46

En el CD adjunto, los cálculos se encuentran en el libro Excel “Tablas y Gráficos”, las hojas de cálculo fueron nombradas “N° de tramo” + “C”. Ej: 1C, Datos contenidos en el estudio CADE-IDEPE (2004) para el tramo N° 1. Existe una hoja de cálculo por tramo, identificadas desde el 1C al 13C.

- b. Incorporación de los Límites FAO: Elaboración de Cuadro con los límites publicados en “Estudio FAO de riego y drenaje 29” (FAO, 1987) para los parámetros analizados. En el caso de pH, Cloruro y Sulfato se calculó un promedio entre los rangos (Cuadro 2), en el resto de los parámetros se conservó el valor original.

Cuadro 2: Parámetros FAO (1987) a los cuales se les calculó un promedio¹

Parámetro	Unidad	Rango	Promedio
pH	Unidad	6,5 - 8,5	7,5
Cloruro	mg/L	0 - 30	15
Sulfato	mg/L	0 - 40	20

Fuente: FAO (1987)

- c. Cuadros con valores de parámetros del Anteproyecto de Norma (SAG 2005) asig por la Dirección Regional del SAG, IV Región: Se confeccionó un cuadro por tramo, en los que se incluyeron los valores de cada parámetro establecido en el Anteproyecto de Norma (SAG 2005). Se utilizó los valores promedio para el parámetro pH (promediando los valores de cada rango) para poder realizar los cálculos correspondientes (Cuadro 3)

Cuadro 3: Cálculo de promedios de pH Anteproyecto de Norma (SAG 2005)

Tramo	pH	
	Rango	Promedio
1 Río Vacas Heladas	5,6 - 8,5	7,05
2 Río Malo	3,6 - 8,5	6,05
3 Río Toro	4,0 - 8,5	6,25
4 Río La Laguna	6,5 - 8,5	7,50
5 Río Turbio 1	6,5 - 8,5	7,50
6 Río Turbio 2	6,5 - 8,5	7,50
7 Río Incaguaz	6,5 - 8,5	7,50
8 Estero Derecho	6,5 - 8,5	7,50
9 Río Claro	6,5 - 8,5	7,50
10 Río Cochiguaz	6,5 - 8,5	7,50
11 Río Elqui 1	6,5 - 8,5	7,50
12 Río Elqui 2	6,5 - 8,5	7,50
13 Río Elqui 3	6,5 - 8,5	7,50

¹ El Anexo II contiene los valores sugeridos por FAO para los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma.

Fuente: Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas, cuenca Elqui (SAG, 2005).

En el CD adjunto los valores de los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma para la elaboración de los cuadros se encuentran en el libro Excel llamado “Tablas y Gráficos”, en la hoja de cálculo “Ant. Norma”

Una vez elaborados los cuadros base en formato Excel se procedió a la elaboración de cuadros interrelacionando la información. A continuación se detallan los cuadros elaborados y su descripción:

- a. Cuadro resumen con valores del estudio CADE-IDEPE (2004): contiene el mayor valor para cada parámetro por tramo. Este cuadro se realizó tomando como base los cálculos efectuados con los valores del estudio CADE-IDEPE (2004) por tramo (hojas de cálculo de 1C al 13C), relacionándolas con un hipervínculo, por tanto al cambiar algún valor en los cuadros base originales este se actualizará automáticamente los valores en el cuadro resumen. (Se debe tener en cuenta que en el cuadro resumen no se incluyeron valores en forma directa, sino fórmulas que relacionan las casillas de este cuadro con resultados que se encuentran en otras hojas de cálculo, por lo tanto no se deben realizar modificaciones, ni incluir valores en las celdas ya que esto eliminaría las fórmulas que han sido incluidas, las únicas casillas que pueden ser modificadas son aquellas que tienen texto).
 - i. En el CD adjunto, los cálculos se encuentran en el libro Excel “Tablas y Gráficos”, la hoja de cálculo donde se encuentra el cuadro resumen se llama “Resumen Cade”.

- b. Cuadro resumen Anteproyecto de Norma (SAG, 2005): Este cuadro se efectuó tomando como base los cálculos realizados con los valores de los parámetros del Anteproyecto de Norma por tramo (Hoja de cálculo “Ant. Norma”), relacionándolas con un hipervínculo en un cuadro resumen, por lo tanto al cambiar algún valor en los cuadros originales, este se actualizará automáticamente en el cuadro resumen. (Al igual que en el caso del Cuadro resumen con los valores de los parámetros del estudio CADE-IDEPE (2004) no se incluyeron valores en forma directa, sino fórmulas que relacionan las casillas de este cuadro con resultados que se encuentran en otras hojas de cálculo, por lo tanto no se deben realizar modificaciones, ni incluir valores en él ya que esto eliminaría las fórmulas que han sido incluidas, las únicas casillas que pueden ser modificadas son aquellas que tienen texto).
 - i. En el CD adjunto, los cálculos se encuentran en el libro Excel “Tablas y Gráficos”, la hoja de cálculo en donde se encuentran el cuadro resumen con los valores del Anteproyecto de Norma de todos los tramos llamado “Ant. Norma”.

- c. Cuadros con comparación entre valores del estudio CADE-IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y límites FAO (1987): Se elaboró un cuadro por tramo, que contiene todos los parámetros asignados considerados por la Dirección Regional del SAG, IV Región. Estos cuadros consideran los datos de los parámetros del Estudio CADE-IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y límites FAO (1987), no se ingresaron datos en forma directa, sino que se creo un vínculo con el cuadro resumen CADE-IDEPE (“Resumen Cade”), cuadro resumen Anteproyecto de

Norma (“Ant. Norma”) y cuadro con los límites FAO (“FAO”). Cabe recordar que el Cuadro resumen del Estudio CADE-IDEPE (2004) y el Cuadro resumen del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) a su vez están interrelacionados con los cuadros bases (ver explicaciones en los puntos anteriores “a”) y “b”)), con este sistema se asegura la inexistencia de duplicidad de información, ya que los datos se ingresan solamente en los cuadros bases, por tanto si se modifica un valor en ellos (los cuadros base) se modifican automáticamente los valores en los cuadros que se interrelacionan con ellos.

- i. La comparación de valores se realizó en dos etapas simultáneas: una de ellas consistió en ingresar la función de sustracción de los valores propuestos por CADE-IDEPE (CADE-IDEPE, 2004) y los valores del Anteproyecto de Norma (SAG,2005), la otra comparación fue realizada a través de la función sustracción entre los valores del Estudio FAO 29 (FAO, 1987) y los del Anteproyecto de Norma (SAG,2005). El objetivo de la comparación es determinar si existe un aumento (“A”), disminución (“D”) o igualdad (“I”) entre los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) con respecto a CADE-IDEPE (CADE-IDEPE, 2005) y FAO (FAO, 1987).
- ii. En el CD adjunto los cálculos se encuentran en el libro Excel “Tablas y Gráficos”, las hojas de cálculo fueron nombradas “N° de tramo” + “Cade_Ant_FAO”. Existe una hoja de cálculo por tramo, desde el “1Cade_Ant_FAO” al “13Cade_Ant_FAO”.Ej.: “1Cade_Ant_FAO”, Cuadros con comparación entre valores del estudio CADE-IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y límites FAO (1987), para el tramo N° 1.

3.4 CRITERIOS DE COMPARACIÓN

Para determinar la existencia de variaciones se estableció el siguiente criterio:

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arroja un resultado negativo (“A”), significa que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son más permisivos que los valores con los que se comparan .

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arroja un resultado positivo (“D”), implica que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son más restrictivos con respecto a los valores que se comparan.

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arroja un resultado igual a cero (“I”), implica que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) no sufren variación con respecto a los valores que se comparan.

En los tramos donde no existía información en una o en ambas parejas de datos sometidos a análisis se usó la nomenclatura S/I (sin información).

4. CARACTERIZACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL RIO ELQUI

4.1 ÁREAS DE VIGILANCIA PARA LA CUENCA DEL RÍO ELQUI

La caracterización de la calidad de las aguas y el criterio de división (trece tramos para la cuenca del Elqui) se ajusta a la propuesta realizada en el estudio “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua, según objetivo de calidad” desarrollado por CADE - IDEPE (2004) (Cuadro 4).

Cuadro 4: Áreas de vigilancia para la cuenca del río Elqui

N° Tramo	Área de Vigilancia	Cauce	Límite Inicio	Límite Término
1	Río Vacas Heladas	Río Vacas Heladas	Naciente río Vacas Heladas	Confluencia río Malo Heladas
2	Río Malo	Río Malo	Naciente río Malo	Confluencia río Vacas Heladas
3	Río Toro	Río Toro	Confluencia ríos Malo y Vacas Heladas	Confluencia río La Laguna
4	Río La Laguna	Río La Laguna	Salida embalse La Laguna	Confluencia río Toro
5	Río Turbio 1	Río Turbio	Confluencia ríos Toro y La Laguna	Confluencia río Incahuaz
6	Río Turbio 2	Río Turbio	Confluencia río Incahuaz	Límite sub-cuenca
7	Río Incaguaz	Río Incaguaz	Naciente río Incahuaz	Confluencia río Turbio
8	Estero Derecho	Estero Derecho	Naciente Estero Derecho	Esta. DGA Estero Derecho en Alcohuaz
9	Río Claro	Río Claro	Esta. DGA Estero Derecho en Alcohuaz	Confluencia río Turbio
10	Río Cochiguaz	Río Cochiguaz	Naciente río Cochiguaz	Confluencia río Claro
11	Río Elqui 1	Río Elqui	Confluencia ríos Turbio y Claro	Entrada Embalse Puclaro
12	Río Elqui 2	Río Elqui	Salida Embalse Puclaro	Límite sub-cuenca
13	Río Elqui 3	Río Elqui	Límite sub-cuenca	Desembocadura

Fuente: Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas, cuenca Elqui (SAG, 2005).

Tras la elaboración de los cuadros y del establecimiento de criterios de comparación, se procedió a realizar el contraste entre los valores del Anteproyecto de

Norma (SAG,2005) con respecto a CADE-IDEPE (2004) y FAO (1987), los cuadros se presentan a continuación en los cuadros 5 al 17.

4.2 CALIDAD DE AGUA DE RIEGO EN LA CUENCA ELQUI

4.2.1 Primer Tramo: Río Vacas Heladas

Cuadro 5: Parámetros de calidad en el tramo Río Vacas Heladas²

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	Variación		Variación		
				FAO	A. Norma vs Cade	A, D ó I*	A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	1930	1930	3000	0	I	1070	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	9,99	7,8	S/I	2,19	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	5,82	7,2	7,5	-1,38	A	0,3	D
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	120,68	121	15	-0,32	A	-106	A
15 Sulfato	mg/L	874,12	874	20	0,12	D	-854	A
45 Boro	mg/L	4,50	4,5	3	0,00	I	-1,5	A
46 Cobre	mg/L	0,20	0,1976	0,2	0,00	I	0,0024	D
48 Hierro	mg/L	20,64	20,2	5	0,44	D	-15,2	A
49 Manganeso	mg/L	4,76	4,76	0,2	0,00	I	-4,56	A
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,030	0,03	0,2	0,00	I	0,17	A
53 Zinc	mg/L	0,84	0,835	2	0,00	I	1,165	D
54 Aluminio	mg/L	27,96	27,96	5	0,00	I	-22,96	A
55 Arsénico	mg/L	0,59	0,59	0,1	0,00	I	-0,49	A
59 Plomo	mg/L	0,03	0,026	5	0,00	I	4,974	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

² Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.2 Segundo Tramo: Río Malo

Cuadro 6: Parámetros de calidad en el tramo Río Malo³

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	1924,46	1770	3000	154,46	D	1230	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	9,89	7,9	S/I	1,99	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	5,12	4,95	7,5	0,17	D	2,55	D
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	82,19	82	15	0,19	D	-67	A
15 Sulfato	mg/L	1142,36	1018	20	124,36	D	-998	A
45 Boro	mg/L	4,49	3,94	3	0,55	D	-0,94	A
46 Cobre	mg/L	23,85	22,9	0,2	0,95	D	-22,7	A
48 Hierro	mg/L	50,66	28,5	5	22,16	D	-23,5	A
49 Manganeseo	mg/L	11,40	8,08	0,2	3,32	D	-7,88	A
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,088	0,06	0,2	0,03	D	0,14	D
53 Zinc	mg/L	6,47	3,81	2	2,66	D	-1,81	A
54 Aluminio	mg/L	57,12	6,64	5	50,48	D	-1,64	A
55 Arsénico	mg/L	1,47	1,19	0,1	0,28	D	-1,09	A
59 Plomo	mg/L	0,03	0,02	5	0,01	D	4,98	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

³ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.3 Tercer Tramo: Río Toro

Cuadro 7: Parámetros de calidad en el tramo Río Toro⁴

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	1901,2	1901	3000	0,2	D	1099	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,57	8,5	S/I	2,07	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	5,38	5,2	7,5	0,18	D	2,3	D
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	112,75	113	15	-0,25	A	-98	A
15 Sulfato	mg/L	900,57	901	20	-0,43	A	-881	A
45 Boro	mg/L	4,13	4,12	3	0,01	D	-1,12	A
46 Cobre	mg/L	11,96	11,96	0,2	0,00	I	-11,76	A
48 Hierro	mg/L	29,18	26,2	5	2,98	D	-21,2	A
49 Manganeseo	mg/L	5,55	5,55	0,2	0,00	I	-5,35	A
50 Molibdeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,00	I	0	I
51 Níquel	ug/L	0,050	0,05	0,2	0,000	I	0,15	D
53 Zinc	mg/L	2,49	2,492	2	0,00	I	-0,492	A
54 Aluminio	mg/L	38,13	38,13	5	0,00	I	-33,13	A
55 Arsénico	mg/L	0,86	0,86	0,1	0,00	I	-0,76	A
59 Plomo	mg/L	0,02	0,022	5	0,00	I	4,978	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

Se Calculó un promedio

⁴ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.4 Cuarto Tramo: Río Laguna.

Cuadro 8: Parámetros de calidad en el tramo Río Laguna⁵

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma vs Cade	A, D ó I*	A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	S/I	600	3000	S/I	S/I	2400	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	S/I	7,5	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
5 pH	Unidad	S/I	7,5	7,5	S/I	S/I	0	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	S/I	80	15	S/I	S/I	-65	A
15 Sulfato	mg/L	S/I	120	20	S/I	S/I	-100	A
45 Boro	mg/L	S/I	0,4	3	S/I	S/I	2,6	D
46 Cobre	mg/L	S/I	0,2	0,2	S/I	S/I	0	I
48 Hierro	mg/L	S/I	0,8	5	S/I	S/I	4,2	D
49 Manganeseo	mg/L	S/I	0,04	0,2	S/I	S/I	0,16	D
50 Molibdeno	mg/L	S/I	0,01	0,01	S/I	S/I	0,000	D
51 Níquel	ug/L	S/I	0,02	0,2	S/I	S/I	0,18	D
53 Zinc	mg/L	S/I	0,096	2	S/I	S/I	1,90	D
54 Aluminio	mg/L	S/I	0,07	5	S/I	S/I	4,93	D
55 Arsénico	mg/L	S/I	0,1	0,1	S/I	S/I	0	I
59 Plomo	mg/L	S/I	0,002	5	S/I	S/I	4,998	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

Se Calculó un promedio

⁵ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.5 Quinto Tramo: Río Turbio 1.

Cuadro 9: Parámetros de calidad en el tramo Río Turbio⁶

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	1039,68	1040	3000	-0,32	A	1960	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,27	8,7	S/I	1,57	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	7,98	7,5	7,5	0,48	D	0	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	58,47	58	15	0,47	D	-43	A
15 Sulfato	mg/L	398,60	399	20	-0,40	A	-379	A
45 Boro	mg/L	2,42	1,39	3	1,03	D	1,61	D
46 Cobre	mg/L	2,69	2,688	0,2	0,00	I	-2,488	A
48 Hierro	mg/L	7,20	7,2	5	0,00	I	-2,2	A
49 Manganeso	mg/L	1,48	0,81	0,2	0,67	D	-0,61	A
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,016	0,016	0,2	0,00	I	0,18	D
53 Zinc	mg/L	0,62	0,623	2	0,00	I	1,377	D
54 Aluminio	mg/L	9,09	9,09	5	0,00	I	-4,09	A
55 Arsénico	mg/L	0,28	0,28	0,1	0,00	I	-0,18	A
59 Plomo	mg/L	0,01	0,01	5	0,00	I	4,99	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

⁶ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.6 Sexto Tramo: Río Turbio 2

Cuadro 10: Parámetros de calidad en el tramo Río Turbio 2⁷

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	Variación		Variación A.		A, D ó I*
				FAO	A. Norma vs Cade	Norma vs FAO	A, D ó I*	
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	743,72	744	3000	-0,28	A	2256	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,6	8,8	S/I	1,8	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	8	7,8	7,5	0,2	D	-0,3	A
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	35,21	35	15	0,21	D	-20	A
15 Sulfato	mg/L	245,67	246	20	-0,33	A	-226	A
45 Boro	mg/L	1,01	1,01	3	0,00	I	1,99	D
46 Cobre	mg/L	1,54	1,544	0,2	0,00	I	-1,344	A
48 Hierro	mg/L	6,78	6,8	5	-0,02	A	-1,8	A
49 Manganeso	mg/L	0,81	0,81	0,2	0,00	I	-0,61	A
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,013	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
53 Zinc	mg/L	0,35	1	2	-0,65	A	1	D
54 Aluminio	mg/L	10,39	9,78	5	0,61	D	-4,78	A
55 Arsénico	mg/L	0,19	0,19	0,1	0,00	I	-0,09	A
59 Plomo	mg/L	0,01	0,01	5	0,00	I	4,99	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

⁷ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.7 Séptimo Tramo: Río Incaguaz

Cuadro 11: Parámetros de calidad en el tramo Río Incaguaz⁸

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	328,72	329	3000	-0,28	A	2671	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,96	8,7	S/I	2,26	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	7,90	7,8	7,5	0,10	D	-0,3	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	9,69	10	15	-0,31	A	5	D
15 Sulfato	mg/L	92,17	92	20	0,17	D	-72	A
45 Boro	mg/L	1,00	1	3	0,00	I	2	D
46 Cobre	mg/L	0,12	0,07	0,2	0,05	D	0,13	D
48 Hierro	mg/L	0,81	0,6	5	0,21	D	4,4	D
49 Manganeso	mg/L	0,18	0,18	0,2	0,00	I	0,02	D
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,010	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
53 Zinc	mg/L	0,056	0,056	2	0,00	I	1,94	D
54 Aluminio	mg/L	4,53	4,53	5	0,00	I	0,47	D
55 Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,1	0,00	I	0,09	D
59 Plomo	mg/L	0,01	0,0114	5	0,00	I	4,9886	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

⁸ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.8 Octavo Tramo: Estero Derecho

Cuadro 12: Parámetros de calidad en el tramo Estero Derecho⁹

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	143,11	143	3000	0,11	D	2857	D
2 DBO5	mg/L	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,41	8,9	S/I	1,51	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	7,83	7,7	7,5	0,13	D	-0,2	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	4,72	5	15	-0,28	A	10	D
15 Sulfato	mg/L	17,45	17	20	0,45	D	3	D
45 Boro	mg/L	1,00	1	3	0,00	I	2	D
46 Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
48 Hierro	mg/L	0,52	0,5	5	0,02	D	4,5	D
49 Manganeso	mg/L	0,04	0,04	0,2	0,00	I	0,16	D
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,018	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
53 Zinc	mg/L	0,016	0,016	2	0,00	I	1,98	D
54 Aluminio	mg/L	0,40	0,4	5	0,00	I	4,6	D
55 Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,1	-0,01	A	0,09	D
59 Plomo	mg/L	0,01	0,0114	5	0,00	I	4,9886	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

⁹ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.9 Noveno Tramo: Río Claro

Cuadro 13: Parámetros de calidad en el tramo Río Claro¹⁰

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	283,64	284	3000	-0,36	A	2716	D
2 DBO5	mg/L	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,36	8,7	S/I	1,66	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	7,96	7,9	7,5	0,06	D	-0,4	A
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	6,6	7	15	-0,4	A	8	D
15 Sulfato	mg/L	48,99	49	20	-0,01	A	-29	A
45 Boro	mg/L	0,99	0,99	3	0,00	I	2,01	D
46 Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
48 Hierro	mg/L	0,32	0,3	5	0,02	D	4,7	D
49 Manganeso	mg/L	0,03	0,03	0,2	0,00	I	0,17	D
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,014	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
53 Zinc	mg/L	0,013	0,01	2	0,00	I	1,99	D
54 Aluminio	mg/L	0,66	0,6	5	0,06	D	4,4	D
55 Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,1	0,00	I	0,09	D
59 Plomo	mg/L	0,01	0,0128	5	0,00	I	4,9872	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

¹⁰ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.10 Décimo Tramo: Río Cochiguaz

Cuadro 14: Parámetros de calidad en el tramo Río Cochiguaz¹¹

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	Variación A. A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	Variación A. A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	S/I	600	3000	S/I	S/I	2400	D
2 DBO5	mg/L	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	S/I	7,5	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
5 pH	Unidad	S/I	7,5	7,5	S/I	S/I	0	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	S/I	80	15	S/I	S/I	-65	A
15 Sulfato	mg/L	S/I	120	20	S/I	S/I	-100	A
45 Boro	mg/L	S/I	0,4	3	S/I	S/I	2,6	D
46 Cobre	mg/L	S/I	0,01	0,2	S/I	S/I	0,19	D
48 Hierro	mg/L	S/I	0,8	5	S/I	S/I	4,2	D
49 Manganeso	mg/L	S/I	0,04	0,2	S/I	S/I	0,16	D
50 Molibdeno	mg/L	S/I	0,008	0,01	S/I	S/I	0,002	D
51 Níquel	ug/L	S/I	0,042	0,2	S/I	S/I	0,16	D
53 Zinc	mg/L	S/I	0,096	2	S/I	S/I	1,90	D
54 Aluminio	mg/L	S/I	0,07	5	S/I	S/I	4,93	D
55 Arsénico	mg/L	S/I	0,04	0,1	S/I	S/I	0,06	D
59 Plomo	mg/L	S/I	0,002	5	S/I	S/I	4,998	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

¹¹ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.11 Décimo Primer Tramo: Río Elqui 1

Cuadro 15: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 1¹²

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma vs Cade	A, D ó I*	A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	498,56	499	3000	-0,44	A	2501	D
2 DBO5	mg/L	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,48	9	S/I	1,48	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	8,05	8	7,5	0,05	D	-0,5	I
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	1000	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	19,00	19	15	0,00	I	-4	D
15 Sulfato	mg/L	143,89	144	20	-0,11	A	-124	A
45 Boro	mg/L	1,00	1	3	0	I	2	D
46 Cobre	mg/L	0,76	0,75	0,2	0,01	D	-0,55	A
48 Hierro	mg/L	3,34	3,3	5	0,04	D	1,7	D
49 Manganeso	mg/L	0,52	0,52	0,2	0,00	I	-0,32	A
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,020	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
53 Zinc	mg/L	0,17	0,17	2	0,00	I	1,83	D
54 Aluminio	mg/L	7,00	6,99	5	0,01	D	-1,99	A
55 Arsénico	mg/L	0,09	0,09	0,1	0,00	I	0,01	D
59 Plomo	mg/L	0,01	0,0133	5	0,00	I	4,9867	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

¹² Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.12 Duodécimo Tramo: Río Elqui 2

Cuadro 16: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 2¹³

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	669,88	596	3000	73,88	D	2404	D
2 DBO5	mg/L	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	10,37	9,2	S/I	1,17	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	8,23	7,95	7,5	0,28	D	-0,45	A
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	26,62	22	15	4,62	D	-7	A
15 Sulfato	mg/L	177,69	151	20	26,69	D	-131	A
45 Boro	mg/L	1,00	0,89	3	0,11	D	2,11	D
46 Cobre	mg/L	0,25	0,24	0,2	0,01	D	-0,04	A
48 Hierro	mg/L	2,10	2,1	5	0,00	I	2,9	D
49 Manganeso	mg/L	0,13	0,09	0,2	0,04	D	0,11	D
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,024	0,016	0,2	0,01	D	0,18	D
53 Zinc	mg/L	0,028	0,021	2	0,01	D	1,98	D
54 Aluminio	mg/L	2,36	0,52	5	1,84	D	4,48	D
55 Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,1	0,00	I	0,05	D
59 Plomo	mg/L	0,02	0,0144	5	0,00	I	4,9856	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

¹³ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

4.2.13 Décimo Tercer Tramo: Río Elqui 3

Cuadro 17: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 3¹⁴

Compuestos	Unidad	CADE-IDEPE (Línea Base)	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma vs Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma vs FAO	A, D ó I*
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	1443,62	1444	3000	-0,38	A	1556	D
2 DBO5	mg/L	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	11,15	10,9	S/I	0,25	D	S/I	S/I
5 pH	Unidad	8,1	7,8	7,5	0,3	D	-0,3	A
8 Sólidos suspendidos	mg/L	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I	1000	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12 Cloruro	mg/L	170,53	171	15	-0,47	A	-156	A
15 Sulfato	mg/L	280,78	280	20	0,78	D	-260	A
45 Boro	mg/L	1,00	1	3	0	I	2	D
46 Cobre	mg/L	0,06	0,116	0,2	-0,06	A	0,084	D
48 Hierro	mg/L	0,56	0,6	5	-0,04	A	4,4	D
49 Manganeseo	mg/L	0,05	0,05	0,2	0,00	I	0,15	D
50 Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
51 Níquel	ug/L	0,018	0,024	0,2	-0,01	A	0,18	D
53 Zinc	mg/L	0,017	0,017	2	0,00	I	1,98	D
54 Aluminio	mg/L	0,66	0,66	5	0,00	I	4,34	D
55 Arsénico	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,00	I	0,08	D
59 Plomo	mg/L	0,01	0,0128	5	0,00	I	4,9872	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

■ Se Calculó un promedio

¹⁴ Los valores que se presentan en la primera columna corresponden a la numeración original usada por el estudio CADE-IDEPE (2004) y correspondiente a cada parámetro.

5. RESUMEN DE PARÁMETROS

Desarrollado el proceso de comparación de calidades de agua entre la línea base (CADE-IDEPE, 2004) y el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005), se procedió a realizar un análisis por parámetro, el resultado de dicho análisis se muestra a continuación en los cuadros 18 al 35 y en las figuras 1 a la 37.

5.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

5.1.1 Situación de la Conductividad eléctrica en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 18: Conductividad eléctrica en la cuenca Elqui (uS/cm)

Tramo	Cauce	CADE-IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	1930	1930	3000	0	I	1070	D
2	Río Malo	1924,46	1770	3000	154,46	D	1230	D
3	Río Toro	1901,2	1901	3000	0,2	D	1099	D
4	Río La Laguna	S/I	600	3000	S/I	S/I	2400	D
5	Río Turbio	1039,68	1040	3000	-0,32	A	1960	D
6	Río Turbio	743,72	744	3000	-0,28	A	2256	D
7	Río Incaguaz	328,72	329	3000	-0,28	A	2671	D
8	Estero Derecho	143,11	143	3000	0,11	D	2857	D
9	Río Claro	283,64	284	3000	-0,36	A	2716	D
10	Río Cochiguaz	S/I	600	3000	S/I	S/I	2400	D
11	Río Elqui	498,56	499	3000	-0,44	A	2501	D
12	Río Elqui	669,88	596	3000	73,88	D	2404	D
13	Río Elqui	1443,62	1444	3000	-0,38	A	1556	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

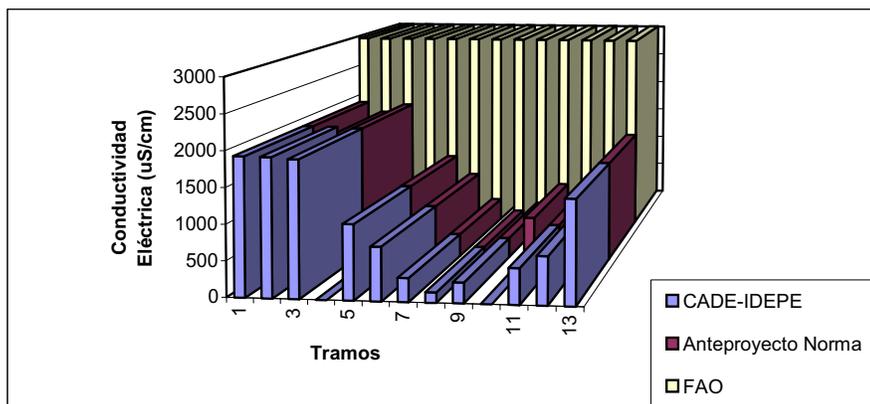


Figura 1: Valores del parámetro Conductividad eléctrica según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

El valor del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) para el parámetro de conductividad eléctrica es mayor a las mediciones realizadas por el Estudio CADE-IDEPE (2004) para los tramos 5, 6, 7 y 13.

Al comparar los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) con los valores presentados por FAO (1987) para la clasificación del agua de riego se puede observar lo siguiente:

- i. Ninguna restricción (<700 uS/cm): en los tramos 7, 8, 9, 11 y 12.
- ii. Restricciones leves a moderadas ($700 - 3000$ uS/cm): tramos 1, 2, 3, 5, 6 y 13.
- iii. Restricción Severa >3000 uS/cm: En ningún tramo el valor del Anteproyecto de Norma sobrepasó el valor FAO de 3000 uS/cm .

(No existe información en los tramos 4 y 10 para el parámetro de Conductividad eléctrica en el Estudio CADE-IDEPE, 2004)

Si se comparan los valores del Anteproyecto de Norma (2005) con los valores presentados por FAO (1987) para la clasificación del agua de riego se puede observar lo siguiente:

- i. Ninguna restricción (<700 uS/cm): tramos 4, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- ii. Restricciones leves a moderadas ($700 - 3000$ uS/cm): tramos 1, 2, 3, 5, 6, y 13.
- iii. Restricción Severa >3000 uS/cm: En ningún tramo el valor del Anteproyecto de Norma sobrepasó el valor FAO de 3000 uS/cm .

5.1.2 Impacto de la Conductividad eléctrica en el suelo y los cultivos

En la Figura 2 se puede observar la tolerancia de algunos cultivos a distintos niveles de Conductividad eléctrica según Maas (1984)

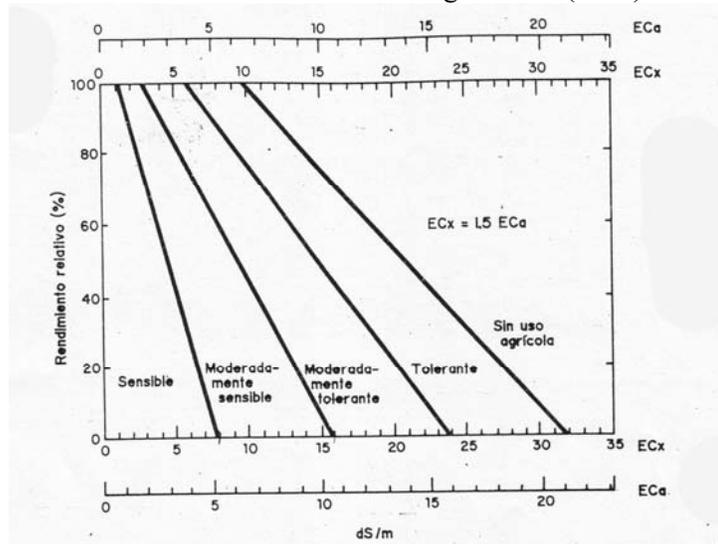


Figura 2: Valores límites de la tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad y su rendimiento.

Fuente: MASS, 1984

5.2 DBO₅

5.2.1 Situación de DBO₅ en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 19: DBO₅ en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
2	Río Malo	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
3	Río Toro	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4	Río La Laguna	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
5	Río Turbio	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
6	Río Turbio	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
7	Río Incaguaz	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
8	Estero Derecho	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
9	Río Claro	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
10	Río Cochiguaz	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
11	Río Elqui	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12	Río Elqui	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
13	Río Elqui	S/I	2	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

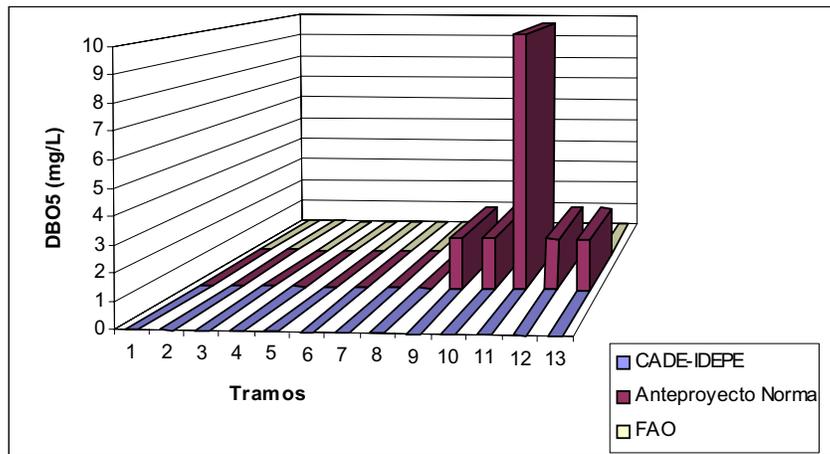


Figura 3: Valores del parámetro DBO₅ según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

CADE-IDEPE (2005) y FAO (1987) no cuentan con información para este parámetro, por lo que no se pudo analizar la situación.

5.3 OXÍGENO DISUELTO

5.3.1 Situación del Oxígeno disuelto en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 20: Oxígeno disuelto en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación	A, D ó I*	Variación	A, D ó I*
					A. Norma v/s Cade		A. Norma v/s FAO	
1	Río Vacas Heladas	9,99	7,8	S/I	2,19	D	S/I	S/I
2	Río Malo	9,89	7,9	S/I	1,99	D	S/I	S/I
3	Río Toro	10,57	8,5	S/I	2,07	D	S/I	S/I
4	Río La Laguna	S/I	7,5	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
5	Río Turbio	10,27	8,7	S/I	1,57	D	S/I	S/I
6	Río Turbio	10,60	8,8	S/I	1,80	D	S/I	S/I
7	Río Incaguaz	10,96	8,7	S/I	2,26	D	S/I	S/I
8	Estero Derecho	10,41	8,9	S/I	1,51	D	S/I	S/I
9	Río Claro	10,36	8,7	S/I	1,66	D	S/I	S/I
10	Río Cochiguaz	S/I	7,5	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
11	Río Elqui	10,48	9	S/I	1,48	D	S/I	S/I
12	Río Elqui	10,37	9,2	S/I	1,17	D	S/I	S/I
13	Río Elqui	11,15	10,9	S/I	0,25	D	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

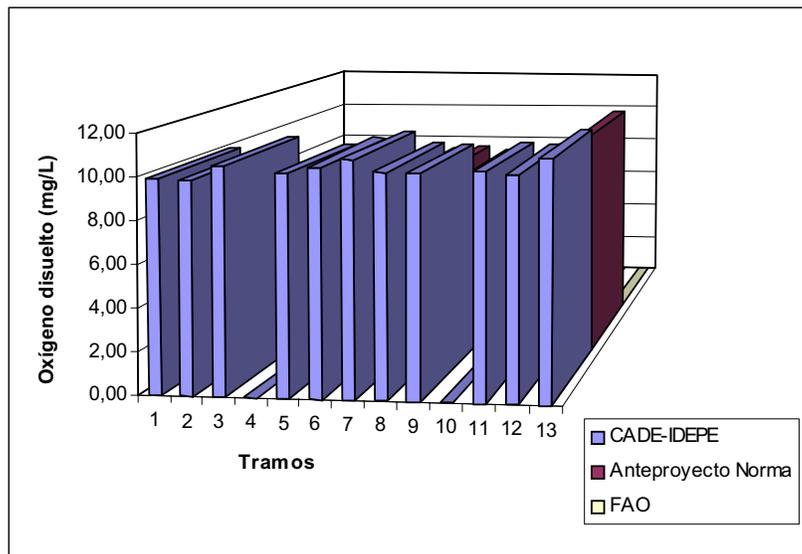


Figura 4: Valores del parámetro Oxígeno disuelto según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al comparar los valores de Oxígeno disuelto del Estudio CADE-IDEPE (2004) y el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) se puede concluir que para los tramos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13 los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son menores que los

valores del Estudio CADE- IDEPE (2004), (para el caso de los tramos 4 y 10, se carece de información).

El Estudio FAO (1987), no consiga valores para el parámetro Oxígeno disuelto.

5.4 pH

5.4.1 Situación del pH en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 21: pH en la cuenca Elqui (unidad)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	5,82	7,2	7,5	-1,38	A	0,3	D
2	Río Malo	5,12	4,95	7,5	0,17	D	2,55	D
3	Río Toro	5,38	5,2	7,5	0,18	D	2,3	D
4	Río La Laguna	S/I	7,5	7,5	S/I	S/I	0	I
5	Río Turbio	7,98	7,5	7,5	0,48	D	0	I
6	Río Turbio	8	7,8	7,5	0,20	D	-0,3	A
7	Río Incaguaz	7,9	7,8	7,5	0,10	D	-0,3	A
8	Estero Derecho	7,83	7,7	7,5	0,13	D	-0,2	A
9	Río Claro	7,96	7,9	7,5	0,06	D	-0,4	A
10	Río Cochiguaz	S/I	7,5	7,5	S/I	S/I	0	I
11	Río Elqui	8,05	8	7,5	0,05	D	-0,5	A
12	Río Elqui	8,23	7,95	7,5	0,28	D	-0,45	A
13	Río Elqui	8,1	7,8	7,5	0,30	D	-0,3	A

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

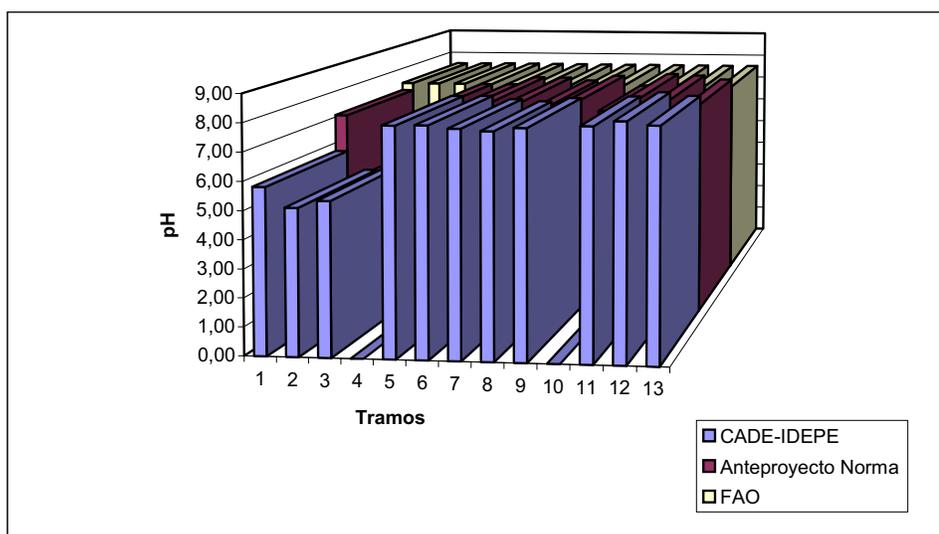


Figura 5: Valores del parámetro pH según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

En la mayoría de los tramos (excepto en el tramo 1), los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) son mayores que los del Anteproyecto de Norma (2005), (no existe medición del parámetro pH en el Estudio CADE-IDEPE para los tramos 4 y 10).

Si se comparan los valores del parámetro pH del Estudio CADE-IDEPE (2004) y el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) como un promedio, ocurre lo siguiente:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) en el tramo: 1.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos: 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13.

Comparando los valores promedio propuestos por el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) con los valores promedio sugeridos por FAO (1987), se tiene que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales a los valores del Estudio FAO (1987) en los tramos: 4 y 10.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que los valores del Estudio FAO (1987) en los tramos: 1, 2 y 3.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores en los tramos: 6, 7, 8, 10, 11, 12 y 13.

5.4.2 Impacto del pH en el suelo y los cultivos

El nivel de pH que posee un suelo es un factor importante en la disponibilidad de nutrientes y cationes metálicos para las plantas (ver figuras 6 y 7).

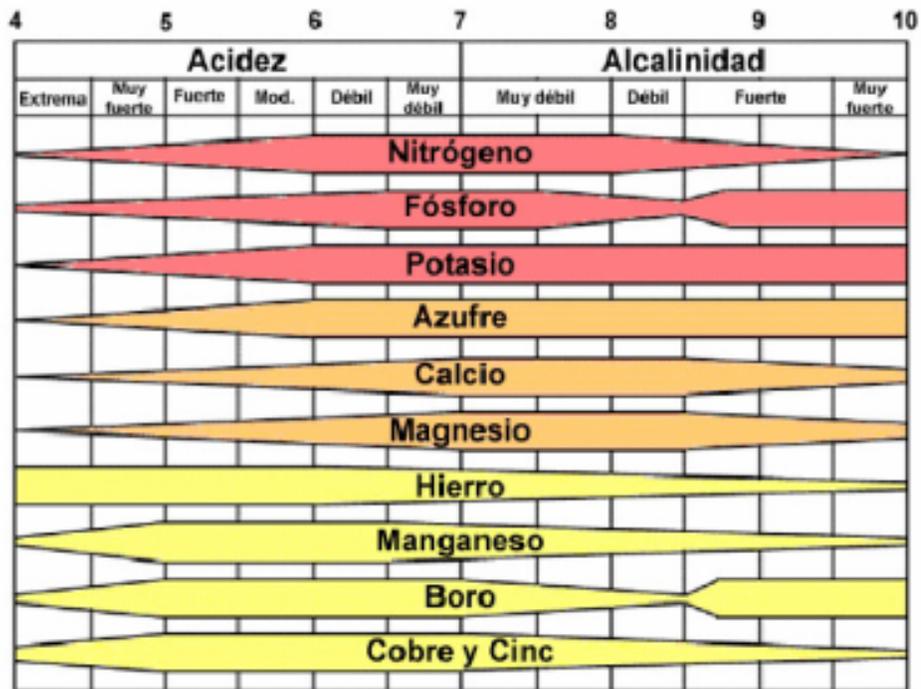


Figura 6: Absorción de nutrientes a distintos niveles de pH.

Fuente: The Texas A y M University System, 1996.

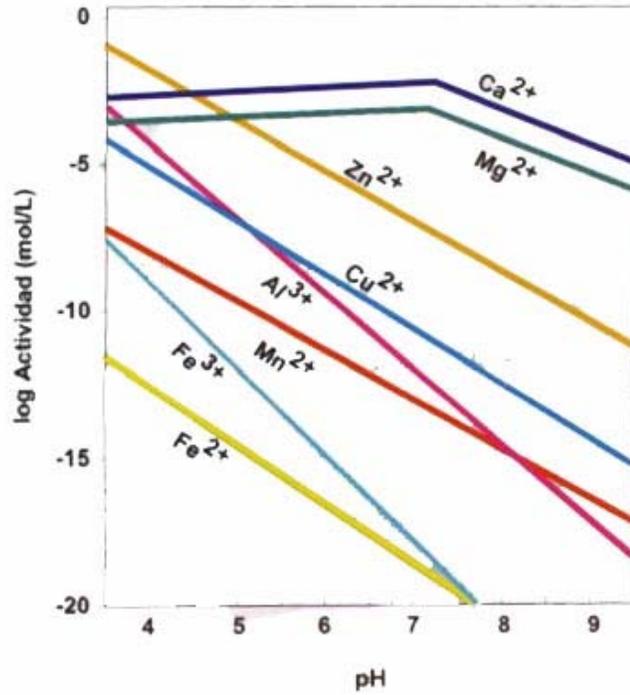


Figura 7: Solubilidad de Hierro y otros cationes metálicos a distintos de pH en suelos.
Fuente: Sociedad Química y Minera de Chile, 2001.

5.5 SÓLIDOS SUSPENDIDOS

5.5.1 Situación de los Sólidos Suspendidos en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 22: Sólidos suspendidos en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
2	Río Malo	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
3	Río Toro	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
4	Río La Laguna	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
5	Río Turbio	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
6	Río Turbio	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
7	Río Incaguaz	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
8	Estero Derecho	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
9	Río Claro	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
10	Río Cochiguaz	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
11	Río Elqui	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
12	Río Elqui	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I
13	Río Elqui	S/I	s/i	2000	S/I	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

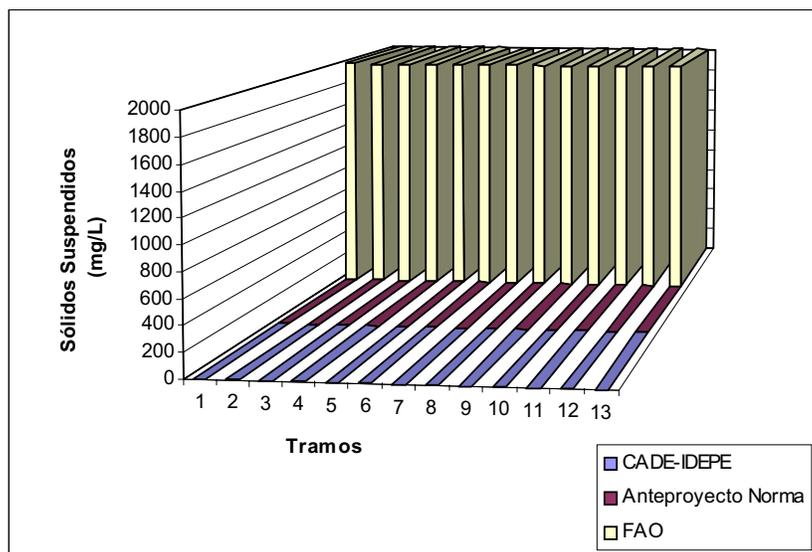


Figura 8: Valores del parámetro Sólidos suspendidos según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

No existe información para el parámetro Sólidos suspendidos en ninguno de los tramos consignados en el Estudio CADE-IDEPE (2004), por lo que no se pudo realizar el contraste con los valores sugeridos por FAO (1987).

5.5.2 Impacto de los Sólidos suspendidos en el suelo y los cultivos

Los sólidos suspendidos corresponden a todo el material que queda retenido en un filtro de 0,45 mm. La presencia del material sólido en suspensión se debe principalmente a factores naturales y su mayor implicancia es la obstrucción de sistemas de riego.

Existen restricciones del agua para su uso en sistemas de riego localizado, el grado de restricción de uso del agua destinada al riego localizado se muestra en la Figura 9.

Problemas	Unidades	Grado de Restricción de Uso		
		Ninguna	Ligera a Moderada	Severa
Físicos				
Sólidos en suspensión	mg/l	< 50	50 - 100	> 100
Químicos				
pH		< 7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sólidos solubles	mg/l	< 500	500 - 2000	> 2000
Manganeso ²	mg/l	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Hierro ³	mg/l	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Acido sulfídrico	mg/l	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
Biológicos				
Poblaciones bacterianas	Max. n°/ml	<10 000	10 000 - 50 000	>50 000

Figura 9: Influencia de la calidad del agua en obstrucción de sistemas de riego localizado.

Fuente: Nakayama, 1982.

² Mientras que a estas concentraciones se espera que no ocurran obstrucciones en el sistema de riego localizado, las toxicidades por Manganeso pueden presentarse a concentraciones menores.

³ Las concentraciones de Hierro mayores a 5 mg/l pueden provocar en ciertos cultivo desequilibrios de nutrición.

5.6 COLIFORMES FECALES

5.6.1 Situación de los Coliformes fecales en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 23: Coliformes fecales en la cuenca Elqui (NMP/ 100 ml)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
2	Río Malo	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
3	Río Toro	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
4	Río La Laguna	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
5	Río Turbio	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
6	Río Turbio	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
7	Río Incaguaz	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
8	Estero Derecho	S/I	s/i	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
9	Río Claro	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
10	Río Cochiguaz	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
11	Río Elqui	S/I	1000	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
12	Río Elqui	S/I	10	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
13	Río Elqui	S/I	1000	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

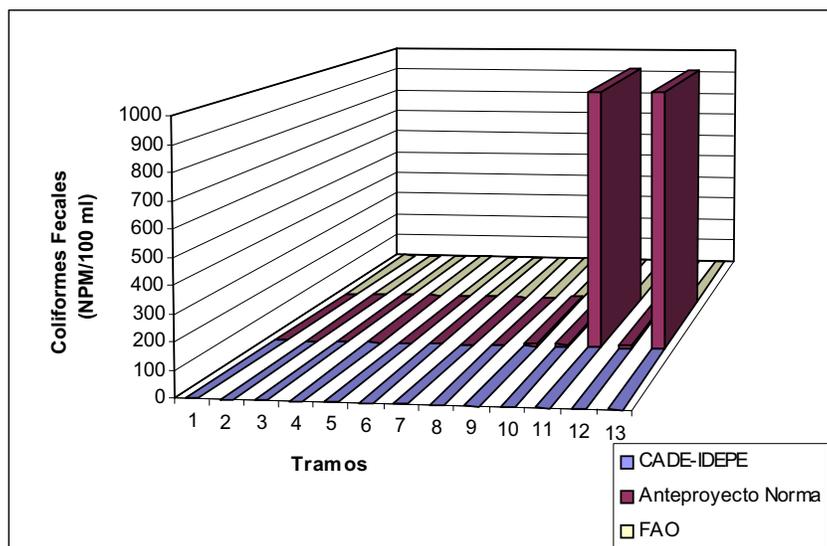


Figura 10: Valores del parámetro Coliformes fecales según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Tanto CADE-IDEPE (2005) como FAO (1987) no consignan valores para el parámetro de coliformes fecales por lo que no se pudo analizar la situación.

5.7 CLORURO

5.7.1 Situación del Cloruro en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 24: Cloruro en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	120,68	121	15	-0,32	A	-106	A
2	Río Malo	82,19	82	15	0,19	D	-67	A
3	Río Toro	112,75	113	15	-0,25	A	-98	A
4	Río La Laguna	S/I	80	15	S/I	S/I	-65	A
5	Río Turbio	58,47	58	15	0,47	D	-43	A
6	Río Turbio	35,21	35	15	0,21	D	-20	A
7	Río Incaguaz	9,69	10	15	-0,31	A	5	D
8	Estero Derecho	4,72	5	15	-0,28	A	10	D
9	Río Claro	6,60	7	15	-0,40	A	8	D
10	Río Cochiguaz	S/I	80	15	S/I	S/I	-65	A
11	Río Elqui	19	19	15	0,00	I	-4	D
12	Río Elqui	26,62	22	15	4,62	D	-7	A
13	Río Elqui	170,53	171	15	-0,47	A	-156	A

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

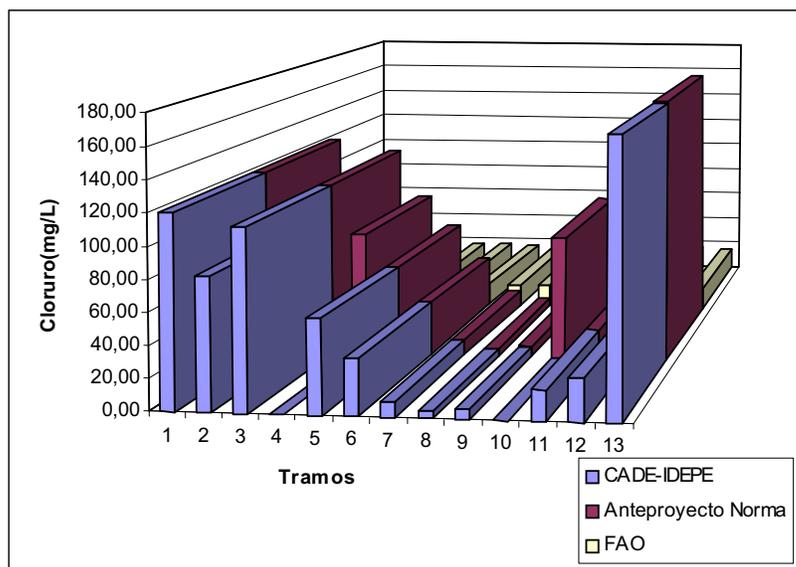


Figura 11: Valores del parámetro Cloruro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

En los tramos 1, 3, 7, 8, 9, y 13 el Estudio CADE – IDEPE (2004) presenta valores menores a los sugeridos por el Anteproyecto de Norma.

Los valores del Estudio CADE-IDEPE se encuentran dentro del rango de 0 – 30 mg/L sugerido por FAO en los tramos 7, 8, 9, 11 y 12.

Al comparar los valores sugeridos por el Anteproyecto de Norma con el rango de 0 – 30 mg/L sugerido por FAO, se presenta la siguiente situación:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que los valores del Estudio FAO (1987) en los tramos: 7, 8 y 9.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores en los tramos: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 y 13.

5.7.2 Impacto de los Cloruros en el suelo y los cultivos

El Cloruro sódico es la sal más frecuente en los suelos salinos, junto con los Sulfatos sódico y magnésico, y suele formar parte de las eflorescencias blancas. Su toxicidad es alta y muy común en el agua de riego (Tisdale, 1995).

El Cloruro no es adsorbido por el suelo, por lo que se moviliza con la solución de suelo, es captado por las plantas, acumulándose en sus hojas. Si su concentración en las hojas excede la tolerancia del cultivo, se desarrollan síntomas de daño hasta quemarla, efecto que en algunos cultivos limita su comercialización. La toxicidad por Cloruro puede ocurrir también por absorción directa por las hojas al regar por aspersión. Los Cloruros se eliminan con mayor facilidad por percolación en los suelos de textura gruesa.

Las diferentes clases de Cloruros existentes se muestran a continuación:

- a. Cloruro magnésico: Se acumula en suelos que tienen una salinidad extremadamente alta. Es una sal de toxicidad muy elevada y se puede formar en suelos con alto contenido en NaCl, en los que el Na⁺ se intercambia con el Mg²⁺ adsorbido en las posiciones de intercambio:
Partícula adsorbente-Mg + NaCl ----> Partícula adsorbente-Na + MgCl₂
- b. Cloruro cálcico: Presenta una solubilidad muy alta, sin embargo es una sal muy poco frecuente en suelos debido a la mayor estabilidad de otras sales cálcicas, como los Sulfatos o los carbonatos:
CaCl₂ + Na₂SO₄ + 2H₂O -----> 2NaCl (halita)+ CaSO₄. 2H₂O (yeso)
CaCl₂ + Na₂CO₃ -----> 2NaCl (halita) + CaCO₃ (calcita)
Tanto el yeso como el carbonato cálcico precipitan
- c. Cloruro potásico: Presenta propiedades análogas a las del NaCl, aunque es poco frecuente en los suelos debido a que el K se inmoviliza, bien en la estructura de las arcillas de tipo illita o en la biomasa debido a su carácter de macronutriente.

El cloro en cantidades excesivas tiene un efecto perjudicial sobre algunas plantas como es el caso del tabaco y de las papas, en ambas especies las hojas se adelgazan, tienden a enrollarse y disminuye la calidad de almacenamiento (Tisdale, 1995).

Los síntomas de toxicidad por cloro se manifiesta como quemaduras que afectan el borde de las hojas o bien su ápice, la necrosis alcanza su máxima expresión hacia fines de verano, momento en que se puede comprometer gran parte de la lámina. Estos problemas se

acentúan cuándo los suelos presentan drenaje imperfecto, así como en situaciones de sequía donde los Cloruros no se han podido lixiviar. (Razeto, 1993)

5.8 SULFATOS

5.8.1 Situación de los Sulfatos en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 25: Sulfatos en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	874,12	874	20	0,12	D	-854	A
2	Río Malo	1142,36	1018	20	124,36	D	-998	A
3	Río Toro	900,57	901	20	-0,43	A	-881	A
4	Río La Laguna	S/I	120	20	S/I	S/I	-100	A
5	Río Turbio	398,60	399	20	-0,40	A	-379	A
6	Río Turbio	245,67	246	20	-0,33	A	-226	A
7	Río Incaguaz	92,17	92	20	0,17	D	-72	A
8	Estero Derecho	17,45	17	20	0,45	D	3	D
9	Río Claro	48,99	49	20	-0,01	A	-29	A
10	Río Cochiguaz	S/I	120	20	S/I	S/I	-100	A
11	Río Elqui	143,89	144	20	-0,11	A	-124	A
12	Río Elqui	177,69	151	20	26,69	D	-131	A
13	Río Elqui	280,78	280	20	0,78	D	-260	A

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

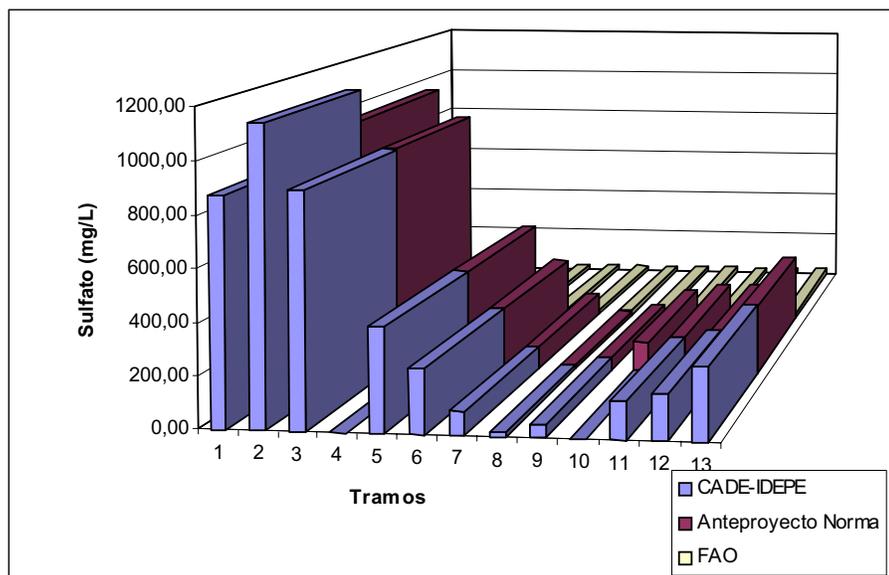


Figura 12: Valores del parámetro Sulfato según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) se puede observar lo siguiente:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) que los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo (los aumentos que existen son despreciables).
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son menores (más restrictiva) que los valores del Estudio CADE-IDEPE (2004) en el tramo: 12.

Para el caso de Sulfatos, FAO (1987) sugiere un rango que oscila entre los valores 0 – 40 mg/L, al comparar este rango de valores con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el rango sugerido por FAO (1987) en casi la totalidad de los tramos (excepto en el tramo 8).

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con los el rango de 0 – 40 mg/L sugerido por el Estudio FAO (1987), se observa que los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el rango sugerido por FAO (1987) en casi la totalidad de los tramos (excepto en el tramo 8).

5.8.2 Impacto de los Sulfatos en el suelo y los cultivos

El sulfato sódico es frecuente en los suelos salinos. Su solubilidad se ve afectada fuertemente por la temperatura (tiende a precipitar en climas áridos), lo que hace que tienda a concentrarse en la superficie del suelo, ya que durante el período cálido asciende a la superficie del suelo, es una sal mucho menos tóxica que el sulfato magnésico, ver Figura 13.

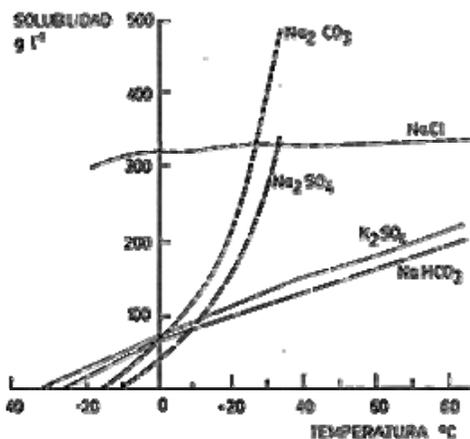


Figura 13: Solubilidad de distintos compuestos con respecto a la temperatura del suelo.

Fuente: The Texas A y M University System, 1996.

El ión sulfato no produce efectos específicos en suelos y plantas, sin embargo, contribuye a aumentar la salinidad de la solución de suelo. Cuando el agua de riego contiene altas concentraciones de calcio y sulfato, estos dos elementos se combinarán en el suelo y formarán yeso. Por lo tanto, las sales solubles dañinas depositadas en el suelo serán

reducidas y habrá menos riesgo para una cierta calidad de agua. El agua que es rica en sulfato y calcio puede ser usada en suelos de arcilla.

El sulfato magnésico es una sal frecuente en los suelos salinos, muy soluble y altamente tóxica.

El sulfato potásico generalmente es escaso en los suelos salinos, por lo que no suele ser responsable de salinizaciones en condiciones naturales, aunque puede crear problemas cuando se hace un mal uso de los abonos, generalmente en invernaderos. Junto con el KCl son las sales menos tóxicas.

Aunque los niveles de sulfato superan ampliamente el rango de 0 – 40 mg/L sugerido por FAO, no se puede dar una conclusión respecto a los efectos ya que no se conoce el tipo de sulfato predominante en la cuenca.

5.9 BORO

5.9.1 Situación del Boro en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 26: Boro en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	4,50	4,5	3	0,00	I	-1,5	A
2	Río Malo	4,49	3,94	3	0,55	D	-0,94	A
3	Río Toro	4,13	4,12	3	0,01	D	-1,12	A
4	Río La Laguna	S/I	0,4	3	S/I	S/I	2,6	D
5	Río Turbio	2,42	1,39	3	1,03	D	1,61	D
6	Río Turbio	1,01	1,01	3	0,00	I	1,99	D
7	Río Incaguaz	1,00	1	3	0,00	I	2	D
8	Estero Derecho	1,00	1	3	0,00	I	2	D
9	Río Claro	0,99	0,99	3	0,00	I	2,01	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,4	3	S/I	S/I	2,6	D
11	Río Elqui	1	1	3	0,00	I	2	D
12	Río Elqui	1	0,89	3	0,11	D	2,11	D
13	Río Elqui	1	1	3	0,00	I	2	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

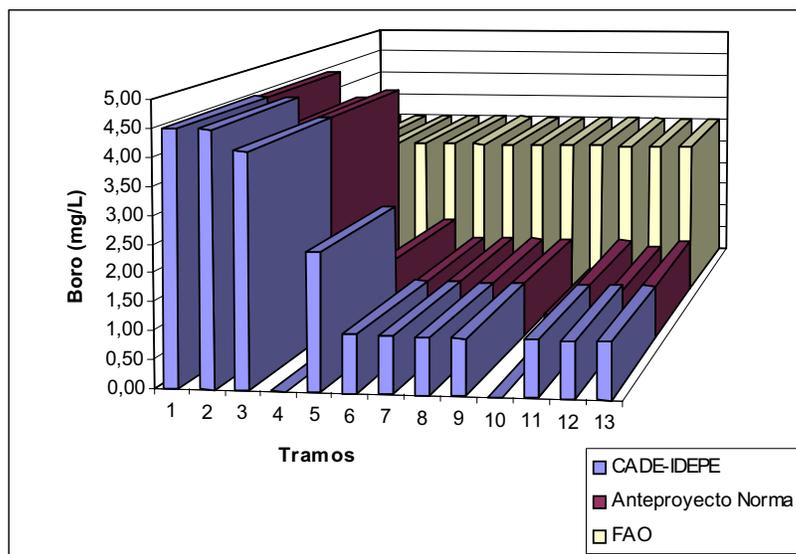


Figura 14: Valores del parámetro Boro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que los presentados en el Estudio CADE – IDEPE (2004) en los tramos: 2, 3, 5, y 12.
- iii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales a los presentados en el Estudio CADE – IDEPE (2004) para los tramos: 6, 7, 8 y 9.

Para el caso de Boro, FAO (1987) sugiere valor máximo de 3,0 mg/L, al contrastar el valor propuesto por el Anteproyecto de Norma (2005) con los valores sugeridos en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, y 3.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 3,0 mg/L sugerido en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el valor sugerido por FAO (1987) en el tramo: 1, 2 y 3.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictiva) que el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13.

5.9.2 Impacto del Boro en el suelo y los cultivos

El Boro pertenece al grupo de elementos que poseen un alto potencial iónico compuesto por aniones complejos solubles durante la formación de sedimentos marinos. La mayor parte del Boro en los suelos se encuentra en forma de mineral turmalina, altamente insoluble, siendo también importante el aporte natural del suelo por Boro silicatos y boratos (Thompson, 1965).

En la solución suelo se puede encontrar como anión o ácido bórico sin disociar, el cual es directamente aprovechable por las plantas, el Boro asimilable se encuentra en forma orgánica e inorgánica. Entre las formas inorgánicas se encuentran los boratos de Sodio, Calcio y Magnesio que pueden provenir de la disolución lenta de los minerales que contienen Boro, a su vez el Boro orgánico disponible resulta una fuente importante en suelos con buena actividad microbiana y con un suficiente contenido de materia orgánica.

El Boro es absorbido por un flujo hídrico a través de las raíces de las plantas bajo la forma de ácido bórico no disociado, sigue el flujo de la transpiración, y es transportado

únicamente en el xilema, ya que es en gran parte inmóvil en el floema. Se ha demostrado que puede haber un control genético en el transporte de dicho elemento.

Los contenidos de Boro en la capa arable varía desde 2 a 200 ppm y el Boro soluble puede variar desde 0,05 a 5 ppm. En concentraciones iguales o superiores a 5 ppm los cultivos semitolerantes ya comienzan a mostrar indicios de daños.

El movimiento del Boro en el suelo se relaciona con: a) pH, b) la textura, c) la humedad y d) los componentes minerales.

- a. Efecto del pH: El Boro total (entre 2 y 200 ppm) que principalmente depende del tipo de suelo, se encuentra bajo las siguientes formas: a) en el interior de los minerales silicatados (no asimilable por las plantas); b) adsorbido sobre los minerales arcillosos (con un máximo de absorción hacia pH 8,5 - 9); c) adsorbido sobre hidróxidos de hierro y Aluminio (con un máximo de absorción entre pH 8-9 para hidróxidos de hierro y hacia pH 7 para hidróxido de Aluminio); y ligado a la materia orgánica (provocando un aumento del contenido en Boro en las plantas). Generalmente al aumentar el pH del suelo, la adsorción del Boro por parte de éste es mayor y, en consecuencia, la disponibilidad para las plantas menor.
- b. Efecto de la textura: La textura del suelo es también un factor importante a considerar. Los suelos con textura gruesa contienen en general mayores cantidades de Boro soluble que los suelos de textura fina debido a que en estos el Boro es adsorbido por la arcilla, quedando restringida la lixiviación (figuras 15 y 16).
- c. Efectos de la humedad: Las condiciones climáticas pueden tener relación con la tolerancia al Boro, pero no en todos los cultivos los efectos son los mismos, sino que unos acumulan más Boro en condiciones de altas temperaturas y climas secos y otros lo hacen a bajas temperaturas y humedades más altas.
- d. Efecto de los componentes minerales: Los componentes minerales del suelo también influyen en la disponibilidad de Boro. En suelos alcalinos con presencia de iones Ca libres la disponibilidad de Boro es mucho menor. Lo mismo ocurre para el magnesio.

El Boro puede ser causante de toxicidad para las plantas, se sabe que las concentraciones de Boro en agua de riego menores de 0,70 ppm, suelen ser beneficiosas para la mayoría de las plantas, sin embargo, valores comprendidos entre 1,0 y 4,0 ppm producen necrosis celular siendo inadecuadas para las plantas.

Los cultivos pueden clasificarse, atendiendo a la concentración máxima permitida de Boro en el agua de riego, en tres categorías por orden de tolerancia creciente:

- a. Cultivos sensibles (0,30 - 1,00 ppm): manzano, cerezo, limonero, naranjo, peral, durazno, pomelo, palto, olmo, damasco, higuera, vid, y ciruelo.
- b. Cultivos semitolerantes (1,00 - 2,05 ppm): cebada, alfalfa, repollo, zanahoria, lechuga, cebolla, papa, zapallo, espinaca, tabaco, olivo, rosál, tomate y trigo.

- c. Cultivos tolerantes (2,05 - 4,00 ppm): espárrago, arándano, algodón, pepino, gladiolo, sésamo, tulipán, remolacha, haba, menta y centeno.

En la Figura 17 se pueden observar las concentraciones máximas toleradas en el agua del suelo, o extracto de saturación, sin pérdidas de rendimiento o reducción en el crecimiento. Las concentraciones máximas en el riego son aproximadamente igual a las indicadas o ligeramente inferiores. Las tolerancias varían con el clima, condiciones del suelo y con las variedades de los cultivos (FAO, 1987).

Las plantas tolerantes acumulan Boro a una velocidad baja mientras que las plantas sensibles lo hacen muy rápidamente. Se establece que las diferencias de tolerancia al Boro en plantas pueda ser causada por las distintas proporciones de acumulación de Boro en hojas y no por las diferencias de sensibilidad en ellas. Así, las diferencias del tiempo necesario en las plantas para mostrar síntomas de toxicidad se basan únicamente en dicha acumulación. La distribución de Boro en las plantas no es uniforme. Su acumulación es más alta en las hojas que en raíces, tallos y frutos, aunque existen excepciones como el melón y el cerezo (Figura 8).

El contenido de Boro en las plantas varía con las especies, la edad y los órganos analizados, de tal manera que los síntomas de toxicidad generalmente aparecerán por encima de 200 ppm. Estos síntomas coinciden en la mayoría de los cultivos con necrosis progresiva de las hojas que comienza por un amarillamiento de los bordes de las hojas, progresa entre los nervios laterales hacia la nervadura central y termina con un oscurecimiento y la posterior necrosis. Las monocotiledóneas muestran necrosis en las puntas, mientras que en las dicotiledóneas la necrosis es tanto marginal como apical.

A pesar de que los síntomas de toxicidad son provocados por una aplicación excesiva de Boro, el rendimiento comercial del cultivo no se ve afectado hasta que los síntomas visibles son muy graves. Sin embargo, en el caso de plantas ornamentales esto no ocurre ya que un buen rendimiento implica la ausencia total de hojas con síntomas necróticos.

Otras causas de los síntomas de toxicidad en las plantas pueden ser los suelos derivados de sedimentos marinos, suelos de las regiones áridas o semiáridas o de suelos derivados de una roca madre rica en Boro encontrándose éste en solución como ácido bórico (H_3BO_3) o como Bórax ($Na_2B_4O_7$).

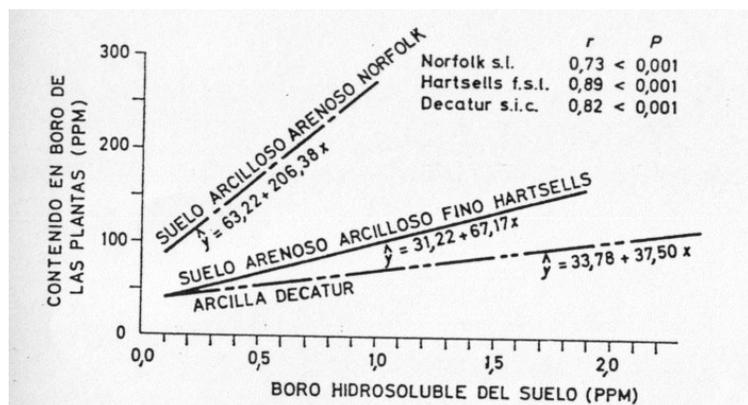


Figura 15: Efecto de la textura del suelo y el contenido de Boro hidrosoluble

Fuente: Tisdale et al, 1995.

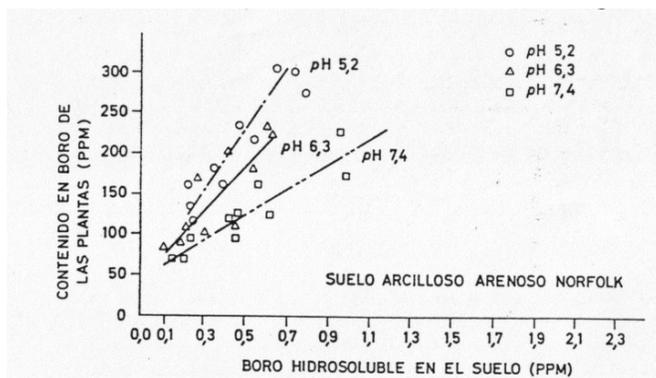


Figura 16: Efecto del pH y del contenido de Boro hidrosoluble.

Fuente: Tisdale et al, 1995.

Muy Sensibles (< 0,5 mg/l)		Moderadamente Sensibles (1,0 - 2,0 mg/l)	
Limonero	Citrus limon	Pimiento, aji	Capsicum annum
Zarzamora	Rubus spp.	Guisante, arveja	Pisum sativa
		Zanahoria	Daucus carota
		Rabanito	Raphanus sativus
		Papas, patatas	Solanum tuberosum
		Pepino	Cucumis sativus
Sensibles (0,5 - 0,75 mg/l)		Moderadamente Tolerantes (2,0 - 4,0 mg/l)	
Aguacate	Persea americana	Lechuga	Lactuca sativa
Pomelo, toronja	Citrus X paradisi	Repollo	Brassica oleracea capitata
Naranja	Citrus sinensis	Apio	Apium graveolens
Albaricoquero	Prunus armeniaca	Nabo	Brassica rapa
Melocotonero	Prunus persica	Pasto azul	Poa pratensis
Cerezo	Prunus avium	Avena	Avena sativa
Ciruelo	Prunus domestica	Maíz	Zea mays
caqui	Diospyros kaki	Alcachofa	Cynara scolymus
Higuera	Ficus carica	Tabaco	Nicotiana tabacum
Vid	Vitis vinifera	Mostaza	Brassica juncea
Nogal	Juglans regia	Trébol dulce	Melilotus indica
Pecana	Carya illinoensis	Calabaza, zapallo	Cucurbita pepo
Caupíes	Vigna unguiculata	Melón	Cucumis melo
Cebolla	Allium cepa		
Sensibles (0,75 - 1,0 mg/l)		Tolerantes (4,0 - 6,0 mg/l)	
Ajo	Allium sativum	Sorgo	Sorghum bicolor
Camote, batata	Ipomoea batatas	Tomate	Lycopersicon lycopersicum
Trigo	Triticum aestivum	Alfalfa	Medicago sativa
Cebada	Hordeum vulgare	Veza	Vicia benghalensis
Girasol	Helianthus annuus	Perejil	Petrocelinum crispum
Frijol chino	Vigna radiata	Betarraga	Beta vulgaris
Ajonjolí	Sesamum indicum	Remolacha azucarera	Beta vulgaris
Lupino, altramuz	Lupinus hartwegii		
Freza, frutilla	Fragaria spp.		
Alcachofa	Helianthus tuberosus		
Frijoles	Phaseolus vulgaris		
Pallar, judía lima	Phaseolus lunatus		
Maní, cacahuete	Arachis hypogaea		
		Muy Tolerantes (6,0 - 15,0 mg/l)	
		Algodón	Gossypium hirsutum
		Espárrago	Asparagus officinalis

Figura 17: Tolerancia relativa al Boro de algunos cultivos.

Fuente: Maas, 1984.

5.10 COBRE

5.10.1 Situación del Cobre en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 27: Cobre en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	0,20	0,1976	0,2	0,00	I	0,0024	D
2	Río Malo	23,85	22,9	0,2	0,95	D	-22,7	A
3	Río Toro	11,96	11,96	0,2	0,00	I	-11,76	A
4	Río La Laguna	S/I	0,2	0,2	S/I	S/I	0	I
5	Río Turbio	2,69	2,688	0,2	0,00	I	-2,488	A
6	Río Turbio	1,54	1,544	0,2	0,00	I	-1,344	A
7	Río Incaguaz	0,12	0,07	0,2	0,05	D	0,13	D
8	Estero Derecho	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
9	Río Claro	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,01	0,2	S/I	S/I	0,19	D
11	Río Elqui	0,76	0,75	0,2	0,01	D	-0,55	A
12	Río Elqui	0,25	0,24	0,2	0,01	D	-0,04	A
13	Río Elqui	0,06	0,116	0,2	-0,06	A	0,084	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

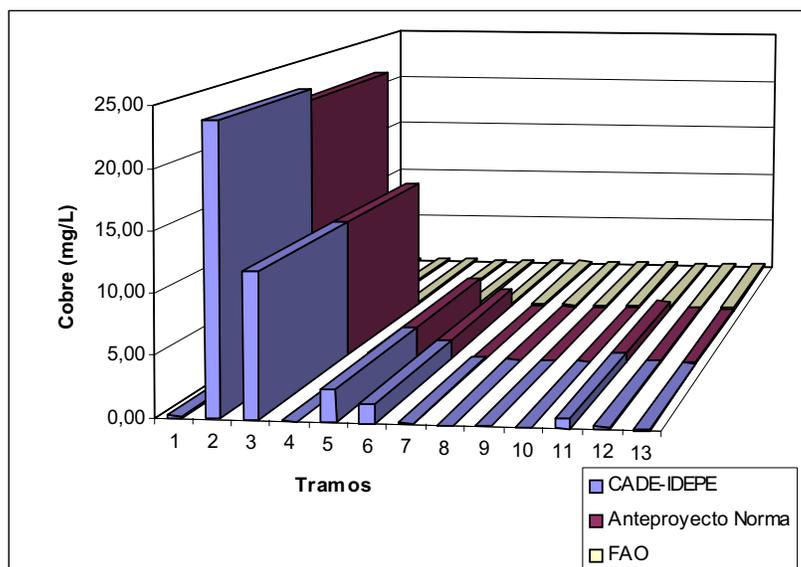


Figura 19: Valores del parámetro Cobre según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al comparar entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en el tramo 13.
- ii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos: 1, 2, 7, 11 y 12.
- iii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) iguales a los presentados en el Estudio CADE – IDEPE (2004) para el tramo: 3, 5, 6, 8 y 9.

Para el caso de Cobre, FAO (1987) sugiere valor máximo de 0,2 mg/L, al contrastar este valor con los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido por el Estudio FAO (1987) en los tramos: 2, 3, 5, 6, 11 y 12.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el sugerido por el Estudio FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 10 y 13.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales que el sugerido por el Estudio FAO (1987) en los tramos: 1 y 4.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 0,2 mg/L sugerido por el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el sugerido por el Estudio FAO (1987) en los tramos: 2, 3, 5, 6, 11 y 12.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido por el Estudio FAO (1987) en los tramos: 8, 9 y 13.

5.10.2 Impacto del Cobre en el suelo y los cultivos

El contenido de Cobre en la litosfera varía entre 2 ppm – 100 ppm, los suelos de texturas franca arcillosa presentan contenidos entre 10 a 200 ppm, suelos muy arenosos contienen entre 1 a 30 ppm. El Cobre se encuentra como sales solubles e insolubles en agua, como ión de cambio, fijo en compuestos orgánicos y en las redes cristalinas de aluminosilicatos y otros minerales presentándose en forma divalente. Los carbonatos, sulfitos y sulfuros forman sales insolubles con Cobre (Schintzer, 1966).

El Cobre en la solución suelo es muy escaso con concentraciones alrededor de 0,01 ppm, estimándose que el Cobre soluble no llega a 1 ppm lo que corresponde más o menos al 1% del Cobre total. Cloruros, nitratos y Sulfatos forman sales solubles con el Cobre, pero se cree que la mayor parte de los compuestos cúpricos solubles en agua sean sales de ácidos orgánicos, tales como acético, oxálico, cítrico, etc. El Cobre por las plantas es absorbido como ión cúprico o como ión cuproso, actúa como activador de varias enzimas, cumple rol

en la fotosíntesis (formando parte de la plastocianina), forma parte de la clorofila (junto con Manganese) (Devlin, 1969).

El ión Cobre es fuertemente adsorbido por los coloides minerales y orgánicos del suelo, de modo relativamente intercambiable. La energía de adsorción relativa de los iones divalentes sobre un suelo orgánico se presenta en orden decreciente de la siguiente forma: Pb, Cu, Co, Zn, Mn, Mg y Ca (Tisdale, 1995).

El Cobre también se encuentra presente en el agua de riego y la adición de esta puede generar grandes acumulaciones en el suelo. La disponibilidad de Cobre para las plantas depende de los siguientes factores:

- a. Efecto de la capacidad de intercambio catiónico: En general, la retención de Cobre aumenta con la capacidad de intercambio catiónico, así en suelos arcillosos la proporción del Cobre aprovechable es pequeña. El Cobre es retenido especialmente en la fracción materia orgánica del suelo. La materia orgánica adsorbe Cobre hasta que se satura su capacidad de intercambio catiónico, después de lo cuál lo hace la fracción arcillosa (Razeto, 1969).
- b. Efecto del pH: La cantidad de Cobre intercambiable disminuye al aumentar el pH, en general el metal es retenido más fuertemente por el suelo en el rango de pH 7 a 8, apreciablemente entre pH 6 a 7 y progresivamente menos cuándo el suelo es más ácido, produciéndose el máximo de solubilidad cuándo el pH es de 5,5 (Tisdale, 1995) (Figura 20).
- c. Efecto del fósforo: Altos contenidos de fosfatos en los suelos con exceso de Cobre disminuye el efecto tóxico para el caso de los cítricos, sin embargo no se ha podido comprobar que la cantidad de Cobre soluble disminuya, por lo que se supone que la asimilación disminuye por precipitación como fosfato sobre la superficie de la raíz (Bingham et al, 1960).
- d. Efecto de los carbonatos: La presencia de carbonatos solubles e insolubles produce un aumento de la fijación de Cobre por precipitación como carbonato básico.
- e. Efecto del Hierro: El Cobre interfiere en el movimiento ascendente del Hierro, el cuál en condiciones de exceso de Cobre disminuye su contenido en las raíces y en las hojas se presentan síntomas de clorosis debido al escaso contenido de Hierro.
- f. Efecto del Aluminio: Disminuye el efecto tóxico del Cobre, sin disminuir la adsorción de Cobre por la planta (Figura 21).
- g. Efecto del Molibdeno: Existe antagonismo mutuo con el Molibdeno, aliviando la toxicidad del elemento en exceso y agravando la deficiencia del elemento deficiente.

- h. Efecto del Cinc y el Manganeseo: Altos niveles de Cobre tienden a disminuir la absorción de Cinc y Manganeseo. Una situación similar ocurre para el caso del nitrógeno.
- i. Efecto del sodio y del calcio: La introducción de Na^+ y Ca^{++} , disminuye la retención de Cu^{++} en suelos ácidos, pero en suelos neutros la influencia es mínima.
- j. Efecto de la saturación de bases: La no saturación de los suelos mantiene un mayor porcentaje de Cu^{++} en estado intercambiable y en formas solubles ácidas.
- k. Efecto del drenaje: En condiciones de drenaje limitado aumenta la movilidad de los elementos traza.

Estados de toxicidad se manifiestan con un pobre crecimiento, raíces fibrosas y raicillas anormalmente oscuras, amarillamiento del follaje, gomosis y rajadura de la corteza, defoliación y pérdida de calibre de la fruta.

Las plantas según su resistencia a los excesos de Cobre se dividen en:

- a. Plantas susceptibles: Alfalfa, porotos, cítricos, trébol, maíz, gladiolo, amapola, espinaca y cucurbitáceas en general.
- b. Plantas Tolerantes o semitolerantes: Vid.

La toxicidad se presenta raramente sobre frutales y viñedos debido a que su sistema radicular se encuentra por debajo de la capa de acumulación, situación que no ocurre con las hortalizas.

Los valores de toxicidad varían mucho sin embargo se observan síntomas de clorosis cuándo el Cobre total de un suelo muy arenoso se encuentra en condiciones de pH 5, 0 o menor. Se ha determinado que para que exista daño en las raíces la cantidad de Cobre que debe estar presente en la materia seca debe ser igual superior a 400ppm.

Los tramos 2 y 3 presentan una mayor posibilidad de presentar problemas de toxicidad por Cobre.

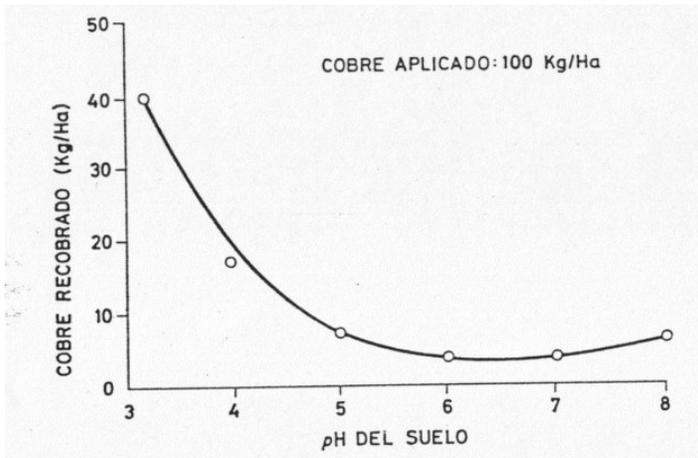


Figura 20: Efecto del pH en el aprovechamiento del Cobre.
Fuente: Tisdale et al, 1995.

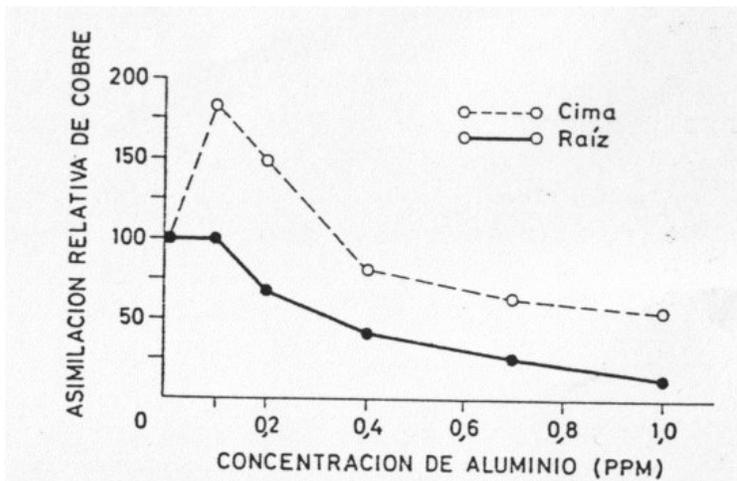


Figura 21: Asimilación relativa del Cobre por plantas de trigo en 48 hrs de una solución que contiene 0,02 ppm de Cobre y diferentes concentraciones de Aluminio.
Fuente: Tisdale et al, 1995

5.11 HIERRO

5.11.1 Situación del Hierro en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 28: Hierro en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	20,64	20,2	5	0,44	D	-15,2	A
2	Río Malo	50,66	28,5	5	22,16	D	-23,5	A
3	Río Toro	29,18	26,2	5	2,98	D	-21,2	A
4	Río La Laguna	S/I	0,8	5	S/I	S/I	4,2	D
5	Río Turbio	7,20	7,2	5	0,00	I	-2,2	A
6	Río Turbio	6,78	6,8	5	-0,02	A	-1,8	A
7	Río Incaguaz	0,81	0,6	5	0,21	D	4,4	D
8	Estero Derecho	0,52	0,5	5	0,02	D	4,5	D
9	Río Claro	0,32	0,3	5	0,02	D	4,7	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,8	5	S/I	S/I	4,2	D
11	Río Elqui	3,34	3,3	5	0,04	D	1,7	D
12	Río Elqui	2,10	2,1	5	0,00	I	2,9	D
13	Río Elqui	0,56	0,6	5	-0,04	A	4,4	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

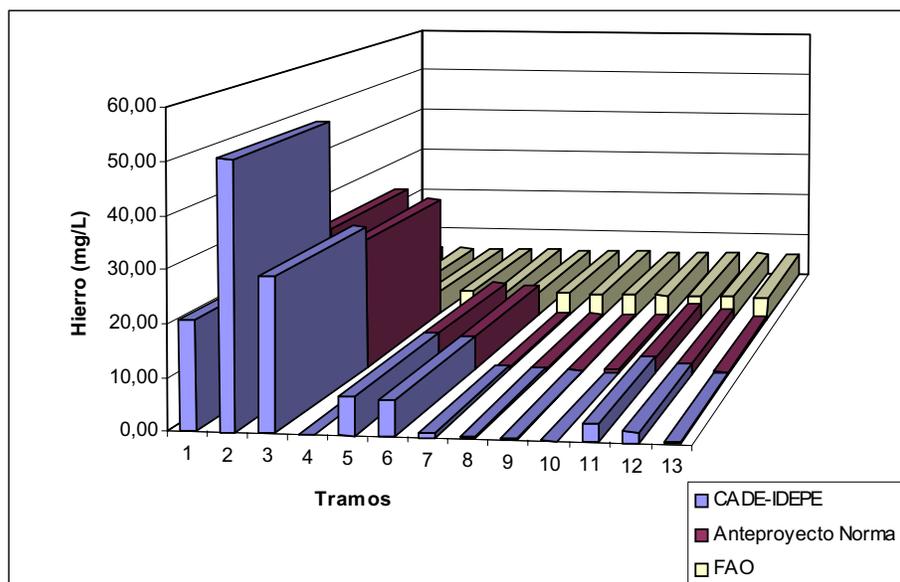


Figura 22: Valores del parámetro Hierro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en el tramo: 13.
- ii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE – IDEPE (2004) en los tramos: 1, 2, 3 y 7.

Para el caso de Hierro, FAO (1987) sugiere valor máximo de 5,0 mg/L, al contrastar este valor con los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) a el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5 y 6.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 4, 7, 8, 9, 10 y 13.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales al valor sugerido por FAO (1987) en ningún tramo.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con los valores consignados en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) a el valor sugerido por FAO (1987) en el tramo: 1, 2, 3, 5 y 6.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) a el valor sugerido por FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 11, 12, y 13.

5.11.2 Impacto del Hierro en el suelo y los cultivos

La cantidad de hierro en los suelos es variable y oscila entre 200 ppm hasta constituir el 10% de ellos (Tisdale, 1995).

La toxicidad de Fe está relacionada con el estrés causado por la deficiencia de varios nutrientes, situación que reduce el poder de oxidación de las raíces. Las raíces de las plantas deficientes en potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca) y/o magnesio (Mg) exudan más metabolitos de bajo peso molecular (azúcares solubles, amidas, aminoácidos) que las plantas con adecuado suplemento de estos nutrientes. Durante los períodos de intensa actividad metabólica, esta condición da como resultado un aumento de la población de rizoflora, lo cual a su vez incrementa la demanda por receptores de electrones, esto hace que las bacterias anaeróbicas (facultativas y obligadas) reduzcan el Fe^{3+} a Fe^{2+} . La continua reducción del Fe^{3+} contenido en la capa de óxido de hierro III (Fe_2O_3) que cubre las raíces puede paralizar la oxidación del Fe, resultando en un flujo incontrolado de Fe^{2+} hacia las raíces de la planta. La disponibilidad del Fe depende en gran parte del pH del suelo, así en suelos ácidos ($pH < 5,0$) el Hierro se encuentra de la forma más disponible

para las plantas y en suelos alcalinos (sobre pH 7) la solubilidad del Hierro disminuye drásticamente (Tisdale, 1995).

La toxicidad de Fe se caracteriza por la siguiente sintomatología (Razeto, 1993):

- a. **Manchas:** Presencia de pequeñas manchas de color pardo que aparecen primero en las puntas de las hojas viejas.
- b. **Decoloración:** Hojas enteras de color amarillo - anaranjado a pardo.
- c. **Raíces:** Superficie de las raíces cubierta por una capa de color negro.

Cuándo la toxicidad de Fe es severa las hojas toman un color púrpura – parduzco, en algunas variedades, las puntas de las hojas presentan tonalidades de color entre anaranjado – amarillento y se secan (Razeto, 1993).

5.12 MANGANESO

5.12.1 Situación del Manganeseo en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 29: Manganeseo en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	4,76	4,76	0,2	0,00	I	-4,56	A
2	Río Malo	11,40	8,08	0,2	3,32	D	-7,88	A
3	Río Toro	5,55	5,55	0,2	0,00	I	-5,35	A
4	Río La Laguna	S/I	0,04	0,2	S/I	S/I	0,16	D
5	Río Turbio	1,48	0,81	0,2	0,67	D	-0,61	A
6	Río Turbio	0,81	0,81	0,2	0,00	I	-0,61	A
7	Río Incaguaz	0,18	0,18	0,2	0,00	I	0,02	D
8	Estero Derecho	0,04	0,04	0,2	0,00	I	0,16	D
9	Río Claro	0,03	0,03	0,2	0,00	I	0,17	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,04	0,2	S/I	S/I	0,16	D
11	Río Elqui	0,52	0,52	0,2	0,00	I	-0,32	A
12	Río Elqui	0,13	0,09	0,2	0,04	D	0,11	D
13	Río Elqui	0,05	0,05	0,2	0,00	I	0,15	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

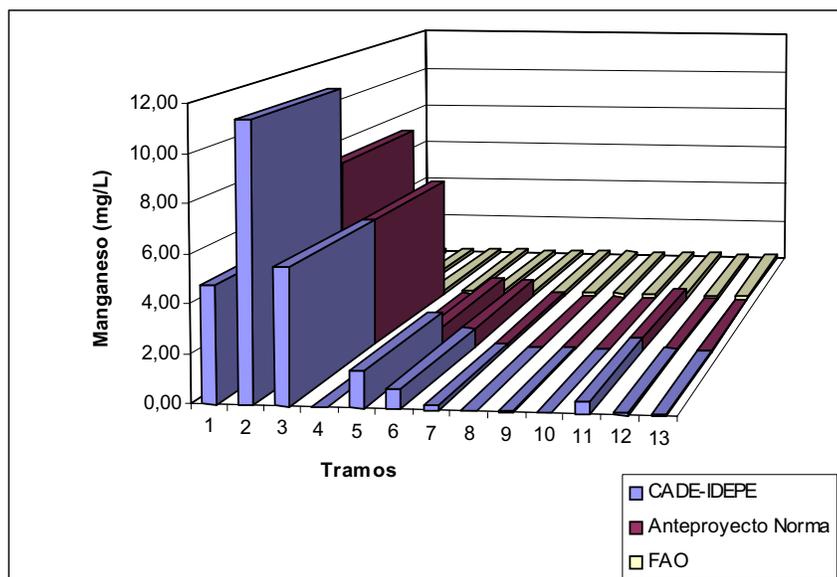


Figura 23: Valores del parámetro Manganeseo según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son mayores (son más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos: 2, 5, y 12.

Para el caso de Manganeso, FAO (1987) sugiere valor máximo de 0,2 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido en FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5, 6 y 11.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el sugerido en FAO (1987) en los tramos: 4, 7, 8, 9, 10, 12 y 13.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales que el sugerido en FAO (1987) en ningún tramo.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 0,2 mg/L sugerido por FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el sugerido en FAO (1987) en el tramo: 1, 2, 3, 5, 6 y 11.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido en FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 12, y 13.

5.12.2 Impacto del Manganeso en el suelo y los cultivos

El Manganeso en el suelo se encuentra en tres estados de valencia: 1) Manganeso divalente, Mn^{2+} que se encuentra en la solución suelo, 2) Manganeso trivalente Mn_2O_3 en forma de óxido altamente reactivo y 3) Manganeso tetravalente Mn^{4+} que es la forma más inerte. Las investigaciones sugieren que entre estas tres formas existe un equilibrio dinámico en el suelo. La forma divalente se encuentra favorecida por suelos con pH ácidos. En suelos ricos en materia orgánica y con pH cercano a la neutralidad ciertos cultivos (especialmente cereales) muestran grados de déficit de Manganeso (Tisdale et al., 1995). La relación que existe entre la humedad y la adsorción del Manganeso es un poco confusa, sin embargo se sugiere que en condiciones de suelo seco la disponibilidad de Manganeso es mayor, se relaciona esta característica ya que a condiciones de suelos que comienzan a secarse se produce un aumento de la actividad microbiana (con el consecuente aumento de la temperatura) y por tanto a nivel del suelo se produce un cambio en los niveles de pH (disminución). Se sabe que existe una relación lineal entre el pH en relaciones que van en valores de 3,2 – 8; se ha determinado que la máxima disponibilidad de Manganeso se encuentra a pH inferiores a 6,5 y en suelos de condición extremadamente ácida da como

resultado la presencia de toxicidad por disponibilidad excesiva, sin embargo, cabe destacar que el descenso del pH no es por sí solo la causa de la disponibilidad del Manganeseo (Figura 24).

Es conocido que aplicaciones de fertilizantes ricos en Ca tienden disminuir los efectos tóxicos causados por Manganeseo (Jones et al. , 1991). Los compuestos de calcio que aumentan el pH del suelo tienen una correlación positiva con la solución de toxicidad de Manganeseo.

La literatura describe la existencia de antagonismos entre altos niveles de Manganeseo deprimen la absorción de Magnesio en tomate, trigo y soya (Heenan y Campbell., 1981). Una situación similar a la anteriormente descrita ocurre con la presencia de Fe, se ha logrado determinar que la presencia de Manganeseo, disminuye la absorción de Fierro (Nazrul., 1986), sin embargo, la revisión bibliográfica llevada a cabo por Warden y Reiseuner (1991) demostró que la interacción entre Fe – Mn varía entre las especies y que no es siempre consistente en los diferentes estudios, se pudo establecer la inexistencia de interacción en suelos de texturas arenosas en contraposición de lo que ocurre en suelos de texturas francas y arcillosas.

Los contenidos de Manganeseo se correlacionan positivamente con los contenidos de Boro y de Silicio y negativamente con los contenidos de Cinc.

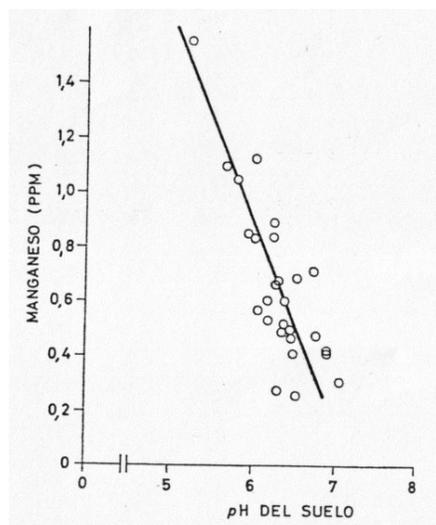


Figura 24: Relación entre el pH del suelo y el Manganeseo extraíble en un suelo negro arenoso, Indiana (USA)

Fuente: Tisdale et al, 1995.

5.13 MOLIBDENO

5.13.1 Situación del Molibdeno en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 30: Molibdeno en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A, D ó I*	A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO
1	Río Vacas Heladas	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
2	Río Malo	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
3	Río Toro	0,01	0,01	0,01	0,00	I	0	I
4	Río La Laguna	S/I	0,01	0,01	S/I	S/I	0	I
5	Río Turbio	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
6	Río Turbio	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
7	Río Incaguaz	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
8	Estero Derecho	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
9	Río Claro	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
10	Río Cochiguaz	S/I	0,008	0,01	S/I	S/I	0,002	D
11	Río Elqui	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
12	Río Elqui	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A
13	Río Elqui	0,02	0,02	0,01	0,00	I	-0,01	A

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

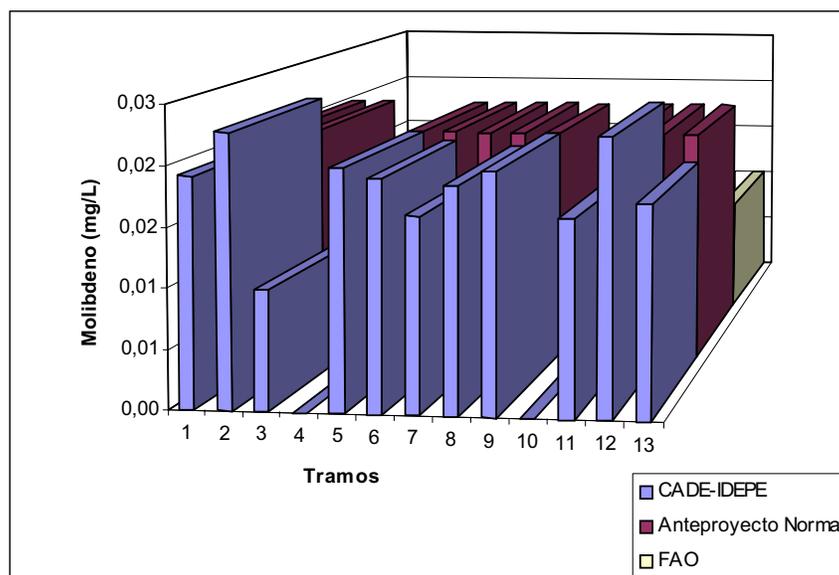


Figura 25: Valores del parámetro Molibdeno según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores del Anteproyecto de Norma son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales a los valores consignados en el Estudio CADE – IDEPE (2004) en el tramo: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12 y 13.

Para el caso de Molibdeno, FAO (1987) sugiere valor máximo de 0,01 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el valor sugerido en FAO (1987) en el tramo 10.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales que el valor sugerido en FAO (1987) en los tramos: 3 y 4.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con los valores consignados en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el valor sugerido en FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, y 13.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son iguales que el valor sugerido en FAO (1987) en el tramo: 3.

5.13.2 Impacto del Molibdeno en el suelo y los cultivos

Las reacciones del Molibdeno en el suelo son: 1) como retículo cristalino de minerales primarios, forma en la que no es disponible para las plantas, 2) MoO_4^{2-} , adsorbido, el cuál es disponible para las plantas, 3) formando parte de la materia orgánica del suelos y 4) como compuestos hidrosolubles.

El Molibdeno en los suelos es ampliamente no disponible, sin embargo es sabido que la disponibilidad del Molibdeno aumenta con el pH del suelo, lo que es contrario a lo que ocurre con la mayor parte de los micro elementos (Tisdale et al., 1999). La explicación anterior se sustenta en las observaciones que muestran que las conversiones de óxido de Molibdeno a sales solubles de molibdato se ven favorecidas en soluciones alcalinas. En conjunto con el pH, la presencia de óxidos de aluminio, hierro y titanio favorecen la adsorción de Molibdeno. Efectos supresores se ven en suelos en los que existe una alta cantidad de Sulfatos.

Cantidades excesivas de Molibdeno son tóxicas, especialmente para los animales de pastoreo. La relación entre el contenido de Molibdeno en suelos y vegetales se pueden observar en las figuras 26 y 27.

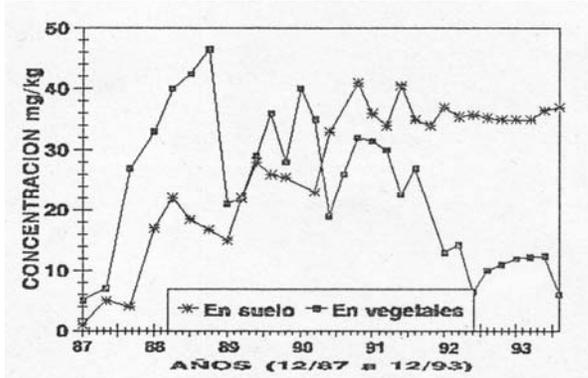


Figura 26: Concentración de Molibdeno en suelo y alfalfa.
Fuente: Delpiano, 1994.

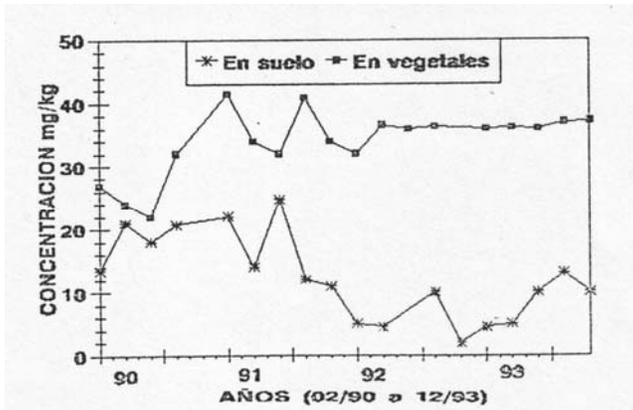


Figura 27: Concentración de Molibdeno en suelo y alfalfa.
Fuente: Delpiano, 1994.

5.14 NÍQUEL

5.14.1 Situación del Níquel en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 31: Níquel en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	0,03	0,03	0,2	0,00	I	0,17	A
2	Río Malo	0,09	0,06	0,2	0,03	D	0,14	D
3	Río Toro	0,05	0,05	0,2	0,00	I	0,15	D
4	Río La Laguna	S/I	0,02	0,2	S/I	S/I	0,18	D
5	Río Turbio	0,02	0,016	0,2	0,00	I	0,18	D
6	Río Turbio	0,01	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
7	Río Incaguaz	0,01	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
8	Estero Derecho	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
9	Río Claro	0,01	0,01	0,2	0,00	I	0,19	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,042	0,2	S/I	S/I	0,16	D
11	Río Elqui	0,02	0,02	0,2	0,00	I	0,18	D
12	Río Elqui	0,02	0,016	0,2	0,01	D	0,18	D
13	Río Elqui	0,02	0,024	0,2	-0,01	A	0,18	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

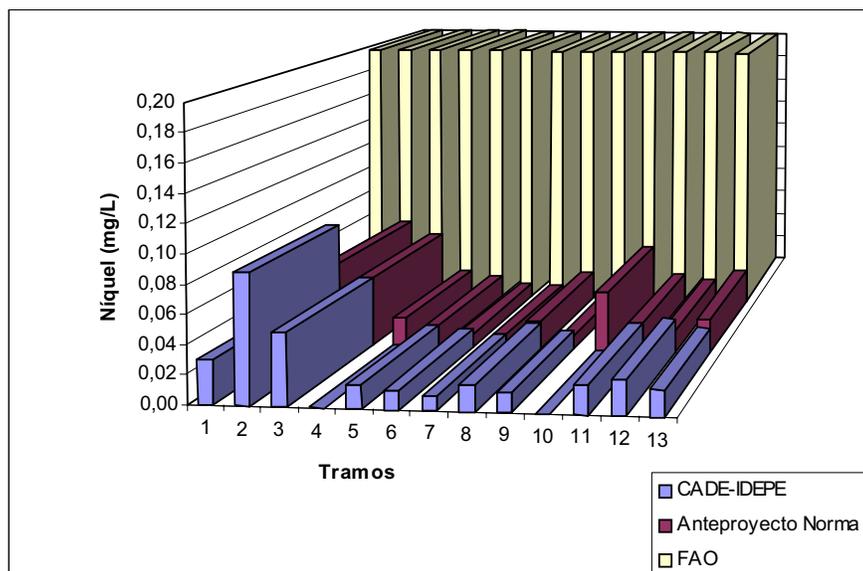


Figura 28: Comparación de parámetro Níquel.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al contrastar los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) con los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en el tramo 2.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13.
- iii. No existe información del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos 4 y 10.

Para el caso de Níquel, FAO (1987) sugiere valor máximo de 0,02 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en ningún tramo.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con los valores consignados en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13.
- ii. No existe información del Estudio CADE-IDEPE (2004) en los tramos 4 y 10.

5.14.2 Impacto del Níquel en el suelo y los cultivos

El Níquel es un elemento esencial para las plantas, en los horizontes superficiales del suelo se encuentra ligado a la parte orgánica, parte de ella representada por quelatos altamente soluble especialmente la asociada a los óxidos de Fe y Mn.

La solubilidad del Níquel se encuentra relacionada inversamente con el pH del suelo. El Níquel varía en el suelo en rangos que van entre 0,2 – 450 mg/ Kg.

El Níquel se presenta en forma móvil en la planta y tiende a acumularse en hojas y semillas (Halstead et al., 1969). Los síntomas de toxicidad de Níquel son variables, pero sin embargo un rasgo común es la producción de clorosis.

5.15 CINC

5.15.1 Situación del Cinc en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 32: Cinc en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	0,84	0,835	2	0,00	I	1,165	D
2	Río Malo	6,47	3,81	2	2,66	D	-1,81	A
3	Río Toro	2,49	2,492	2	0,00	I	-0,492	A
4	Río La Laguna	S/I	0,096	2	S/I	S/I	1,904	D
5	Río Turbio	0,62	0,623	2	0,00	I	1,377	D
6	Río Turbio	0,35	1	2	-0,65	A	1	D
7	Río Incaguaz	0,06	0,056	2	0,00	I	1,944	D
8	Estero Derecho	0,02	0,016	2	0,00	I	1,984	D
9	Río Claro	0,01	0,01	2	0,00	I	1,99	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,096	2	S/I	S/I	1,904	D
11	Río Elqui	0,17	0,17	2	0,00	I	1,83	D
12	Río Elqui	0,03	0,021	2	0,01	D	1,979	D
13	Río Elqui	0,02	0,017	2	0,00	I	1,983	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

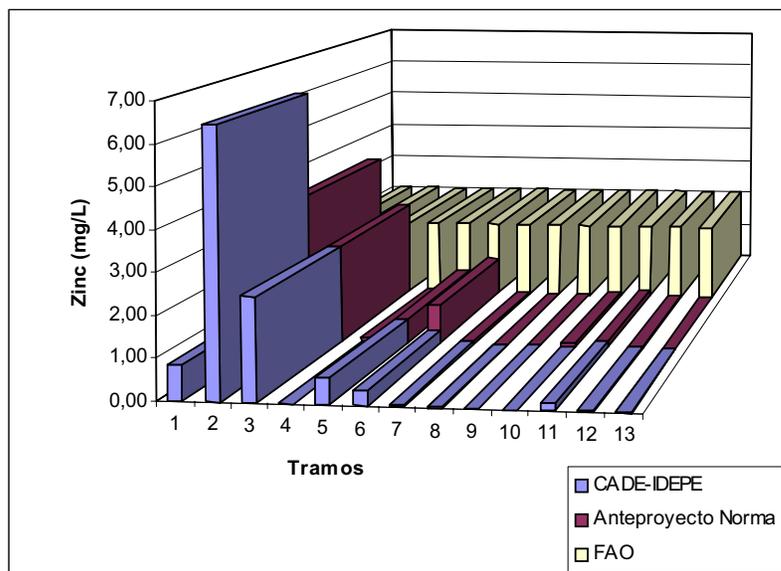


Figura 29: Valores del parámetro Cinc según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores correspondientes al Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio CADE – IDEPE (2004) en los tramos: 2, 7, 8, 12 y 13.

Para el caso de Cinc, FAO (1987) sugiere valor máximo de 2 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 2 y 3.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con los valores consignados en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 2 y 3.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

5.15.2 Impacto del Cinc en el suelo y los cultivos

Se clasifica como un metal de transición (grupo B) en la tabla periódica. El Zn es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 80 ppm y su contenido en los suelos oscila desde 10 a 300 ppm. El Zn tiene una valencia +2 y forma complejos con aniones, aminoácidos y ácidos orgánicos. Es un elemento traza esencial en la nutrición humana y también un componente importante de enzimas; sin embargo, el consumo excesivo puede inhibir la absorción de Cu y producir una deficiencia de este elemento (Bolt, 1976)

Las concentraciones de Cinc en el suelo esta condicionada por diversos factores como: a) pH, b) nivel de fósforo, c) contenido de materia orgánica.

- a. Efecto del pH del suelo: Es uno de los metales pesados más móviles debido a que se encuentra en forma soluble a pH neutro o ácido, por tanto es posible afirmar que la mayor parte de las deficiencias de Cinc se producen entre pH 6 – 8. A pH alcalino puede formar carbonatos e hidróxidos. Bajo condiciones reductoras, en sistemas muy contaminados cuando se encuentra presente en concentraciones muy elevadas, puede precipitar fácilmente como $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$, ZnS , o $Zn(CN)_2$ y co-precipitar con óxidos de Fe o Mn (Evanko y Dzombak 1997). La Figura 9 muestra el contenido de Cinc en el perfil del suelo después de ochenta años de riego con aguas residuales.

- b. Efecto con los niveles de fósforo en el suelo: Es frecuente la existencia de deficiencias de Cinc en suelos ricos en fosfatos, sin embargo existen situaciones en que esta situación no se cumple y hasta ahora no se ha clarificado la forma de acción de los fosfatos en asociación con ciertos niveles de pH del suelo y con ciertos cultivos.
- c. Efecto de la materia orgánica del suelo: Se ha encontrado deficiencias de Cinc con altos niveles de materia orgánica, especialmente en los suelos fertilizados con güano animal, sin embargo los efectos de la materia orgánica no se pueden disociar de los efectos causados por fósforo y otros de los constituyentes de la materia orgánica.

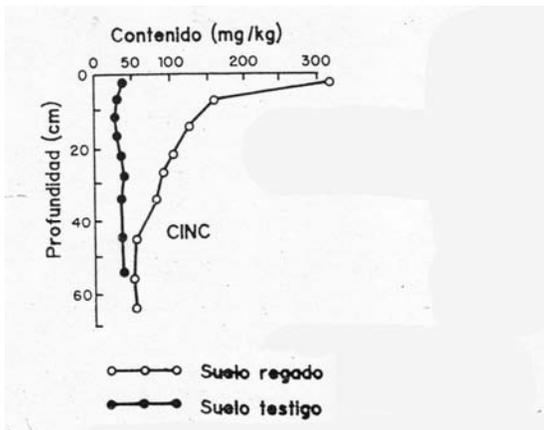


Figura 30: Contenido de Cinc en el perfil del suelo, después de 80 años de riego con aguas residuales.

Fuente: Evans, Mitchel y Salau, 1979

5.16 ALUMINIO

5.16.1 Situación del Aluminio en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 33: Aluminio en la cuenca Elqui (mg/L)

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Helada	27,96	27,96	5	0,00	I	-22,96	A
2	Río Malo	57,12	6,64	5	50,48	D	-1,64	A
3	Río Toro	38,13	38,13	5	0,00	I	-33,13	A
4	Río La Laguna	S/I	0,07	5	S/I	S/I	4,93	D
5	Río Turbio	9,09	9,09	5	0,00	I	-4,09	A
6	Río Turbio	10,39	9,78	5	0,61	D	-4,78	A
7	Río Incaguaz	4,53	4,53	5	0,00	I	0,47	D
8	Estero Derecho	0,40	0,4	5	0,00	I	4,6	D
9	Río Claro	0,66	0,6	5	0,06	D	4,4	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,07	5	S/I	S/I	4,93	D
11	Río Elqui	7,00	6,99	5	0,01	D	-1,99	A
12	Río Elqui	2,36	0,52	5	1,84	D	4,48	D
13	Río Elqui	0,66	0,66	5	0,00	I	4,34	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

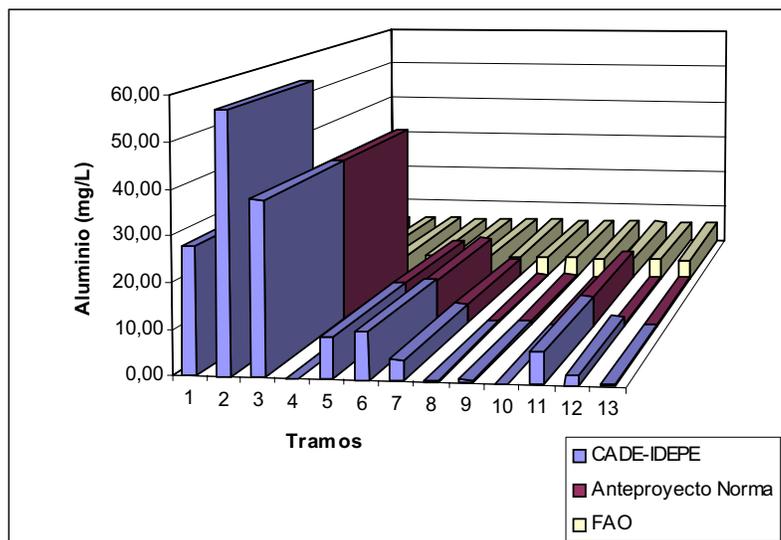


Figura 31: Valores del parámetro Aluminio según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) al del Estudio CADE – IDEPE (2004) en los tramos: 2, 6 y 12.

Para el caso de Aluminio, FAO (1987) sugiere valor máximo de 5 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5, 6 y 11.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 4, 7, 8, 9, 10, 12 y 13.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales que el sugerido por FAO (1987) en ningún tramo.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 5 mg/L sugerido por Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5, 6 y 11.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 11 y 13.

5.16.2 Impacto del Aluminio en el suelo y los cultivos

El Aluminio se encuentra presente en diversas formas estructurales del suelo, principalmente como silicato u óxido de Aluminio (Foy et al., 1978, citado por De La Fuente Herrera, 1999). Las formas lábiles del aluminio son dominadas por la adsorción intercambiable de los coloides del suelo y las fases no lábiles por las fracciones de Aluminio no intercambiable, los precipitados no lábiles y el Aluminio estructural del suelo. La presencia de Aluminio en solución se encuentra controlado en el suelo por el efecto del pH, ya que este determina la carga variable del suelo y la disolución de precipitados lábiles de Aluminio (Bade, 2003).

Al acidificarse el suelo, las formas fitotóxicas del Aluminio son liberadas (en principio bajo la forma Al^{+3}), y dado que las plantas son sensibles a concentraciones bajas de Aluminio su toxicidad es el factor más limitante de la productividad de las plantas en suelos ácidos (Kinraide, 1991, citado por De La Fuente Herrera, 1999).

La hidrólisis del Aluminio trivalente (Al^{+3}) libera H^+ produciendo una disminución en el pH, el H^+ liberado puede ser neutralizado al adicionar bases a los suelos. Por tanto, en solución a valores de pH 4,7 predomina el Aluminio Al^{+3} (estado fitotóxico principal), entre los pH 4,7 – 6,5 la especie dominante es $Al(OH)^{+2}$ (usualmente no fitotóxico), a pH

entre 6,5 – 8,0 la especie predominante es $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ (que precipita como gibsita). Sobre pH 7,5 predomina $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ aluminato que no presenta problemas de toxicidad para los cultivos, por tanto es posible afirmar que en el rango de pH comprendido entre 4,7 – 7,5 la solubilidad del Aluminio es muy baja y el Aluminio se presenta en las forma monoméricas no fitotóxicas (Figura 32) (Tisdale et al., 1995). El Aluminio trivalente (Al^{+3}) es el que exhibe la mayor toxicidad para las plantas en condiciones de suelo ácido en comparación a otras formas de Aluminio (Bohn et al., 1993). La toxicidad de Aluminio es importante como factor limitante en el crecimiento de las plantas en suelos con pH bajo 5 y es asumida como uno de los mayores problemas en los suelos ácidos ya que afecta el metabolismo de las plantas disminuyendo la adsorción de agua y nutrientes (Foy et al., 1978). La materia orgánica también influye en la disponibilidad de Aluminio (Figura 32).

Los efectos fisiológicos más importantes de la toxicidad de Aluminio en las plantas se ha identificado al siguiente nivel:

- a. Efecto del Aluminio en las raíces: Los iones de Al^{+3} al ingresar a las raíces a través del proceso de difusión, son adsorbidos en el espacio libre radical (Tisdale et al., 1995) y pueden causar fuga de potasio desde el plasmalema e inducir la reducción del número de cisternas del aparato de Golgi (Roy et al., 1988). El Aluminio induce la inhibición de la división celular meristemática apical, esto por la fijación del Al^{+3} a las células corticales y rizodermales en la raíz, dañando la membrana plasmática, generando efectos negativos en las propiedades fisiológicas de extensibilidad y permeabilidad de las raíces (Marschner, 1995).
- b. Efecto del Aluminio sobre tallos y hojas: En suelos ácidos la toxicidad de Aluminio puede inhibir el crecimiento aéreo limitando el suministro de agua y nutrientes debido a una menor penetración de la raíz en el suelo o a una menor conductividad hidráulica de la raíz (Marschner, 1995).
- c. Efecto sobre la adsorción de nutrientes minerales: el ingreso de los iones hacia la raíz se produce en los primeros centímetros del ápice radical. El aumento de la concentración de iones de Al y de H^+ en esta zona inhibe la adsorción de cationes (Marschner, 1995), y se ha demostrado que el Aluminio inhibe la adsorción de calcio bloqueando los conductos de transporte en la membrana plasmática, y la absorción de magnesio bloqueando los sitios de enlace de las proteínas transportadoras (Rengel y Robison., 1989). Para el caso de la absorción de potasio, esta no se ve afectada por un aumento de la concentración de Aluminio, produciendo un aumento en la relación $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})$ en la parte aérea, lo que aumenta la deficiencia de Ca y Mg (Marschner, 1995). La adsorción de fósforo puede ser afectada en forma indirecta ya que al disminuir el desarrollo radical se reduce la exploración de la raíz en el suelo y con ello la absorción de nutrientes y agua (Marschner, 1995).
- d. Efecto fisiológico: Interviene en la división celular de las raíces, precipita el fósforo a formas menos disponibles en las células radicales, disminuye la respiración de las raíces, aumenta la rigidez de la pared celular, interfiere en la absorción, transporte y uso de algunos nutrientes (Ca, Mg, P, K) y afecta la captación de agua de las plantas (Figura 34). Los síntomas de fitotoxicidad de Aluminio en las raíces son engrosamiento

y acortamiento de la raíz y la aparición de numerosos pelos radicales poco desarrollados, mientras que en la parte aérea aparecen clorosis similares a la deficiencia por hierro, en condiciones de crecimiento en medios ácidos, el daño producido es acumulativo produciendo síntomas complejos (Bade, 2003).

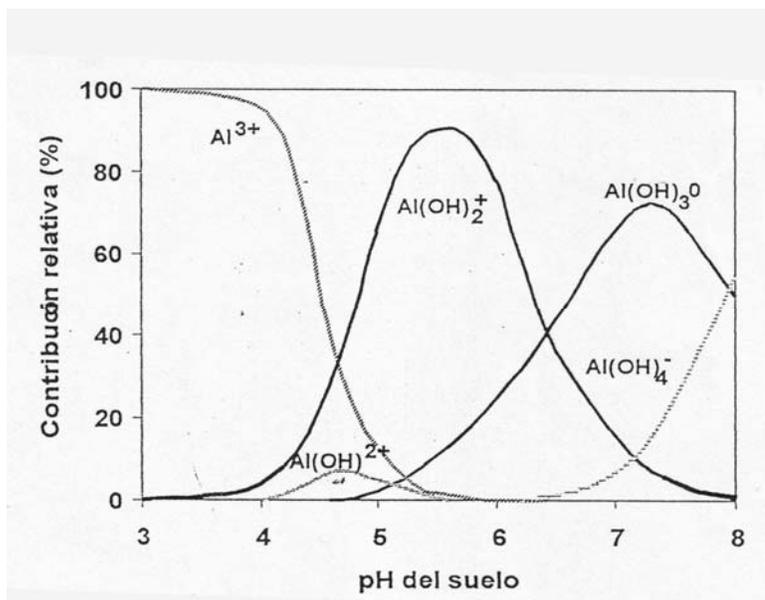


Figura 32: Distribución relativa de las especies solubles de Aluminio en función de pH.
Fuente: Adaptado de TISDALE et al., 1995.

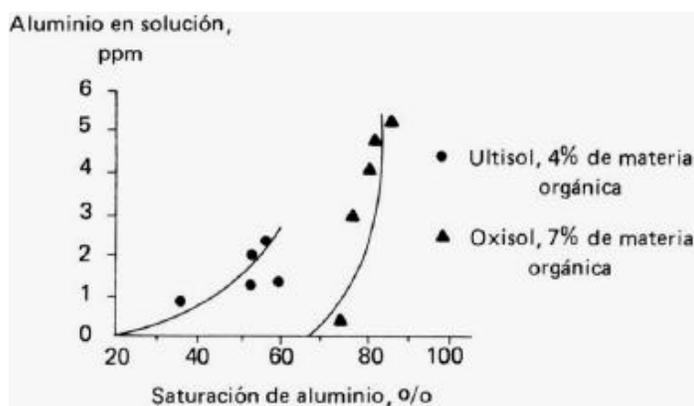


Figura 33: Aluminio en solución como una función de su saturación y el contenido de materia orgánica.

Fuente: The Texas A y M University System, 1996.

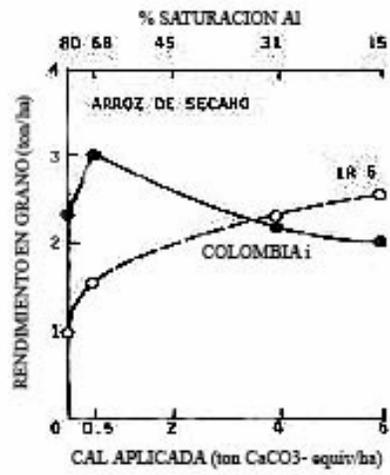


Figura 34: Rendimiento de arroz de secano bajo interacción Aluminio/ CaCO₃
 Fuente: The Texas A y M University System, 1996.

5.17 ARSÉNICO

5.17.1 Situación del Arsénico en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 34: Arsénico en la cuenca Elqui

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	Variación A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Heladas	0,59	0,59	0,1	0,00	I	-0,49	A
2	Río Malo	1,47	1,19	0,1	0,28	D	-1,09	A
3	Río Toro	0,86	0,86	0,1	0,00	I	-0,76	A
4	Río La Laguna	S/I	0,1	0,1	S/I	S/I	0	I
5	Río Turbio	0,28	0,28	0,1	0,00	I	-0,18	A
6	Río Turbio	0,19	0,19	0,1	0,00	I	-0,09	A
7	Río Incaguaz	0,01	0,01	0,1	0,00	I	0,09	D
8	Estero Derecho	0,01	0,01	0,1	-0,01	A	0,09	D
9	Río Claro	0,01	0,01	0,1	0,00	I	0,09	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,04	0,1	S/I	S/I	0,06	D
11	Río Elqui	0,09	0,09	0,1	0,00	I	0,01	D
12	Río Elqui	0,05	0,05	0,1	0,00	I	0,05	D
13	Río Elqui	0,02	0,02	0,1	0,00	I	0,08	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

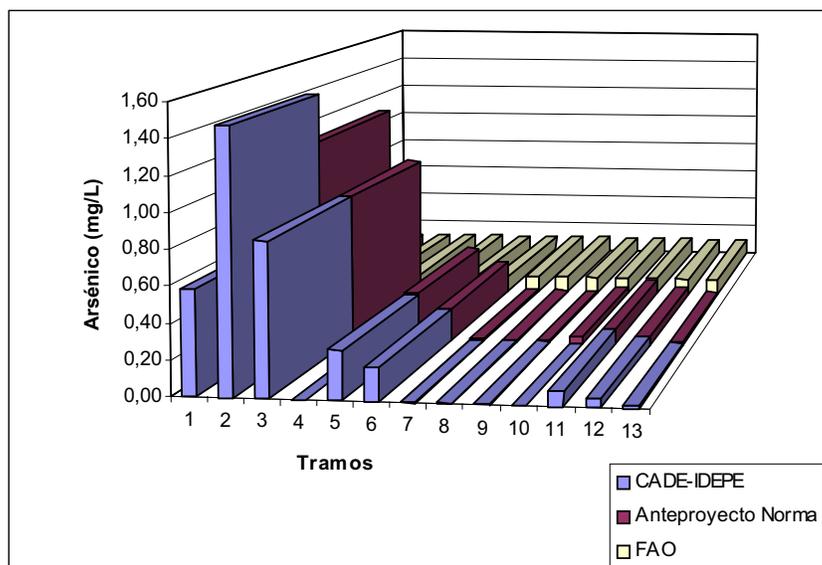


Figura 35: Valores del parámetro Arsénico según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) en el tramo: 2.

Para el caso de Arsénico, FAO (1987) sugiere valor máximo de 0,1 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005) se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 1, 2, 3, 5 y 6.
- ii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- iii. Los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005) son iguales que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 4, 11 y 12.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 0,1 mg/L sugerido en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son mayores (más permisivos) que el sugerido por FAO (1987) en el tramo: 1, 2, 3, 5 y 6.
- ii. Los valores propuestos en el Estudio CADE – IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) que el sugerido por FAO (1987) en los tramos: 7, 8, 9, 11, 12, y 13.

5.17.2 Impacto del Arsénico en el suelo y los cultivos

El Arsénico se presenta en la corteza terrestre en un porcentaje cercano a 0.0005 %. Se encuentra presente en minerales como la arsenopirita (FeAsS) y como trióxido de Arsénico (As_2O_3), y puede obtenerse del procesamiento de minerales que contienen Cu, Pb, Zn, Ag y Au. Los efectos de la exposición crónica al Arsénico son cáncer, enfermedades cardiovasculares y disturbios neurológicos (Zuloaga, 1994). El As tiene una química bastante compleja y puede encontrarse con valencias -3, +3 y +5, sin embargo los compuestos pentavalentes son menos tóxicos que los compuestos trivalentes, así como los compuestos orgánicos son menos tóxicos que los inorgánicos. En ambientes aerobios, el As(V) es la forma dominante, usualmente como arseniato (AsO_4^{3-}), en varios estados de protonación: H_3AsO_4 , $\text{H}_2\text{AsO}_4^{1-}$, HAsO_4^{2-} , AsO_4^{3-} ; también puede coprecipitar o adsorberse en oxi-hidróxidos de hierro bajo condiciones moderadamente reductoras o ácidas. Los coprecipitados son inmóviles en estas condiciones, pero la movilidad del As aumenta con el pH. En condiciones reductoras, el As(III) es la forma dominante, en forma de arsenita (AsO_3^{3-}) y sus formas protonadas (H_3AsO_3 , $\text{H}_2\text{AsO}_3^{1-}$, HAsO_3^{2-}) (Adriano, 1992).

La metilación biológica del As crea derivados muy volátiles de arsina, como la dimetil-arsina ($\text{HAs}(\text{CH}_3)_2$) y la trimetil-arsina $\text{As}(\text{CH}_3)_3$. La sorción y co-precipitación con

óxidos de hierro son los mecanismos más importantes de remoción, bajo condiciones ambientales comunes (Adriano, 1992).

El Arsénico se encuentra naturalmente en forma de sulfuro y de arseniuros de cobre, plata u oro y al igual que la mayoría de los elementos trazas, el Arsénico es fuertemente adsorbido por el suelo. La adición de Arsénico al suelo en concentraciones relativamente altas por cortos periodos de tiempo puede no provocar reducción drástica en el crecimiento de los cultivos o no acumularse en la planta a concentraciones perjudiciales a humanos o animales, sin embargo, una aplicación continua de Arsénico en periodos extendidos de tiempo provocan acumulaciones en la capa superficial del suelo (Bolt, 1976).

El efecto principal del Arsénico en las plantas es la destrucción de la clorofila y la disminución del crecimiento. Sin embargo las partes comestibles de las plantas usualmente no acumulan Arsénico a niveles dañinos para los consumidores. La disminución del rendimiento y los problemas cultivo son los efectos más comunes de altas concentraciones de Arsénico en los suelos, sin embargo la dinámica del elemento en las plantas y en los suelos es variable y por tanto sus efectos son difíciles de determinar (Davies, 1981).

Debido a la retención del Arsénico por los suelos, es probable que acumule concentraciones fitotóxicas antes de que se alcance el equilibrio entre reacciones de sorción y desorción (Bolt, 1976).

5.18 PLOMO

5.18.1 Situación del Plomo en la cuenca del Río Elqui

Cuadro 35: Plomo en la cuenca Elqui

Tramo	Cauce	CADE- IDEPE	Anteproyecto Norma	FAO	Variación		Variación	
					A. Norma v/s Cade	A, D ó I*	A. Norma v/s FAO	A, D ó I*
1	Río Vacas Helada	0,03	0,026	5	0,00	I	4,974	D
2	Río Malo	0,03	0,02	5	0,01	D	4,98	D
3	Río Toro	0,02	0,022	5	0,00	I	4,978	D
4	Río La Laguna	S/I	0,002	5	S/I	S/I	4,998	D
5	Río Turbio	0,01	0,01	5	0,00	I	4,99	D
6	Río Turbio	0,01	0,01	5	0,00	I	4,99	D
7	Río Incaguaz	0,01	0,0114	5	0,00	I	4,9886	D
8	Estero Derecho	0,01	0,0114	5	0,00	I	4,9886	D
9	Río Claro	0,01	0,0128	5	0,00	I	4,9872	D
10	Río Cochiguaz	S/I	0,002	5	S/I	S/I	4,998	D
11	Río Elqui	0,01	0,0133	5	0,00	I	4,9867	D
12	Río Elqui	0,02	0,0144	5	0,00	I	4,9856	D
13	Río Elqui	0,01	0,0128	5	0,00	I	4,9872	D

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de norma (2005) y FAO 29 (1987).

*A: Aumenta, D: Disminuye, I: Se mantiene información y S/I: Sin información.

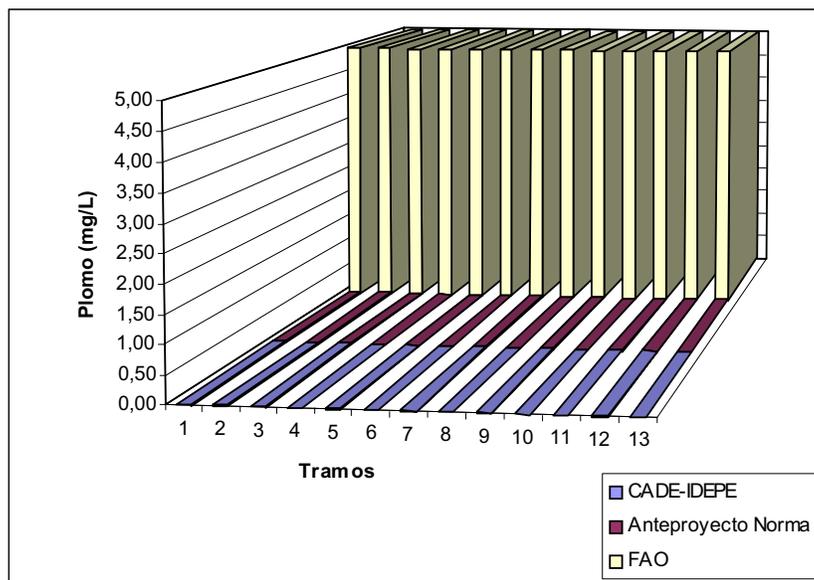


Figura 36: Valores del parámetro Plomo según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por CADE – IDEPE (2004), Anteproyecto de Norma (2005) y FAO 29 (1987).

Al realizar la comparación entre los valores del Estudio CADE – IDEPE (2004) y los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores correspondientes al Anteproyecto de Norma (2005) son mayores (más permisivos) a los del Estudio CADE-IDEPE (2004) en ningún tramo.

Para el caso de Plomo, FAO (1987) sugiere valor máximo de 5 mg/L, al contrastar este valor con los propuestos por el Anteproyecto de Norma (2005), se concluye que:

- i. Los valores correspondientes al Anteproyecto de Norma (2005) son menores (más restrictivos) a los del Estudio FAO (1987) en todos los tramos.

Al contrastar los valores propuestos por CADE – IDEPE (2004) con el valor de 5 mg/L sugerido en el Estudio FAO (1987), se concluye que:

- i. Los valores correspondientes al Estudio CADE IDEPE (2004) son menores (más restrictivos) a los del Estudio FAO (1987) en todos los tramos

5.18.2 Impacto del Plomo en el suelo y los cultivos

El plomo generalmente se origina de la galena (PbS), la anglesita (PbSO₄) y la curocita (PbCO₃). La mayor parte del Pb liberado en el ambiente es retenido por el suelo; los principales procesos que ocurren en el incluyen la adsorción, el intercambio iónico, la precipitación y el acomplejamiento con materia orgánica. El tetra-metilo de Plomo (compuesto relativamente volátil) puede formarse en sedimentos como resultado de su alquilación microbiana.

Como contaminante ambiental, normalmente se encuentra en forma elemental, como óxidos e hidróxidos y como complejos oxianiónicos metálicos. El Pb tiene valencias +2 y +4, de las cuales el Pb(II) es la forma más común y reactiva. Cuando forma complejos con ligandos orgánicos (ácidos húmicos y fúlvicos) o inorgánicos (Cl⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻), se forman compuestos poco solubles; el carbonato de Plomo, formado a pH menor a 6, y el PbS son las formas sólidas más estables del Plomo.

El contenido de Plomo de las rocas ígneas está en rangos 8 mg/Kg a 20 mg/Kg y en rocas sedimentarias, 7 mg/Kg a 20mg/Kg. Los suelos tienden a ser más ricos en Plomo que las rocas. El rango promedio del contenido de Plomo en los suelos ha sido estimado entre 10 a 25 mg/Kg. (Figura 37).

Aunque no es un elemento esencial para el crecimiento de la planta, se mantiene fuertemente en los suelos ya sea por sorción y/o formando complejos con componentes inorgánicos y orgánicos del suelo. El Plomo puede entrar a la planta a través del sistema de la raíz o de las hojas, los cultivos con raíces poco profundas están expuestos a concentraciones relativamente más altas que los cultivos con raíces más profundas, ya que tiende a acumularse cerca de la superficie del suelo. Determinan la concentración adsorbida por las plantas: la forma y concentración del metal en el ambiente, varios factores relacionados al suelo (pH, capacidad de intercambio de iones, textura, temperatura, contenido de humedad, contenido de materia orgánica, etc), cultivo (especies, profundidad de la raíz, anatomía, etc), y clima (precipitación, temperatura, etc). Los diferentes órganos

de las plantas acumulan el Plomo en distintas concentraciones, en general las partes del fruto y de la flor acumulan las cantidades más pequeñas. La toxicidad del Plomo en las plantas difiere con las especies.

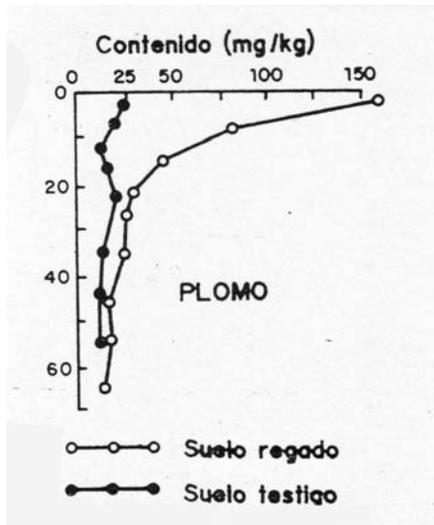


Figura 37: Contenido de Plomo en el perfil del suelo, después de 80 años de riego con aguas residuales.

Fuente: Evans, Mitchel y Salau, 1979

6. CARTOGRAFÍA DE RIEGO

Parte importante del análisis del impacto económico de la implementación de la norma secundaria de agua es la distribución territorial de dicho impacto. Con el fin de proporcionar información pertinente para su evaluación se desarrolló un análisis espacial destinado a generar una zonificación de los sectores cultivados de la cuenca del río Elqui en relación al origen más probable del agua utilizada en el riego gravitacional. Adicionalmente se zonificó los suelos agrícolas de la cuenca en función de su sensibilidad a distintos contaminantes que eventualmente podrían ser aportados por las aguas de riego.

Dada la complejidad del terreno analizado y muy especialmente la existencia de zonas cultivadas en pendientes fuertes, la zonificación de áreas regadas requirió una combinación de fotointerpretación y modelamiento cartográfico.

La fotointerpretación se realizó sobre fotografía aérea a color escala 1:25.000 del vuelo FONDEF de 2000, lo que permite un buen reconocimiento del uso del suelo agrícola. No obstante, puesto que el proyecto no consideró campañas de recolección de verdad de terreno, este reconocimiento se limitó a la separación del territorio en áreas cultivadas, áreas silvestres y zonas urbanas.

Para la separación de aquellas áreas cultivadas en pendientes superiores a las recomendables para riego gravitacional, se utilizó una modelación de posiciones geomorfológicas a partir de un modelo digital de elevación.

Para determinar el origen del agua de riego, se utilizó un análisis de redes sobre la cartografía de canales de la Comisión Nacional de Riego. Esta cartografía no contempla los canales de distribución a nivel predial, por lo tanto fue necesario recurrir a una estimación del origen más probable del agua de riego en cada zona mediante la modelación hidrológica y la determinación de microcuencas en la zona cultivada. A pesar de que este análisis no es exacto, la relativa simplicidad del sistema de canales en la zona de estudio permite aseverar que los resultados son efectivamente representativos de la realidad.

La zonificación de la sensibilidad de los suelos agrícolas a contaminantes eventualmente aportados por el agua de riego se realizó en base a la cartografía de series de suelo en el área de estudio. La cartografía existente se atribuyó con el valor de sensibilidad y posteriormente se procedió a la reagrupación de series en función de este atributo.

Los resultados del análisis se presentan en forma de cartografía digital en formato shape de ArcView . Estos resultados finales van acompañados de algunos materiales cartográficos intermedios que se estima podrían ser de utilidad en futuros análisis espaciales en la zona de estudio. Junto con la cartografía digital, se entregan también las composiciones cartográficas en formato jpg.

6.1 ZONAS CULTIVADAS

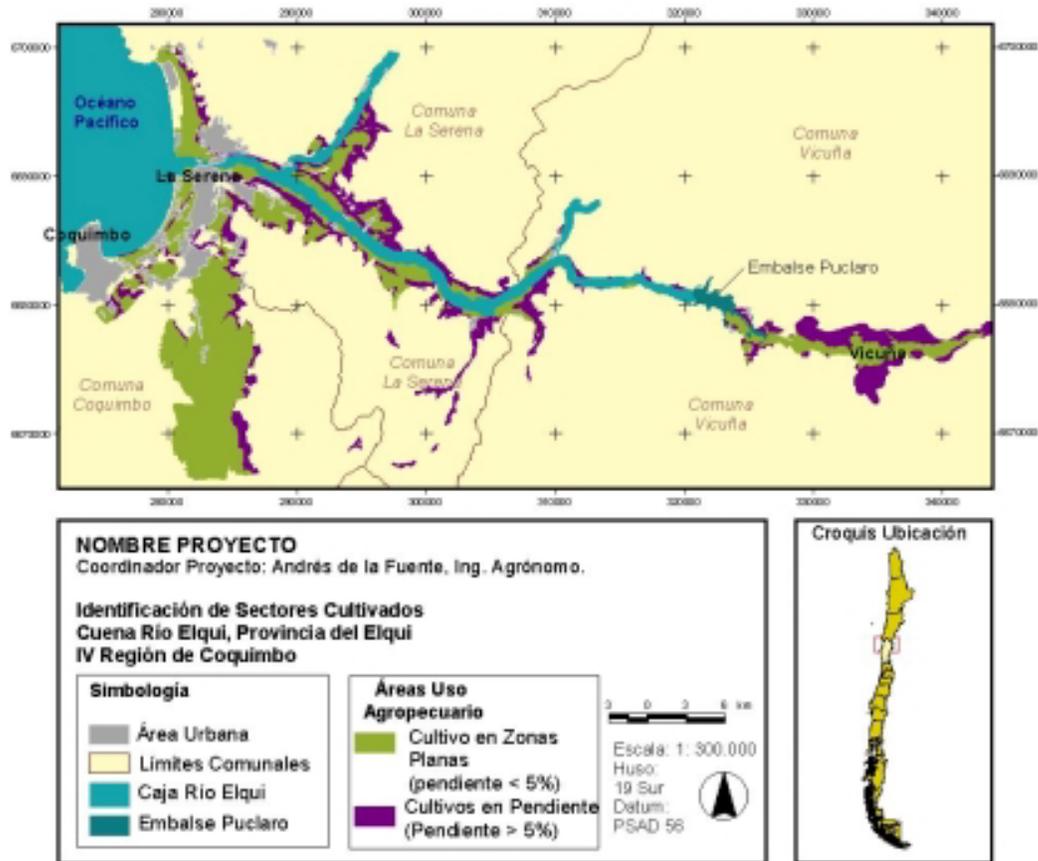


Figura 38: Zonas cultivadas en la cuenca del Río Elqui.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.2 ZONAS DE RIEGO

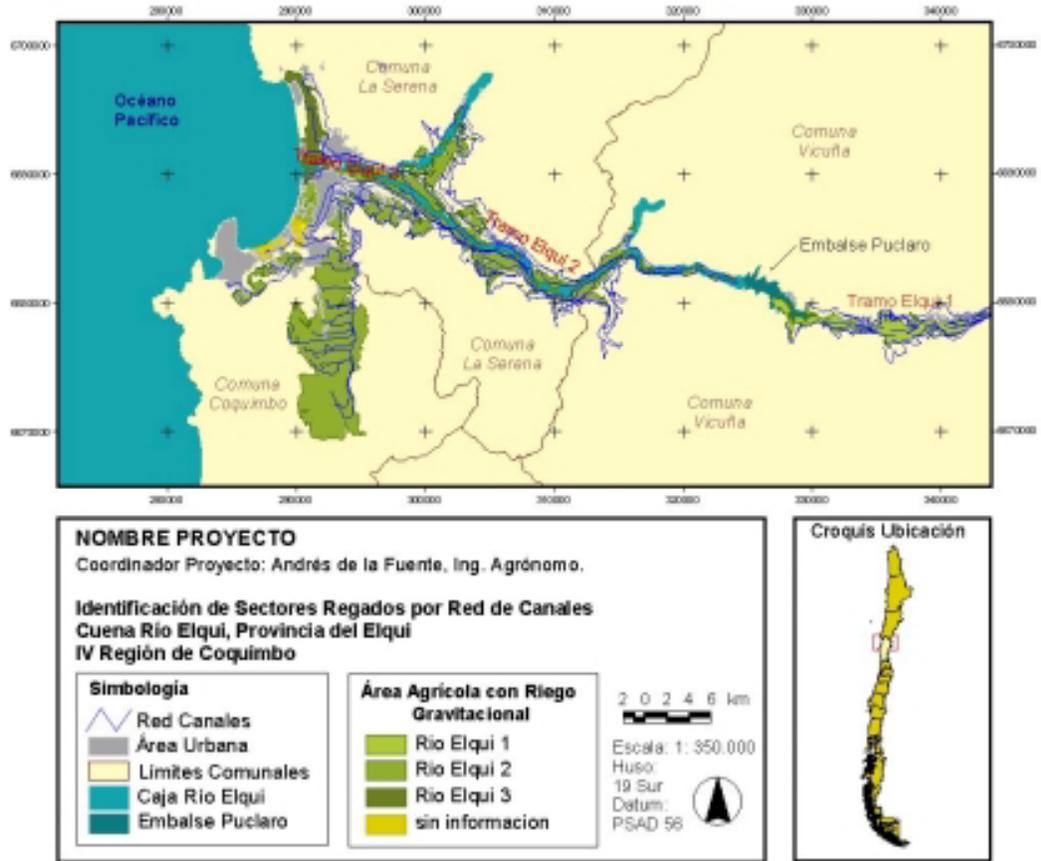


Figura 39: Zonas de riego en la cuenca del Río Elqui.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.3 CUENCAS Y SUBCUENCAS

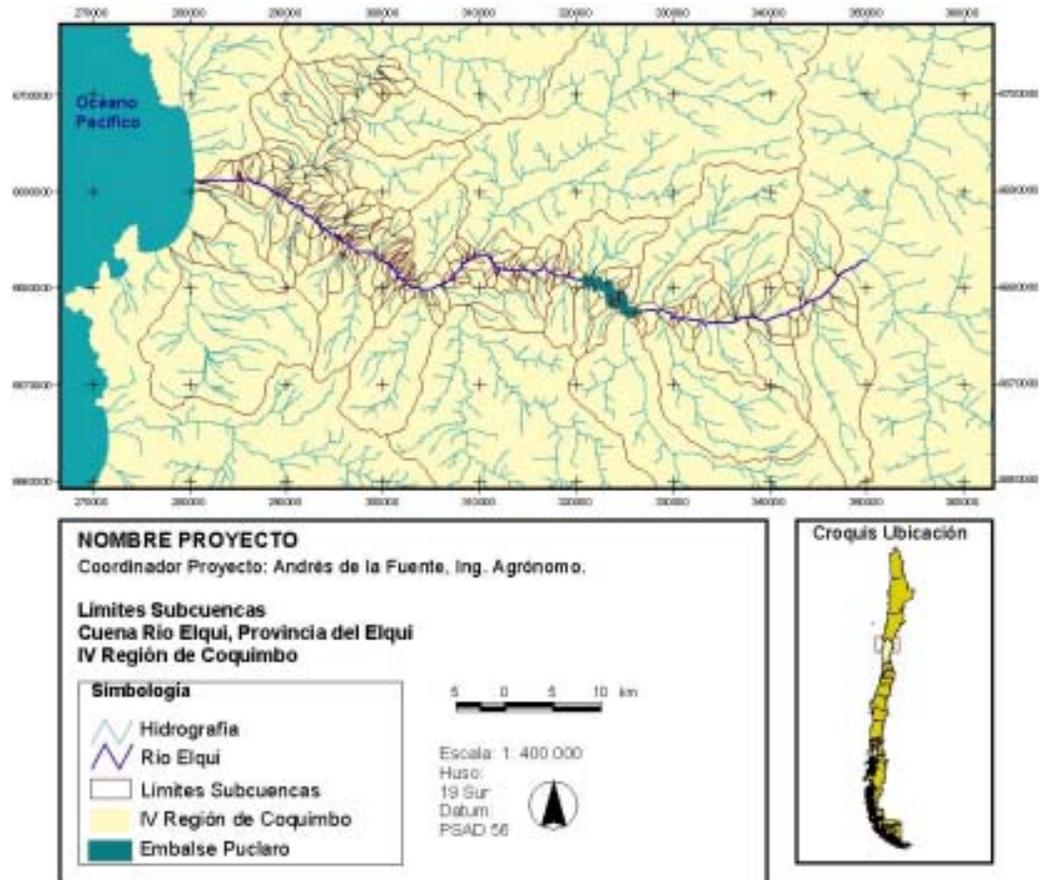


Figura 40: Límites de subcuencas en la cuenca del Río Elqui.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4 AREAS SENSIBLES

Sensibilidad del Suelo a los Cloruros

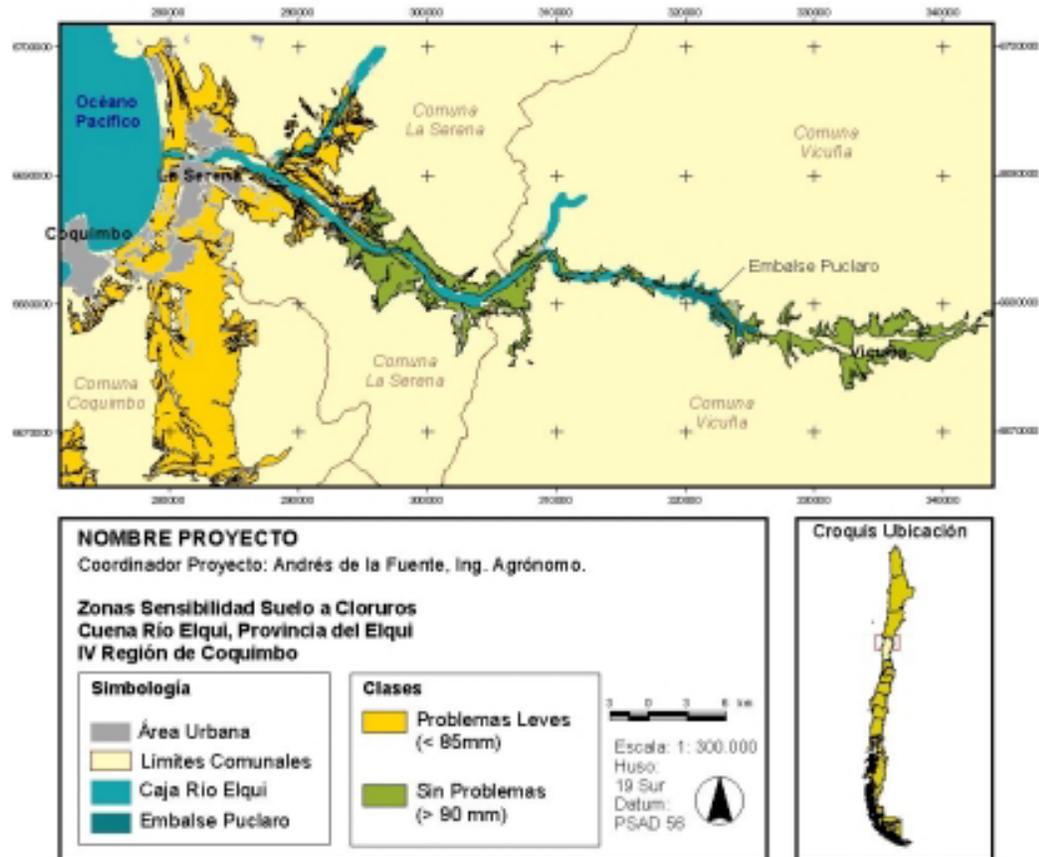


Figura 41: Sensibilidad del Suelo a los Cloruros.

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.1 Sensibilidad del Suelo a los Sulfatos

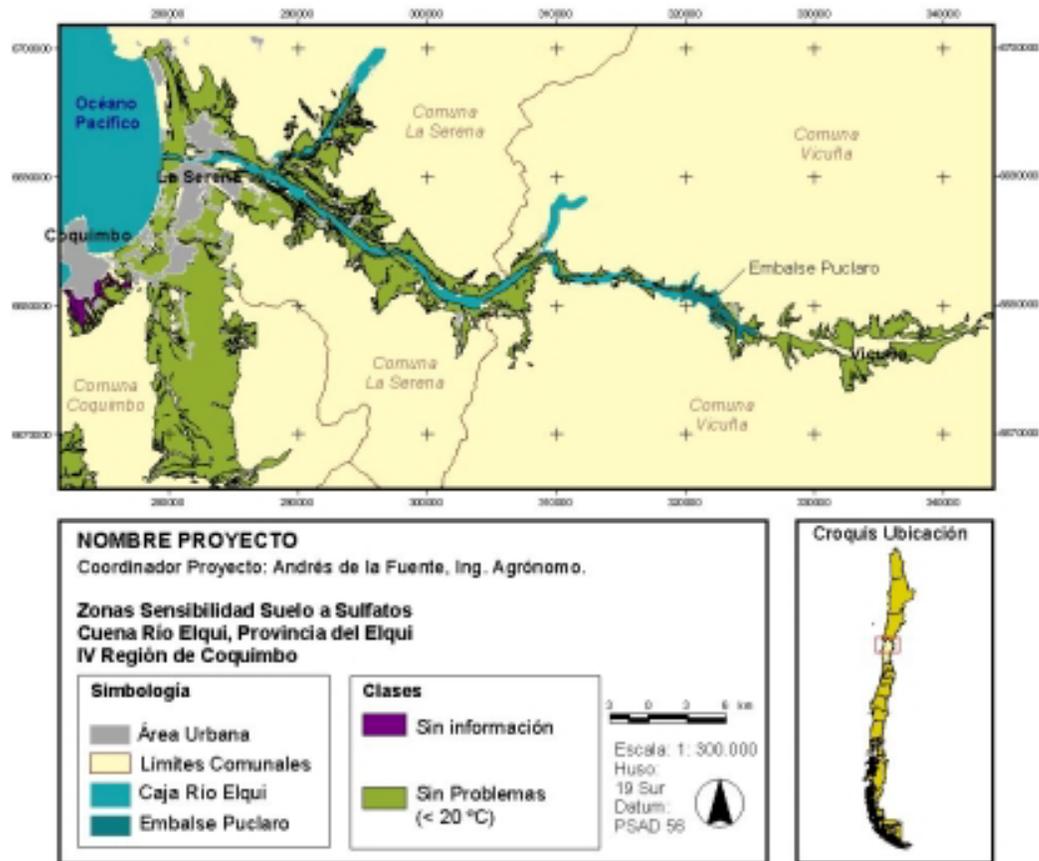


Figura 42: Sensibilidad del Suelo a los Sulfatos

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.2 Sensibilidad del Suelo al Arsénico

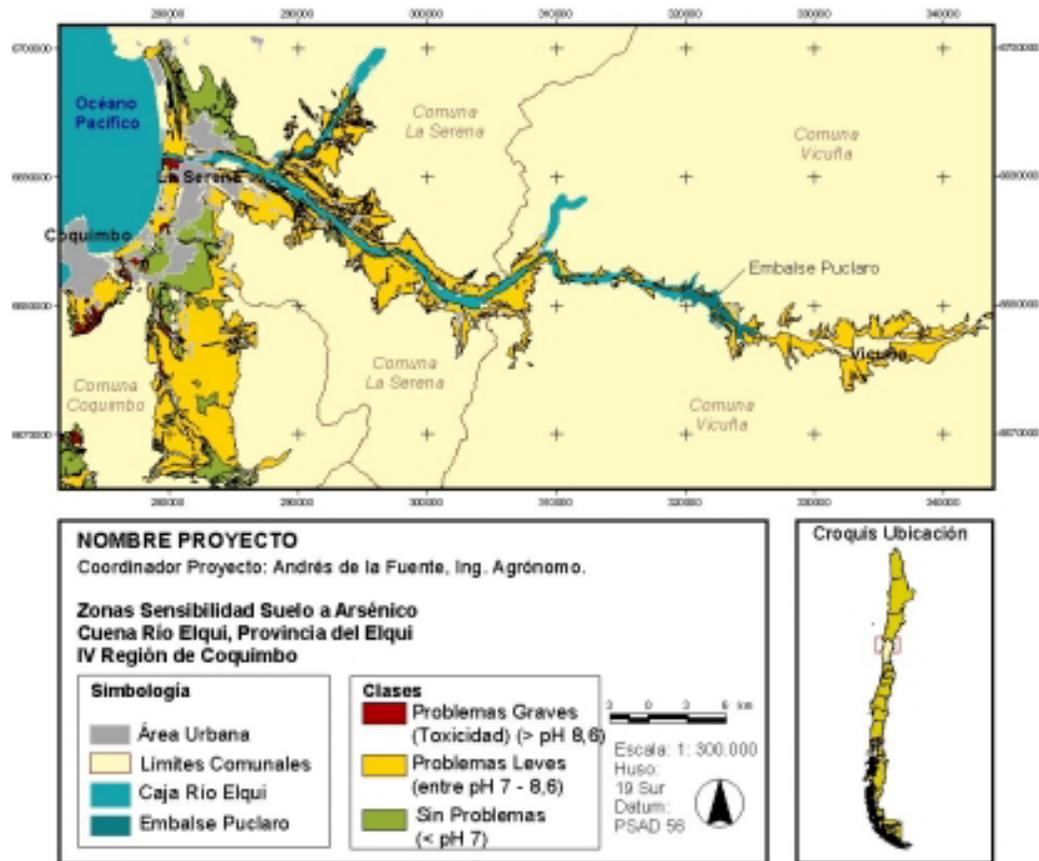


Figura 43: Sensibilidad del Suelo al Arsénico

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.3 Sensibilidad del Suelo al Cobre

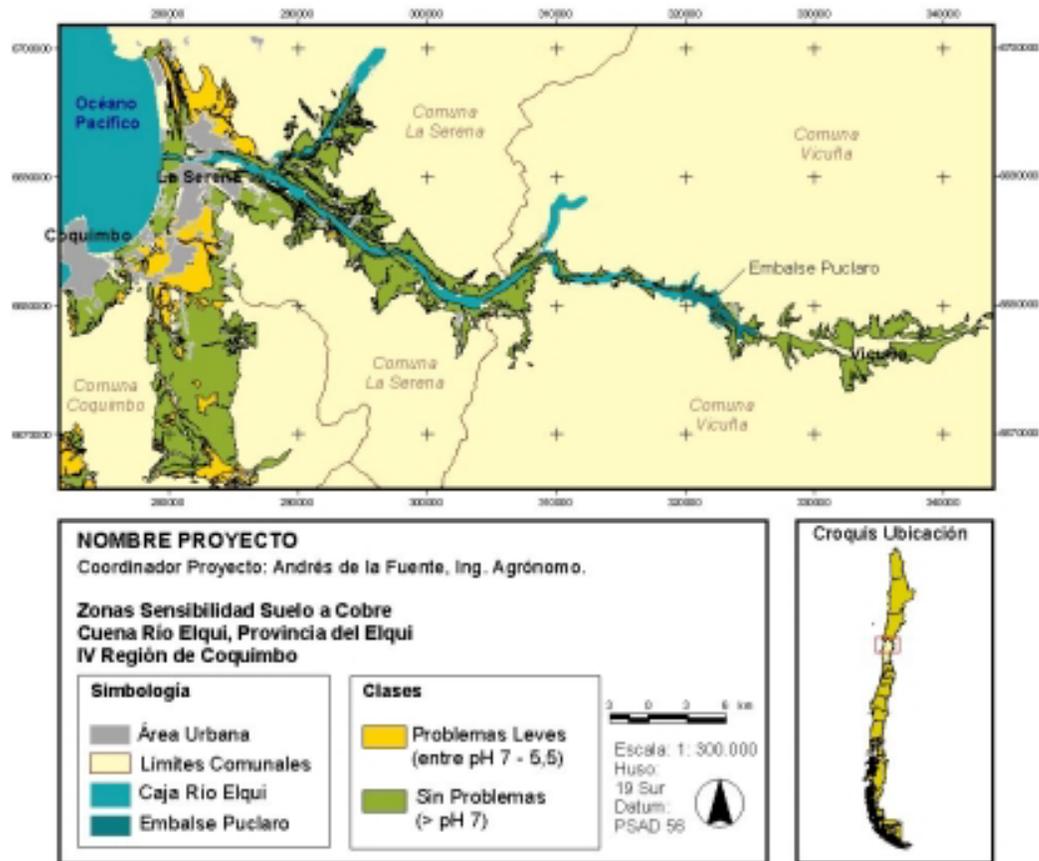


Figura 44: Sensibilidad del Suelo al Cobre

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.4 Sensibilidad del Suelo al Manganeso

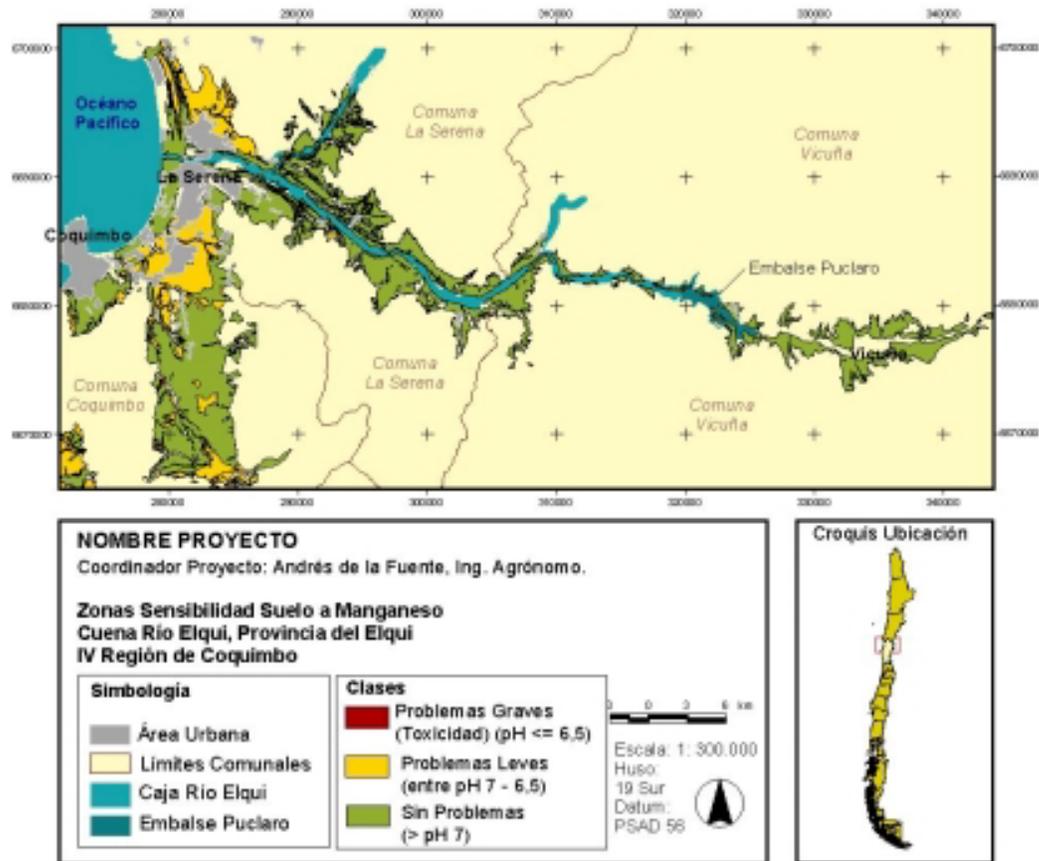


Figura 45: Sensibilidad del Suelo al Manganeso

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.5 Sensibilidad del Suelo al Molibdeno

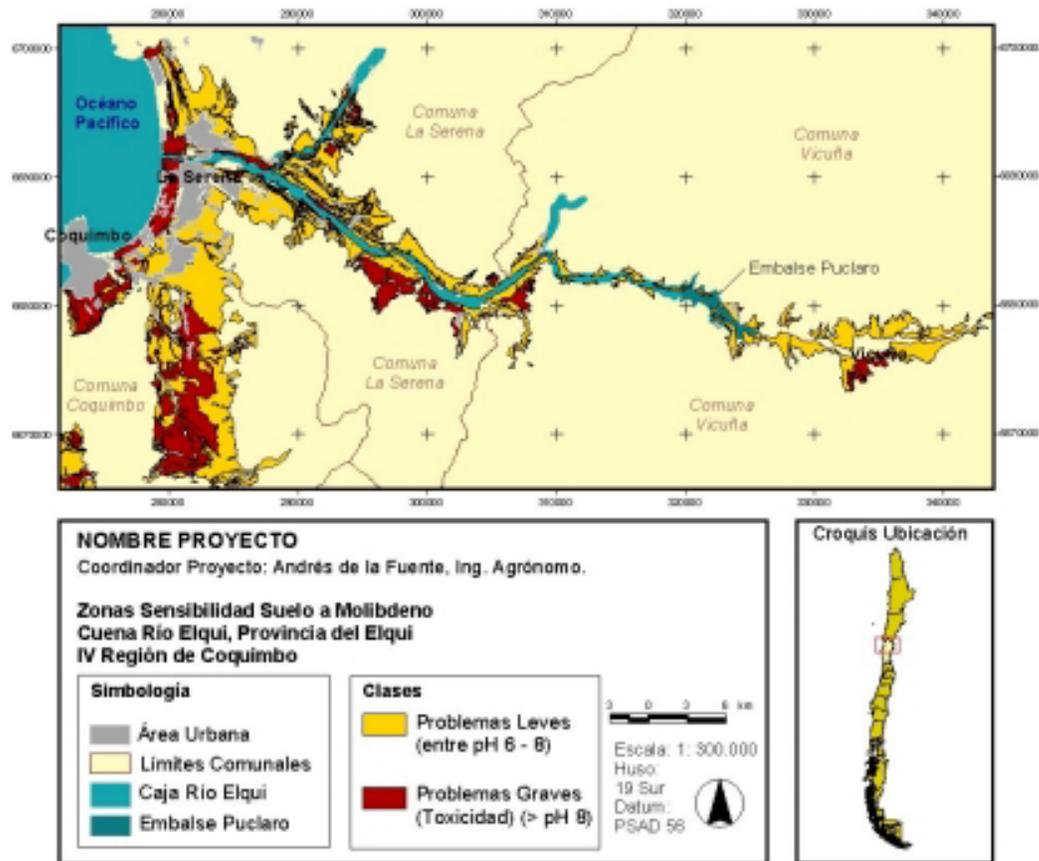


Figura 46: Sensibilidad del Suelo al Molibdeno

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.6 Sensibilidad del Suelo al Plomo

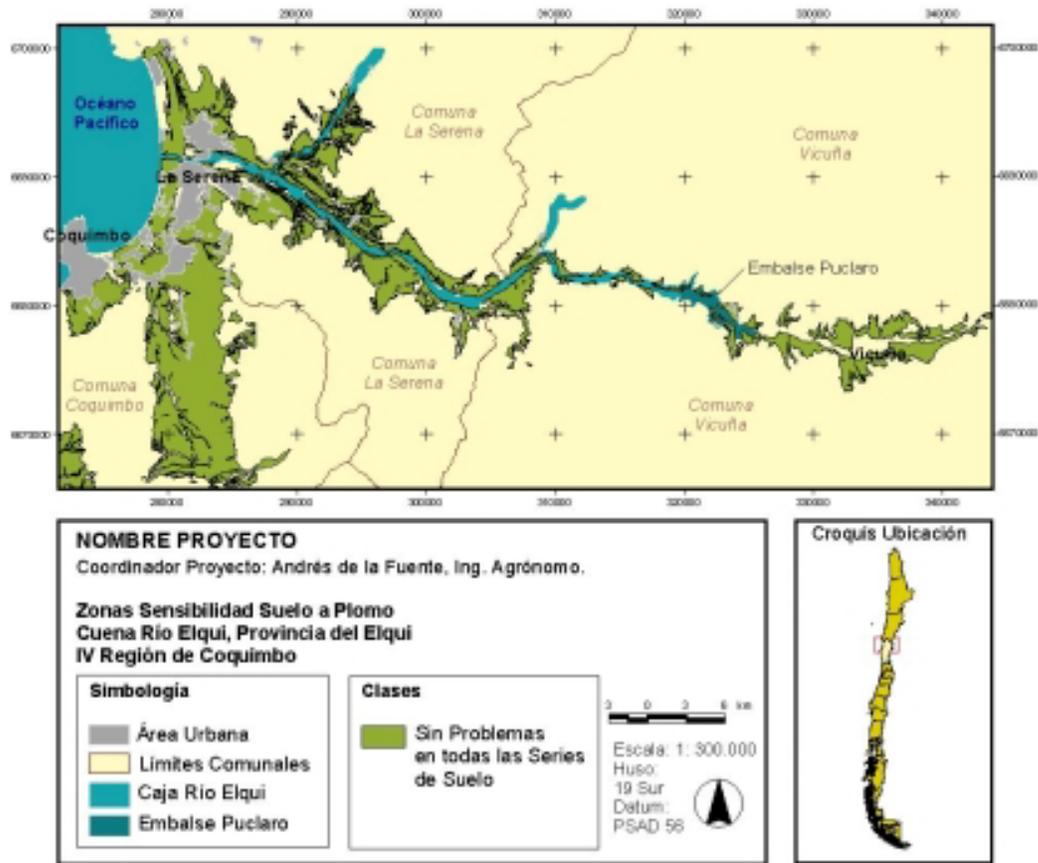


Figura 47: Sensibilidad del Suelo al Plomo

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.7 Sensibilidad del Suelo al Cinc

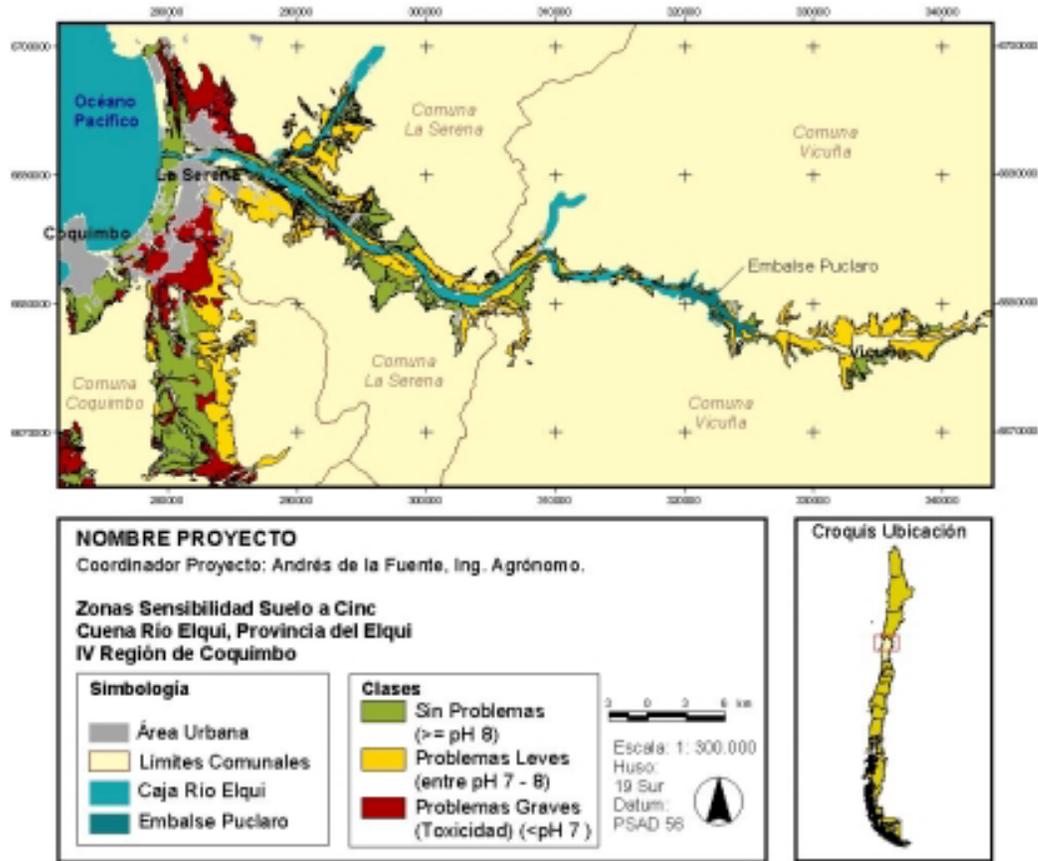


Figura 48: Sensibilidad del Suelo al Cinc

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.8 Sensibilidad del Suelo al Aluminio

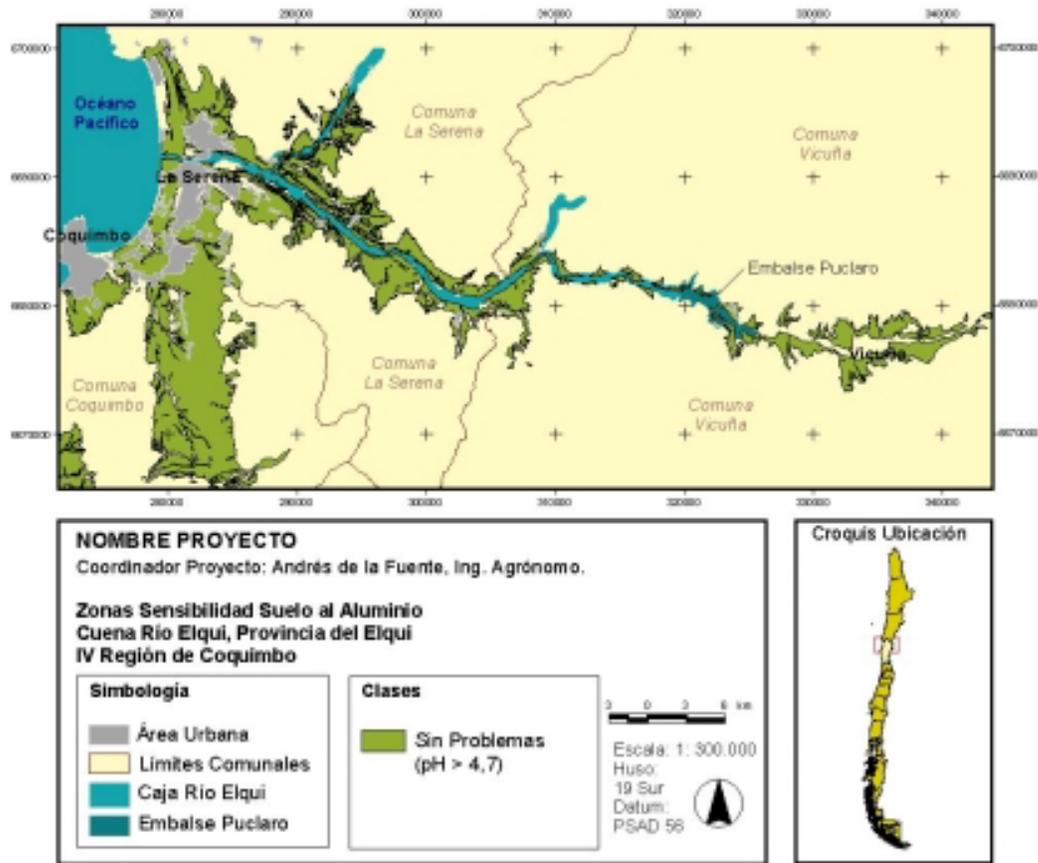


Figura 49: Sensibilidad del Suelo al Aluminio

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

6.4.9 Sensibilidad del Suelo al Boro

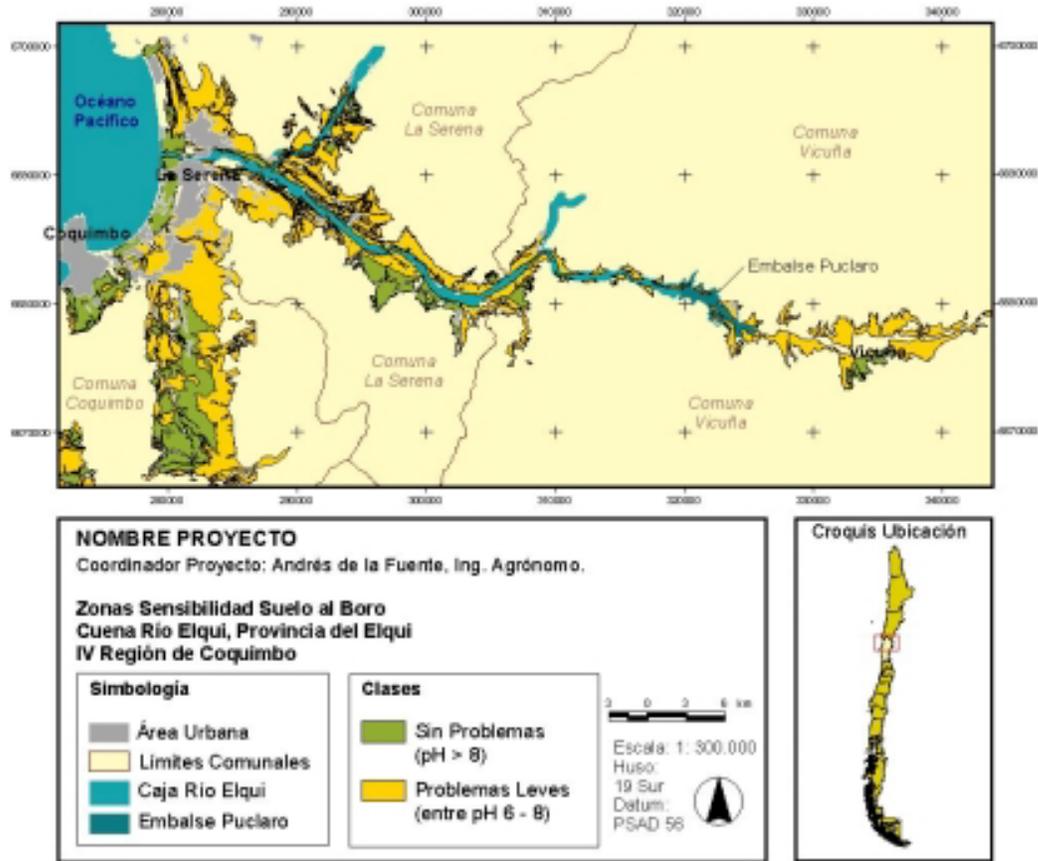


Figura 50: Sensibilidad del Suelo al Boro

Fuente: Elaboración propia, según datos publicados por Anteproyecto de Norma (2005) y CIREN-CORFO (1985).

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Las secciones anteriores permiten realizar un análisis de carácter técnico de manera de determinar potenciales impactos generados tras la aplicación del Anteproyecto de Norma en los cultivos que normalmente se desarrollan en la cuenca del Río Elqui. El análisis anterior constituye la fase previa a la aplicación de la evaluación económica, orientada a evaluar en términos monetarios los potenciales impactos de la aplicación del Anteproyecto de Norma. En este caso es necesario destacar que esta es una estimación teórica puesto que no se cuenta con información primaria ni secundaria adecuada. Los detalles del método utilizada se detallan a continuación:

7.1.1 Contraste de efectos potenciales con química de suelos

La magnitud de los efectos generados por cada uno de los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma depende de la dinámica de estos en cada una de las series de suelo y en los cultivos. Las condiciones que potencian o debilitan la dinámica de movimiento y la acción acumulativa de cada parámetro a nivel del suelo depende de: i) textura, ii) pH, y iii) temperatura del suelo. Las condiciones que potencian o debilitan la acción fitotóxica de cada parámetro tiene que ver con: i) la resistencia de los cultivos y ii) profundidad de las raíces y a nivel agrológico las características más importantes que determinan la magnitud de los efectos a nivel de suelo y vegetal se relacionan con i) temperatura media anual y ii) precipitaciones.

La información que se utilizó para poder determinar la magnitud de los “efectos potenciales” tanto a nivel económico como agrológico fue: i) las series de suelo de cada uno de los tramos de la cuenca del río Elqui contenidas en el “Estudio agrológico, valle del Elqui IV región” (CIREN – CORFO, 1985), ii) la dinámica de movimiento de los micro elementos y elementos traza en el suelo y en los cultivos (“interacción suelo planta”), iii) los valores presentados en el estudio CADE IDEPE, iv) las recomendaciones de calidad de aguas de riego para la agricultura proporcionada por FAO (1987) y la Universidad de Texas (1996) y v) los valores considerados en el anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005). El análisis de la información anterior permitió identificar para ciertos parámetros las siguientes situaciones asociadas a cada tramo:

- a. Valores propuestos para Cloruros y sulfatos: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Cloruros y Sulfatos superan ampliamente la recomendación FAO para calidad de aguas de riego. Sin embargo la posibilidad de efectos tóxicos por acumulación en el suelo, se ve limitada por factores como: i) textura: las texturas gruesas presentes a lo largo de la cuenca permiten la lixiviación de los Cloruros aportados en el agua de riego y ii) pH: el pH alcalino de los suelos a lo largo de la cuenca del río Elqui altera la estructura química de los Sulfatos aportados por el agua de riego, dejándolos en sus formas no disponibles para las plantas, generando un bajo riesgo de toxicidad.

- b. Valores propuestos para Aluminios: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Aluminio, aunque son menores que los establecidos en las mediciones del estudio CADE IDEPE y mayores que los valores propuestos por FAO (en los tramos 1, 2, 3, 5, 6 y 11), no presentan problemas fitotóxicos, debido a la acción ejercida por el pH alcalino de los suelos que deja no disponible para los cultivos a la forma tóxica Al^{+3} . Solo queda disponible Aluminio a nivel del suelo bajo la forma de Al^{+2} , provocando problemas de acidificación de suelo a largo plazo en los tramos en que el Anteproyecto de Norma considera valores superiores a 5 mg/L (tramos 1, 2, 3, 5, 6 y 11).
- c. Valores propuestos para Boro: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Boro, causarán problemas fitotóxicos (ver sección 4 en la sección “interacción suelo planta”) y efectos en rendimiento (ver sección 5.2, en la sección “pérdida de rendimiento comercial”), dependiendo de la resistencia particular de cada cultivo. De acuerdo a los valores entregados por el Anteproyecto de Norma, se estima que los mayores problemas ocurrirán en los tramos 1, 2 y 3 de la cuenca, donde los valores normados para Boro (a pesar de ser menores a los valores establecidos por CADE IDEPE) son superiores a los valores recomendados como normales para aguas de riego.
- d. Valores propuestos para Cobre: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Cobre, causarán problemas fitotóxicos (ver la sección 4 en “interacción suelo planta”) y efectos en rendimiento (ver la sección 5.2 en “pérdida de rendimiento comercial”) en los tramos 2,3,5,6 y 11 de la cuenca. Dichos problemas se relacionan con cultivos que presentan sistemas radicales superficiales ya que, que el cobre tiende a acumularse en los primeros centímetros del suelo.
- e. Valores propuestos para Manganeso: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Manganeso, aunque son menores que los establecidos en las mediciones del estudio CADE IDEPE y mayores que los valores propuestos por FAO (para los tramos 1, 2, 3, 5, 6 y 11), no son causa de problemas fitotóxicos ni de rendimiento debido a las características de pH, textura y humedad de suelos.
- f. Valores propuestos para Cinc: Los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma para Cinc, no son causa de toxicidad, debido a que las condiciones alcalinas de pH de los suelos de la cuenca propician fenómenos de deficiencia y no de toxicidad. Las deficiencias de Cinc producen caída y blanqueamiento de follaje así como caída y pérdida de calibre en los frutos (SOQUIMICH, 2001).

El cuadro 36 muestra la magnitud (sin efecto “SE”, leve “L” y grave “G”) de los problemas potenciales generados en cada tramo de la cuenca por los valores establecidos en el anteproyecto de Norma para los elementos: Cloruros, Sulfatos, Aluminio, Boro, Cobre, Manganeso y Cinc.

Cuadro 36: Magnitud de problemas potenciales generados por algunos elementos considerados en el Anteproyecto de Norma en cada tramo de la cuenca del río Elqui.

TRAMO DE RIO	PARÁMETRO	EFFECTO ¹⁵	SERIE DE SUELO ASOCIADA
Río Vacas Heladas	Boro	L	Misceláneo veguita, Chapilca, Pisco Elqui, El distante.
	Fierro	SE	
	Aluminio	SE	
	Manganeso	SE	Alcohuaz, Horcón, El Distante.
Río Malo	Boro	L	Chapilca, Pisco Elqui, el distante, Misceláneo veguita.
	Cobre	L	Alcohuaz, Horcón, el distante.
	Fierro	SE	
	Cinc	L	Alcohuaz, Chapilca, Paihuano, Pisco Elqui, el distante.
	Aluminio	SE	
	Manganeso	SE	Alcohuaz, Horcón, el distante.
Río Toro	Cloro	SE	
	Boro	L	Alcohuaz, Chapilca, Horcón, Las Rojas, Muca – Muquey, Pacanao, Puclaro, Quebrada Talca, Rivadavia, Saturno, Vicuña.
	Cobre	L	Alcohuaz, Horcón.
	Fierro	SE	
	Manganeso	SE	Alcohuaz, Horcón.
	Cinc	L	Alcohuaz, Chapilca, Horcón, Las Rojas, Pacanao, Puxanta, Quebrada Talca, Rivadavia, Saturno, Vicuña.
	Aluminio	SE	

¹⁵ SE: Sin efecto

L: Efecto leve en el corto plazo.

G: Efecto grave en el corto plazo.

	Aluminio	SE	
	Fierro	SE	
Río Turbio 1	Cobre	L	Alfalfares, Algarrobito, algarrobito arriba, Altovalsol, Andacollo, Cachina, escorial de Elqui, Hinojal, Islón, La asistencia, La compañía, Florida de Elqui, La Seca, La Vega del Elqui, Lambert, Las Palmeras de Coquimbo, Las Pircas de Santa Gracia, Las Rojas, Loreto, Marquesa, Mollacas, Muca-Muquey, Olivar bajo, Pedregal del Tranque, Peladero, Peñuelas, Puclaro, Puxanta, Quebrada Martínez, Quebrada Talca, Quilacán, Romero Santa Gracia, San Marcos, Santa Anita, Santa Luisa de Andacollo, Saturno, Terrazas de algarrobito, Vega Norte, Vega Sur, Veguita.
	Manganeso	SE	
	Aluminio	SE	
	Fierro	SE	
Río Turbio 2	Cobre	L	Alfalfares, Algarrobito, algarrobito arriba, Altovalsol, Andacollo, Cachina, escorial de Elqui, Hinojal, Islón, La asistencia, La compañía, Florida de Elqui, La Seca, La Vega del Elqui, Lambert, Las Palmeras de Coquimbo, Las Pircas de Santa Gracia, Las Rojas, Loreto, Marquesa, Mollacas, Muca-Muquey, Olivar bajo, Pedregal del Tranque, Peladero, Peñuelas, Puclaro, Puxanta, Quebrada Martínez, Quebrada Talca, Quilacán, Romero Santa Gracia, San Marcos, Santa Anita, Santa Luisa de Andacollo, Saturno, Terrazas de algarrobito, Vega Norte, Vega Sur, Veguita.
	Manganeso	SE	
Río Incahuaz	Ningún parámetro causa problema		
Estero Derecho	Ningún parámetro causa problema		
Río Claro	Ningún parámetro causa problema		
Río Cochiguaz	Ningún parámetro causa problema		

	Manganeso	SE	
Río Elqui 1	Cobre	L	Alfalfares, Algarrobito, algarrobito arriba, Altovalsol, Andacollo, Cachina, escorial de Elqui, Hinojal, Islón, La asistencia, La compañía, Florida de Elqui, La Seca, La Vega del Elqui, Lambert, Las Palmeras de Coquimbo, Las Pircas de Santa Gracia, Las Rojas, Loreto, Marquesa, Mollacas, Muca-Muquey, Olivar bajo, Pedregal del Tranque, Peladero, Peñuelas, Puclaro, Puxanta, Quebrada Martínez, Quebrada Talca, Quilacán, Romero Santa Gracia, San Marcos, Santa Anita, Santa Luisa de Andacollo, Saturno, Terrazas de algarrobito, Vega Norte, Vega Sur, Veguita
Río Elqui 2	Cobre	L	Acantilados y caídas, Algarrobito arriba, Alto Culebrón, Andacollo, Barrales, Cerrillos, Cerrillos de Elqui, Dominio Seco, el Mineral, Escorial de Eliu, Gracal, Guayancito, Hacienda el Sauce, Higuera, Islón, La Compañía, La Cota, La Florida de Elqui, La Quebrada, Rinconada de Tambillo, La Torta, Lagunillas, Las Lozas de Coquimbo, Lucinda, Matorrales de Tambillo, Mollacas, Peñuelas, Playa, Playa Blanca, Quebradas, Romero de santa Gracia, San Marcos – Mollacas, San Martín, Santa Anita, Santa Luisa de Andacollo, Tambillo, Tedeacal, Tongoy, Totoralillo, Veguita, Venus, Xeres.
Río Elqui 3	Ningún parámetro causa problema		

Fuente: Elaborado por los autores en base a Anteproyecto de Norma, 2005 y CIREN – CORFO 1985.

7.1.2 Determinación de cultivos presentes en la cuenca

La determinación de rubros (frutal, hortalizas y cultivos anuales) y de cultivos presentes a lo largo de la cuenca se realizó en base a los datos proporcionados por la actualización del censo agrícola de 1997 realizada por ODEPA en su documento de trabajo N° 8 (ODEPA, 2001) y por el catastro frutícola IV Región (ODEPA - CIREN, 2005) , el detalle de los cultivos seleccionados para cada rubro se muestra en el cuadro 37.

Cuadro 37: Detalle de cultivos seleccionados para análisis económico

Frutales	Hortalizas	Cultivos anuales
Uva de mesa	Pimiento	Papa
Palto	Alcachofa	Trigo blanco
Limonero	Poroto verde	Poroto de consumo interno
Mandarina	Apio	Trigo candeal
Chirimoyo	Choclo	Maíz (grano seco)
Nogal	Tomate fresco	Cebada forrajera
Tuna	Arveja verde	
Durazno	Pepino dulce	
Damasco	Zapallito Italiano	
Papayo	Haba	

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de ODEPA (2001) y CIREN (2005).

El criterio de selección de los cultivos mostrados en el cuadro 37, se sustentó en la variable superficie considerando las diez especies frutales, hortícolas y de cultivos anuales con mayor cobertura superficial en la cuenca del río Elqui.

Para cada uno de los rubros, se seleccionó el rendimiento promedio (a) de cada una de las diez especies (excepto en cultivos anuales, donde sólo son seis especies) seleccionadas, en base a los datos entregados por el catastro frutícola IV Región, así mismo, se determinó para cada una de las especies el valor a precios reales (sin IVA con el IPC Noviembre del 2005) de una tonelada de producción. (b). La multiplicación del rendimiento por el precio de una tonelada de producto ($a*b$) arrojó como resultado el ingreso por hectárea (c). La resta entre los valores de la columna ingreso (c) y la columna costos directos (d) arrojó como resultado el Margen Bruto por hectárea para cada especie (e).

Como se explicó anteriormente, el criterio de selección de las especies correspondió a la importancia espacial de cada una de ellas en la cuenca del río Elqui, por tanto se calculó la participación superficial relativa de cada especie (g), dividiendo la superficie ocupada por cada una de las especies por la sumatoria total de las superficies de las diez especies seleccionadas (seis especies en el caso de cultivos anuales). El cálculo de la importancia superficial relativa (g), permitió determinar la participación relativa de cada especie y por tanto la multiplicación de $(e)*(g)$ da como resultado el aporte relativo de margen bruto que realiza cada especie (h). La sumatoria de los aportes relativos de margen bruto de cada una de las especies permitió el cálculo de un margen bruto ponderado por rubro que correspondió a: \$1.579.633, \$2.616.305 y \$650.585 para los rubros frutales, hortalizas y cultivos anuales respectivamente. Los cuadros 38, 39 y 40 muestran la base de cálculo del margen bruto ponderado por rubro.

Cuadro 38: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro frutales.

Especie	Rendimiento (ton) /Há (a)	\$ / ton (b)	Ingreso (a*b = c)	Costos directos (d)	MB / Há (c - d = e)	Superficie	% Superficie (g)	MB Ponderado (e*g = h)
Uva de mesa	19,5	179.000	3.490.500	2.037.070	1.453.430	8.257,50	0,6095	885.937
Palto	7,6	346.510	2.633.476	1.132.760	1.500.716	1.088,20	0,0803	120.550
Limonero	22,2	70.480	1.564.656	1.189.620	375.036	960,80	0,0709	26.599
Mandarina	23,5	82.120	1.929.820	1.189.620	740.200	602,70	0,0445	32.931
Chirimoyo	16,3	522.502	8.516.783	2.103.297	6.413.486	583,60	0,0431	276.293
Nogal	1,8	475.000	855.000	592.222	262.778	508,90	0,0376	9.871
Tuna	10,0	299.162	2.991.620	500.000	2.491.620	496,30	0,0366	91.282
Durazno	12,9	154.460	1.992.534	1.728.894	263.640	388,90	0,0287	7.568
Damasco	17,4	138.850	2.415.990	1.728.894	687.096	352,20	0,0260	17.864
Papayo	17,1	349.345	5.973.800	1.100.000	4.873.800	307,80	0,0227	110.738
Total						13.546,90		1.579.634

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de ODEPA (2001) y CIREN (2005).

Cuadro 39: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro hortalizas.

Especie	Rendimiento (ton) /Há (a)	Unidad de medida	\$ / unid. Medida (b)	Ingreso (a*b = c)	Costos directos (d)	MB / Há (c-d = e)	Superf ¹⁶	% Superf (g)	MB Ponderado (e*g = h)
Pimiento	227.200	Unidad	17	3.862.400	557.000	3.305.400	1.820,8	0,2629	868.868
Alcachofa	35.000	Unidad	54	1.872.500	710.853	1.161.647	1.177,8	0,1700	197.521
Poroto verde	7,5	ton ¹⁷	266.667	2.000.003	593.200	1.406.803	826,7	0,1193	167.899
Apio	40.000	Unidad	90	3.600.000	650.000	2.950.000	765,9	0,1106	326.183
Choclo	55.384	Unidad	58	3.212.272	416.521	2.795.751	589,8	0,0851	238.051
Tomate fresco	71,3	ton	168.000	11.978.400	4.291.486	7.686.914	492,2	0,0711	546.212
Arveja verde	7	ton	203.127	1.421.889	400.271	1.021.618	374,8	0,0541	55.278
Pepino dulce	260.000	Unidad	15	3.900.000	1.058.900	2.841.100	314,4	0,0454	128.954
Zapallito Italiano	54.596	Unidad	56	3.057.376	1.502.780	1.554.596	290,3	0,0419	65.153
Haba	10	ton	206.346	2.063.461	1.502.780	560.681	274,1	0,0396	22.187
Total							6.926,8		2.616.306

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de ODEPA (2001) y CIREN (2005).

¹⁶ Superf: Superficie¹⁷ ton: Toneladas

Cuadro 40: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro cultivos Anuales

Especie	Rendimiento (a)	unidad de medida	\$/ unid. Medida (b)	Ingreso (a*b=c)	Costos directos (d)	MB / Há (c-d =e)	Superf (f)	% Superf (g)	MB Ponderado (e*g =h)
Papa	150,7	saco de 80 kg	11.425	1.721.600	955.650	765.950	7.047,7	0,7177	549.747
Trigo blanco	5,0	ton	102.883	514.415	269.639	244.776	1.309,2	0,1333	32.635
Poroto de consumo interno	250,0	qqm/há	6.954	1.738.500	1.013.874	724.626	467,9	0,0477	34.529
Trigo candeal	5,0	ton	102.883	514.415	217.265	297.150	395,0	0,0402	11.953
Maíz (grano seco)	12,0	ton	78.127	937.524	400.680	536.844	337,3	0,0344	18.441
Cebada forrajera	5,0	ton	90.745	453.725	330.922	122.803	262,3	0,0267	3.280
Total							9.819,4		650.586

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de ODEPA (2001) y CIREN (2005).

7.2 DIAGNÓSTICO ECONÓMICO

El análisis de la sección 7.1.1 “Contraste de efectos potenciales con química de suelos” y a través del diagnóstico presentado en el cuadro 36, se puede concluir que los costos derivados de la aplicación del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Aguas en la cuenca del río Elqui, son mínimos y se restringen a la pérdida de rendimiento comercial en los cultivos por efecto de los parámetros Boro y Cobre. La magnitud de la merma en el rendimiento comercial y por ende del margen bruto de los cultivos depende de la resistencia de cada uno de ellos ante los valores propuestos para cada parámetro considerado en el anteproyecto de Norma.

7.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS

7.3.1 Pérdida de margen bruto asociado a pérdidas de rendimiento comercial

La cuenca del río Elqui presenta disminución del rendimiento comercial¹⁸ en los cultivos a causa de los valores propuestos por el anteproyecto de Norma para los parámetros Boro y Cobre, en los tramos Río Vacas Heladas, Río Malo y Río Toro.

En el caso del Boro, la pérdida de rendimiento, se estimó en base a la información de umbrales de tolerancia para diferentes cultivos ante distintas concentraciones de Boro en el suelo (Anexo, figura 5). Para el caso del Cobre, la escasez de información dosis – respuesta y la complejidad en que se presentan los distintos síntomas de toxicidad de este

¹⁸ Rendimiento comercial: Producto que no cumple con las características mínimas para ser comercializado en mercados formales.

elemento, hacen difícil estimar una pérdida económica. Ante tal situación, la estimación económica se basó en datos empíricos y la pérdida de rendimiento comercial se estimó en un 5% para el caso de hortalizas y cultivos anuales. Para los frutales no se consideró pérdida de rendimiento comercial por efecto de toxicidad por cobre debido a que la característica profundizadora de sus raíces hacen improbable la absorción de este micro elemento.

A continuación se presentan en los cuadros 41 al 45, las pérdidas potenciales de margen bruto¹⁹, a causa de toxicidad por Boro y Cobre para algunos cultivos.

Cuadro 41: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en frutales

Frutal	MB	Vacas Heladas	Río Malo	Río Toro
Uva de mesa	1.453.430	0	0	0
Palto	1.500.716	0	0	0
Limonero	375.036	0	0	0
Mandarina	740.200	0	0	0
Chirimoyo	6.413.486	S/I	S/I	S/I
Nogal	262.778	S/I	S/I	S/I
Tuna	2.491.620	S/I	S/I	S/I
Durazno	263.640	S/I	S/I	S/I
Damasco	687.096	S/I	S/I	S/I
Papayo	4873799	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaborado por los autores.

En el caso de frutales, las pérdidas de margen bruto se producen con concentraciones de Boro superiores a los 8 mg/l, condición que no se cumple en ninguno de los tramos descritos. El valor 0 presentado indica la inexistencia de pérdida de margen bruto y las celdas rellenas con las siglas S/I indican la inexistencia de información sobre umbrales de tolerancia al Boro.

Cuadro 42: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en hortalizas.

Hortaliza	MB	Vacas Heladas	Río Malo	Río Toro
Pimiento	3.305.400	S/I	S/I	S/I
Alcachofa	1.161.647	S/I	S/I	S/I
Apio	2.950.000	0	0	0
Choclo	2.795.751	0	0	0
Tomate fresco	7.686.914	0	0	0
Arveja verde	1.021.618	S/I	S/I	S/I
Pepino dulce	2.841.100	S/I	S/I	S/I
Zapallito Italiano	1.554.596	S/I	S/I	S/I
Haba	560.681	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores.

¹⁹ Información extraída de tabla de umbrales de tolerancia para Bo y rendimientos relativos de algunos cultivos.

En el caso de las hortalizas, las pérdidas de margen bruto se producen con concentraciones de Boro superiores a : 5 mg/l en el caso del tomate. El valor 0 presente en el cuadro 45, indica la inexistencia de pérdida de margen bruto y las celdas rellenas con las siglas S/I indican la inexistencia de información.

Cuadro 43: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en cultivos anuales

Cultivo anual	MB	Vacas Heladas	Río Malo	Río Toro
Maíz	262.400	S/I	S/I	S/I
Papa	497.627	S/I	S/I	S/I
Trigo blanco	210.361	63.108	42.072	31.554
Trigo candeal	270.000	40.500	54.000	54.000
Arveja	901.100	S/I	S/I	S/I
Choclo	262.380	S/I	S/I	S/I
Haba	365.827	S/I	S/I	S/I
Poroto granado	1.426.580	213.987	213.987	213.987
Poroto verde	2.714.000	407.100	407.100	407.100
Tomate	1.225.614	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores.

En el caso de los cultivos anuales, las pérdidas de margen bruto se producen con concentraciones de Boro superiores a : 1 mg/l en el caso del poroto y el trigo. El valor 0 presente en el cuadro 46 indica la inexistencia de pérdida de margen bruto, los valores numéricos representan la pérdida de margen bruto y las celdas rellenas con las siglas S/I indican la inexistencia de información.

Cuadro 44: Pérdida de margen bruto por efecto del Cobre en hortalizas

Hortaliza	MB	Río Malo	Río Toro	Río Turbio 1	Río turbio 2	Río Elqui 1	Río Elqui 2
Pimiento	3.305.400	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270
Alcachofa	1.161.647	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082
Poroto verde	1.406.803	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340
Apio	2.950.000	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500
Choclo	2.795.751	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788
Tomate fresco	7.686.914	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346
Arveja verde	1.021.618	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081
Pepino dulce	2.841.100	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055
Zapallito Italiano	1.554.596	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730
Haba	560.681	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 45: Pérdida de margen bruto por efecto del Cobre en cultivos anuales

Cultivo anual	MB	Río Malo	Río Toro	Río Turbio 1	Río turbio 2	Río Elqui 1	Río Elqui 2
Maíz	262.400	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120
Papa	497.627	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881
Trigo blanco	210.361	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518
Trigo candeal	270.000	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
Arveja	901.100	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055
Choclo	262.380	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119
Haba	365.827	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291
Poroto granado	1.426.580	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329
Poroto verde	2.714.000	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700
Tomate	1.225.614	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281

Fuente: Elaborado por los autores.

7.4 EVALUACIÓN DE BENEFICIOS

Desde un punto de vista teórico y agregado, el precio de un factor, en competencia perfecta, es igual al valor de su producto marginal. En el caso del suelo, corresponderá al valor de la producción que de éste se obtiene, por tanto si la actividad es de corto plazo, se utilizará el margen bruto por hectárea para determinar el valor del suelo y si la actividad es de largo plazo, el cálculo de la plusvalía quedará supeditado al valor presente neto de la producción (González, 2001). Es evidente que el precio del suelo tendrá una dispersión geográfica, dada la heterogeneidad en las aptitudes agronómicas del mismo. Entonces desde una perspectiva general se puede plantear que:

$$Ps = PyPMgs$$

Donde Ps corresponde al precio del suelo; Py, al precio del producto agrícola final que se obtiene del suelo y PMgs, es la productividad del suelo.

Considerando esta perspectiva, y dado el rendimiento físico por hectárea constante, el valor del suelo queda en función de: i) el comportamiento de los precios de los productos que se generan en él, ii) la influencia de tasa de descuento que se asocia a ese suelo por concepto de riesgo de la producción y iii) la capacidad de uso de una determinada serie de suelo. En forma complementaria se sabe que el valor de la tierra está ligado a la actualización de los flujos futuros de capital que dependen de: i) características agronómicas de manejo, ii) características agrológicas de la zona y iii) nivel de riesgo propio de la actividad. Estas tres últimas variables se relacionan entre sí actualizando los flujos de capital de corto plazo (del año) en forma sucesiva dependiendo de la capacidad de uso de los suelos asociados al área de estudio.

Se utilizó como tasa de descuento base²⁰, los valores de 7% y 4% que corresponde a la tasa de riesgo asociada a actividades frutícolas y hortícolas respectivamente, propuestos

²⁰ Interés con el que se inicia el castigo del ingreso futuro de una unidad de terreno.

por Fundación Chile (2002) y la máxima tasa de descuento a utilizada para “castigar” los flujos futuros de capital corresponde a 10% que es la tasa de descuento social.

Por tanto, el método de valoración de suelo utilizado correspondió a la siguiente forma:

$$V_s = V_p(t - 1) / r^* f(\text{cus}), \text{ donde:}$$

V_s : Valor del suelo.

$V_p(\text{cus} - 1)$: Valor de la producción asociada a la capacidad de uso del suelo.

$r^* f(\text{cus})$: Tasa de descuento en función de la capacidad de uso del suelo.

González (2001), indica que al momento de tasar un predio con distintas clases de capacidad de uso, se debe utilizar tasas de descuento distintas o en su defecto aplicar una tasa de descuento uniforme (a criterio del evaluador), en concordancia con la serie de suelo más abundante. Por tanto, para evitar sobrestimaciones en la valoración de suelo propuesta, se empleó una tasa de descuento diferenciada para cada capacidad de uso y rubro presente en el suelo (frutales, hortalizas y cultivos anuales). Los valores utilizados como tasa de descuento correspondieron a 7% para las actividades frutícolas y 4 % para las actividades hortícola y de cultivos anuales. Como se explicó anteriormente la máxima tasa de descuento utilizada correspondió a 10% (tasa de descuento social) así, en el caso de los frutales, por cada capacidad de uso de suelo inferior a la anterior se fue incrementando la tasa de descuento en un 1% (1%*3 capacidades de uso = 3%) por tanto, si se suma la tasa de descuento inicial (7% para el caso de los frutales) con los aumentos sucesivos en la tasa de descuento por capacidades de uso inferiores, el resultado es 10% (7% + 3%), para la capacidad de uso VIII, que corresponde a la tasa de descuento social). Para el caso de las hortalizas y cultivos anuales se utilizó la misma lógica, sin embargo los aumentos sucesivos de la tasa de descuento correspondieron a un 2%.

A modo de ejemplo, se presentan los cuadros 46 y 47. El primero de ellos (cuadro 46) muestra la evolución de la tasa de descuento en un predio con VIII clases de capacidad de uso. Si se considera un riesgo inicial de 5% para una actividad agrícola cualquiera y el incremento sucesivo de 0, 71% en la tasa de descuento asociada a las capacidades de uso inferior (5% restante para alcanzar el 10% de la tasa de descuento social dividido por 7 capacidades de uso) se obtiene la tasa de descuento asociada a cada clase de uso de suelo.

El cuadro 47, muestra el “valor presente” (castigo de los flujos futuros) de la producción (\$100). Por tanto, al dividir el valor inicial (a) por el valor de la tasa de descuento (b), se obtiene el valor presente para una nueva clase de uso(c), y es este valor el que se vuelve a “castigar” con una nueva tasa de descuento (d) para obtener un nuevo valor presente (e) y así sucesivamente.

Cuadro 46: Evolución de la tasa de descuento

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10

Fuente: Elaborado por los autores..

Cuadro 47: Valor presente de la producción según capacidad de uso

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Monto \$	100 (a)	100 (c)	94,59	88,89	82,96	76,93	70,85	64,84
Tasa descuento	1 (b) 100	1,06 (d) 94,59	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10
Valor Final	(a/b = c)	(c/d = e)	88,89	82,96	76,93	70,85	64,84	58,94

Fuente: Elaborado por los autores..

Bajo el contexto del análisis anterior, el Anteproyecto de Norma genera una externalidad positiva sobre el valor del suelo, ya que al normar los contenidos de micro elementos y elementos traza en el agua de riego, se impedirá la adición en exceso de ellos al suelo, preservando así el potencial productivo de estos y evitando la caída en los ingresos.

Como se explicó anteriormente el precio del suelo desde un punto de vista teórico y agregado, es igual al valor de su producto marginal. En el caso del suelo, corresponde al valor de la producción que de éste se obtiene, por tanto en base a la información entregada en la sección “determinación de cultivos presentes en la cuenca” se procedió a utilizar los “márgenes brutos ponderados” de cada rubro para calcular los valores de suelo asociados a las distintas capacidades de uso presentes en la cuenca del río Elqui, el método de cálculo utilizado siguió el mismo método que el expuesto en el cuadro 47. El cuadro 48 muestra los rubros seleccionados, las especies y el margen bruto ponderado que conforman cada uno de ellos. El cálculo de valor de suelo se realizó para cada uno de los tres rubros considerados, para cada clase de capacidad de uso y para cada serie de suelo asociada a las localidades de Paihuano, Coquimbo, Andacollo y La Serena. El detalle de estos cálculos se muestra en los cuadros 49 al 63.

Cuadro 48: Márgenes brutos ponderados por rubro y especies consideradas.

Frutales	Hortalizas	Cultivos anuales
Uva de mesa	Pimiento	Papa
Palto	Alcachofa	Trigo blanco
Limonero	Poroto verde	Poroto de consumo interno
Mandarina	Apio	Trigo candeal
Chirimoyo	Choclo	Maíz (grano seco)
Nogal	Tomate fresco	Cebada forrajera
Tuna	Arveja verde	
Durazno	Pepino dulce	
Damasco	Zapallito Italiano	
Papayo	Haba	
MB: 1.579.634	MB: 2.616.306	MB: 650.586

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 49: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Paihuano.

Serie	Valor según capacidad de uso							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Alcohuaz		1.366.938		1.140.065				
Alto culebrón			1.254.072					
Chapilca			1.254.072					
El distante			1.254.072	1.140.065				
Horcón			1.254.072	1.140.065				
Paihuano			1.254.072	1.140.065				
Pisco Elqui			1.254.072	1.140.065				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 50: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Paihuano.

Serie	Valor según capacidad de uso							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Alcohuaz		2.373.281		1.997.711				
Alto culebrón			2.197.482					
Chapilca			2.197.482					
El distante			2.197.482	1.997.711				
Horcón				1.997.711				
Paihuano			2.197.482	1.997.711				
Pisco Elqui			2.197.482	1.997.711				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 51: Valor de suelo en predios con cultivo anual estimado para localidad de Paihuano.

Serie	Valor según capacidad de uso							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Alcohuaz		590.153	546.438	496.762				
Alto culebrón			546.438					
Chapilca			546.438					
El distante			546.438	496.762				
Horcón				496.762				
Paihuano			546.438	496.762				
Pisco Elqui			546.438	496.762				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 52: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Coquimbo.

Serie	Frutal: 1579633,7							
	Valor según capacidad de uso							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Algarrobito arriba		1.366.938	1.254.071					
alto culebrón		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
andacollo								
barrales		1.366.938	1.254.071	1.140.065				
cerrillos								
cerrillos dde elqui		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
El dominio seco		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
escorial de elqui		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
gracal		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
guayacancito								
hacienda el sauce			1.254.071	1.140.065				
industria								
islón			1.254.071					
la compañía		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
la cota			1.254.071	1.140.065				
la florida de elqui			1.254.071					
la quebrada		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
la rinconada		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
la torta		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
lagunillas		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
Las lozas de coquimbo		1.366.938		1.140.065				
lucinda		1.366.938	1.254.071	1.140.065				
matorrales tambillo		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
mollaca								
peñuelas				1.140.065				
quebrada martínez		1.366.938	1.254.071	1.140.065				
romero santa gracia			1.254.071					
San marcos								
san martin		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
santa anita		1.366.938	1.254.072					
santa luisa andacollo		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
tambillo tedeacal		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
tedeacal		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
tongoy								
totoralillo								
veguita			1.254.071					
venus		1.366.938	1.254.072	1.140.065				
xeres		1.366.938	1.254.072	1.140.065				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 53: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Coquimbo.

Hortaliza: 2616305								
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Algarrobito arriba		2.373.281	2.197.482					
alto culebrón		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
andacollo								
barrales		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
cerrillos								
cerrillos dde elqui		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
El dominio seco		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
escorial de elqui		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
gracal		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
guayacancito								
hacienda el sauce			2.197.482	1.997.711				
industria								
islón			2.197.482					
la compañía		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
la cota			2.197.482	1.997.711				
la florida de elqui			2.197.482					
la quebrada		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
la rinconada		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
la torta		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
lagunillas		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
Las lozas de coquimbo		2.373.281		1.997.711				
lucinda		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
matorrales tambillo		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
mollaca								
peñuelas				1.997.711				
quebrada martínez		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
romero santa gracia			2.197.482					
San marcos								
san martin		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
santa anita		2.373.281	2.197.482					
santa luisa andacollo		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
tambillo tedeacal		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
tedeacal		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
tongoy								
totalillo								
veguita			2.197.482					
venus		2.373.281	2.197.482	1.997.711				
xeres		2.373.281	2.197.482	1.997.711				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 54: Valor de suelo en predios con cultivos anuales estimado para localidad de Coquimbo.

Cultivo anual: 650585								
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Algarrobito arriba		590.153	546.458					
alto culebrón		590.153	546.438	496.762				
andacollo								
barrales		590.153	546.438	496.762				
cerrillos								
cerrillos dde elqui		590.153	546.438	496.762				
El dominio seco		590.153	546.438	496.762				
escorial de elqui		590.153	546.438	496.762				
gracal		590.153	546.438	496.762				
guayacancito								
hacienda el sauce			546.458	496.762				
industria								
islón			546.458					
la compañía		590.153	546.438	496.762				
la cota			546.458	496.780				
la florida de elqui			546.458					
la quebrada		590.153	546.438	496.762				
la rinconada		590.153	546.438	496.762				
la torta		590.153	546.438	496.762				
lagunillas		590.153	546.438	496.762				
Las lozas de coquimbo		590.153		496.762				
lucinda		590.153	546.458	496.780				
matorrales tambillo		590.153	546.438	496.762				
mollaca								
peñuelas				496.762				
quebrada martínez		590.153	546.438	496.762				
romero santa gracia			546.458					
San marcos								
san martin		590.153	546.438	496.762				
santa anita		590.153	546.458					
santa luisa andacollo		590.153	546.438	496.762				
tambillo tedeacal		590.153	546.438	496.762				
tedeacal		590.153	546.438	496.762				
tongoy								
totalillo								
veguita			546.458					
venus		590.153	546.438	496.762				
xeres		590.153	546.438	496.762				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 55: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Andacollo.

Frutal:		1579633,7							
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Andacollo									
Barrales			1.254.071						
Cerrillos elqui				1.140.065					
Dominio seco				1.140.065					
La torta Lucinda		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
Matorrales de tambillo		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
Mollaca			1.254.071	1.140.065					
San marcos									
Santa luisda de andacollo		1.366.938		1.140.065					
Tambillo			1.254.071						

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 56: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Andacollo.

Hortaliza: 2616305									
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Andacollo									
Barrales			2.197.482						
Cerrillos elqui				1.997.711					
Dominio seco				1.997.711					
La torta Lucinda		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
Matorrales de tambillo		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
Mollaca			2.197.482	1.997.711					
San marcos									
Santa luisda de andacollo		2.373.281		1.997.711					
Tambillo			2.197.482						

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 57: Valor de suelo en predios con cultivo anual estimado para localidad de Andacollo.

Cultivo anual: 650585									
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Andacollo									
Barrales			546.458						
Cerrillos elqui				496.762					
Dominio seco				496.762					
La torta Lucinda		590.153	546.458	496.762					
Matorrales de tambillo		590.153	546.458	496.762					
Mollaca			546.458	496.762					
San marcos									
Santa luisda de andacollo		590.153		496.762					
Tambillo			546.458						

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 58: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de La Serena.

Frutal:		1579633,697							
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
alfalfares		1.366.938	1.254.071						
Algarrobito		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
Agarrobito arriba		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
Altovalsol		1.366.938		1.140.065					
cachina				1.140.065					
chopilca			1.254.071	1.140.065					
escorial del elqui			1.254.071						
hinojal			1.254.071	1.140.065					
Industria									
Islón	1.476.293	1.366.938	1.254.071						
la asistencia		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
la compañía		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
la florida del elqui		1.366.938		1.140.065					
la seca			1.254.071	1.140.065					
la vega del elqui		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
lambert			1.254.071	1.140.065					
las palmeras de cqbo		1.366.938	1.254.071						
las pircas de sta gracia		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
las rojas	1.476.293	1.366.938	1.254.071						
loreto			1.254.071	1.140.065					
marquesa				1.140.065					
mollaca									
muca - muquey									
olivar bajo		1.366.938	1.254.071						
pedregal del tranque		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
peñuelas			1.254.071	1.140.065					
peladero			1.254.071	1.140.065					
puclaro			1.254.071	1.140.065					
puxanta			1.254.071	1.140.065					
qda martinez			1.254.071	1.140.065					
ada talca			1.254.071	1.140.065					
qilacar			1.254.071	1.140.065					
romero santa gracia			1.254.071	1.140.065					
san marcos									
Santa anita		1.366.938							
santa gracia		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
santa luisa de andacollo		1.366.938	1.254.071	1.140.065					
saturno	1.476.293	1.366.938							
terrazas de algarrobito		1.366.938	1.254.071						
terrazas rocosas									
vega del elqui			1.254.071						
vega norte			1.254.071						
veguita		1.366.938	1.254.071	1.140.065					

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 59: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de La Serena.

Hortaliza		2.616.305,00							
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
alfalfares									
Algarrobito		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
Agarrobito arriba		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
Altovalsol		2.373.281		1.997.711					
cachina				1.997.711					
chopilca			2.197.482	1.997.711					
escorial del elqui			2.197.482						
hinojal			2.197.482	1.997.711					
Industria									
Islón	2.515.678	2.373.281	2.197.482						
la asistencia		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
la compañía		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
la florida del elqui		2.373.281		1.997.711					
la seca			2.197.482	1.997.711					
la vega del elqui		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
lambert			2.197.482	1.997.711					
las palmeras de cqbo		2.373.281	2.197.482						
las pircas de sta gracia		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
las rojas	2.515.678	2.373.281	2.197.482						
loreto			2.197.482	1.997.711					
marquesa				1.997.711					
mollaca									
muca - muquey									
olivar bajo		2.373.281	2.197.482						
pedregal del tranque		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
peñuelas			2.197.482	1.997.711					
peladero			2.197.482	1.997.711					
puclaro			2.197.482	1.997.711					
puxanta			2.197.482	1.997.711					
qda martinez			2.197.482	1.997.711					
ada talca			2.197.482	1.997.711					
qilacar			2.197.482	1.997.711					
romero santa gracia		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
san marcos									
Santa anita		2.373.281							
santa gracia		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
santa luisa de andacollo		2.373.281	2.197.482	1.997.711					
saturno	2.515.678	2.373.281							
terrazas de algarrobito		2.373.281	2.197.482						
terrazas rocosas									
vega del elqui			2.197.482						
vega norte			2.197.482						
veguita		2.373.281	2.197.482	1.997.711					

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 60: Valor de suelo en predios cultivos anuales estimado para localidad de La Serena.

Cultivo anual: 650585								
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
alfalfares								
Algarrobito		590.153	546.458	496.762				
Agarrobito arriba		590.153	546.458	496.762				
Altovalsol		590.153		496.762				
cachina				496.762				
chopilca			546.458	496.762				
escorial del elqui			546.458					
hinojal			546.458	496.762				
Industria								
Islón	625.563	590.153	546.458					
la asistencia		590.153	546.458	496.762				
la compañía		590.153	546.458	496.762				
la florida del elqui		590.153		496.762				
la seca			546.458	496.762				
la vega del elqui		590.153	546.458	496.762				
lambert			546.458	496.762				
las palmeras de cqbo		590.153	546.458					
las pircas de sta gracia		590.153	546.458	496.762				
las rojas	625.563	590.153	546.458					
loreto			546.458	496.762				
marquesa				496.762				
mollaca								
muca - muquey								
olivar bajo		590.153	546.458					
pedregal del tranque		590.153	546.458	496.762				
peñuelas			546.458	496.762				
peladero			546.458	496.762				
puclaro			546.458	496.762				
puxanta			546.458	496.762				
qda martinez			546.458	496.762				
ada talca			546.458	496.762				
qilacar			546.458	496.762				
romero santa gracia		590.153	546.458	496.762				
san marcos								
Santa anita		590.153						
santa gracia		590.153	546.458	496.762				
santa luisa de andacollo		590.153	546.458	496.762				
saturno	625.563	590.153						
terrazas de algarrobito		590.153	546.458					
terrazas rocosas								
vega del elqui			546.458					
vega norte			546.458					
veguita		590.153	546.458	496.762				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 61: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Vicuña.

Frutal:		1579633,697						
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
alcohuaz								
chupilca			1.254.072	1.140.065				
horcón				1.140.065				
las rojas		1.366.938						
marquesa			1.254.072	1.140.065				
mollaca								
muca-muquey		1.366.938		1.140.065				
paranao		1.366.938		1.140.065				
puclaro			1.254.072	1.140.065				
puxanta			1.254.072	1.140.065				
qdda talca								
rivadavia		1.366.938	1.254.072					
saturno								
vicuña		1.366.938	1.254.072	1.140.065				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 62: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Vicuña.

Hortalizas		2.616.305,00						
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
alcohuaz								
chupilca			2.197.482	1.997.711				
horcón				1.997.711				
las rojas		2.373.281						
marquesa			2.197.482	1.997.711				
mollaca								
muca-muquey		2.373.281		1.997.711				
paranao		2.373.281		1.997.711				
puclaro			2.197.482	1.997.711				
puxanta			2.197.482	1.997.711				
qdda talca								
rivadavia		2.373.281	2.197.482					
saturno								
vicuña		2.373.281	2.197.482	1.997.711				

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 63: Valor de suelo en predios con cultivos anuales estimado para localidad de Vicuña.

Cultivo anual: 650585								
Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
alcohuaz								
chupilca			546.458	496.762				
horcón				496.762				
las rojas		590.153						
marquesa			546.458	496.762				
mollaca								
muca-muquey		590.153		496.762				
paranao		590.153		496.762				
puclaro			546.458	496.762				
puxanta			546.458	496.762				
qdda talca								
rivadavia		590.153	546.458					
saturno								
vicuña		590.153	546.458	496.762				

Fuente: Elaborado por los autores.

7.5 PROYECCIÓN DE EFECTOS

El Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad del Agua se orienta a modificar el valor de algunos componentes físico – químicos, inorgánicos, metales esenciales, metales no esenciales, e indicadores microbiológicos del agua de riego con el objetivo de preservar las calidades actuales de las aguas o en su defecto protegerlas de deterioro futuro.

De acuerdo al análisis del capítulo 5 “resumen de parámetros” y al análisis del cuadro 36 se concluyó que los mayores problemas por posibles efectos tóxicos, se relacionan con los parámetros Boro, Cobre y Cinc. Por tanto, aunque los valores propuestos por el anteproyecto de Norma para cada uno de los parámetros citados anteriormente son mayores que los valores recomendados internacionalmente, el establecimiento de valores máximos para cada uno de ellos significa un beneficio, generando una externalidad positiva al preservar la calidad de las aguas superficiales. Así mismo existe otro grupo de parámetros conformado por: Aluminio, Arsénico y Manganeseo que aunque no presentan problemas de toxicidad en la cuenca del río Elquí, son susceptibles de acumularse a través del tiempo y causar problemas al ecosistema y a los cultivos.

A continuación, para los parámetros: Boro, Cobre, Arsénico y Manganeseo se presenta una proyección (en un horizonte de 10 años) de las potenciales pérdidas económicas ante el escenario de la inexistencia de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas en la cuenca del Río Elquí. La proyección de los efectos potenciales se presenta en los cuadros 64 al 126 y corresponden solo a aproximaciones, ya que es imposible determinar con exactitud la tasa de acumulación anual de cada uno de los parámetros, debido al sinnúmero de variables que intervienen en dicho proceso.

7.5.1 Boro

Para el caso del Boro, se estableció que una posible curva de acumulación del parámetro en el suelo responde a la forma indicada en la Figura 52, a una tasa de acumulación de 0,4 mg / l año.

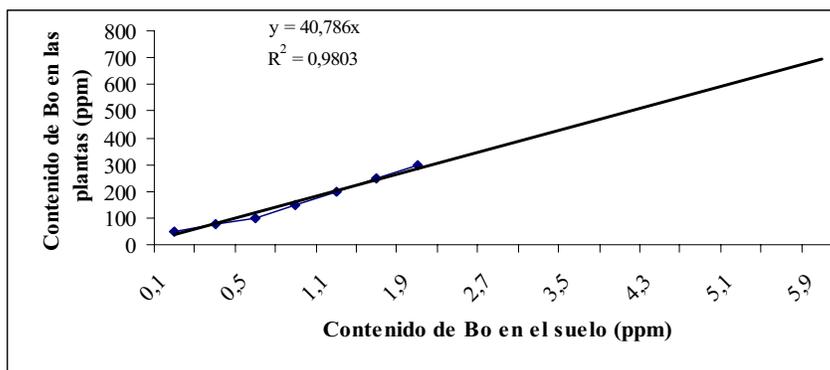


Figura 51: Acumulación de Boro en el suelo.

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995

Los efectos de la acumulación de Boro en un escenario sin Anteproyecto de Norma Secundaria de Agua, se muestra en los cuadros 67 al 78 para los tramos 1, 2 y 3 de la cuenca del río Elqui.

Cuadro 64: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Vacas Heladas.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de B en el suelo sin A. Norma (mg/L)	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7	8,1

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 65: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un

Frutal	MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uva de mesa	1.453.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palto	1.500.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limonero	375.036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mandarina	740.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chirimoyo	6.413.486	S/I									
Nogal	262.778	S/I									
Tuna	2.491.620	S/I									
Durazno	263.640	S/I									
Damasco	687.096	S/I									
Papayo	4.873.800	S/I									

horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 66: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.

Hortaliza	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcachofa	1.161.647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apio	2.950.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	2.795.751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate fresco	7.686.914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arveja verde	1.021.618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pepino dulce	2.841.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapallito Italiano	1.554.596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	560.681	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 67: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.

Cultivo anual	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papa	497.627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo blanco	210.361	0	45.578	45.578	45.578	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108
Trigo candeal	270.000	0	49.500	49.500	49.500	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000
Arveja	901.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	262.380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	365.827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poroto granado	1.426.580	0	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	427.974	427.974	427.974	427.974
Poroto verde	2.714.000	0	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	814.200	814.200	814.200	814.200
Tomate	1.225.614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 68: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Bo en el suelo sin A. Norma (mg/L)	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 69: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Frutal	MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uva de mesa	1.453.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palto	1.500.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limonero	375.036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mandarina	740.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chirimoyo	6.413.486	S/I									
Nogal	262.778	S/I									
Tuna	2.491.620	S/I									
Durazno	263.640	S/I									
Damasco	687.096	S/I									
Papayo	4.873.800	S/I									

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 70: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Hortaliza	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcachofa	1.161.647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apio	2.950.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	2.795.751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate fresco	7.686.914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arveja verde	1.021.618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pepino dulce	2.841.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapallito Italiano	1.554.596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	560.681	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 71: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Cultivo anual	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papa	497.627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo blanco	210.361	0	45.578	45.578	45.578	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108
Trigo candeal	270.000	0	49.500	49.500	49.500	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000
Arveja	901.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	262.380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	365.827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poroto granado	1.426.580	0	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	427.974	427.974	427.974	427.974
Poroto verde	2.714.000	0	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	814.200	814.200	814.200	814.200
Tomate	1.225.614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 72: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Bo en el suelo sin A. Norma (mg/L)	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 73: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Frutal	MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uva de mesa	1.453.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palto	1.500.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limonero	375.036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mandarina	740.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chirimoyo	6.413.486	S/I									
Nogal	262.778	S/I									
Tuna	2.491.620	S/I									
Durazno	263.640	S/I									
Damasco	687.096	S/I									
Papayo	4.873.800	S/I									

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 74: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Hortaliza	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcachofa	1.161.647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apio	2.950.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	2.795.751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate fresco	7.686.914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arveja verde	1.021.618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pepino dulce	2.841.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapallito Italiano	1.554.596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	560.681	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 75: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Cultivo anual	MB	Dism MB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papa	497.627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo blanco	210.361	0	45.578	45.578	45.578	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108	63.108
Trigo candeal	270.000	0	49.500	49.500	49.500	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000
Arveja	901.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choclo	262.380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba	365.827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poroto granado	1.426.580	0	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	213.987	427.974	427.974	427.974	427.974
Poroto verde	2.714.000	0	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	407.100	814.200	814.200	814.200	814.200
Tomate	1.225.614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

7.5.2 Cobre

Para el caso del Cobre, se estableció una posible curva de acumulación del parámetro en el suelo que responde a la forma indicada en la figura 53, a una tasa de acumulación diferente de acuerdo a la situación en cada tramo.

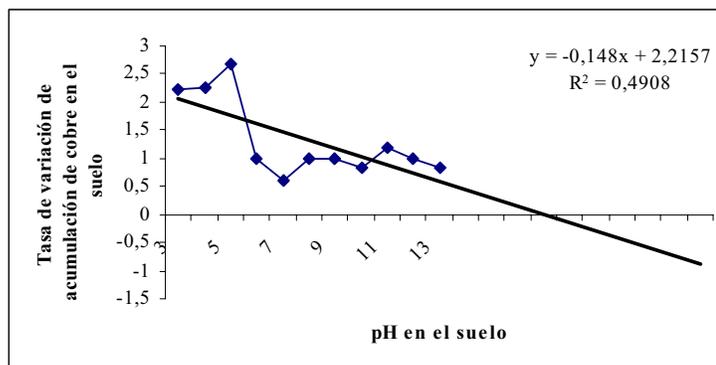


Figura 52: Acumulación de Cobre en el suelo.

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Los efectos de la acumulación de Cobre en un escenario sin Anteproyecto de Norma Secundaria de Agua, se muestran en los cuadros 79 al 97 para los tramos 1, 2, 5, 6, 11 y 12 de la cuenca del río Elqui y la magnitud en la disminución de margen bruto se muestra en el cuadro 79.

Cuadro 76: Magnitud de pérdida de rendimiento.

Concentración de cobre y pérdida de rendimiento	
Con un 11,9 - 23,8 mg/L de Cu el rendimiento cae un 5%	
Con un 1 - 2,7 mg/L de Cu el rendimiento cae un 2,5%	
Con un 0 - 1 mg/L de Cu el rendimiento cae un 1%	

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 77: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo (variación de 0,5 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	23,8	24,3	24,8	25,3	25,8	26,3	26,8	27,3	27,8	28,3

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 78: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Hortaliza	MB	Pérdida (5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	165.270	176.839	189.218	202.463	216.635	231.800	248.026	265.388	283.965	303.842	325.111
Alcachofa	1.161.647	58.082	62.148	66.498	71.153	76.134	81.464	87.166	93.268	99.796	106.782	114.257
Poroto verde	1.406.803	70.340	75.264	80.532	86.170	92.202	98.656	105.562	112.951	120.857	129.317	138.370
Apio	2.950.000	147.500	157.825	168.873	180.694	193.342	206.876	221.358	236.853	253.432	271.173	290.155
Choclo	2.795.751	139.788	149.573	160.043	171.246	183.233	196.059	209.783	224.468	240.181	256.994	274.983
Tomate fresco	7.686.914	384.346	411.250	440.037	470.840	503.799	539.065	576.799	617.175	660.377	706.604	756.066
Arveja verde	1.021.618	51.081	54.657	58.483	62.576	66.957	71.644	76.659	82.025	87.766	93.910	100.484
Pepino dulce	2.841.100	142.055	151.999	162.639	174.023	186.205	199.239	213.186	228.109	244.077	261.162	279.444
Zapallito Italiano	1.554.596	77.730	83.171	88.993	95.222	101.888	109.020	116.651	124.817	133.554	142.903	152.906
Haba	560.681	28.034	29.996	32.096	34.343	36.747	39.319	42.072	45.017	48.168	51.539	55.147

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 79: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Cultivo anual	MB	Pérdida (5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	13.120	14.038	15.021	16.073	17.198	18.401	19.690	21.068	22.543	24.121	25.809
Papa	497.627	24.881	26.623	28.487	30.481	32.614	34.897	37.340	39.954	42.751	45.743	48.945
Trigo blanco	210.361	10.518	11.254	12.042	12.885	13.787	14.752	15.785	16.890	18.072	19.337	20.691
Trigo candeal	270.000	13.500	14.445	15.456	16.538	17.696	18.934	20.260	21.678	23.196	24.819	26.557
Arveja	901.100	45.055	48.209	51.583	55.194	59.058	63.192	67.615	72.348	77.413	82.832	88.630
Choclo	262.380	13.119	14.037	15.020	16.071	17.196	18.400	19.688	21.066	22.541	24.119	25.807
Haba	365.827	18.291	19.572	20.942	22.408	23.976	25.655	27.450	29.372	31.428	33.628	35.982
Poroto granado	1.426.580	71.329	76.322	81.665	87.381	93.498	100.043	107.046	114.539	122.557	131.135	140.315
Poroto verde	2.714.000	135.700	145.199	155.363	166.238	177.875	190.326	203.649	217.905	233.158	249.479	266.942
Tomate	1.225.614	61.281	65.570	70.160	75.071	80.326	85.949	91.966	98.403	105.292	112.662	120.548

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 80: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro (variación de 0,6 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	11,9	12,5	13,1	13,7	14,3	14,9	15,5	16,1	16,7	17,3

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 81: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Hortaliza	MB	Pérdida (5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	165.270	175.186	185.697	196.839	208.650	221.169	234.439	248.505	263.415	279.220	295.973
Alcachofa	1.161.647	58.082	61.567	65.261	69.177	73.328	77.727	82.391	87.334	92.574	98.129	104.017
Poroto verde	1.406.803	70.340	74.561	79.034	83.776	88.803	94.131	99.779	105.766	112.111	118.838	125.968
Apio	2.950.000	147.500	156.350	165.731	175.675	186.215	197.388	209.232	221.785	235.093	249.198	264.150
Choclo	2.795.751	139.788	148.175	157.065	166.489	176.479	187.067	198.291	210.189	222.800	236.168	250.338
Tomate fresco	7.686.914	384.346	407.406	431.851	457.762	485.228	514.341	545.202	577.914	612.589	649.344	688.305
Arveja verde	1.021.618	51.081	54.146	57.394	60.838	64.488	68.358	72.459	76.807	81.415	86.300	91.478
Pepino dulce	2.841.100	142.055	150.578	159.613	169.190	179.341	190.102	201.508	213.598	226.414	239.999	254.399
Zapallito Italiano	1.554.596	77.730	82.394	87.337	92.577	98.132	104.020	110.261	116.877	123.889	131.323	139.202
Haba	560.681	28.034	29.716	31.499	33.389	35.392	37.516	39.767	42.153	44.682	47.363	50.205

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 82: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Cultivo anual	MB	Pérdida (5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	13.120	13.907	14.742	15.626	16.564	17.558	18.611	19.728	20.911	22.166	23.496
Papa	497.627	24.881	26.374	27.957	29.634	31.412	33.297	35.295	37.412	39.657	42.037	44.559
Trigo blanco	210.361	10.518	11.149	11.818	12.527	13.279	14.076	14.920	15.815	16.764	17.770	18.836
Trigo candeal	270.000	13.500	14.310	15.169	16.079	17.043	18.066	19.150	20.299	21.517	22.808	24.176
Arveja	901.100	45.055	47.758	50.624	53.661	56.881	60.294	63.911	67.746	71.811	76.119	80.687
Choclo	262.380	13.119	13.906	14.741	15.625	16.562	17.556	18.610	19.726	20.910	22.164	23.494
Haba	365.827	18.291	19.389	20.552	21.785	23.092	24.478	25.947	27.503	29.154	30.903	32.757
Poroto granado	1.426.580	71.329	75.609	80.145	84.954	90.051	95.454	101.182	107.252	113.688	120.509	127.739
Poroto verde	2.714.000	135.700	143.842	152.473	161.621	171.318	181.597	192.493	204.043	216.285	229.262	243.018
Tomate	1.225.614	61.281	64.958	68.855	72.986	77.365	82.007	86.928	92.144	97.672	103.532	109.744

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 83: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1 (variación de 0,7 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	2,7	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,9	7,6	8,3	9

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 84: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Hortaliza	MB	Pérdida (2,5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	82.635	88.419	94.609	101.231	108.318	115.900	124.013	132.694	141.982	151.921	162.556
Alcachofa	1.161.647	29.041	31.074	33.249	35.577	38.067	40.732	43.583	46.634	49.898	53.391	57.128
Poroto verde	1.406.803	35.170	37.632	40.266	43.085	46.101	49.328	52.781	56.475	60.429	64.659	69.185
Apio	2.950.000	73.750	78.913	84.436	90.347	96.671	103.438	110.679	118.426	126.716	135.586	145.077
Choclo	2.795.751	69.894	74.786	80.021	85.623	91.616	98.030	104.892	112.234	120.091	128.497	137.492
Tomate fresco	7.686.914	192.173	205.625	220.019	235.420	251.899	269.532	288.400	308.588	330.189	353.302	378.033
Arveja verde	1.021.618	25.540	27.328	29.241	31.288	33.478	35.822	38.329	41.012	43.883	46.955	50.242
Pepino dulce	2.841.100	71.028	75.999	81.319	87.012	93.103	99.620	106.593	114.055	122.038	130.581	139.722
Zapallito Italiano	1.554.596	38.865	41.585	44.496	47.611	50.944	54.510	58.326	62.409	66.777	71.452	76.453
Haba	560.681	14.017	14.998	16.048	17.171	18.373	19.660	21.036	22.508	24.084	25.770	27.574

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 85: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Cultivo anual	MB	Pérdida (2,5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	6.560	7.019	7.511	8.036	8.599	9.201	9.845	10.534	11.271	12.060	12.905
Papa	497.627	12.441	13.312	14.243	15.240	16.307	17.449	18.670	19.977	21.375	22.872	24.473
Trigo blanco	210.361	5.259	5.627	6.021	6.443	6.894	7.376	7.892	8.445	9.036	9.669	10.345
Trigo candeal	270.000	6.750	7.223	7.728	8.269	8.848	9.467	10.130	10.839	11.598	12.410	13.278
Arveja	901.100	22.528	24.104	25.792	27.597	29.529	31.596	33.808	36.174	38.706	41.416	44.315
Choclo	262.380	6.560	7.019	7.510	8.036	8.598	9.200	9.844	10.533	11.270	12.059	12.904
Haba	365.827	9.146	9.786	10.471	11.204	11.988	12.827	13.725	14.686	15.714	16.814	17.991
Poroto granado	1.426.580	35.665	38.161	40.832	43.691	46.749	50.021	53.523	57.269	61.278	65.568	70.157
Poroto verde	2.714.000	67.850	72.600	77.681	83.119	88.938	95.163	101.825	108.952	116.579	124.739	133.471
Tomate	1.225.614	30.640	32.785	35.080	37.536	40.163	42.975	45.983	49.202	52.646	56.331	60.274

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 86: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2 (variación de 0,7 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	1,5	2,2	2,9	3,6	4,3	5	5,7	6,4	7,1	7,8

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 87: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.

Hortaliza	MB	Pérdida (2,5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	82.635	88.419	94.609	101.231	108.318	115.900	124.013	132.694	141.982	151.921	162.556
Alcachofa	1.161.647	29.041	31.074	33.249	35.577	38.067	40.732	43.583	46.634	49.898	53.391	57.128
Poroto verde	1.406.803	35.170	37.632	40.266	43.085	46.101	49.328	52.781	56.475	60.429	64.659	69.185
Apio	2.950.000	73.750	78.913	84.436	90.347	96.671	103.438	110.679	118.426	126.716	135.586	145.077
Choclo	2.795.751	69.894	74.786	80.021	85.623	91.616	98.030	104.892	112.234	120.091	128.497	137.492
Tomate fresco	7.686.914	192.173	205.625	220.019	235.420	251.899	269.532	288.400	308.588	330.189	353.302	378.033
Arveja verde	1.021.618	25.540	27.328	29.241	31.288	33.478	35.822	38.329	41.012	43.883	46.955	50.242
Pepino dulce	2.841.100	71.028	75.999	81.319	87.012	93.103	99.620	106.593	114.055	122.038	130.581	139.722
Zapallito Italiano	1.554.596	38.865	41.585	44.496	47.611	50.944	54.510	58.326	62.409	66.777	71.452	76.453
Haba	560.681	14.017	14.998	16.048	17.171	18.373	19.660	21.036	22.508	24.084	25.770	27.574

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 88: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.

Cultivo anual	MB	Pérdida (2,5% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	6.560	7.019	7.511	8.036	8.599	9.201	9.845	10.534	11.271	12.060	12.905
Papa	497.627	12.441	13.312	14.243	15.240	16.307	17.449	18.670	19.977	21.375	22.872	24.473
Trigo blanco	210.361	5.259	5.627	6.021	6.443	6.894	7.376	7.892	8.445	9.036	9.669	10.345
Trigo candeal	270.000	6.750	7.223	7.728	8.269	8.848	9.467	10.130	10.839	11.598	12.410	13.278
Arveja	901.100	22.528	24.104	25.792	27.597	29.529	31.596	33.808	36.174	38.706	41.416	44.315
Choclo	262.380	6.560	7.019	7.510	8.036	8.598	9.200	9.844	10.533	11.270	12.059	12.904
Haba	365.827	9.146	9.786	10.471	11.204	11.988	12.827	13.725	14.686	15.714	16.814	17.991
Poroto granado	1.426.580	35.665	38.161	40.832	43.691	46.749	50.021	53.523	57.269	61.278	65.568	70.157
Poroto verde	2.714.000	67.850	72.600	77.681	83.119	88.938	95.163	101.825	108.952	116.579	124.739	133.471
Tomate	1.225.614	30.640	32.785	35.080	37.536	40.163	42.975	45.983	49.202	52.646	56.331	60.274

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 89: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Elqui 1 (variación de 0,7 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,75	1,45	2,15	2,85	3,55	4,25	4,95	5,65	6,35	7,05

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 90: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 1.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	35.368	37.844	40.493	43.327	46.360	49.605	53.078	56.793	60.768	65.022
Alcachofa	1.161.647	11.616	12.430	13.300	14.231	15.227	16.293	17.433	18.654	19.959	21.356	22.851
Poroto verde	1.406.803	14.068	15.053	16.106	17.234	18.440	19.731	21.112	22.590	24.171	25.863	27.674
Apio	2.950.000	29.500	31.565	33.775	36.139	38.668	41.375	44.272	47.371	50.686	54.235	58.031
Choclo	2.795.751	27.958	29.915	32.009	34.249	36.647	39.212	41.957	44.894	48.036	51.399	54.997
Tomate fresco	7.686.914	76.869	82.250	88.007	94.168	100.760	107.813	115.360	123.435	132.075	141.321	151.213
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.931	11.697	12.515	13.391	14.329	15.332	16.405	17.553	18.782	20.097
Pepino dulce	2.841.100	28.411	30.400	32.528	34.805	37.241	39.848	42.637	45.622	48.815	52.232	55.889
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	16.634	17.799	19.044	20.378	21.804	23.330	24.963	26.711	28.581	30.581
Haba	560.681	5.607	5.999	6.419	6.869	7.349	7.864	8.414	9.003	9.634	10.308	11.029

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 91: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 1.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.808	3.004	3.215	3.440	3.680	3.938	4.214	4.509	4.824	5.162
Papa	497.627	4.976	5.325	5.697	6.096	6.523	6.979	7.468	7.991	8.550	9.149	9.789
Trigo blanco	210.361	2.104	2.251	2.408	2.577	2.757	2.950	3.157	3.378	3.614	3.867	4.138
Trigo candeal	270.000	2.700	2.889	3.091	3.308	3.539	3.787	4.052	4.336	4.639	4.964	5.311
Arveja	901.100	9.011	9.642	10.317	11.039	11.812	12.638	13.523	14.470	15.483	16.566	17.726
Choclo	262.380	2.624	2.807	3.004	3.214	3.439	3.680	3.938	4.213	4.508	4.824	5.161
Haba	365.827	3.658	3.914	4.188	4.482	4.795	5.131	5.490	5.874	6.286	6.726	7.196
Poroto granado	1.426.580	14.266	15.264	16.333	17.476	18.700	20.009	21.409	22.908	24.511	26.227	28.063
Poroto verde	2.714.000	27.140	29.040	31.073	33.248	35.575	38.065	40.730	43.581	46.632	49.896	53.388
Tomate	1.225.614	12.256	13.114	14.032	15.014	16.065	17.190	18.393	19.681	21.058	22.532	24.110

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 92: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Elqui 2 (variación de 0,7 mg/año).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Cu en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,25	0,95	1,65	2,35	3,05	3,75	4,45	5,15	5,85	6,55

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 93: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 2.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	35.368	37.844	40.493	43.327	46.360	49.605	53.078	56.793	60.768	65.022
Alcachofa	1.161.647	11.616	12.430	13.300	14.231	15.227	16.293	17.433	18.654	19.959	21.356	22.851
Poroto verde	1.406.803	14.068	15.053	16.106	17.234	18.440	19.731	21.112	22.590	24.171	25.863	27.674
Apio	2.950.000	29.500	31.565	33.775	36.139	38.668	41.375	44.272	47.371	50.686	54.235	58.031
Choclo	2.795.751	27.958	29.915	32.009	34.249	36.647	39.212	41.957	44.894	48.036	51.399	54.997
Tomate fresco	7.686.914	76.869	82.250	88.007	94.168	100.760	107.813	115.360	123.435	132.075	141.321	151.213
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.931	11.697	12.515	13.391	14.329	15.332	16.405	17.553	18.782	20.097
Pepino dulce	2.841.100	28.411	30.400	32.528	34.805	37.241	39.848	42.637	45.622	48.815	52.232	55.889
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	16.634	17.799	19.044	20.378	21.804	23.330	24.963	26.711	28.581	30.581
Haba	560.681	5.607	5.999	6.419	6.869	7.349	7.864	8.414	9.003	9.634	10.308	11.029

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 94: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 2.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.808	3.004	3.215	3.440	3.680	3.938	4.214	4.509	4.824	5.162
Papa	497.627	4.976	5.325	5.697	6.096	6.523	6.979	7.468	7.991	8.550	9.149	9.789
Trigo blanco	210.361	2.104	2.251	2.408	2.577	2.757	2.950	3.157	3.378	3.614	3.867	4.138
Trigo candeal	270.000	2.700	2.889	3.091	3.308	3.539	3.787	4.052	4.336	4.639	4.964	5.311
Arveja	901.100	9.011	9.642	10.317	11.039	11.812	12.638	13.523	14.470	15.483	16.566	17.726
Choclo	262.380	2.624	2.807	3.004	3.214	3.439	3.680	3.938	4.213	4.508	4.824	5.161
Haba	365.827	3.658	3.914	4.188	4.482	4.795	5.131	5.490	5.874	6.286	6.726	7.196
Poroto granado	1.426.580	14.266	15.264	16.333	17.476	18.700	20.009	21.409	22.908	24.511	26.227	28.063
Poroto verde	2.714.000	27.140	29.040	31.073	33.248	35.575	38.065	40.730	43.581	46.632	49.896	53.388
Tomate	1.225.614	12.256	13.114	14.032	15.014	16.065	17.190	18.393	19.681	21.058	22.532	24.110

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

7.5.3 Arsénico

Para el caso del arsénico, se determinó una tasa de acumulación de 0.1 mg/l año. Los efectos de la acumulación de arsénico en un escenario sin Anteproyecto de Norma Secundaria de Agua, se muestra en los cuadros 98 al 113 para los tramos 1, 2, 3, 5 y 6 de la cuenca del río Elqui. Asimismo la magnitud en la disminución de margen bruto se muestra en el Cuadro 98.

Cuadro 95: Magnitud de pérdida de rendimiento.

Concentración de Arsénico y pérdida de rendimiento
Disminución de rendimiento a 0,05 - 12 mg/L, la sensibilidad según cultivo no está determinada
Desde 0,05 - 3 mg/L se asume una pérdida de rendimiento de un 1%
Desde 3-6 mg/L se asume una pérdida de rendimiento de un 2,5%
Desde 6-12 mg/L se asume una pérdida de rendimiento de un 5%

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 96: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Vacas Heladas.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,58	0,58	0,59	0,59	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 97: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.385	33.718	34.056	34.396	34.740	35.087	35.438	35.793	36.151	36.512
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.733	11.850	11.968	12.088	12.209	12.331	12.454	12.579	12.705	12.832
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.209	14.351	14.494	14.639	14.786	14.933	15.083	15.234	15.386	15.540
Apio	2.950.000	29.500	29.795	30.093	30.394	30.698	31.005	31.315	31.628	31.944	32.264	32.586
Choclo	2.795.751	27.958	28.237	28.519	28.805	29.093	29.384	29.677	29.974	30.274	30.577	30.882
Tomate fresco	7.686.914	76.869	77.638	78.414	79.198	79.990	80.790	81.598	82.414	83.238	84.071	84.911
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.318	10.422	10.526	10.631	10.737	10.845	10.953	11.063	11.173	11.285
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.695	28.982	29.272	29.565	29.860	30.159	30.460	30.765	31.073	31.383
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.701	15.858	16.017	16.177	16.339	16.502	16.667	16.834	17.002	17.172
Haba	560.681	5.607	5.663	5.720	5.777	5.834	5.893	5.952	6.011	6.071	6.132	6.193

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 98: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maiz	262.400	2.624	2.650	2.677	2.704	2.731	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.899
Papa	497.627	4.976	5.026	5.076	5.127	5.178	5.230	5.282	5.335	5.389	5.442	5.497
Trigo blanco	210.361	2.104	2.125	2.146	2.167	2.189	2.211	2.233	2.255	2.278	2.301	2.324
Trigo candeal	270.000	2.700	2.727	2.754	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.982
Arveja	901.100	9.011	9.101	9.192	9.284	9.377	9.471	9.565	9.661	9.758	9.855	9.954
Choclo	262.380	2.624	2.650	2.677	2.703	2.730	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.898
Haba	365.827	3.658	3.695	3.732	3.769	3.807	3.845	3.883	3.922	3.961	4.001	4.041
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.408	14.553	14.698	14.845	14.993	15.143	15.295	15.448	15.602	15.758
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.411	27.686	27.962	28.242	28.524	28.810	29.098	29.389	29.683	29.979
Tomate	1.225.614	12.256	12.379	12.502	12.628	12.754	12.881	13.010	13.140	13.272	13.404	13.538

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 99: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	1,47	1,48	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 100: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.385	33.718	34.056	34.396	34.740	35.087	35.438	35.793	36.151	36.512
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.733	11.850	11.968	12.088	12.209	12.331	12.454	12.579	12.705	12.832
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.209	14.351	14.494	14.639	14.786	14.933	15.083	15.234	15.386	15.540
Apio	2.950.000	29.500	29.795	30.093	30.394	30.698	31.005	31.315	31.628	31.944	32.264	32.586
Choclo	2.795.751	27.958	28.237	28.519	28.805	29.093	29.384	29.677	29.974	30.274	30.577	30.882
Tomate fresco	7.686.914	76.869	77.638	78.414	79.198	79.990	80.790	81.598	82.414	83.238	84.071	84.911
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.318	10.422	10.526	10.631	10.737	10.845	10.953	11.063	11.173	11.285
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.695	28.982	29.272	29.565	29.860	30.159	30.460	30.765	31.073	31.383
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.701	15.858	16.017	16.177	16.339	16.502	16.667	16.834	17.002	17.172
Haba	560.681	5.607	5.663	5.720	5.777	5.834	5.893	5.952	6.011	6.071	6.132	6.193

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 101: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.650	2.677	2.704	2.731	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.899
Papa	497.627	4.976	5.026	5.076	5.127	5.178	5.230	5.282	5.335	5.389	5.442	5.497
Trigo blanco	210.361	2.104	2.125	2.146	2.167	2.189	2.211	2.233	2.255	2.278	2.301	2.324
Trigo candéal	270.000	2.700	2.727	2.754	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.982
Arveja	901.100	9.011	9.101	9.192	9.284	9.377	9.471	9.565	9.661	9.758	9.855	9.954
Choclo	262.380	2.624	2.650	2.677	2.703	2.730	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.898
Haba	365.827	3.658	3.695	3.732	3.769	3.807	3.845	3.883	3.922	3.961	4.001	4.041
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.408	14.553	14.698	14.845	14.993	15.143	15.295	15.448	15.602	15.758
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.411	27.686	27.962	28.242	28.524	28.810	29.098	29.389	29.683	29.979
Tomate	1.225.614	12.256	12.379	12.502	12.628	12.754	12.881	13.010	13.140	13.272	13.404	13.538

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 102: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 103: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.385	33.718	34.056	34.396	34.740	35.087	35.438	35.793	36.151	36.512
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.733	11.850	11.968	12.088	12.209	12.331	12.454	12.579	12.705	12.832
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.209	14.351	14.494	14.639	14.786	14.933	15.083	15.234	15.386	15.540
Apio	2.950.000	29.500	29.795	30.093	30.394	30.698	31.005	31.315	31.628	31.944	32.264	32.586
Choclo	2.795.751	27.958	28.237	28.519	28.805	29.093	29.384	29.677	29.974	30.274	30.577	30.882
Tomate fresco	7.686.914	76.869	77.638	78.414	79.198	79.990	80.790	81.598	82.414	83.238	84.071	84.911
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.318	10.422	10.526	10.631	10.737	10.845	10.953	11.063	11.173	11.285
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.695	28.982	29.272	29.565	29.860	30.159	30.460	30.765	31.073	31.383
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.701	15.858	16.017	16.177	16.339	16.502	16.667	16.834	17.002	17.172
Haba	560.681	5.607	5.663	5.720	5.777	5.834	5.893	5.952	6.011	6.071	6.132	6.193

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 104: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.650	2.677	2.704	2.731	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.899
Papa	497.627	4.976	5.026	5.076	5.127	5.178	5.230	5.282	5.335	5.389	5.442	5.497
Trigo blanco	210.361	2.104	2.125	2.146	2.167	2.189	2.211	2.233	2.255	2.278	2.301	2.324
Trigo candeal	270.000	2.700	2.727	2.754	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.982
Arveja	901.100	9.011	9.101	9.192	9.284	9.377	9.471	9.565	9.661	9.758	9.855	9.954
Choclo	262.380	2.624	2.650	2.677	2.703	2.730	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.898
Haba	365.827	3.658	3.695	3.732	3.769	3.807	3.845	3.883	3.922	3.961	4.001	4.041
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.408	14.553	14.698	14.845	14.993	15.143	15.295	15.448	15.602	15.758
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.411	27.686	27.962	28.242	28.524	28.810	29.098	29.389	29.683	29.979
Tomate	1.225.614	12.256	12.379	12.502	12.628	12.754	12.881	13.010	13.140	13.272	13.404	13.538

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 105: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,3

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 106: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.385	33.718	34.056	34.396	34.740	35.087	35.438	35.793	36.151	36.512
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.733	11.850	11.968	12.088	12.209	12.331	12.454	12.579	12.705	12.832
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.209	14.351	14.494	14.639	14.786	14.933	15.083	15.234	15.386	15.540
Apio	2.950.000	29.500	29.795	30.093	30.394	30.698	31.005	31.315	31.628	31.944	32.264	32.586
Choclo	2.795.751	27.958	28.237	28.519	28.805	29.093	29.384	29.677	29.974	30.274	30.577	30.882
Tomate fresco	7.686.914	76.869	77.638	78.414	79.198	79.990	80.790	81.598	82.414	83.238	84.071	84.911
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.318	10.422	10.526	10.631	10.737	10.845	10.953	11.063	11.173	11.285
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.695	28.982	29.272	29.565	29.860	30.159	30.460	30.765	31.073	31.383
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.701	15.858	16.017	16.177	16.339	16.502	16.667	16.834	17.002	17.172
Haba	560.681	5.607	5.663	5.720	5.777	5.834	5.893	5.952	6.011	6.071	6.132	6.193

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 107: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.650	2.677	2.704	2.731	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.899
Papa	497.627	4.976	5.026	5.076	5.127	5.178	5.230	5.282	5.335	5.389	5.442	5.497
Trigo blanco	210.361	2.104	2.125	2.146	2.167	2.189	2.211	2.233	2.255	2.278	2.301	2.324
Trigo candeal	270.000	2.700	2.727	2.754	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.982
Arveja	901.100	9.011	9.101	9.192	9.284	9.377	9.471	9.565	9.661	9.758	9.855	9.954
Choclo	262.380	2.624	2.650	2.677	2.703	2.730	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.898
Haba	365.827	3.658	3.695	3.732	3.769	3.807	3.845	3.883	3.922	3.961	4.001	4.041
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.408	14.553	14.698	14.845	14.993	15.143	15.295	15.448	15.602	15.758
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.411	27.686	27.962	28.242	28.524	28.810	29.098	29.389	29.683	29.979
Tomate	1.225.614	12.256	12.379	12.502	12.628	12.754	12.881	13.010	13.140	13.272	13.404	13.538

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 108: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2.

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,19	0,19	0,19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 109: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.

Hortaliza	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.385	33.718	34.056	34.396	34.740	35.087	35.438	35.793	36.151	36.512
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.733	11.850	11.968	12.088	12.209	12.331	12.454	12.579	12.705	12.832
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.209	14.351	14.494	14.639	14.786	14.933	15.083	15.234	15.386	15.540
Apio	2.950.000	29.500	29.795	30.093	30.394	30.698	31.005	31.315	31.628	31.944	32.264	32.586
Choclo	2.795.751	27.958	28.237	28.519	28.805	29.093	29.384	29.677	29.974	30.274	30.577	30.882
Tomate fresco	7.686.914	76.869	77.638	78.414	79.198	79.990	80.790	81.598	82.414	83.238	84.071	84.911
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.318	10.422	10.526	10.631	10.737	10.845	10.953	11.063	11.173	11.285
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.695	28.982	29.272	29.565	29.860	30.159	30.460	30.765	31.073	31.383
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.701	15.858	16.017	16.177	16.339	16.502	16.667	16.834	17.002	17.172
Haba	560.681	5.607	5.663	5.720	5.777	5.834	5.893	5.952	6.011	6.071	6.132	6.193

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 110: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.650	2.677	2.704	2.731	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.899
Papa	497.627	4.976	5.026	5.076	5.127	5.178	5.230	5.282	5.335	5.389	5.442	5.497
Trigo blanco	210.361	2.104	2.125	2.146	2.167	2.189	2.211	2.233	2.255	2.278	2.301	2.324
Trigo candeal	270.000	2.700	2.727	2.754	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.982
Arveja	901.100	9.011	9.101	9.192	9.284	9.377	9.471	9.565	9.661	9.758	9.855	9.954
Choclo	262.380	2.624	2.650	2.677	2.703	2.730	2.758	2.785	2.813	2.841	2.870	2.898
Haba	365.827	3.658	3.695	3.732	3.769	3.807	3.845	3.883	3.922	3.961	4.001	4.041
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.408	14.553	14.698	14.845	14.993	15.143	15.295	15.448	15.602	15.758
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.411	27.686	27.962	28.242	28.524	28.810	29.098	29.389	29.683	29.979
Tomate	1.225.614	12.256	12.379	12.502	12.628	12.754	12.881	13.010	13.140	13.272	13.404	13.538

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

7.5.4 Manganeso

Para el caso de Manganeso, se estableció una posible curva de acumulación del parámetro en el suelo que responde a la forma indicada en la Figura 53, a una tasa de acumulación diferente de acuerdo a la situación en cada tramo.

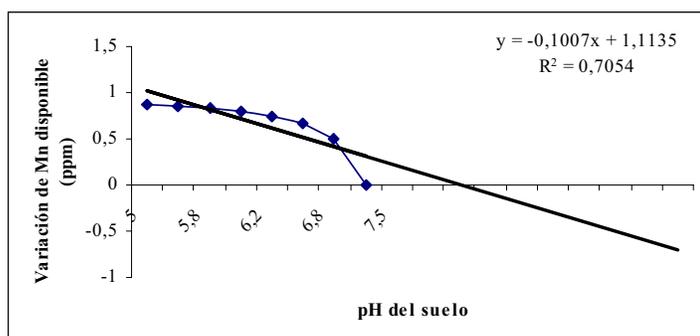


Figura 53: Acumulación de Manganeseo en el suelo.

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Los efectos de la acumulación de Manganeseo en un escenario sin Anteproyecto de Norma Secundaria de Agua, se muestra en los cuadros 114 al 129 para los tramos 1, 2, 3, 5, 6, y 11 de la cuenca del río Elqui. Asimismo el criterio que establece la magnitud de la disminución del margen bruto se muestra en el cuadro 114.

Cuadro 111: Magnitud de pérdida de rendimiento.

Concentración de Manganeseo y pérdida de rendimiento

Mn es tóxico hasta 10 mg/L en suelos ácidos y en la región los suelos son alcalinos

0-4 mg/L 1% pérdida de rendimiento

4-8 mg/L 2,5% pérdida de rendimiento

8-12 mg/L 5% pérdida de rendimiento

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 112: Acumulación de Manganeseo en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Vacas Heladas (0% de variación).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Mn en el suelo										
sin A. Norma (mg/L)	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 113: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeseo en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.

Hortaliza	MB	Pérdida (2,5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635	82.635
Alcachofa	1.161.647	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041	29.041
Poroto verde	1.406.803	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170	35.170
Apio	2.950.000	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750	73.750
Choclo	2.795.751	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894	69.894
Tomate fresco	7.686.914	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173	192.173
Arveja verde	1.021.618	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540	25.540
Pepino dulce	2.841.100	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028	71.028
Zapallito Italiano	1.554.596	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865	38.865
Haba	560.681	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017	14.017

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 114: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.

Cultivo anual	MB	Pérdida (2,5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560
Papa	497.627	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441	12.441
Trigo blanco	210.361	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259	5.259
Trigo candeal	270.000	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750
Arveja	901.100	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528	22.528
Choclo	262.380	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560	6.560
Haba	365.827	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146	9.146
Poroto granado	1.426.580	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665	35.665
Poroto verde	2.714.000	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850	67.850
Tomate	1.225.614	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640	30.640

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 115: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo (0% de variación).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Mn en el suelo sin A. Norma (mg/L)	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 116: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Hortaliza	MB	Pérdida (5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270	165.270
Alcachofa	1.161.647	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082	58.082
Poroto verde	1.406.803	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340	70.340
Apio	2.950.000	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500	147.500
Choclo	2.795.751	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788	139.788
Tomate fresco	7.686.914	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346	384.346
Arveja verde	1.021.618	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081	51.081
Pepino dulce	2.841.100	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055	142.055
Zapallito Italiano	1.554.596	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730	77.730
Haba	560.681	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034	28.034

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 117: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.

Cultivo anual	MB	Pérdida (5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120	13.120
Papa	497.627	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881	24.881
Trigo blanco	210.361	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518	10.518
Trigo candeal	270.000	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
Arveja	901.100	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055	45.055
Choclo	262.380	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119	13.119
Haba	365.827	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291	18.291
Poroto granado	1.426.580	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329	71.329
Poroto verde	2.714.000	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700	135.700
Tomate	1.225.614	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281	61.281

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 118: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro (0% de variación).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Mn en el suelo sin A. Norma (mg/L)	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 119: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Hortaliza	MB	Pérdida (2,5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	82.635	82.883	83.132	83.381	83.631	83.882	84.134	84.386	84.639	84.893	165.766
Alcachofa	1.161.647	29.041	29.128	29.216	29.303	29.391	29.479	29.568	29.657	29.746	29.835	58.257
Poroto verde	1.406.803	35.170	35.276	35.381	35.488	35.594	35.701	35.808	35.915	36.023	36.131	70.551
Apio	2.950.000	73.750	73.971	74.193	74.416	74.639	74.863	75.087	75.313	75.539	75.765	147.943
Choclo	2.795.751	69.894	70.103	70.314	70.525	70.736	70.948	71.161	71.375	71.589	71.804	140.207
Tomate fresco	7.686.914	192.173	192.749	193.328	193.908	194.489	195.073	195.658	196.245	196.834	197.424	385.499
Arveja verde	1.021.618	25.540	25.617	25.694	25.771	25.848	25.926	26.004	26.082	26.160	26.238	51.234
Pepino dulce	2.841.100	71.028	71.241	71.454	71.669	71.884	72.099	72.316	72.533	72.750	72.968	142.481
Zapallito Italiano	1.554.596	38.865	38.981	39.098	39.216	39.333	39.451	39.570	39.688	39.808	39.927	77.963
Haba	560.681	14.017	14.059	14.101	14.144	14.186	14.229	14.271	14.314	14.357	14.400	28.118

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 120: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.

Cultivo anual	MB	Pérdida (2,5%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	6.560	6.580	6.599	6.619	6.639	6.659	6.679	6.699	6.719	6.739	13.159
Papa	497.627	12.441	12.478	12.515	12.553	12.591	12.628	12.666	12.704	12.742	12.781	24.956
Trigo blanco	210.361	5.259	5.275	5.291	5.306	5.322	5.338	5.354	5.370	5.387	5.403	10.550
Trigo candeal	270.000	6.750	6.770	6.791	6.811	6.831	6.852	6.872	6.893	6.914	6.934	13.541
Arveja	901.100	22.528	22.595	22.663	22.731	22.799	22.867	22.936	23.005	23.074	23.143	45.190
Choclo	262.380	6.560	6.579	6.599	6.619	6.639	6.658	6.678	6.698	6.719	6.739	13.158
Haba	365.827	9.146	9.173	9.201	9.228	9.256	9.284	9.312	9.339	9.367	9.396	18.346
Poroto granado	1.426.580	35.665	35.771	35.879	35.986	36.094	36.203	36.311	36.420	36.529	36.639	71.543
Poroto verde	2.714.000	67.850	68.054	68.258	68.462	68.668	68.874	69.080	69.288	69.496	69.704	136.107
Tomate	1.225.614	30.640	30.732	30.824	30.917	31.010	31.103	31.196	31.290	31.383	31.478	61.465

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 121: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1 (0% de variación).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de Mn en el suelo sin A. Norma (mg/L)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 122: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Hortaliza	MB	Pérdida (1%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068
Apio	2.950.000	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500
Choclo	2.795.751	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958
Tomate fresco	7.686.914	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546
Haba	560.681	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 123: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maíz	262.400	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624
Papa	497.627	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976
Trigo blanco	210.361	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104
Trigo candéal	270.000	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Arveja	901.100	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011
Choclo	262.380	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624
Haba	365.827	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140
Tomate	1.225.614	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 124: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2 (0% de variación).

Tramos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acumulación de As en el suelo sin A. Norma (mg/L)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 125: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Hortaliza	MB	Pérdida (1%MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pimiento	3.305.400	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054	33.054
Alcachofa	1.161.647	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616	11.616
Poroto verde	1.406.803	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068	14.068
Apio	2.950.000	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500
Choclo	2.795.751	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958	27.958
Tomate fresco	7.686.914	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869	76.869
Arveja verde	1.021.618	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216	10.216
Pepino dulce	2.841.100	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411	28.411
Zapallito Italiano	1.554.596	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546	15.546
Haba	560.681	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607	5.607

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 126: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.

Cultivo anual	MB	Pérdida (1% MB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maiz	262.400	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624
Papa	497.627	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976
Trigo blanco	210.361	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104	2.104
Trigo candeal	270.000	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Arveja	901.100	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011	9.011
Choclo	262.380	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624	2.624
Haba	365.827	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658	3.658
Poroto granado	1.426.580	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266	14.266
Poroto verde	2.714.000	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140	27.140
Tomate	1.225.614	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256	12.256

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

7.6 BALANCE BENEFICIO – COSTO

A continuación se presenta en los cuadros 127 al 129 el resumen con el impacto neto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua para cada uno de los tres rubros seleccionados.

Asimismo en los cuadros 130 al 132 se indica el impacto neto (diferencia entre beneficios y costos) derivados de la aplicación del Anteproyecto de Norma en cada uno de los tramos de la cuenca.

Cuadro 127: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Frutal.

Frutal	MB	Pérdidas de MB por Bo	Pérdidas de MB por Cu	Impacto Neto
Uva de mesa	1.453.430	0	0	0
Palto	1.500.716	0	0	0
Limonero	375.036	0	0	0
Mandarina	740.200	0	0	0
Chirimoyo	6.413.486	0	0	0
Nogal	262.778	0	0	0
Tuna	2.491.620	0	0	0
Durazno	263.640	0	0	0
Damasco	687.096	0	0	0
Papayo	4.873.800	Sin información	Sin información	Sin información

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 128: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Hortalizas.

Hortalizas	MB	Pérdidas de MB por Bo	Pérdidas de MB por Cu	Impacto Neto	MB - Impacto neto	Caída MB (%)
Pimiento	3.305.400	0	165.270	165.270	3.140.130	0,05
Alcachofa	1.161.647	0	58.082	58.082	1.103.565	0,05
Poroto verde	1.406.803	70.340	70.340	140.680	1.266.123	0,10
Apio	2.950.000	147.500	147.500	295.000	2.655.000	0,10
Choclo	2.795.751	0	139.788	139.788	2.655.963	0,05
Tomate Fresco	7.686.914	0	384.346	384.346	7.302.568	0,05
Arveja verde	1.021.618	0	51.081	51.081	970.537	0,05
Pepino dulce	2.841.100	0	142.055	142.055	2.699.045	0,05
Zapallo Italiano	1.554.596	0	77.730	77.730	1.476.866	0,05
Haba	560.681	0	28.034	28.034	532.647	0,05

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 129: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Cultivos anuales.

Cultivo anual	MB	Pérdidas de MB por Bo	Pérdidas de MB por Cu	Impacto Neto	MB - Impacto neto	Caída MB (%)
Maíz	262.400	0	13.120	13.120	249.280	0,05
Papa	497.627	0	24.881	24.881	472.746	0,05
Trigo blanco	210.361	45.578	10.518	56.096	154.265	0,27
Trigo candeal	270.000	49.500	13.500	63.000	207.000	0,23
Arveja	901.100	0	45.055	45.055	856.045	0,05
Choclo	262.380	0	13.119	13.119	249.261	0,05
Haba	365.827	0	18.291	18.291	347.536	0,05
Poroto granado	1.426.580	213.987	71.329	285.316	1.141.264	0,20
Poroto verde	2.714.000	407.100	135.700	542.800	2.171.200	0,20
Tomate	1.225.614	0	61.281	61.281	1.164.333	0,05

Fuente: Elaborado por los autores en base a Tisdale et al, 1995.

Cuadro 130: Impacto neto en frutales.

FRUTALES	Tramo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Efectos													
Beneficio													
Valor del suelo	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.253.692	1.309.342
Total beneficio	1.253.692	1.309.342											
Costo													
Pérdida de rendimiento comercial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costo	0												
IMPACTO NETO	1.253.692	1.309.342											

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 131: Impacto neto en hortalizas.

HORTALIZAS	Tramo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Efectos													
Beneficio													
Valor del suelo	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.271.038
Total beneficio	2.189.492	2.271.038											
Costo													
Pérdida de rendimiento comercial	0	130.815	130.815	130.815	130.815	0	0	0	0	0	130.815	130.815	0
Total costo	0	130.815	130.815	130.815	130.815	0	0	0	0	0	130.815	130.815	0
IMPACTO NETO	2.189.492	2.058.677	2.058.677	2.058.677	2.058.677	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.189.492	2.058.677	2.058.677	2.271.038

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 132: Impacto neto en cultivos anuales.

CULTIVOS ANUALES	Tramo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Efectos													
Beneficio													
Valor del suelo	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	544.451	564.734
Total beneficio	544.451	564.734											
Costo													
Pérdida de rendimiento comercial	123.611	149.634	136.622	0	32.529	32.529	0	0	0	0	32.529	32.529	0
Total costo	123.611	149.634	136.622	0	32.529	32.529	0	0	0	0	32.529	32.529	0
IMPACTO NETO	420.840	394.817	407.829	544.451	511.922	511.922	544.451	544.451	544.451	544.451	511.922	511.922	564.734

Fuente: Elaborado por los autores..

8. CONCLUSIONES

El impacto económico neto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) en la cuenca del río Elqui es positivo, generando beneficios que oscilan entre los \$394.000 a \$2.272.000

La aplicación de valores máximos para el parámetro Boro en el contexto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) de la cuenca del río Elqui, genera costos por pérdida de rendimiento comercial y margen bruto por hectárea en los tramos 1, 2 y 3 de dicha cuenca para el rubro de Cultivos anuales.

La aplicación de valores máximos para el parámetro Cobre en el contexto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) de la cuenca del río Elqui, genera costos por pérdida de rendimiento comercial y margen bruto por hectárea en los tramos 1, 2 y 3 para el caso de hortalizas y en los tramos 2, 3, 5, 5, 6, 11 y 12 para el caso de Cultivos anuales.

El principal beneficio del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) en la cuenca del río Elqui se refiere a la preservación de los suelos (preservación de su potencial productivo) y por ende a la preservación del valor comercial de ellos.

No existe impacto neto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) en la cuenca del río Elqui sobre el rubro frutales.

El impacto neto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) en la cuenca del río Elqui sobre el rubro hortalizas oscila entre \$532.647 (pérdida de margen bruto igual a \$28.034) para el caso de las habas hasta \$7.302.568 (pérdida de margen bruto igual a \$384.346) para el caso de los tomates.

El impacto neto del Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005) en la cuenca del río Elqui sobre el rubro cultivos anuales oscila entre \$249.280 (pérdida de margen bruto igual a \$13.120) para el caso del maíz hasta \$2.171.200 (pérdida de margen bruto de \$542.800) para el caso del poroto verde.

9.LITERATURA CITADA

1. ADRIANO, D. 1992. Biogeochemistry of trace metals. Lewis Publishers. Boca Raton. 513 p.
2. BADE, S. 2003. Clasificación preliminar de accesiones de *Bromus valdivianus* Phil., *Agrostis capillaris* L. Y *Holcus lanatus*., según tolerancia al Aluminio en solución. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.109 p.
3. BOHN, H., McNEAL, B. Y O'CONNOR, G. 1993. Química de suelos. 3ª ed. México. Limus. 370.
4. BOLT, G.H. and BRUGGENWERT, M.G.M. 1976. Soil chemistry a basic elements. Elsevier Scientific Pub. Co., N.Y., USA. 614 p.
5. BINGHAM, F.T. y GARBER, M.J. 1960. Solubility and availability of micronutrient in relation to phosphorus fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24: 209-213.
6. CIREN – ODEPA. 2005. Catastro frutícola, principales resultados IV Región. Santiago, Chile. 33 p.
7. DAVIES, B.E. 1981. Aplied soil trace elements. Wiley & Sons, N.Y., USA. 482 p.
8. DE LA FUENTE, J.M. Y HERRERA, L. 1999. Advances in the understanding of aluminum toxicity and the development of aluminum tolerant transgenic plants. Advances in Agronomy (USA) 66: 103-117.
9. DEVLIN, R.M. 1969Plants Physiology. 2nd. Ed .N.Y., USA. 446 p.
10. EVANS, K.J., MITCHELL, I.G. y SALAU, B. 1979. Heavy metal accumulation in soils irrigated by sewage and effects in the plant-animal system. Progressive Water technology (Pergamon Press). 11: 339-352.
11. FAO. 1987. Estudio FAO riego y drenaje 29: La calidad del agua en la agricultura. Primera edición, Italia. FAO. 174
12. FERGUSSON, J.E. 1990. The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press, N.Y. USA. 614 p.
13. FOY, C.D., CHANEY, R.L. y WHITE, M.C. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Rewiew of plants fisiology (USA) 29: 511-566.
14. GONZALEZ, S. 2001. Tasaciones agrícolas.Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile. 321 p.
15. HEENAN, D. P. Y CAMPBELL. 1990. The influence of temperature on the acumulation and distribution of manganese in two cultivar of soybean. Aust. J. agric. Res. 41: 835-843.
16. JONES, L.H.P. Y LEEPER, G.W. 1951. Available manganese oxides in neutral and alkaline soils. Plant and soil. 3: 154-159.
17. MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2th ed. San Diego, USA. Academia Press. 889 p.
18. MAAS, E.V. 1984. SALT tolerance of plants. In: The Handbook of plants Science in Agriculture. B.R. Christie (ed). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
19. NAKAYAMA, F.S. 1982. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrigation Association Conference, 21-24 Febrero 1982. Portland, Oregon, USA.
20. NAZRUL, A. K. M. 1986. Effects of interaction of calcium and manganese on the growth and nutrition of *Epilobium hirsutum* L. Soil Sci. Plant Nutr. 32:161-168.

21. ODEPA. 2001. Agricultura Chilena, rubros según tipo de productor y localización geográfica. Documento de trabajo N° 8. 170 p.
22. OLAVARRIA, J. y TRONCOSO, J. 2003. Formulación y evaluación de proyectos de inversión agropecuarios, Tópico VI. Universidad de Talca. En: Fundamentos en gestión para productores agropecuarios: Tópicos y estudios de casos consensuados por universidades chilenas. Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Austral de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Talca y Universidad Adolfo Ibáñez. Editado y producido por el Programa de gestión Agropecuaria de Fundación Chile.
23. RAZETO, B. 1969. The effects of cooper toxicity on deciduous fruit trees. M.Sc. Davis, Univ. of California, USA. 78 p.
24. RAZETO, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales, deficiencias y excesos. SOQUIMICH. Santiago, Chile.
25. RENGEL, Z. y ROBISONSON D.L. 1989. Aluminum effects on growth and macronutrient uptake by annual ryegrass. *Agronomy Journal (USA)* 81: 208-215.
26. REUTER, W. y LABANAUSKAUS, C.K. 1966. Cooper. In: CHAPMAN, H.D.. Diagnostic criteria for plants and soils. California, Div. Agr. Sci. 157-175 p.
27. ROY, A.K., SHARMA, A. Y TALUKDER, G. 1998. Some aspects of aluminum toxicity in plants. *The Botanical Review (USA)* 54: 145-178.
28. SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE. Agenda del Salitre. Ed. Universitaria. 2001
29. THE TEXAS A&M UNIVERSITY SYSTEM. 1996. Irrigation Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas Agricultural Extension Services.
30. TISDALE, S. y NELSON, W. 1995. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España.
31. THOMPSON, L. M. 1965. El suelo y su fertilidad. Editorial Reverté S.A. 407 p.
32. Wang, Y.P. and C.H. Liao. 1999. The uptake of heavy metals by crop. In: *The Establishment of Monitoring Database of Heavy Metals in the Crop*. Taiwan Agricultural Chemical and Toxic Substances Research Institute (TACTRI), Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC, pp. 57-60.
33. ZULOAGA, R. 1994. Toxicidad de Metales pesados en seres humanos. Simposio sobre contaminación ambiental de metales pesados en Chile. Santiago, Chile. 63-83

10. ANEXOS

10.1 ANEXO I

(1)	(2)A	(2)B	(2)C	(3)
As	--	--	--	As
Cd	Cd	--	Cd	Cd
Co	--	Co	--	--
Cr	--	--	Cr	--
Cu	Cu	Cu	--	--
Hg	Hg	--	Hg	Hg
Mo	Mo	Mo	--	--
Ni	--	--	Ni	--
Pb	Pb	--	Pb	Pb
Se	--	--	--	Se
V	--	--	--	--
Zn	Zn	Zn	--	--
--	--	Fe	--	--
--	Mn	Mn	--	--
--	--	--	--	In
--	--	--	--	Tl
--	--	--	--	Sb
--	--	--	--	Bi
--	--	--	--	Te

(1) Bolt y Bruggenwert, 1976; (2) Schalscha, 1989; (3) Fergusson, 1990

A Tóxicos a bajas concentraciones o cantidades
 B Esenciales, requeridos en cantidades trazas o muy pequeñas
 C No esenciales, efectos biológicos se limitan a toxicidad

Figura. 1: Metales pesados y elementos traza según diversos autores.
 Fuente: Carrasco, 1994.

Element	Levels usually found in		Soil/crop ratio
	Soils* (kg/ha)	Crops (mg/kg)	
Iron (Fe)	58,000	2	1:28,000
Manganese (Mn)	2,200	0.5	1:4,400
Zinc (Zn)	110	0.3	1:366
Copper (Cu)	46	0.1	1:450
Nickel (Ni)	45	0.02	1:2,250
Boron (B)	22	0.2	1:110
Molybdenum (Mo)	5	0.02	1:250
Chlorides (Cl)	22	2.5	1:0.9
Silicates (Co)	18	0.02	1:900

* In 15 cm of topsoil

Figura. 2: Contenido de micro nutrientes en el suelo y los cultivos.
 Fuente: Food & Fertilizer Technology Center. 2001

Element	Normal range found in soils ¹	Critical total concentration in soil ²	Normal range in plants ¹	Critical concentration in plants ³	
				Upper	Lower
			mg/kg		
Cobalt (Co)	0.5 - 65	25 - 60	0.02 - 1	15 - 50	4 - 40
Copper (Cu)	N2 - 250	60 - 125	5 - 20	20 - 100	5 - 64
Molybdenum (Mo)	0.1 - 40	2 - 10	0.03 - 5	10 - 50	--
Manganese (Mn)	20 - 10,000	1500 - 3,000	20 - 1,000	300 - 500	100 - 7,000
Nickel (Ni)	2 - 750	100	0.02 - 5	10 - 100	8 - 220
Zinc (Zn)	1 - 900	70 - 400	1 - 400	100 - 400	100 - 900

1: Bowen (1979)

2: Kabata-Pendias and Pendias (1992)

3: Critical concentration. Upper = levels above which toxicity effects are likely, data from Kabata-Pendias and Pendias (1992). Lower = Values likely to cause 10% depression in yield, data from McNicol and Beckett (1985).

Source: (Alloway 1990)

Figura. 3: Concentración de micro nutrientes en suelos y plantas.

Fuente: Food & Fertilizer Technology Center. 2001

Clase de problema	Unidad	Restricción del Uso		
		Ninguna	Ligera a Moderada	Severa ²
Salinidad³ (afecta la disponibilidad de agua)				
Eca	dS/m	< 1	1,0 - 2,7	> 2,7
Toxicidad (iones específicos que afectan el crecimiento)				
Sodio (Na ⁺) ⁴	me/l	< 20	-	-
Cloro (Cl ⁻) ⁴	me/l	< 4	4 - 15	> 15
Boro (B)	me/l	< 1	1 - 3	> 3
Varios				
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) ⁵	me/l	< 1,5	1,5 - 7,5	> 7,5
N-nitrato (NO ₃ -N)	mg/l	< 5	5 - 30	> 30

Figura. 4: Calidades de agua para el riego de la vid.

² Requiere condiciones favorables del suelo y un manejo especial, para tener éxito en los rendimientos.

³ Supone suficiente agua (riego + lluvia), para satisfacer las necesidades del cultivo y 15% extra para la lixiviación de las sales.

⁴ Las concentraciones de sodio o cloro por encima de 3 me/l en el riego del follaje, pueden provocar en condiciones extremas de aridez, una excesiva absorción foliar de estos iones, producir quemaduras en las hojas o daños en los cultivos. Cuando la aspersión se utiliza para enfriar los cultivos, por medio de interrupciones frecuentes de la aplicación de agua, los daños pueden ocurrir a concentraciones aún más bajas.

⁵ Los bicarbonatos aplicados con el riego por aspersión no son tóxicos, pero pueden formar depósitos blancos en las hojas y frutas, disminuyendo el valor comercial de los productos.

Fuente: Neja et al, 1978

common name	botanical name	SALINITY					BORON				
		slope S	threshold T	percent yield			slope	threshold	percent yield		
		%(dS/m)	{100 % yield}	BS	70	40	%(mg/L)	{100 % yield}	BS	70	40
				average rootzone salinity, ECe					average rootzone boron, mg/l		
avocado	Persea americana	80.0	7	0.8	1.1	1.5					
peach	Prunus persica	21.0	17	2.4	3.1	4.8					
orange	Citrus sinensis	18.0	17	2.6	3.6	5.5					
grapefruit	Citrus paradisi	18.0	1.8	2.7	3.7	5.6					
grape	Vitis sp	9.6	15	3.1	4.6	7.8					
corn	Zea mays	12.0	1.7	3.0	4.2	6.7		4.0			
rice, paddy	Oryza sativa	12.0	3.0	4.3	5.5	8.0					
alfalfa	Medicago sativa	7.3	2.0	4.1	6.1	10.2		6.0			
sorghum	Sorghum bicolor	16.0	6.8	7.7	8.7	10.6	4.7	7.4	10.6	13.8	20.2
wheat	Triticum aestivum	7.1	6.0	8.1	10.2	14.5	3.3	1.0	5.5	10.1	19.2
sugar beet	Beta vulgaris	5.9	7.0	9.5	12.1	17.2	4.1	4.9	8.6	12.2	18.5
cotton	Gossypium hirsutum	5.2	7.7	10.6	13.5	19.2		10.0			
barley	Hordeum vulgare	5.0	8.0	11.0	14.0	20.0	4.4	3.4	6.8	10.2	17.0
wheat, soft	Triticum aestivum	3.0	8.6	13.6	18.6	28.6					
bean	Phaseolus vulgaris	19.0	1.0	1.8	2.6	4.2	12.0	1.0	2.3	3.5	6.0
onion	Allium cepa	16.0	1.2	2.1	3.1	5.0		3			
carrot	Daucus carota	14.0	1.0	2.1	3.1	5.3		2.0			
lettuce	Lactuca sativa	13.0	1.3	2.5	3.6	5.9	1.7	1.3	10.1	18.9	36.6
pepper	Capiscum annum	14.0	1.5	2.6	3.6	5.8		2.0			
bean	Vicia faba	9.6	1.0	2.6	4.1	7.3					
corn, sweet	Zea mays	12.0	1.7	3.0	4.2	6.7		4.0			
potato	Solanum tuberosum	12.0	1.7	3.0	4.2	6.7		2.0			
cucumber	Cucumis sativa	13.0	2.5	3.7	4.8	7.1		2.0			
cabbage	B. oleracea capitata	9.7	1.8	3.3	4.9	8.0		4.0			
squash, scallop	C. Pepo melopepo	16.0	3.2	4.1	5.1	7.0		4.0			
tomato	Lycopersicon	9.9	2.5	4.0	5.5	8.6	3.4	5.7	10.1	14.5	23.3
broccoli	B. oleracea botrytis	9.2	2.8	4.4	6.1	9.3	1.8	1.0	9.3	17.7	34.3
celery	Apium graveolens	8.2	1.8	4.2	6.6	11.5	3.2	9.8	14.5	19.2	28.6
beet, red	Beta vulgaris	9.0	4.0	5.7	7.3	10.7		6.0			
squash, zucchini	C. Pepo melopepo	9.4	4.7	6.3	7.9	11.1					
asparagus	Asparagus officinalis	2.0	4.1	11.6	19.1	34.1		15.0			

Figura. 5: Pérdida de rendimiento en diferentes cultivos por distintas concentraciones de Boro.

Estimación de efectos reales según tramo y parámetro.

Tramo	Cauce	Conductividad eléctrica	DBO5	pH	Sólidos suspendidos	Coliformes fecales	Cloruro	Sulfato	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Molibdeno	Níquel	Zinc	Aluminio	Arsénico	Plomo
1	Río Vacas Heladas	Métodos de manejo y lavado.	S/I	Sin efectos.	Sin restricción de uso en riego tradicional, obstrucción leve de emisores en riego localizado.	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos	Pérdida de rendimiento comercial*	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos.	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Sin efectos.	Sin efectos.	Problema de toxicidad.	Sin efectos.
2	Río Malo	Métodos de manejo y lavado.	S/I	Sin efectos.	Sin restricción de uso en riego tradicional, obstrucción leve de emisores en riego localizado.	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos	Pérdida de rendimiento comercial*	Efectos en toxicidad leves sin efectos en rendimiento o de frutales y pérdida de calidad comercial en hortalizas.	Sin efectos	Sin efectos.	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Problemas de toxicidad en serie Hércón	Sin efectos.	Problema de toxicidad.	Sin efectos.
3	Río Toro	Métodos de manejo y lavado.	Sin efectos.	Sin efectos.	Costo por mantenimiento de equipos de riego.	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos	Pérdida de rendimiento comercial*	Efectos en toxicidad leves sin efectos en rendimiento o de frutales y pérdida de calidad comercial en hortalizas.	Sin efectos	Sin efectos.	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Problemas de toxicidad en serie Hércón	Sin efectos.	Problema de toxicidad.	Sin efectos.
4	Río La Laguna	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin restricción de uso en riego tradicional, obstrucción leve de emisores en riego localizado.	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos	S/I	Sin efectos.	S/I	S/I	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Sin efectos.	S/I	S/I	Sin efectos.
5	Río Turbio	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin restricción de uso en riego tradicional, obstrucción leve de emisores en riego localizado.	Sin efectos.	Sin efectos	Sin efectos	S/I	Sin efectos.	S/I	S/I	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Sin efectos.	S/I	S/I	Sin efectos.

6	Río Turbio	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
7	Río Incaguaz	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
8	Estero Derecho	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
9	Río Claro	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
10	Río Cochiguaz	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
11	Río Elqui	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						
12	Río Elqui	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	S/I	Sin efectos.						

13	Río Elqui	Efectos moderados	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin restricción de uso en riego tradicional, obstrucción leve de emisores en riego localizado.	Sin efectos.	Problemas de toxicidad y pérdidas potenciales de rendimiento.	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.	Sin efectos.										
----	-----------	-------------------	--------------	--------------	--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---	--------------	--------------	--------------	--------------

Fuente: Elaborado por los autores, en base a CADE-IDEPE (2004), FAO (1987), Lazarova (1996), SOQUIMICH (2001) y Tanji (1990).

10.2 ANEXO II

Cuadro. 1: Valores sugeridos por FAO para los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma.

Compuestos	Unidad	FAO
1 Conductividad eléctrica	uS/cm	3000
2 DBO5	mg/L	S/I
4 Oxígeno disuelto	mg/L	S/I
5 pH	Unidad	7,5
8 Sólidos suspendidos	mg/L	2000
60 Coliformes fecales	NMP/100 ml	S/I
12 Cloruro	mg/L	15
15 Sulfato	mg/L	20
45 Boro	mg/L	3
46 Cobre	mg/L	0,2
48 Hierro	mg/L	5
49 Manganeso	mg/L	0,2
50 Molibdeno	mg/L	0,01
51 Níquel	mg/L	0,2
53 Zinc	mg/L	2
54 Aluminio	mg/L	5
55 Arsénico	mg/L	0,1
59 Plomo	mg/L	5

Fuente: Elaborado por los autores en base a FAO 29.

10.3. TABLA DE CONTENIDOS DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro 1: Parámetros analizados y sus respectivas unidades de medida.	7
Cuadro 2: Parámetros FAO (1987) a los cuales se les calculó un promedio.	8
Cuadro 3: Cálculo de promedios de pH Anteproyecto de Norma (SAG 2005).	8
Cuadro 4: Áreas de vigilancia para la cuenca del río Elqui	11
Cuadro 5: Parámetros de calidad en el tramo Río Vacas Heladas.	13
Cuadro 6: Parámetros de calidad en el tramo Río Malo	14
Cuadro 7: Parámetros de calidad en el tramo Río Toro	15
Cuadro 8: Parámetros de calidad en el tramo Río Laguna	16
Cuadro 9: Parámetros de calidad en el tramo Río Turbio	17
Cuadro 10: Parámetros de calidad en el tramo Río Turbio 2	18
Cuadro 11: Parámetros de calidad en el tramo Río Incaguaz	19
Cuadro 12: Parámetros de calidad en el tramo Estero Derecho	20
Cuadro 13: Parámetros de calidad en el tramo Río Claro	21
Cuadro 14: Parámetros de calidad en el tramo Río Cochiguaz	22
Cuadro 15: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 1	23
Cuadro 16: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 2	24
Cuadro 17: Parámetros de calidad en el tramo Río Elqui 3	25
Cuadro 18: Conductividad eléctrica en la cuenca Elqui (uS/cm).	26
Figura 1: Valores del parámetro Conductividad eléctrica según datos de CADE IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.	26
Figura 2: Valores límites de la tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad y su rendimiento.	27
Cuadro 19: DBO ₅ en la cuenca Elqui (mg/L).	28
Figura 3: Valores del parámetro DBO ₅ según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO	28
Cuadro 20: Oxígeno disuelto en la cuenca Elqui (mg/L)	29
Figura 4: Valores del parámetro Oxígeno disuelto según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO	29
Cuadro 21: pH en la cuenca Elqui (unidad).	31
Figura 5: Valores del parámetro pH según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO	31
Figura 6: Absorción de nutrientes a distintos niveles de pH	33
Figura 7: Solubilidad de Hierro y otros cationes metálicos a distintos de pH en suelos.	34
Cuadro 22: Sólidos suspendidos en la cuenca Elqui (mg/L).	35
Figura 8: Valores del parámetro Sólidos suspendidos según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.	35
Figura 9: Influencia de la calidad del agua en obstrucción de sistemas de riego localizado.	36
Cuadro 23: Coliformes fecales en la cuenca Elqui (NMP/ 100 ml)	37
Figura 10: Valores del parámetro Coliformes fecales según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.	37
Cuadro 24: Cloruro en la cuenca Elqui (mg/L)	38
Figura 11: Valores del parámetro Cloruro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO	38

Cuadro 25: Sulfatos en la cuenca Elqui (mg/L).....	41
Figura 12: Valores del parámetro Sulfato según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	41
Figura 13: Solubilidad de distintos compuestos con respecto a la temperatura del suelo.....	42
Cuadro 26: Boro en la cuenca Elqui (mg/L).....	44
Figura 14: Valores del parámetro Boro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	44
Figura 15: Efecto de la textura del suelo y el contenido de Boro hidrosoluble.....	47
Figura 16: Efecto del pH y del contenido de Boro hidrosoluble.....	48
Figura 17: Tolerancia relativa al Boro de algunos cultivos.....	48
Figura 18: Acumulación y transporte de Boro a las hojas de patrones de cítricos y frutales de huesos, en orden ascendente.....	49
Cuadro 27: Cobre en la cuenca Elqui (mg/L).....	50
Figura 19: Valores del parámetro Cobre según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	50
Figura 20: Efecto del pH en el aprovechamiento del Cobre.....	54
Figura 21: Asimilación relativa del Cobre por plantas de trigo en 48 hrs de una solución que contiene 0,02 ppm de Cobre y diferentes concentraciones de Aluminio.....	54
Cuadro 28: Hierro en la cuenca Elqui (mg/L).....	55
Figura 22: Valores del parámetro Hierro según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	55
Cuadro 29: Manganeso en la cuenca Elqui (mg/L).....	58
Figura 23: Valores del parámetro Manganeso según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	58
Figura 24: Relación entre el pH del suelo y el Manganeso extraíble en un suelo negro arenoso, Indiana (USA).....	60
Cuadro 30: Molibdeno en la cuenca Elqui (mg/L).....	61
Figura 25: Valores del parámetro Molibdeno según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	61
Figura 26: Concentración de Molibdeno en suelo y alfalfa.....	63
Figura 27: Concentración de Molibdeno en suelo y alfalfa.....	63
Cuadro 31: Níquel en la cuenca Elqui (mg/L).....	64
Figura 28: Comparación de parámetro Níquel.....	64
Cuadro 32: Cinc en la cuenca Elqui (mg/L).....	66
Figura 29: Valores del parámetro Cinc según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	66
Figura 30: Contenido de Cinc en el perfil del suelo, después de 80 años de riego con aguas residuales.....	68
Cuadro 33: Aluminio en la cuenca Elqui (mg/L).....	69
Figura 31: Valores del parámetro Aluminio según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	69
Figura 32: Distribución relativa de las especies solubles de Aluminio en función de pH.....	72
Figura 33: Aluminio en solución como una función de su saturación y el contenido de materia orgánica.....	72

Figura 34: Rendimiento de arroz de secano bajo interacción Aluminio/ CaCo ₃	73
Cuadro 34: Arsénico en la cuenca Elqui	74
Figura 35: Valores del parámetro Arsénico según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	74
Cuadro 35: Plomo en la cuenca Elqui	77
Figura 36: Valores del parámetro Plomo según datos de CADE – IDEPE, Anteproyecto de Norma y FAO.....	77
Figura 37: Contenido de Plomo en el perfil del suelo, después de 80 años de riego con aguas residuales.....	79
Figura 38: Zonas cultivadas en la cuenca del Río Elqui.	81
Figura 39: Zonas de riego en la cuenca del Río Elqui.	82
Figura 40: Límites de subcuencas en la cuenca del Río Elqui.....	83
Figura 41: Sensibilidad del Suelo a los Cloruros.....	84
Figura 42: Sensibilidad del Suelo a los Sulfatos.....	85
Figura 43: Sensibilidad del Suelo al Arsénico	86
Figura 44: Sensibilidad del Suelo al Cobre.....	87
Figura 45: Sensibilidad del Suelo al Manganeso	88
Figura 46: Sensibilidad del Suelo al Molibdeno	89
Figura 47: Sensibilidad del Suelo al Plomo	90
Figura 48: Sensibilidad del Suelo al Cinc	91
Figura 49: Sensibilidad del Suelo al Aluminio	92
Figura 50: Sensibilidad del Suelo al Boro	93
Cuadro 36: Magnitud de problemas potenciales generados por algunos elementos considerados en el Anteproyecto de Norma en cada tramo de la cuenca del río Elqui.....	96
Cuadro 37: Detalle de cultivos seleccionados para análisis económico	99
Cuadro 38: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro frutales.....	100
Cuadro 39: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro hortalizas.	100
Cuadro 40: Cálculo de margen bruto ponderado para el rubro cultivos Anuales ...	101
Cuadro 41: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en frutales.....	102
Cuadro 42: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en hortalizas.	102
Cuadro 43: Pérdida de margen bruto por efecto del Boro en cultivos anuales.....	103
Cuadro 44: Pérdida de margen bruto por efecto del Cobre en hortalizas	103
Cuadro 45: Pérdida de margen bruto por efecto del Cobre en cultivos anuales	104
Cuadro 46: Evolución de la tasa de descuento.....	105
Cuadro 47: Valor presente de la producción según capacidad de uso	106
Cuadro 48: Márgenes brutos ponderados por rubro y especies consideradas.....	106
Cuadro 49: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Paihuano. 107	107
Cuadro 50: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Paihuano.....	107
Cuadro 51: Valor de suelo en predios con cultivo anual estimado para localidad de Paihuano.....	107
Cuadro 52: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Coquimbo. 108	108
Cuadro 53: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Coquimbo.....	109

Cuadro 54: Valor de suelo en predios con cultivos anuales estimado para localidad de Coquimbo.....	110
Cuadro 55: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Andacollo. 111	111
Cuadro 56: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Andacollo.....	111
Cuadro 57: Valor de suelo en predios con cultivo anual estimado para localidad de Andacollo.....	111
Cuadro 58: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de La Serena. 112	112
Cuadro 59: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de La Serena.....	113
Cuadro 60: Valor de suelo en predios cultivos anuales estimado para localidad de La Serena.....	114
Cuadro 61: Valor de suelo en predios frutales estimado para localidad de Vicuña. 115	115
Cuadro 62: Valor de suelo en predios hortícolas estimado para localidad de Vicuña. 115	115
Cuadro 63: Valor de suelo en predios con cultivos anuales estimado para localidad de Vicuña.	116
Figura 51: Acumulación de Boro en el suelo.....	117
Cuadro 64: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Vacas Heladas.	117
Cuadro 65: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.	117
Cuadro 66: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.	118
Cuadro 67: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Vacas Heladas.	118
Cuadro 68: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo.....	118
Cuadro 69: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.....	118
Cuadro 70: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.....	119
Cuadro 71: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	119
Cuadro 72: Acumulación de Boro en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro.	119
Cuadro 73: Pérdidas económicas en frutales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	119
Cuadro 74: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	120
Cuadro 75: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Boro en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.....	120
Figura 52: Acumulación de Cobre en el suelo.....	120
Cuadro 76: Magnitud de pérdida de rendimiento.	121

Cuadro 77: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo (variación de 0,5 mg/año).	121
Cuadro 78: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.....	121
Cuadro 79: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	121
Cuadro 80: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro (variación de 0,6 mg/año).	122
Cuadro 81: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.....	122
Cuadro 82: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.....	122
Cuadro 83: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1 (variación de 0,7 mg/año).	122
Cuadro 84: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.	123
Cuadro 85: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.....	123
Cuadro 86: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2 (variación de 0,7 mg/año).	123
Cuadro 87: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.	123
Cuadro 88: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.....	124
Cuadro 89: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Elqui 1 (variación de 0,7 mg/año). ..	124
Cuadro 90: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 1.....	124
Cuadro 91: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 1.....	124
Cuadro 92: Acumulación de Cobre en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Elqui 2 (variación de 0,7 mg/año). ..	125
Cuadro 93: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 2.....	125
Cuadro 94: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Cobre en un horizonte de diez años en el tramo Río Elqui 2.....	125
Cuadro 95: Magnitud de pérdida de rendimiento.	125
Cuadro 96: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Vacas Heladas.....	126
Cuadro 97: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.	126
Cuadro 98: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.	126
Cuadro 99: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo.....	126
Cuadro 100: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	127

Cuadro 101: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	127
Cuadro 102: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro.	127
Cuadro 103: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	127
Cuadro 104: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	128
Cuadro 105: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1.	128
Cuadro 106: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.	128
Cuadro 107: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.	128
Cuadro 108: Acumulación de Arsénico en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2.	129
Cuadro 109: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.	129
Cuadro 110: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Arsénico en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 2.	129
Figura 53: Acumulación de Manganeso en el suelo.	130
Cuadro 111: Magnitud de pérdida de rendimiento.	130
Cuadro 112: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Vacas Heladas (0% de variación).	130
Cuadro 113: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas.	130
Cuadro 114: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Vacas Heladas. .	131
Cuadro 115: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Malo (0% de variación).	131
Cuadro 116: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	131
Cuadro 117: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Malo.	131
Cuadro 118: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Toro (0% de variación). 132	132
Cuadro 119: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	132
Cuadro 120: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Toro.	132
Cuadro 121: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 1 (0% de variación).	132

Cuadro 122: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.....	133
Cuadro 123: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.....	133
Cuadro 124: Acumulación de Manganeso en el suelo, bajo el escenario de inexistencia de Anteproyecto de Norma en el tramo Río Turbio 2 (0% de variación).	133
Cuadro 125: Pérdidas económicas en hortalizas ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.....	133
Cuadro 126: Pérdidas económicas en cultivos anuales ocasionadas por acumulación de Manganeso en un horizonte de diez años en el tramo Río Turbio 1.....	134
Cuadro 127: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Frutal.	134
Cuadro 128: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Hortalizas.	134
Cuadro 129: Impacto neto del Anteproyecto de Norma sobre el rubro Cultivos anuales.	135
Cuadro 130: Impacto neto en frutales.	135
Cuadro 131: Impacto neto en hortalizas.	135
Cuadro 132: Impacto neto en cultivos anuales.	135
Figura. 1: Metales pesados y elementos traza según diversos autores.....	139
Figura. 2: Contenido de micro nutrientes en el suelo y los cultivos.	139
Figura. 3: Concentración de micro nutrientes en suelos y plantas.	140
Cuadro. 1: Valores sugeridos por FAO para los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma.	145

