

UCH-FC
Q. Ambiental
B849
C-1



EVALUACION DE ECOSISTEMAS ACUATICOS NATURALES Y
ARTIFICIALES DE LA
PROVINCIA DE CHACABUCO

Seminario de Título

entregado a la

Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile

en cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al título de

QUIMICO AMBIENTAL

DIEGO HERNÁN BRIONES SIERRA

Director de Seminario de Título: Ing. Agrónomo Benjamín Andrade Espejo

Profesor Patrocinante: Dra. Marcela Urzúa Acevedo

Junio 2008

a 563312



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Informe de Aprobación

Seminario de Título

Se informa a la escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile que el Seminario de Título presentado por el alumno

Diego Hernán Briones Sierra

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación del Seminario de Título como requisito para optar al título de Químico Ambiental

COMISIÓN

Director de Seminario: Ing. Agr. Benjamín Andrade E.....

Prof. Patrocinante: Dra. Marcela del Pilar Urzúa A.....

M. Cs. Ximena Molina.....

M. Cs. Irma Vila.....





Nombre: Diego Hernán Briones Sierra

Rut: 12.114.186-8

Nacionalidad: Chilena

Estado Civil: Soltero

PARTICIPACION EN ACTIVIDADES ACADEMICAS

Actividad	Institución	Años
Ayudante de Investigación	U. de Chile, Fac. de Ciencias	2003 - 2005
Ayudante de Lab. Físicoquímica II	U. de Chile, Fac. de Ciencias	2004
Ayudante de Lab. Química Analítica I	U. de Chile, Fac. de Ciencias	2004
Ayudante de Lab. Química de Aguas	U. de Chile, Fac. de Ciencias	2005

PARTICIPACION EN CONGRESOS NACIONALES

1. Congreso Nacional de Química 2004. Antofagasta, Chile. Enero de 2004. "Estudio de Adsorción de Molibdeno en suelos de la VI Región"
Sylvia Copaja, Diego Briones
2. Sexto Encuentro de Química Analítica y Ambiental 2004. La Serena, Chile. Octubre de 2004. "Contaminación de Plomo y Molibdeno en suelos de la VI Región."
Sylvia Copaja, Karina Olivares, Diego Briones.
3. Segundo Coloquio de Macromoléculas y Polímeros 2004. Tomé, Chile. Noviembre de 2004. "Modificación de Polielectrolitos Catiónicos."
Hernán Ríos, Marcela Urzúa, Diego Briones.
4. IV Simposio Binacional de Polimeros Argentio- Chileno Archipol 2005, Los Cocos Córdoba Argentina. "Síntesis de Polieléctrolitos Catiónicos Antipáticos Derivados de Poli(N,N-Dimetil Piperidino). Actividad Superficial."
Hernán Ríos, Marcela Urzúa, Javier Gonzalez, Diego Briones.

UNIDAD DE INVESTIGACION

"Estudio de adsorción de Molibdeno en suelos de Machalí, VI Región". Profesora Mg.Cs Sylvia Copaja. Laboratorio de Química y Contaminación de Suelos Facultad de Ciencias, Universidad de Chile dicha

EXPERIENCIA LABORAL

Práctica Profesional .CONAMA X REGIÓN. Puerto Montt–Chile Enero 2005

Análisis de los informes de monitoreos entregados por Planta Celulosa Arauco de carácter trimestral y semestral de los parámetros fisicoquímicos provenientes de la planta de tratamiento de RILes. Análisis comparativos entre los certificados de laboratorio acreditados y los valores entregados por Planta de Celulosa Arauco en sus informes de monitoreo. Realización de un informe de práctica supervisado y tutelado por los profesionales competentes en el tema.



Dedicatoria

*A mis padres Nilda
y Oscar
por su incondicional amor*



Agradecimientos

A mis padres Nilda y Oscar por su incondicional amor y apoyo, en todo momento de mi vida han sido un pilar fundamental, entregándome valores, principios, consejos y la educación que tengo, inculcándome que el hombre debe tener conocimientos para ser un buen elemento de la sociedad.

A mis queridos hermanos con quienes he crecido y compartido momentos inolvidables, en cada una de las etapas de mi vida; que espero seguir viviendo. A Natalie, mi Pollito quien me ha entregado su amor y ha sido un soporte y apoyo para poder llevar a término este trabajo.

A mi querida Abuelita Paulina, quien mira con orgullo como el fruto de sus hijos se ha desarrollado tal como ella siempre quiso.

A Consuelo, Anita, Marcelo y Víctor; amigos que me brindaron su apoyo en cada ocasión que estudiamos asignaturas, supimos sacarlas adelante con compañerismo y paciencia; logrando cosechar una amistad sincera hasta el día de hoy.

A Benjamín Andrade quien me recibió en su lugar de trabajo, el Servicio Agrícola y Ganadero brindándome todo su apoyo, compromiso, experiencia laboral y en especial un trato excepcional.

A cada uno de los profesores de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile quienes mostraron su compromiso por la educación en cada clase brindada.

En especial a la profesora y Jefa de Carrera Sylvia Copaja; quien realiza una tarea enorme en la formación de los Químicos Ambientales. Y personalmente me permitió desarrollar investigaciones en ciencia básica sumamente enriquecedoras, y por su paciencia hacia mi persona.

A Marcela Urzúa, profesora comprometida con sus alumnos y motivadora que se comprometió y dedico su tiempo y conocimientos en cada etapa de mi vida estudiantil.

Sinceramente gracias a todos.



INDICE DE CONTENIDOS



RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	6
1. Aspectos generales	6
2. Áreas de Estudio	10
2.1. Humedal de Batuco	10
2.2. Tranque Ovejería / Huechún.....	15
OBJETIVOS.....	24
Objetivos Generales.....	24
Objetivos Específicos.....	24
II. MATERIALES Y METODOS	25
1. Muestreo	25
2. Criterios Generales.....	27
2.1 Sector Humedal de Batuco / Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) La Cadellada	27
2.2 Sector Ovejería / Huechún.....	28
Sector Humedal de Batuco	29
Sector Ovejería / Huechún.....	30
3. Muestras Complementarias.....	31
3.1 Sedimentos	31
3.2 Análisis de sangre y tejidos.....	31
4. Legislación Ambiental Aplicable en este estudio.....	32
4.1. Norma Chilena (NCh) 1.333/78	32
4.2. Decreto Supremo (D.S). Nº 90/2000	33
III. RESULTADOS	35
1. Sector Humedal / Cadellada.....	35
1.1. pH.....	35
1.2. DBO ₅	37
1.3. Conductividad Eléctrica	39
1.4. Determinación de Metales.....	41
2. Sector Ovejería / Huechún.....	45
2.1. pH.....	45
2.2. Conductividad Eléctrica	47
2.3. Sulfatos.....	49
3. Análisis de Sedimentos Sector Ovejería / Huechún.....	51
4. Análisis de sangre y tejidos.....	52
4.2. Análisis Complementarios en Tranque Las Tórtolas	53
IV. DISCUSION	55
V. CONCLUSIONES	60
VI. BIBLIOGRAFIA	62
VII. ANEXOS	64

Anexo 1: Área de Estudio.....	64
Anexo 2. Extracto Norma Chilena Oficial NCh. 411.	65
Anexo 3. Tabla de Datos.....	71
Anexo 4: Organigrama SAG Nacional / Oficina Sectorial.....	75
Anexo 5: Profundidad de Napas	76



INDICE DE TABLAS



Tabla 1: Estándares para aguas de regadío	13
Tabla 2: Estándares para Conductividad Específica y Sólidos Disueltos Totales en Aguas de Regadío	14
Tabla 3: Explotaciones Agrícolas en la Zona	20
Tabla 4: Explotaciones Ganaderas en la Zona	20
Tabla 5: Ubicación y descripción de los puntos de muestreo Humedal de Batuco.	27
Tabla 6: Ubicación y descripción de los puntos de muestreo Ovejería / Huechún	28
Tabla 7: Parámetros Físicos, químicos y metales Humedal Batuco	29
Tabla 8: Parámetros Físicos, químicos y metales Ovejería / Huechún	30
Tabla 9: D.S. Nº 90/2000 Tabla 3: "Límites Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos Lacustres"	33
Tabla 10: Valores de pH Sector Humedal / Cadellada	35
Tabla 11: Valores de DBO ₅ Sector Humedal / Cadellada	37
Tabla 12: Valores de Conductividad Eléctrica Sector Humedal / Cadellada	39
Tabla 13: Valores de Aluminio Sector Humedal / Cadellada	42
Tabla 14: Valores de Hierro Sector Humedal / Cadellada	42
Tabla 15: Valores de pH Sector Ovejería / Huechún	45
Tabla 16: Valores de Conductividad Eléctrica Sector Ovejería / Huechún	47
Tabla 17: Sulfatos Sector Ovejería / Huechún	50
Tabla 18: Contenido de Metales totales en sedimentos	51
Tabla 19: Concentración metales Cu y Fe en Hígado	52
Tabla 20: Concentración metales Cu y Fe en Hígado Las Tórtolas	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Google Map Estaciones de muestreo Sector Humedal de Batuco / PTAS. Cadellada	12
Figura 2: Flujos de Aguas Subterráneas en el Sector.....	18
Figura 3: Google Map Estaciones de muestreo Sector Ovejería / Huechún.....	21
Figura 4: pH Sector Humedal / Cadellada	36
Figura 5: DBO ₅ Sector Humedal / Cadellada.....	38
Figura 6: Conductividad Eléctrica Sector Humedal / Cadellada	40
Figura 7: Concentración de Aluminio Sector Humedal / Cadellada	43
Figura 8: Concentración de Hierro Sector Humedal / Cadellada	43
Figura 9: pH Sector Ovejería / Huechún.....	46
Figura 10: Conductividad Eléctrica Sector Ovejería / Huechún	48
Figura 11: Concentración de Sulfatos Sector Ovejería / Huechún	50



RESUMEN

La contaminación, la pérdida de hábitat, los disturbios, el cambio del uso del suelo están todos implicados en el deterioro ambiental, sin embargo, la relación causa efecto no puede ser demostrada sin datos de monitoreo o de reconocimiento, ya que sólo mediante la aplicación del método científico es posible distinguir entre los cambios naturales que afectan a los ecosistemas y aquellos cambios producidos directa o indirectamente por la acción antrópica.

Este trabajo surge como una propuesta de monitoreo de la calidad de agua de los ecosistemas acuáticos de la Región Metropolitana; focalizando los esfuerzos en la Provincia de Chacabuco, en la cual se encuentra el Humedal de Batuco sitio de gran importancia desde el punto de vista de la biodiversidad y que en la actualidad cuenta con información muy escasa.

Esta provincia también cuenta con Tranques de Relave de empresas Mineras, que están generando una influencia en la calidad de los recursos hídricos subterráneos de la subcuenca. Por ello se presenta un conjunto de parámetros monitoreados con la finalidad de generar conocimientos a partir de una de las herramientas de mayor proyección en el ámbito de la ecología aplicada presentándose como una nueva forma de detectar a tiempo cambios no deseados en los ecosistemas.

Los análisis de los monitoreos fueron realizados en laboratorios acreditados según normativa vigente ISO 17.025 que asegura la aplicación de las técnicas estandarizadas para el análisis cuantitativo.

Se encontró que la calidad del agua de los monitoreos realizados tanto el Humedal de Batuco como la zona de la Subcuenca que cuenta con los Tranques de Relaves de empresas mineras se ve afectada por los efectos antrópicos que se ejercen sobre los recursos hídricos de la zona tanto superficiales como subterráneos.

ABSTRACT

The contamination, the loss of habitat, the disturbances, the change of the use of the ground is all implied in that environmental deterioration, nevertheless, the relation causes effect cannot be demonstrated without recognition or monitoreo data, since only by means of the application of the scientific method it will be possible to distinguish indirectly between the natural changes that affect to the ecosystems and those produced changes direct or by the antropic action.

The present project arises like a monitoring proposal of the quality of water of the aquatic ecosystems of the Metropolitan Region; focusing the efforts in the Province of Chacabuco, in which the Wetland Batuco is site of great importance from the point of view of the biodiversity and that at the present time counts on very little information.

This zone, have a pair of You stride along of Relave of Mining companies, that are generating an influence in the quality of the underground hydric resources of the Subriver basin. For that reason it presents a Seth of parameters monitoring with the purpose of generating knowledge from one of the tools of greater projection in the scope of the applied ecology appearing as a new form to detect in time changes nonwished in the ecosystems

The analyses of the monitoreos were made in laboratories credited according to effective norm ISO 17,025 that assures the application the techniques standardized for the quantitative analysis.

It was found that water quality samples from both the Wetland Batuco as the area of the Subcuenca that has the Tranques Relaves of mining companies is affected by man-made effects that are exerted on water resources in the area both surface and underground.

I. INTRODUCCIÓN

1. Aspectos generales

En Chile, las demandas sobre el recurso agua han ido aumentando a la vez que la calidad del agua ha ido decreciendo; provocando conflictos por la calidad del mismo. Las principales fuentes de contaminación en nuestras cuencas hidrográficas están dadas por: actividades industriales, mineras, agroquímicas (Estadística del Medio Ambiente, 2002).

Este aumento de la contaminación de las aguas ha causado un impacto negativo sobre los ecosistemas, afectando los niveles de producción, como por ejemplo las actividades turísticas, o silvoagropecuarias, e incrementando los costos sociales de mantención de higiene y salud de la población. Como consecuencia de una alta utilización del recurso se tiene un problema de calidad de las aguas, ya que se encuentran deterioradas, fundamentalmente por el crecimiento demográfico e industrial, el cual se viene presentando hace varias décadas.

Antes de comenzar un estudio relacionado con los cuerpos de aguas se debe tener en cuenta la complejidad de factores que determinan la "calidad de aguas"; esto por la larga lista de variables usadas para describir el status de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, por ello resulta muy difícil poder establecer una definición simple de calidad de agua. El conocimiento sobre este tema fue desarrollado en el siglo pasado debido a la expansión en los requerimientos de uso y también producto de la capacidad de medir e interpretar las características del agua.

Así para poder comprender el término calidad de agua debemos considerar:

- Un conjunto de concentraciones, especificaciones, y características físicas de las sustancias inorgánicas u orgánicas presentes en los cuerpos de agua
- La composición y estado de la biota acuática en el cuerpo de agua.

- La descripción de las variaciones temporales y espaciales debido a factores internos y externos a los cuerpos de agua.

Por otro lado, se deben tener claras las definiciones de los términos de monitoreo y evaluación puesto que existen definiciones confusas que son utilizadas como sinónimos. En el desarrollo de éste trabajo se utilizarán las siguientes definiciones establecidas en Handbook (Bartram and Ballance, 1996):

- a. Evaluación de la calidad de aguas: es el proceso total de evaluación de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación con la calidad natural, efectos humanos y usos intensivos, particularmente los usos que pueden afectar la salud humana y la propia salud de los sistemas acuáticos.
- b. Monitoreo de la calidad de aguas: es la recolección de información en ubicaciones establecidas y a intervalos regulares para proporcionar los datos que pueden ser usados para definir condiciones actuales, y establecer tendencias.

Un aspecto crítico en el monitoreo de calidad de aguas residuales es la preservación de las muestras durante el período transcurrido entre su recolección, hasta su análisis, incluidos en este período tanto el tiempo de transporte, como el de almacenamiento al interior del laboratorio en espera de los ensayos; por ello durante el período de muestreo, se almacenaron las muestras en un contenedor provisto de hielo para su refrigeración. Esta preservación se aplica para retardar los cambios que inevitablemente ocurren después de la extracción de las muestras y se puede realizar de acuerdo a distintas técnicas.

Con relación a los cambios que pueden experimentar, los parámetros de calidad de agua pueden ser de tres tipos:

- a) Conservativos: son parámetros que no cambian en el tiempo.
- b) No Conservativos: son parámetros que cambian con el tiempo, pero pueden ser estabilizados al menos por 24 horas con tratamiento apropiado.
- c) No conservativos que varían rápidamente con el tiempo: son parámetros que no pueden ser estabilizados adecuadamente con ningún tipo de preservante.

Por ejemplo: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad específica, transparencia.

En efecto, las reacciones que pueden ocurrir durante el almacenamiento, se clasifican en:

- a) Biológicas: la actividad metabólica de los microorganismos puede afectar un gran número de parámetros.
- b) Químicas: sustancias que pueden ser oxidadas o reducidas; cambios en el contenido de dióxido de carbono que pueden provocar cambios en el pH y alcalinidad del agua; materiales poliméricos que se pueden depolimerizar y viceversa.
- c) Físicas: adsorción de sustancias coloidales disueltas, sobre la superficie del envase o en las materias suspendidas; floculación de materia coloidal y adsorción sobre el sedimento.

En el desarrollo del presente trabajo se hizo necesario una búsqueda bibliográfica histórica y actual de las áreas de estudio para de ésta manera contar con una base de investigación sólida al momento de seleccionar los parámetros a incluir en el monitoreo.

Una vez revisados los antecedentes generales se tomó conocimiento del comportamiento de las aguas tanto superficiales como subterráneas, actividades productivas de las zonas, agricultura, ganadería y embalses de relave. Dentro de éstos antecedentes se

encuentran Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), Investigaciones realizadas tanto por la Empresa Privada como el "Plan de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales del Fundo La Rinconada de Huechún" Codelco-CHILE, talleres desarrollados por profesionales expertos en el tema de recursos hídricos y diversos documentos del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) como "Influencia de los Tranques de Relave Las Tórtolas y Ovejería sobre el Recurso Hídrico Subterráneo de la Subcuenca Chacabuco-Polpaico".

Además se utilizó la información cartográfica del área en estudio, que se encuentra inserta en la Provincia de Chacabuco que comprende las Comunas de Til Til, Lampa y Colina (Anexo 1) representada en una carta del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:400.000 que permite obtener una visión general.

A la vez como información adicional cartográfica, se obtuvo una carta IGM escala 1:50.000 de la zona de Tranques de Relaves (Ovejería / Huechún) con el fin de obtener una visión local del área, a estas cartas IGM originales se le anexaron datos que resultan útiles como: localización de pozos, embalses de relave y flujo de aguas subterráneas de la zona, a continuación se describen las áreas de estudio en este trabajo

2. Áreas de Estudio

2.1. Humedal de Batuco

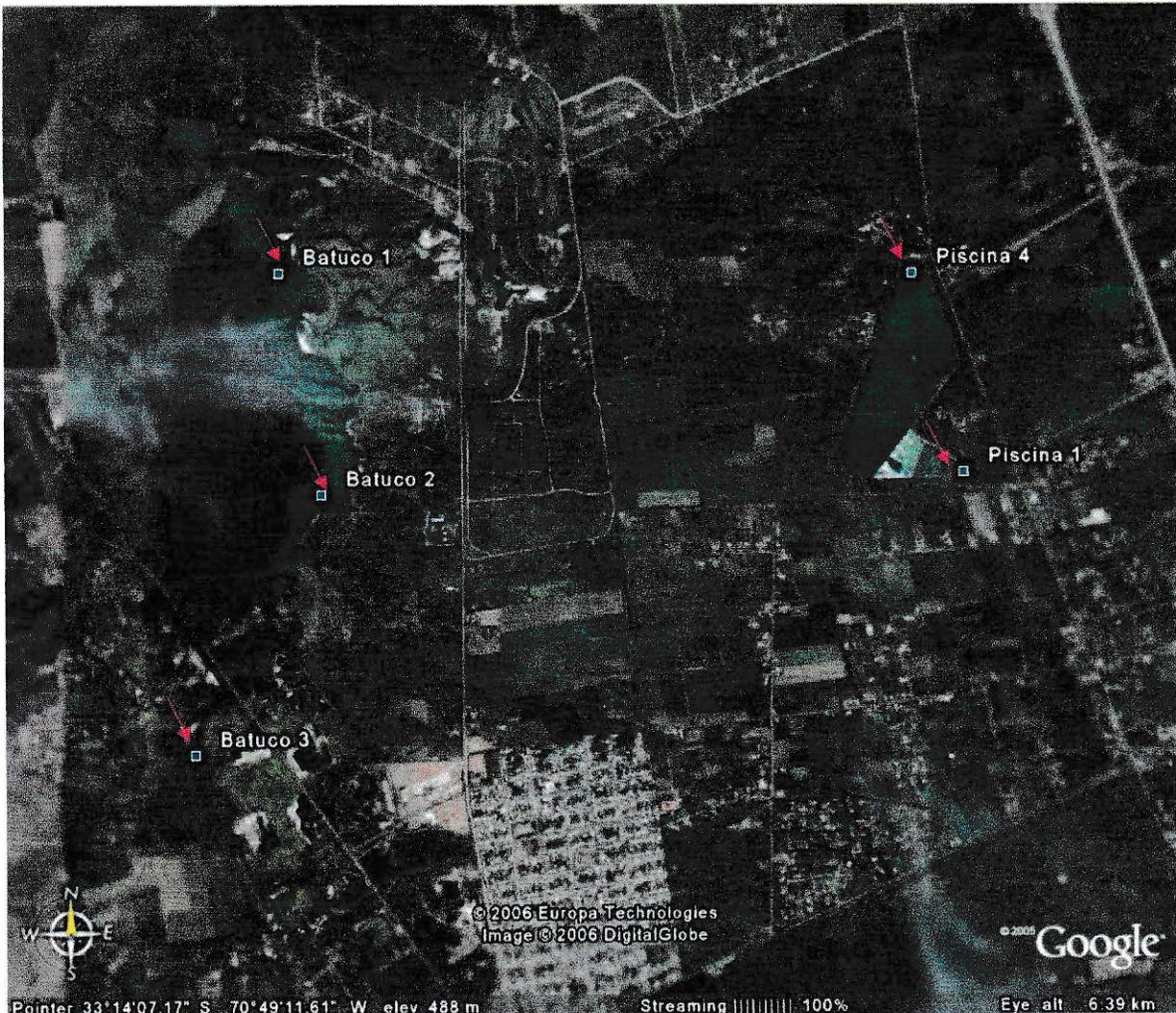
En la Región Metropolitana, comuna de Lampa localidad de Batuco se encuentra el Humedal de Batuco; esta zona que adquirió la condición de protegida luego de la promulgación de la Resolución N° 39 del Gobierno Regional de la Región Metropolitana, de 1977 que modificó el Plan Regulador de Santiago.

Esta formado por una estructura dada principalmente por: la flora y fauna acuática, la vegetación ripariana, la fauna terrestre asociada a la vegetación ripariana, componentes no-biológicos, y las interacciones que se generan entre cada uno de ellos. Referente al funcionamiento; éste corresponde a la expresión dinámica de la estructura del humedal, a través de cambios en los flujos de materia y energía entre los diferentes componentes del ecosistema. El patrón hidrológico de la cuenca es el principal factor forzante para los humedales y por ello, diferencias en magnitud, frecuencia y duración del caudal generan una variedad de respuestas dentro del humedal. Por ende, los humedales son un reflejo de las condiciones ambientales presentes en la cuenca hidrológica, donde los aportes puntuales o difusos afectan su comportamiento (Centro de Estudios Ambientales, 2003).

Así el humedal de Batuco se ubica en una hoya parcial proveniente de la hoya del río Maipo denominada "Lampa" que tiene una superficie de 1.215 km²; esta zona se ha originado por la formación de suelos aluviales muy evolucionados derivado de sedimentos aluviales del río Colina con un horizonte superficial de una textura pesada; tornándose más liviana con profundidad. Esta textura de baja permeabilidad retiene el drenaje originando una zona de inundación que corresponde a un depósito de sedimentación lacustre. La forma de la superficie freática es en general similar a la configuración topográfica de la superficie del terreno, sin embargo, estas superficies tienden a acercarse de tal manera que en Lampa el nivel freático se encuentra muy superficial, en rango de 2 a 5 metros de profundidad.

La cuenca de Batuco es el hábitat de numerosas especies de aves acuáticas. Según censo realizado el 19 de Abril del 2005 la biodiversidad alcanza a 43 especies; siendo un lugar de nidificación de especies residentes y migratorias protegidas por la *“Convención Relativa a las zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas”* y que se encuentra dentro de los sitios de preocupación del Buró Internacional para el Estudio de las Aves Acuáticas y los Humedales (IWRB). Es por ello la preocupación inicial del presente proyecto de investigar las implicancias que generan los aportes difusos en el Humedal como por ejemplo; el emplazamiento de actividades humanas en zonas aledañas a este lugar que pudieran afectar éste ecosistema natural; como es la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada perteneciente a la empresa Servicomunal, la cual presta servicios a las Comunas de Colina y Batuco.

Se realizó un conjunto de monitoreos de la calidad de las aguas del Humedal de Batuco y del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada que realiza un aporte importante al Humedal de Batuco en términos de volumen del recurso investigado. En la Figura 1 se observa el Sector Humedal de Batuco – Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) La Cadellada, identificando como “Piscina 1” al Afluente de la PTA La Cadellada, además de “Piscina 4” al Efluente de la PTAS La Cadellada. Luego en el sector de Humedal de Batuco se encuentran los puntos “Batuco 1”, “Batuco 2” y “Batuco 3” representando al cuerpo receptor del sistema.



(Flechas rojas indican estaciones de muestreo).

Figura 1: Google Map Estaciones de muestreo Sector Humedal de Batuco / PTAS.

Cadellada.

Es importante señalar que la calidad de las aguas fue analizada de acuerdo al cumplimiento de la Norma Chilena NCh 1333 – 78 “Requisitos de Calidad del Agua para diferentes usos”, la cual establece las concentraciones máximas de elementos químicos en agua de riego (ver Tabla 1) y los Estándares para Conductividad Específica y Sólidos Disueltos Totales en Aguas de Regadío (ver Tabla 2). Las descargas de efluentes que contengan cargas orgánicas no podrán exceder los límites máximos que se fijan en la

siguiente tabla. Para este efecto deberá considerarse la tasa de dilución en el cuerpo receptor:

Tabla 1: Estándares para aguas de riego

Indicador	Unidad	Expresión	Requisito
pH	unidad	pH	5,5 - 9,0
Aluminio	mg/L	Al	5,00
Arsénico	mg/L	As	0,10
Bario	mg/L	Ba	4,00
Berilio	mg/L	Be	0,10
Boro	mg/L	B	0,75
Cadmio	mg/L	Cd	0,01
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,20
Cloruro	mg/L	Cl ⁻	200,00
Cobalto	mg/L	Co	0,05
Cobre	mg/L	Cu	0,20
Cromo	mg/L	Cr	0,10(1)
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1,00
Hierro	mg/L	Fe	5,00
Litio	mg/L	Li	2,50
Litio(citríco)	mg/L	Li	0,075
Manganeso	mg/L	Mn	0,20
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Molibdeno	mg/L	Mo	0,01
Níquel	mg/L	Ni	0,20
Plata	mg/L	Ag	0,20
Plomo	mg/L	Pb	5,00
Selenio	mg/L	Se	0,02
Sodio	%	Na	35,00
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	250,00
Vanadio	mg/L	Va	0,10
Zinc	mg/L	Zn	2,00
Coliformes Fecales	NMP/100mL		1000

Tabla 2: Estándares para Conductividad Específica y Sólidos Disueltos Totales en Aguas de Regadío

Clasificación	Conductividad Específica a 25°C	Sólidos Disueltos Totales mg /L a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observaran efectos perjudiciales	$c < 750$	$s < 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c < 1500$	$500 < s < 1000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1500 < c < 3000$	$1000 < s < 2000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3000 < c < 7500$	$2000 < s < 5000$

2.2 Tranque Ovejería / Huechún

En paralelo se realizó un conjunto de monitoreos de la calidad de las aguas en los Tranques de Relave y en el área de influencia de los Tranques de Relave de Empresas Mineras presentes en la Subcuenca Chacabuco Polpáico; ya que en la actualidad se han transformado en lugares de anidación de especies de aves acuáticas provocando en ocasiones, episodios de muertes por intoxicación. A la vez el emplazamiento de éstos tranques incide en las actividades de la zona siendo afectadas las actividades agrícolas. Por ello se investigó el Tranque de Relaves Ovejería, de Codelco - Chile División Andina;, el cual presenta condiciones para el desarrollo de aves acuáticas.

La Subcuenca Chacabuco – Polpáico; ubicada al norte de Santiago, constituye un embalse subterráneo que se emplea tanto para fines agrícolas como industriales. Siendo este recurso casi el único de la zona y el más importante recurso de aguas del sector.

El relleno detrítico que conforma el embalse subterráneo, está formado por los aportes de material granular de los esteros Chacabuco, Santa Margarita, Quilapilún y Peldehue. La entrada de aguas al sistema tiene lugar de tres formas estudiadas:

- a. Por infiltración de los lechos de los esteros que recorre el acuífero
- b. Por infiltración de las quebradas y piedemonte circundantes.
- c. Por infiltración desde la red de riego existente.

La infiltración en los lechos de los esteros tiene lugar preferentemente en invierno durante las crecidas, y es más importante en el sector oriente del embalse subterráneo.

La infiltración de las quebradas y piedemonte se produce en los días de lluvia y posteriores, en los cuales el agua escurre por un sinnúmero de pequeños cursos de agua que infiltran antes de llegar al sector plano. Además se produce una infiltración directa de la lluvia en dicho terreno el cual es permeable. El agua así infiltrada va alimentando lentamente el acuífero.

El sistema de riego, con sus canales, acequias y aplicación predial constituye así mismo un tercer factor de recarga que se debe tener en cuenta; ésta situación se aprecia cada día de manera más notoria, por ejemplo, el 85% de las solicitudes de derechos de aguas presentadas a la Dirección General de Aguas (DGA) al norte del río Maipo, corresponde a aguas subterráneas, estimándose que anualmente alrededor de 1000 pozos son construidos para el uso de éste recurso.

Respecto a las salidas de agua desde el sistema tiene lugar de dos formas principalmente:

- a. Por vertientes desde el sector poniente del embalse subterráneo.
- b. Por extracción mecánica mediante bombeos.

Las salidas por vertientes, se producen en el sector de Chicauma principalmente, y se debe a un estrechamiento del embalse, lo que produce una garganta, con menor transmisibilidad, hecho que la obliga a escurrir superficialmente.

Las salidas por bombeo constituyen la mayor descarga del embalse subterráneo puesto que existe un abundante desarrollo agrícola e industrial sustentado por éste recurso. Existe una distribución más o menos uniforme de pozos, a lo ancho del acuífero.

La combinación de la entrada y salida de aguas y su defensa en el tiempo, provoca las variaciones de niveles de aguas subterráneas y es la única medida válida que permite reconocer cuanto se está sobreexplotando el embalse, en todo caso se debe tener en cuenta que este embalse funciona como un elemento de regulación natural (Álamos y Peralta, 1987).

Dentro de éste escenario se observa que se va generando una mayor presión sobre los recursos naturales y sobre el agua, a su vez, consecuentemente las crecientes demandas recurren a los recursos subterráneos para el desarrollo de las actividades productivas y/o abastecer asentamientos humanos.

De manera más específica en el sector Chacabuco – Polpaico posee uno de los sistemas acuíferos más profundamente explotados de la zona Central de Chile, encontrándose más de 130 pozos en operación. Las aguas de origen subterráneo son usadas como se mencionó como agua de riego o potable indistintamente. Así éste acuífero inicialmente se encontraba confinado (en presión), ha pasado con el tiempo y debido a la sobreexplotación, a ser uno libre con variaciones importantes de nivel freático. Es importante notar que durante las dos últimas grandes sequías de la zona central del país (1968 - 1990), ésta zona fue una de las pocas que pudo seguir con un programa adecuado de riego para una extensión cercana a las 1000 hectáreas permitiendo además un suministro de agua potable en las localidades de Polpaico, Lampa, Santa Matilde, Esperanza, El Colorado, etc. (Álamos y Peralta, 1987).

En relación al flujo de aguas subterráneas, en la subcuenca el flujo principal es de norte a sur hasta la angostura de Huechún, donde confluye también el escurrimiento subterráneo que proviene de la zona de Peldehue(al oriente del Cajón de Las Tórtolas), el que fluye de sureste a noreste. Los gradientes en Peldehue son de 0,7% mientras que en Huechún llegan al 1,6% disminuyendo otra vez hacia Polpaico.

En la Figura 2 se muestran los flujos de Aguas Subterráneas en la Subcuenca Chacabuco – Polpaico, pozos y embalses de la zona.

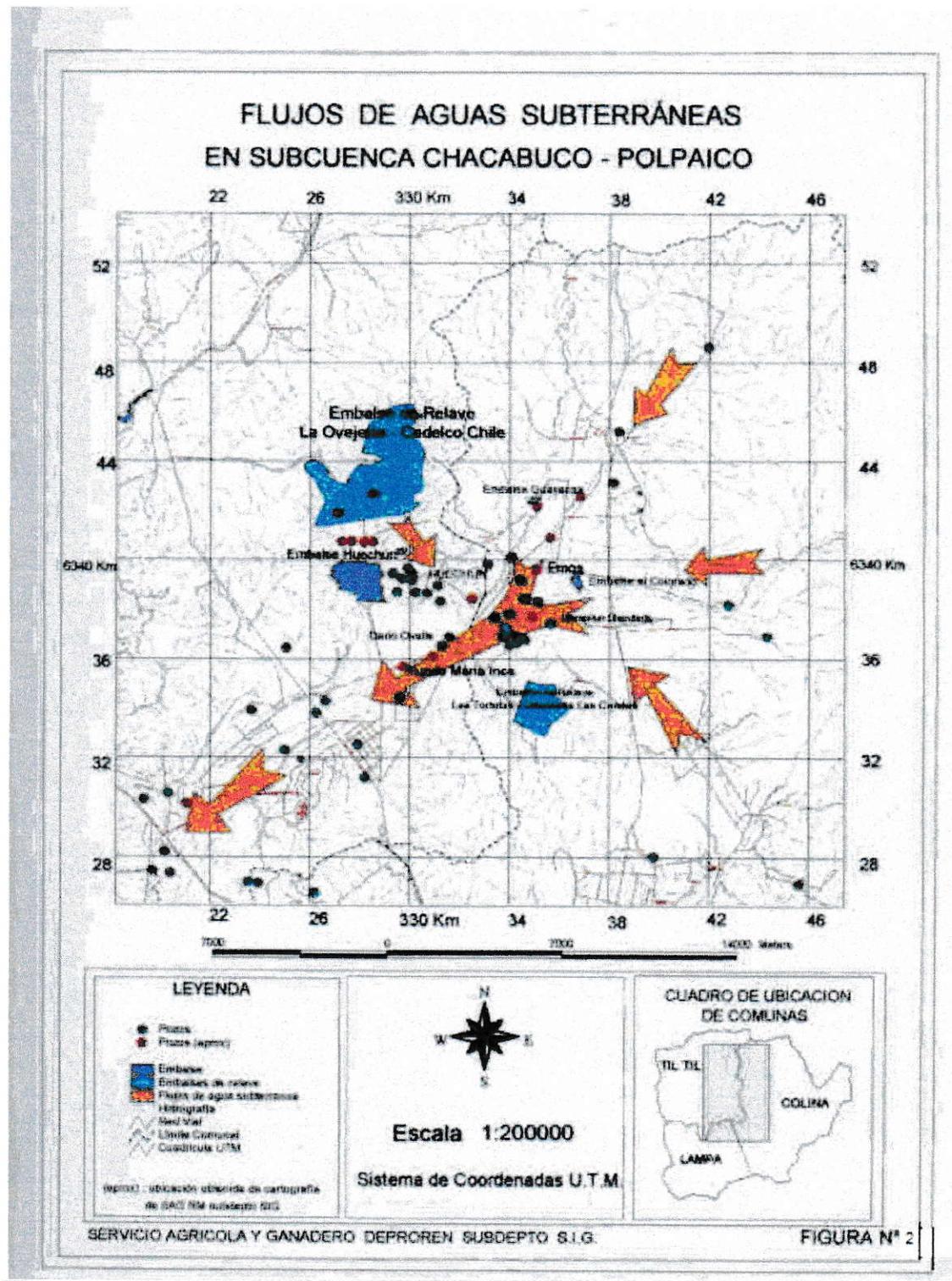


Figura 2: Flujos de Aguas Subterráneas en el Sector

Lugar donde se emplazan 2 Embalses de Relave de Empresas Mineras; estos son:

1. Embalse de Relave Ovejería. Codelco – Chile. División Andina.
2. Embalse de Relave Las Tórtolas. Anglo – American.

En el área de estudio Ovejería / Huechún también se consideró el análisis del acuífero Chacabuco – Polpaico que se encuentra localizado en el relleno aluvial de los esteros del mismo nombre, Quilapilún y Peldehue. Por su cercanía a Santiago, principal centro consumidor del país, y por la bondad de su clima, se ha desarrollado una agricultura de carácter frutícola. Debido a que los esteros no tienen escurrimientos permanentes, la agricultura de regadío ha debido establecerse por extracción de aguas subterráneas, por embalses artificiales para riego e incluso con aguas transvasadas del río Aconcagua a través del Canal Chacabuco – Polpaico.

La superficie regada según el “Proyecto Maipo” realizado por la Comisión Nacional de Riego (C.N.R) el año 1984 alcanzaba en esa fecha 9.000 hás, sin embargo, existen años de déficit hidrológico en los que los recursos de agua superficial son insuficiente, lo que sumado a la creciente contaminación de las napas subterráneas han creado un ambiente de inseguridad en los usuarios.

La información más reciente sobre explotaciones agropecuarias en el Sector de Tiltil, es el V Censo Nacional Agropecuario (1997), realizado por el Instituto Nacional de estadísticas (INE). En la parte agrícola muestra que de un total de 409 explotaciones con tierra (4.917.1 ha), de los cuales informaron 360 (4.295,2) detallado en la Tabla 3.

Tabla 3: Explotaciones Agrícolas en la Zona

ESPECIES	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
Frutales	1857,1	17,4
Hortalizas	846,3	19,6
Forraje	752,2	17,4
Semilleros	470,3	10,9
Cereales	289,5	6,7
Forestales	53,7	1,2
Chacras	26,1	0,6

Del mismo documento llevado a cabo por INE se extrajo la información de la comuna de Tiltil, la cual tiene un total de explotaciones ganaderas que llega a 534 de las cuales informaron solo 269 con una superficie de 54.100,1 hás (V Censo Nacional Agropecuario, 1997).

Tabla 4: Explotaciones Ganaderas en la Zona

ESPECIES	CABEZAS
Bovinos	3823
Caprinos	3056
Caprinos hembras crías	2613
Ovinos	1595
Equinos	1409
Porcinos	148
Alpacas*	22
Llamas	3

*Las Alpacas pertenecían a parte del Plan Experimental de Anglo – American en conjunto con la Universidad de Chile para insertar esta especie en la Zona Central; en la actualidad dicho Plan no es llevado a cabo.

Es en este escenario donde se desarrollan las actividades mineras identificadas con los Embalses de Relaves; resulta importante conocer la influencia que pueden estar causando para la Subcuenca Chacabuco – Polpáico éstas actividades y de forma muy particular durante los períodos identificados como críticos para las aguas superficiales y subterráneas; es decir la época estival donde los cursos de aguas superficiales bajan su caudal y los niveles freáticos disminuyen sus niveles, provocando episodios de vulnerabilidad desde el punto de vista medio ambiental(C. Espinoza, 1989).

En la Figura 3 se observa el Sector Minero de Codelco – Chile División Andina Tranque de Relaves Ovejería, identificado como Cubeta Tranque además de los sitios de muestreo Vialidad Sur Poniente (VSP) y Vialidad Sur Oriente (VSO) que se encuentran dentro de terrenos de forestación también formando parte de superficies Mineras.

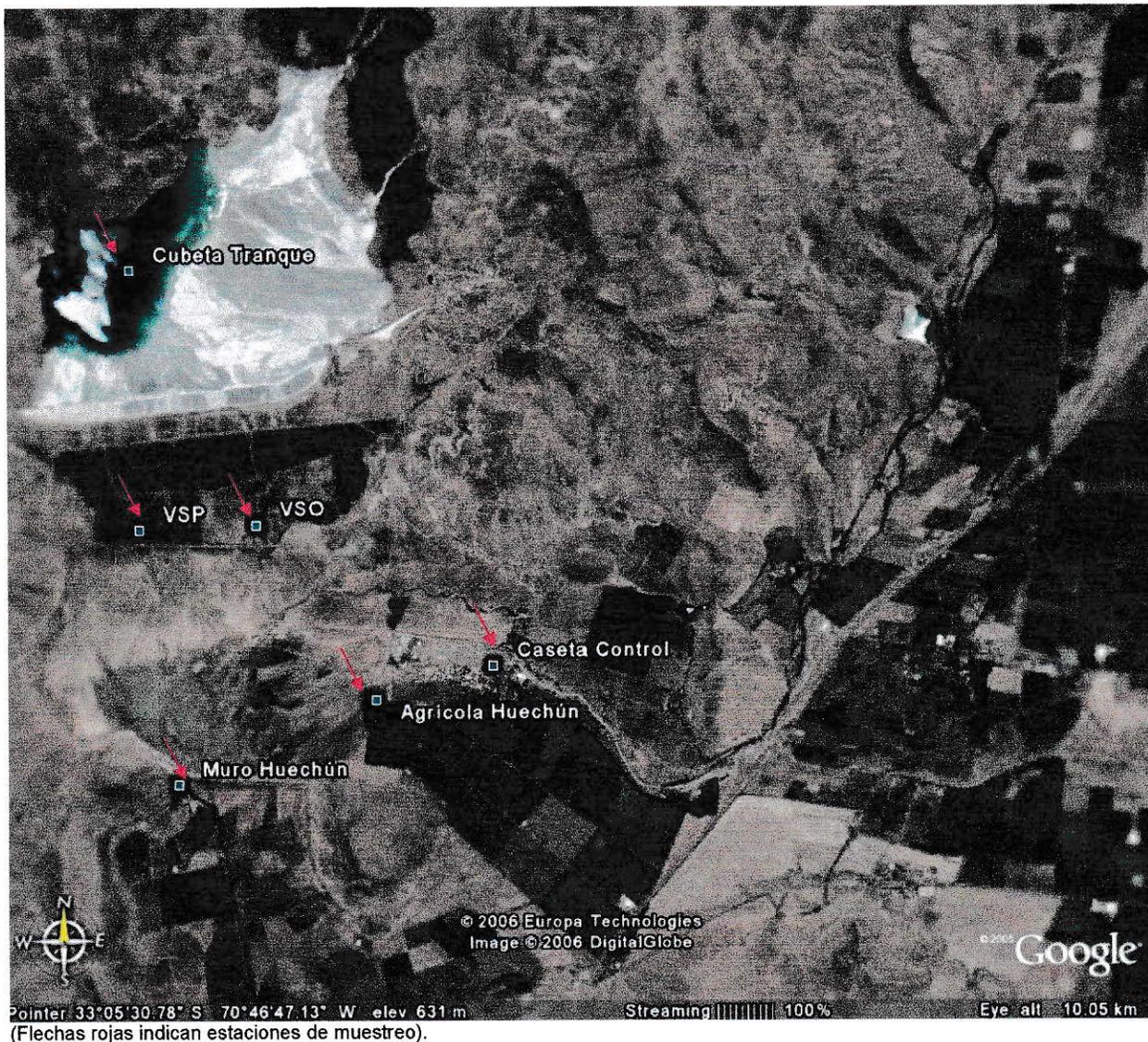


Figura 3: Google Map Estaciones de muestreo Sector Ovejería / Huechún.

Se debe mencionar que VSP y VSO corresponden a sitios donde se reciben y almacenan las aguas remanentes del riego de la zona de forestación, para luego ser recirculadas hacia la Cubeta Tranque.

También se observa el punto denominado Caseta de Control que corresponde a un sitio de muestreo ubicado en el Estero Peldehue el cual proviene del Sector Noreste del valle con el mismo nombre; donde se observa un desarrollo Agropecuario del valle en general. Otro punto de muestreo corresponde al Sector denominado Agrícola Huechún; zona donde se desarrollan actividades de explotación de frutales, hortalizas y forraje que recibe los recursos hídricos de pozos ubicados a unos 1500 m. hacia el Este como lo muestra la Figura 2.

Por último se destaca el sitio de muestreo denominado Muro Huechún que corresponde al Sector inmediatamente aledaño al Embalse Natural Huechún el cual recibe aportes del Estero Quilapilún, más aportes fluviales que durante los meses estivales sus niveles de agua disminuyen llegando en ocasiones a no presentar agua.

Es importante señalar que además de realizar los análisis de aguas en las áreas descritas se solicitó a Codelco – Chile División Andina la cooperación para determinar en sedimento algunos metales que están relacionados con la actividad minera, así se logró determinar cobre total, hierro total y sulfato total ; de dos sitios identificados como: “Casas Ovejería” debido a que corresponde al sector donde predominaba el encuentro de aves muertas durante el período de intoxicaciones agudas, y además el área presentaba una condición completamente diferente al resto del embalse presentando mayor turbidez, arrastre y acumulación de residuos y una baja circulación del agua. Adicionalmente, en este lugar por presentar una serie de árboles semiinundados, constituía un lugar atractivo para la confluencia y permanencia de aves. También se realizaron determinaciones en el sector identificado como “Torre de Captación” lugar donde las Aguas Claras de Relaves son transportadas hacia las distintas zonas de forestación de la Hacienda Ovejería.

Además se realizó un estudio toxicológico en aves con la colaboración de Codelco – Chile División Andina en su Tranque de Relaves “Ovejería” y a la compañía minera Anglo American en su Tranque de Relaves “Las Tórtolas”, como se ha mencionado, éste se

encuentra ubicado en la provincia de Chacabuco cercano a las actividades mineras de
Codelco – Chile Tranque de Relaves “Ovejería”.

OBJETIVOS

Objetivos Generales.

Determinar la calidad del agua del Humedal de Batuco y estudiar como la Planta de Tratamiento de aguas Servidas La Cadellada, influye en la calidad de estas aguas. Por otra parte, determinar como el Tranque de Relaves Huechún, influye tanto en la calidad de las aguas como en la zona agrícola aledaña.

Objetivos Específicos

- _ Conocer la actual calidad del agua del Humedal de Batuco, mediante la realización de un monitoreo periódico de sus aguas.
- _ Determinar la calidad del agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada y del Tranque de Relave Ovejería, Codelco - Chile División Andina; mediante la realización de un monitoreo periódico de sus aguas.
- _ Conocer el Impacto de la actividad Minera(embalses de Relave) sobre el Recurso Hídrico Subterráneo en la Subcuenca Chacabuco – Polpaico y su influencia en el agua de Riego.

Para lo anterior es necesario:

- _ Evaluar los parámetros en la época de muestreo de acuerdo a las características del área de estudio.
- _ Evaluar los potenciales efectos toxicológicos de los elementos muestreados sobre los animales y vegetales.
- _ Determinar el estado de las aguas en la Subcuenca.
- _ Conocer los parámetros que sobrepasan el Límite Máximo Permisible por las Normas Chilenas o Estándares Internacionales según sea el caso.

II. MATERIALES Y METODOS

1. Muestreo

En éste procedimiento se consideraron las condiciones de cada área de muestreo en lo referente a accesibilidad del lugar, condiciones climáticas de la zona, posibles predios agrícolas susceptibles de ser afectados.

En el monitoreo que se realizó los muestreos fueron de tipo manual con un equipamiento simple compuesto de un balde, cubo o frasco de boca ancha que se pudiera montar en un mango o vástago de longitud adecuada

Para que la muestra fuera representativa, se efectuó el muestreo donde el agua estuviera mezclada adecuadamente y fuera homogénea.

Las muestras fueron tomadas en el centro del flujo, donde la velocidad es mayor y la posibilidad de asentamiento de sólidos es menor. Se tuvo cuidado de no tomar muestras cerca de un vertedero o compuerta, porque los sólidos tendían a acumularse.

Antes de cada muestreo se enjuagó el envase de muestreo, o cebó y purgó con el agua a recolectar; excepto en los casos que los envases contenían preservantes.

Al tomar la muestra se enfrentó el envase con la corriente para evitar contaminación y se retiró tan pronto alcanzó el nivel requerido, para evitar la acumulación de sólidos en suspensión

Las muestras se tomaron en un período de tiempo que no excedió de 15 minutos y el volumen total de la muestra se extrajo de una sola vez.

Con el fin de tener plena certeza de la ubicación de los lugares de muestreos y a la vez poder mantener dicha información dentro de un Sistema de Información Geográfica; de manera de poder continuar con el presente trabajo en el futuro, se utilizó tecnología de georreferenciación, esto es el uso de Global Positioning System (GPS) para luego ser ingresados a la base de datos asociada a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

En los Procedimientos de recolección de muestras de aguas se utilizaron envases fabricados con un material inerte en base a Polietileno de alta densidad, establecido en la Norma Chilena Oficial NCh 411(Anexo 2) de manera que no produjo alteraciones en la composición de las muestras, tales como pérdidas por absorción, volatilización o contaminación por materias extrañas; cabe destacar que la recolección y el transporte de las muestras representa el primer eslabón dentro del proceso de muestreo. En este caso las muestras fueron transportadas hacia el laboratorio de análisis, tomando las precauciones para prevenir derrames y/o contaminación de las muestras.

2. Criterios Generales.

La selección de los sitios de muestreo, de los parámetros dependiendo del uso actual de las aguas se describe a continuación:

2.1 Sector Humedal de Batuco / Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)

La Cadellada

Para el monitoreo de aguas se determinaron un total de 5 puntos de muestreo representativos distribuidos en PTAS. La Cadellada (ver Tabla 5) y Laguna de Batuco , con una frecuencia de tipo mensual entre Diciembre de 2005 y Abril de 2006.

Tabla 5: Ubicación y descripción de los puntos de muestreo Humedal de Batuco.

Puntos de muestreo	N; E Coordenada (UTM)*	Altura (m.s.n.m.)**	Descripción
1. Piscina 1. PTAS.	6323883; 333635	493	Afluente de Aguas Servidas de comunas de Colina y Lampa
2. Piscina 4. PTAS.	6325103; 333312	484	Ultima etapa del tratamiento de Aguas Servidas.
3. Batuco 1	6324551; 329683	480	Zona norte del Humedal, recibe las aguas tratadas desde la PTAS. La Cadellada
4. Batuco 2	6323779; 329850	478	Zona Sur del Humedal, sin aportes superficiales.
5. Batuco 3	6320609; 33025	473	Descarga canalizada del Humedal.

* UTM: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator

**m.s.n.m. : Metros sobre el nivel del mar.

*** mostrados en la figura 2, página 12.

Los criterios para la elección se hicieron sobre la base de ser ésta una época de considerable riesgo ambiental, tomando en cuenta el nulo aporte de afloramientos freáticos hacia el Humedal, y con un único aporte superficial continuo de aguas desde la PTAS. La Cadellada (Piscina 4).

2.2 Sector Ovejería / Huechún.

Para el monitoreo de aguas se determinaron un total de 6 puntos de muestreo (ver Tabla 6) representativos distribuidos en el área del proyecto y sectores aledaños de actividad eminentemente agrícola; que potencialmente puedan sufrir impacto ambiental directo por las actividades propias del Tranque de Relaves Ovejería.

Tabla 6: Ubicación y descripción de los puntos de muestreo Ovejería / Huechún.

Puntos de muestreo	N; E Coordenada (UTM)	Altura (m.s.n.m.)	Descripción
1. Vialidad Sur Oriente(VSO)	6340114; 332649	577	Zona de Forestación y recirculación de aguas remanentes al Tranque de Relaves
2. Vialidad Sur Poniente(VSP)	6340104; 331450	578	Zona de Forestación y recirculación de aguas remanentes al Tranque de Relaves
3. Muro Huechún	6337928; 3318030	564	Canal de Aguas Tranque natural Huechún
4. Agrícola Huechún	6338720; 333669	577	Aguas extraídas de pozos de la Subcuenca Chacabuco – Polpáico, destinadas a riego.
5. Cubeta Tranque Ovejería	6342520; 330987	622	Agua de Relave Minero.
6. Caseta Control - Estero de Ovejería	6339096; 334918	582	Agua estero Quilapilún, más limpias, menor intervención.

*** mostrados en la figura 3, página 21.

Por lo anterior se inició la toma de muestras durante el mes de Diciembre del 2005 de manera continua hasta el mes de Abril de 2006 época en que la situación dejó de ser crítica y tendió el sistema a volver a niveles que no representan peligro desde el punto de vista ambiental.

Los muestreos se realizaron en campañas con una periodicidad de tipo mensual donde se obtuvieron muestras de agua de los puntos propuestos, dichas muestras fueron colectadas en recipientes proporcionados por el Laboratorio acreditado según INN LE 214 – LE 215 – LE 216 – LE 217; de acuerdo a NCh – ISO 17025 Of 2001. Una vez realizada la toma de muestras éstas fueron enviadas al Laboratorio dentro de un plazo no mayor a 20 horas y siguiendo la metodología proporcionada por el laboratorio para asegurar un resultado confiable.

En cada uno de los puntos de muestreo detallados anteriormente, se determinaron los siguientes parámetros físicos, químicos y algunos metales. Se debe señalar que los parámetros a determinar en cada punto de muestreo dependieron de las características del lugar.

Sector Humedal de Batuco

Tabla 7: Parámetros Físicos, químicos y metales Humedal Batuco

Parámetros Físicos y Químicos.	Metales
Conductividad (C.E.)	Aluminio
pH	Cadmio
Demanda Bioquímica de Oxígeno transcurridos 5 días (DBO ₅)	Cobre
Nitrato	Cromo
Nitrito	Hierro
Sulfato	Molibdeno
Cloruro	

Sector Ovejería / Huechún

Tabla 8: Parámetros Físicos, químicos y metales Ovejería / Huechún

Parámetros Físicos y Químicos	Metales
Conductividad (C.E.)	Cobre
pH	Hierro
Sulfato	Molibdeno

3. Muestreos Complementarios.

3.1 Sedimentos:

Este estudio fue complementado con análisis de sedimentos en el sector de Ovejería – Huechún donde las muestras de sedimentos se tomaron considerando distintas distancias entre el agua y el borde de la playa teniendo un sector de toma de muestras de no más de 1 metro de distancia.

3.2 Análisis de sangre y tejidos:

Se solicitó a Codelco – Chile División Andina la cooperación para elaborar un diagnóstico general de los niveles de metales presentes en la fauna del Tranque de Relaves, dentro de este marco se realizó un estudio específico de captura, toma de muestras y análisis de laboratorio de sangre y tejidos de diferentes especies que componen la fauna del área.

Para ello se solicitó la correspondiente autorización de captura a la División de Protección de Recursos Naturales Renovables del SAG, la cual fue aprobada con la Resolución Exenta N° 882, del 17 de Febrero de 2006.

El presente estudio solamente será abocado para las aves acuáticas ya que son la especie que se encuentra en contacto directo con el área de influencia.

De las 15 aves capturadas, a 13 se les extrajo sangre para hemograma y perfil bioquímico. La vía venosa de elección varió dependiendo de la especie, utilizándose ya sea la vena medial metatarsal (pata), lunar (ala) o yugular.

Seis de estas aves fueron sometidas a anestesia en el lugar o en clínicas veterinarias particulares para realizar una biopsia de hígado para determinar en laboratorio concentraciones de hierro y cobre. Todas las intervenciones fueron exitosas, por lo tanto, las aves fueron liberadas a su medio nuevamente.

Otras 3 muestras de órganos (hígado y riñón) fueron obtenidas de aves muertas o moribundas del tranque.

4. Legislación Ambiental Aplicable en este estudio.

Las normativas de carácter general aplicables al estudio, las normas de carácter específico asociadas directamente con la protección y preservación del medio ambiente, el uso y manejo de los recursos naturales constituyen los principales requerimientos para el análisis de los resultados desde el punto de vista del cumplimiento de la normativa aplicable.

Por ello a continuación se detallan las normativas aplicables a los sitios de muestreo establecidos:

4.1. Norma Chilena (NCh) 1.333/78: Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos.

Se analizaron los resultados considerando la Norma Chilena 1.333/78; en los casos que correspondiera, ya que gran parte de los sitios muestreados utilizan las aguas para regadío. Por ello aplica la Tabla 2: Estándares para Aguas de Regadío de la Norma Chilena 1.333/78(ver Tabla 1, Pág. 13).

Se debe destacar que las aguas captadas de los sitios de muestreo del Sector Ovejería / Huechún , deben cumplir con la Normativa establecida para Riego, esto es la NCh. 1.333 / 78 "Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos"; ya que la totalidad de las aguas muestreadas tienen como uso el Riego ya sea en el caso de las aguas de Cubeta Tranque, VSO, VSP que son destinadas a riego de las áreas de forestación comprometidas en el proyecto; como en el caso de Caseta Control, Agrícola Huechún y Muro Huechún que son captadas de afluentes naturales ya sea de aguas superficiales; como es el Estero Quilapilún o aguas subterráneas extraídas de uno de los 134 pozos perforados en la zona(Comisión Nacional de Riego, 1984).

4.2. Decreto Supremo (D.S). N° 90/2000: MINSEGPRES. Norma que regula todo tipo redescargas a aguas marinas y continentales superficiales.

Se utilizó esta normativa debido a que dentro de los muestreos, existen descargas a aguas marinas y continentales relacionadas con sitios seleccionados. Por ello aplica la Tabla 3: Límites Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos Lacustres del D.S. N° 90/2000; a continuación se adjuntan los límites máximos permisibles establecidos, destacados con negrita los parámetros muestreados.

Tabla 9: D.S. N° 90/2000 Tabla 3: "Límites Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos Lacustres"

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,1
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,5
Cobre Total	mg/L	Cu	0,1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	Coli/100mL	1000-70 *
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO₅	mgO₂/L	DBO₅	35
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1
Fósforo	mg/L	P	2
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	5
Hierro Disuelto	mg/L	Fenoles	2
Manganeso	mg/L	Mn	0,5
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,07
Níquel	mg/L	Ni	0,5
Nitrógeno Total **	mg/L	Ni	10
pH	unidad	pH	6,0 - 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	mg/l/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80
Sulfatos	mg/L	SO₄²⁻	1000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Temperatura	°C	T°	30

Zinc	mg/L	Zn	5
------	------	----	---

*destacados con negrita los parámetros muestreados

El D.S. N° 90/2000 se aplica actualmente al efluente de la PTAS La Cadellada; esto es las aguas tratadas que son descargadas desde la Piscina 4, que desembocan en el Humedal de Batuco, lugar donde fue emplazado un punto de muestreo denominado Batuco 1.

III. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los distintos parámetros estudiados en el Sector Humedal / Cadellada y Ovejería / Huechún.

1. Sector Humedal / Cadellada

1.1. pH

En la Tabla 10, se observa que todos los sectores presentan un pH básico, siendo el valor más elevado el encontrado en Piscina 4 durante el muestreo de Enero, mientras que el más bajo fue Batuco 2 en Febrero.

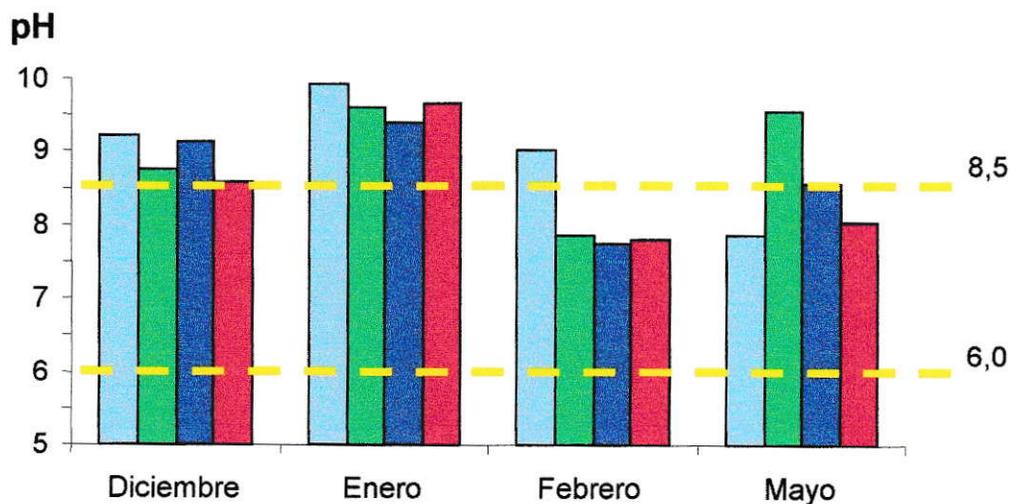
Tabla 10: Valores de pH Sector Humedal / Cadellada

Meses	pH			
	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Diciembre	9,21	8,75	9,12	8,58
Enero	9,92	9,59	9,39	9,65
Febrero	9,01	7,85	7,72	7,8
Mayo	7,85	9,54	8,54	8,01

Durante la temporada Estival el aporte de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada (PTAS La Cadellada, Piscina 4) es importante sobre los valores de pH obtenidos en el Humedal (Batuco 1 y 2); ello debido a que durante dichos meses se transforma en el principal aporte hidrológico para el Humedal producto de la disminución en el nivel de las napas freáticas en el mismo. Este hecho se corrobora al observar los meses de Diciembre y Enero; meses durante los cuales el aporte es continuo, sin embargo durante el mes de Febrero se observa una disminución en los valores de pH del Humedal debido a que la PTAS La Cadellada paralizó las descargas al Humedal durante dicho mes con la finalidad de aumentar la altura del cuerpo de agua de la Piscina 4. Este hecho sirve para ratificar la influencia sobre el Humedal.

Durante el mes de Mayo el escenario ha cambiado en la zona del Humedal debido a que ya se han producido las primeras precipitaciones y el nivel freático ha aumentado, permitiendo así el aumento del volumen de agua del Humedal; lo que conlleva a un mayor volumen del cuerpo de agua, una mayor dilución de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el cuerpo de agua, y por ende una mayor capacidad de amortiguación del pH.

Con respecto al cumplimiento de la normativa vigente, como se mencionó aplica D.S N° 90/2000 para la PTAS La Cadellada(Piscina 4), se observa que durante el período de muestreo se excedió en 3 de las 4 campañas éste parámetro siendo el límite máximo de pH: 8,5; esto durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero.



* - - - - : Limite máximo y mínimo de pH según D.S. N°90/2000

Figura 4: Valores de pH para el Sector Humedal / Cadellada. □ Piscina 4, ■ Batuco 1, ■ Batuco 2, ■ Batuco 3

1.2. DBO₅

Los valores de DBO₅ obtenidos en los diferentes muestreos realizados se muestran en la Tabla 11 y en la Figura 5, se debe recordar que la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos degradables existentes en la muestra, fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura, en este caso 5 días y 20 °C. En otros términos es una característica cuantificable y se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos (para satisfacer sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica) participantes en la degradación de la materia orgánica presente.

Los resultados de la Tabla 11 muestran los valores máximos y mínimos de DBO₅, ambos en Batuco 3: correspondientes a los meses de Enero 2006 y Mayo 2006 respectivamente.

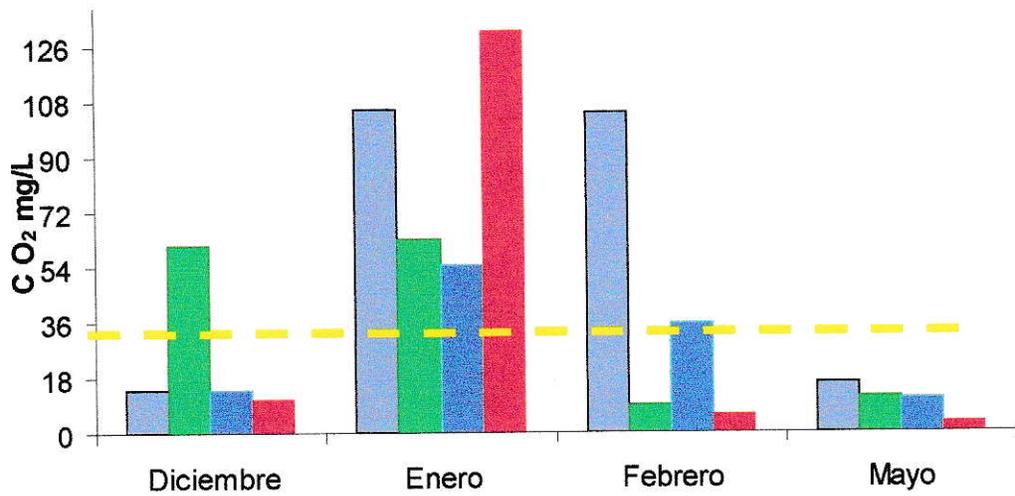
Tabla 11: Valores de DBO₅ Sector Humedal / Cadellada

Meses	DBO ₅			
	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Diciembre	14,1	60,8	14,2	10,8
Enero	105,0	62,6	54,6	130,6
Febrero	104,0	9,0	35,0	6,0
Mayo	15,8	11,8	11,1	3,2

De los resultados presentados de DBO₅ para Sector Humedal / Cadellada se observa que durante la temporada Estival se produjo la mayor actividad de degradación de compuestos orgánicos degradables que son en su mayoría aportes de la PTAS La Cadellada, además de las aguas aportadas por las parcelas “de agrado” de la Zona(Batuco 3).

Durante el mes de Febrero los niveles de DBO₅ en el Sector Humedal presentan niveles bajos; este hecho se correlaciona con la detención de descargas desde la PTAS La Cadellada hacia el Humedal de Batuco.

Al comparar los valores de la Piscina 4 con la Normativa Ambiental vigente; se observa que el Límite Máximo Permisible del D.S. N° 90/2000: corresponde a 35 mgO₂/L, siendo éste valor superado en 2 ocasiones durante los meses de Enero y Febrero.



* - - - - : Limite permisible de DBO₅ según D.S. N°90/2000

Figura 5: DBO₅ Sector Humedal / Cadellada. □ Piscina 4 ■ Batuco 1 ■ Batuco 2 ■ Batuco 3

1.3. Conductividad Eléctrica

A continuación se presentan los resultados obtenidos para la Conductividad Eléctrica, parámetro que indica la cantidad de iones que se encuentran en solución por unidad de longitud, si bien éste parámetro no se encuentra en la Normativa Ambiental aplicable para la PTAS La Cadellada, si puede resultar útil tenerlo en cuenta al momento de destinar para otros usos éstas aguas como por ejemplo Riego.

Respecto a los resultados mostrados en la Tabla 12, se observa que Batuco 3 presenta el valor más elevado con 3430 $\mu\text{S/cm}$, durante el mes de Febrero; mientras que el valor más bajo se encuentra en Batuco 1 con 936 $\mu\text{S/cm}$.

Al observar los valores de Conductividad Eléctrica de Piscina 4 es posible decir que durante todas las campañas mantiene valores dentro de un rango (entre 944 $\mu\text{S/cm}$ y 1133 $\mu\text{S/cm}$), esto es cercano a los 1000 $\mu\text{S/cm}$. Mientras que los valores obtenidos para Batuco 3 triplican los valores de Piscina 4 con excepción del mes de Mayo por existir un volumen en el Humedal que permite una capacidad de dilución mayor. El hecho de que éste Sector presente valores elevados de conductividad eléctrica indica la presencia de aportes adicionales de iones producto de las fuentes antropogénicas indicadas (parcelas "de agrado").

Tabla 12: Valores de Conductividad Eléctrica Sector Humedal / Cadellada

Meses	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)			
	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Diciembre	1133	2180	2130	2990
Enero	955	936	1246	3360
Febrero	944	1801	1307	3430
Mayo	1014	1229	1451	1723

La normativa aplicable actualmente establece los requisitos de calidad del agua para diferentes usos (potable, bebida, animales, riego y recreación) correspondiente a la NCh. 1.333 ella establece un valor hasta 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ resultan aptas para el riego de cualquier tipo de cultivos en los cuales no se observarán efectos perjudiciales.

En todas las estaciones se encuentran valores de Conductividad Eléctrica superiores a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como se muestra en la Figura 6; dichas aguas no están en condiciones de ser utilizadas para riego; a pesar que en la práctica cumplen esa función en la zona.

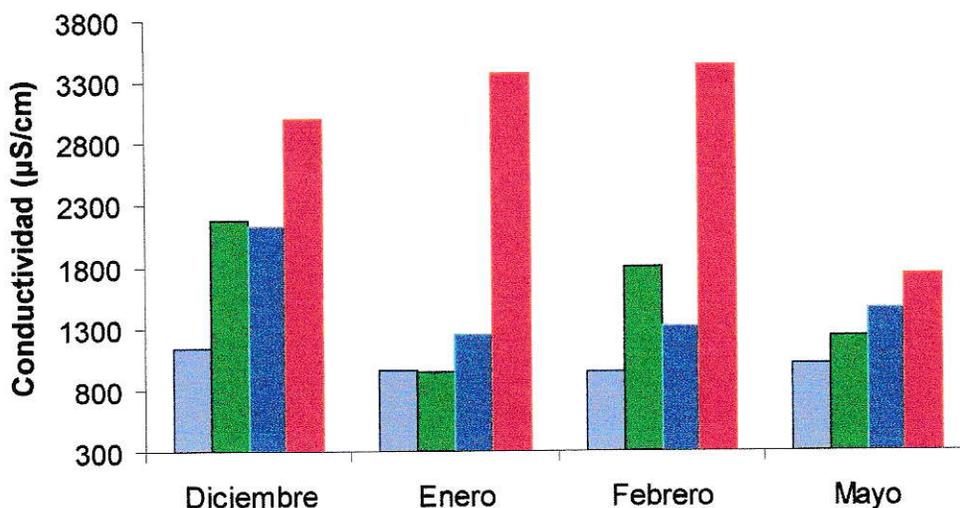


Figura 6: Conductividad Eléctrica Sector Humedal/ Cadellada. ■ Piscina 4 ■ Batuco 1 ■ Batuco 2 ■ Batuco 3

1.4. Determinación de Metales

La presencia de metales en los cuerpos de aguas ha resultado siempre un riesgo latente para dichos ecosistemas; esto debido a que los metales en general resultan sumamente sensibles a los cambios de pH variando así su biodisponibilidad en las aguas; provocando intoxicaciones agudas en la fauna existente lo que implica un daño ambiental que en ocasiones resulta irreversible.

Por ello dentro de los parámetros considerados para los monitoreos del Sector Humedal / Cadellada se han considerado 6 metales que se enumeran a continuación:

- _ Aluminio
- _ Cadmio
- _ Cobre
- _ Cromo
- _ Hierro
- _ Molibdeno

De los metales determinados se encontró interesante destacar los resultados obtenidos de Aluminio y Hierro, ya que los restantes en la mayoría de los casos presentaron valores que se encuentran en la magnitud del límite de detección (ver anexo 3), lo que no permite un análisis en profundidad.

Al revisar los resultados obtenidos para Aluminio (ver Tabla 13) y Hierro (ver Tabla 14) se observan comportamientos similares, con concentraciones máximas para Aluminio de 4,39 mg/L y para Hierro 3,80 mg/L en Batuco 1, durante el mes de Mayo.

Al revisar las concentraciones mínimas de las Tablas 13 y 14, se observa que durante el mes de Febrero Piscina 4 presentó 0,22 mg/L para Aluminio, mientras que Batuco 3 presentó 0,17 mg/L

Tabla 13: Valores de Aluminio Sector Humedal / Cadellada

Meses	Aluminio(mg/L)				
	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Diciembre	4,35	2,63	1,13	0,41	0,66
Enero	1,75	1,06	1,41	1,2	0,53
Febrero	0,34	0,22	1,3	1,52	0,24
Mayo	1,27	1,99	4,39	2,82	1,02

Tabla 14: Valores de Hierro Sector Humedal / Cadellada

Meses	Hierro(mg/L)				
	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Diciembre	2,45	1,78	0,91	0,52	0,68
Enero	2,15	1,06	2,61	1,35	0,77
Febrero	0,52	0,4	2,17	1,72	0,17
Mayo	1,26	1,28	3,8	2,82	0,86

Se debe destacar que ambos metales modifican su biodisponibilidad de acuerdo a los cambios del medio en que se encuentren; como los cambios de pH, cambios en el potencial Redox o cambios en la concentración de Sulfatos.

Respecto al cumplimiento de la Normativa Ambiental aplicable se observa del D.S N° 90/2000 un Valor Máximo Permisible para Aluminio de 2 mg/L, siendo sobrepasado éste valor en Piscina 4 durante el mes de Diciembre. Mientras que para Hierro se establece un Valor Máximo Permisible de 1 mg/L, siendo sobrepasado durante los meses de Diciembre y Mayo. Al resto de las estaciones no les es aplicable la Normativa mencionada, ya que corresponde a una Norma de Emisión (ver Figuras 7 y 8).

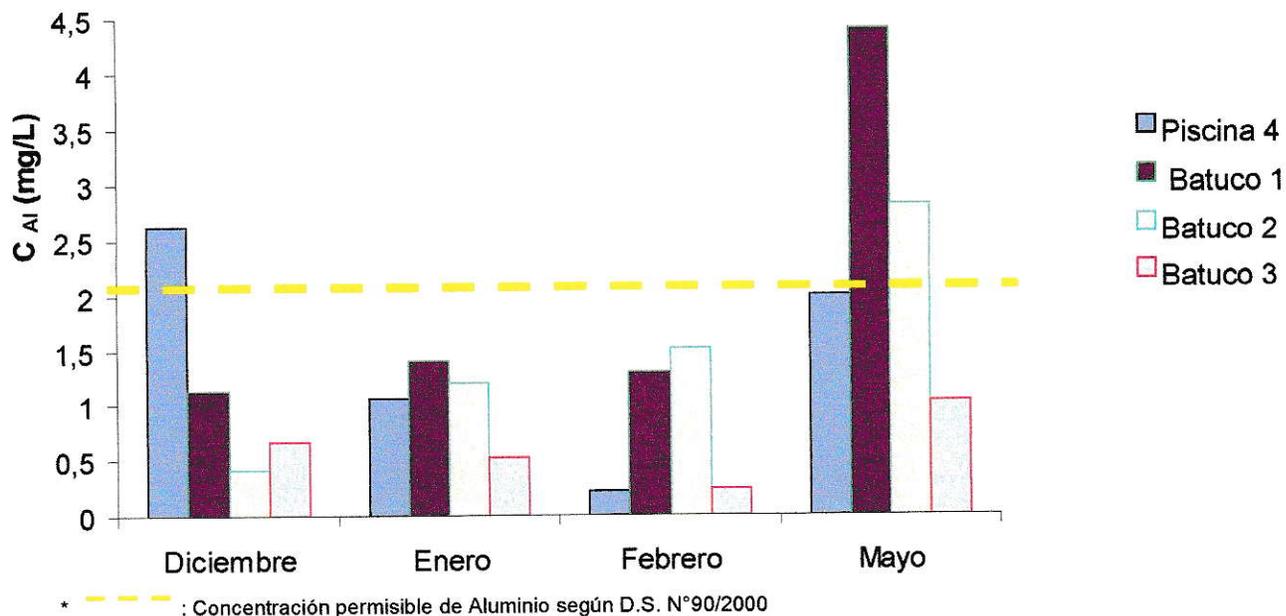


Figura 7: Concentración de Aluminio Sector Humedal/ Cadellada.

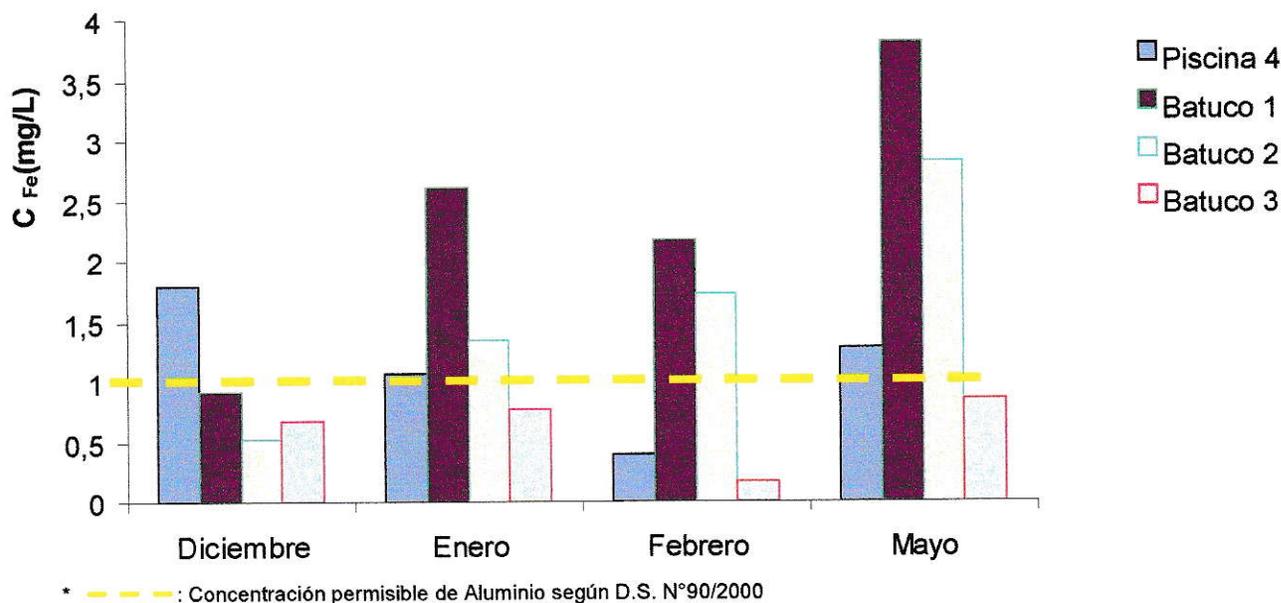


Figura 8: Concentración de Hierro Sector Humedal/ Cadellada.

De las Figuras 7 y 8 se observa que las concentraciones de Aluminio y Hierro en Piscina 4 no ejercen influencia marcada sobre los valores obtenidos en Batuco 1, 2 y 3; como si ha sido en los parámetros anteriormente presentados.

A la vez se destacan las máximas concentraciones durante el mes de Mayo en Batuco 1; este hecho se relaciona con el aumento de los niveles hidrológicos del Humedal de Batuco, esto a su vez provoca que las zonas que durante la temporada Estival estuvieron expuestas al sol, ahora son cubiertas por el agua del Humedal que logran remover las costras salinas acumuladas en las orillas del Humedal.

2. Sector Ovejera / Huechún

2.1. pH

Como primer parámetro a analizar está la variación de pH que se presenta a continuación en la Tabla 15 y en la Figura 9, de las estaciones de muestreo se destaca la Cubeta Tranque que presenta el valor más alcalino en el mes de Febrero, mientras que el valor más bajo fue en el mes de Diciembre en VSO alcanzando un valor cercano a la neutralidad.

Se debe tomar en cuenta que el muestreo en Cubeta Tranque pertenece a aguas de descarte de las actividades Minera, denominadas “Aguas de Relave” o “Pulpa de Relave” las cuales en este caso son utilizadas para riego de las plantaciones de eucaliptos y árboles nativos que en total conforman una superficie de 890 hectáreas, según COT (carta de ocupación de tierras) actualizada por ATM Ingeniería en 2005.

Tabla 15: Valores de pH Sector Ovejera / Huechún

Meses	pH					
	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Diciembre	7,14	7,47	8,34	7,47	7,52	8,13
Enero	8,08	7,79	9,22	7,73	7,82	8,21
Febrero	7,95	7,71	9,40	***	8,28	8,29
Mayo	7,96	8,14	9,30	7,92	7,91	8,16

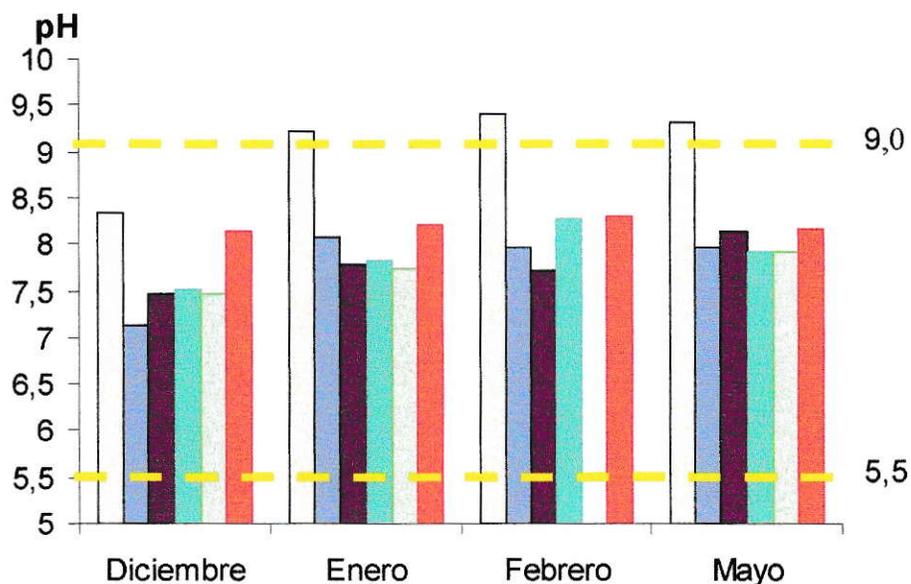
***: Niveles de agua insuficientes para realizar la medición

Revisando los resultados de pH de las muestras captadas de los cauces Naturales de la Zona se observa que tanto Muro Huechún como Caseta Control presentan valores de pH similares en cada campaña de muestreo, es decir el Estero Quilapilún (muestreado en Caseta Control y Muro Huechún) mantiene el pH de su agua inalterable, esto indica que éstas aguas superficiales no sufren impactos significativos producidos por el Tranque de Relaves.

Si se observa un tipo de impacto producto del Tranque de Relaves en Agrícola Huechún, destacando que estas aguas son extraídas de pozos de la zona, donde se obtuvieron

valores de pH que deben ser observados y analizados de manera conjunta a los demás parámetros propuestos en el presente monitoreo.

Con respecto al cumplimiento de la Normativa Ambiental pertinente, NCh. 1.333/78, se observa que éste parámetro establece un gradiente entre 5,5 y 9,0 siendo cumplido en la mayoría de los puntos de muestreo con excepción de Cubeta Tranque que presenta excedencias en Enero, Febrero y Marzo.



* - - - : Límites máximo y mínimo de pH según NCh. 1.333/78

Figura 9: pH Sector Ovejera/ Huechún. □ Cubeta Tranque ■ VSO ■ VSP

■ Caseta Control ■ Muro Huechún ■ Agricola Huechún

2.2. Conductividad Eléctrica

Al observar los resultados en la Tabla 16 y representados en la Figura 10, se distinguen de manera clara 2 grupos diferenciados por las magnitudes de cada uno de los resultados. Así se tiene VSO, VSP y Cubeta Tranque con valores desde 1727 $\mu\text{S/cm}$ a 3350 $\mu\text{S/cm}$ y el segundo grupo conformado por Muro Huechún, Caseta Control y Agrícola Huechún con valores entre 129 $\mu\text{S/cm}$ a 710 $\mu\text{S/cm}$.

Lo anterior confirma que las Aguas de Relave lo componen una diversa cantidad de minerales extraídos de manera conjunta con el Cobre y Molibdeno los cuales aportan una gran cantidad de iones a éstas aguas. Se destaca que los valores obtenidos en VSO y VSP son levemente inferiores a los encontrados en Cubeta Tranque para todos los períodos de muestreo, esto puede estar indicando que las superficies de forestación que son actualmente regadas con éstas aguas retienen ciertos minerales disponibles. Este hecho se observa también con la variación de pH donde VSO y VSP presentan valores de una unidad menor en comparación a Cubeta Tranque.

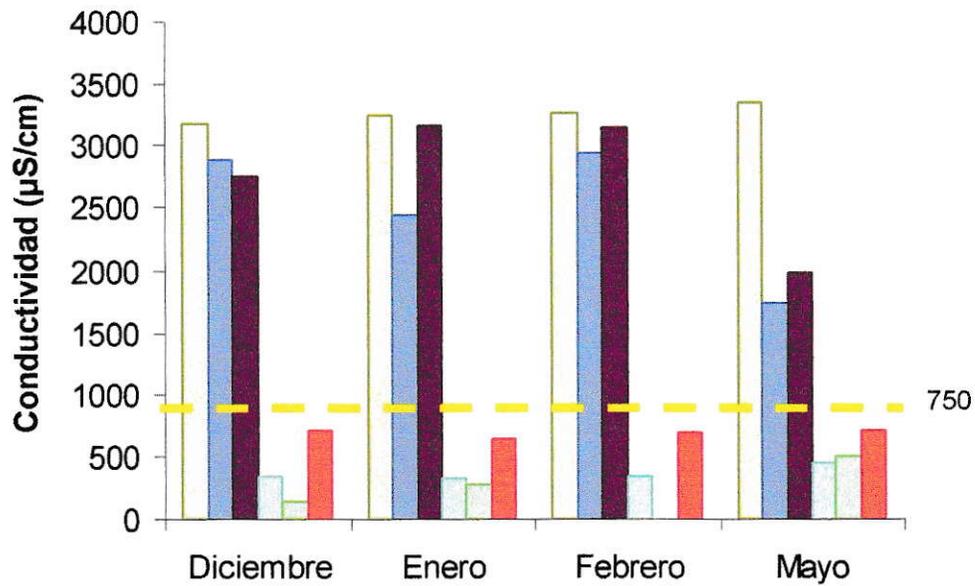
Tabla 16: Valores de Conductividad Eléctrica Sector Ovejería / Huechún

Meses	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)					
	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Diciembre	2890	2740	3180	129,2	345	710
Enero	2440	3160	3240	283	325	629
Febrero	2940	3140	3270	***	335	683
Mayo	1727	1980	3350	501	453	707

***: Niveles de agua insuficientes para realizar la medición

Respecto a los valores encontrados en el otro grupo identificado (Muro Huechún, Caseta Control y Agrícola Huechún) se observan valores con un orden de magnitud menor, esto indica aguas de otra Calidad según clasificación de Estándares de Conductividad Eléctrica para Aguas de Riego, NCh. 1.333/78 donde la Conductividad Eléctrica (c) < 750

$\mu\text{S}/\text{cm}$ es clasificada como "Agua con la cual generalmente no se observaran efectos perjudiciales"



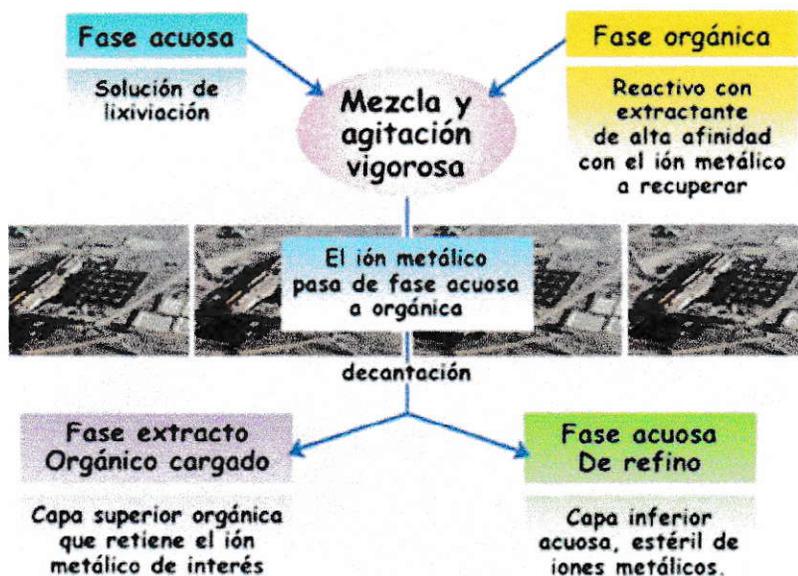
* - - - : Clasificación de Conductividad Eléctrica (c) < 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según NCh. 1.333/78

Figura 10: Conductividad Sector Ovejería/ Huechún. ■ Cubeta Tranque ■ VSO ■ VSP

■ Caseta Control ■ Muro Huechún ■ Agrícola Huechún

2.3. Sulfatos

Los Sulfatos se encuentran fuertemente ligados al proceso de extracción de minerales en este caso Cobre y Molibdeno, ello debido a que dentro del procedimiento básico de extracciones se utilizan soluciones ricas de lixiviación portadoras del metal o de los metales que interesa procesar compuestas por aniones que sean capaces de formar complejos como cloruro, sulfato y cianuro. Así se produce la fase acuosa de refino como se muestra a continuación compuesta por iones metálicos que no son de interés para el proceso como el Hierro, Arsénico y otras impurezas.



En la Tabla 17 se presentan los resultados obtenidos para Sulfatos, se observa que el máximo valor corresponde a Cubeta Tranque en Mayo con 2240 mg/L, mientras que el valor más bajo lo presenta Muro Huechún en Diciembre con 34,2 mg/L.

Además se observa la misma tendencia presentada para Conductividad Eléctrica distinguiendo 2 grupos bien definidos de acuerdo a las diferentes magnitudes en los resultados. Este comportamiento se condice con las propiedades del anion; ya que resulta un importante aporte al momento de determinar la Conductividad Eléctrica de la solución.

Tabla 17: Sulfatos Sector Ovejería / Huechún

Meses	Sulfatos(mg/L)					
	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Diciembre	1605,2	1547,6	1934,5	34,2	73,7	118
Enero	1222	1655	1828	68,6	69,4	109
Febrero	1692	1832	2070	***	76,9	98,7
Mayo	939	830	2240	170,6	136	132

***: Niveles de agua insuficientes para realizar la medición

Respecto a las diferencias encontradas entre Cubeta Tranque y VSO o VSP se corrobora lo indicado anteriormente referente a la capacidad de los suelos de retener una cierta cantidad de iones desde la solución.

De la Normativa Ambiental, NCh. 1.333/78, ésta establece un valor máximo permisible de 250 mg/L siendo sobrepasada durante todos los períodos de muestreo en Cubeta Tranque, VSO y VSP. Mientras que en Muro Huechún, Caseta Control y Agrícola Huechún se observan valores bajo el límite permisible.

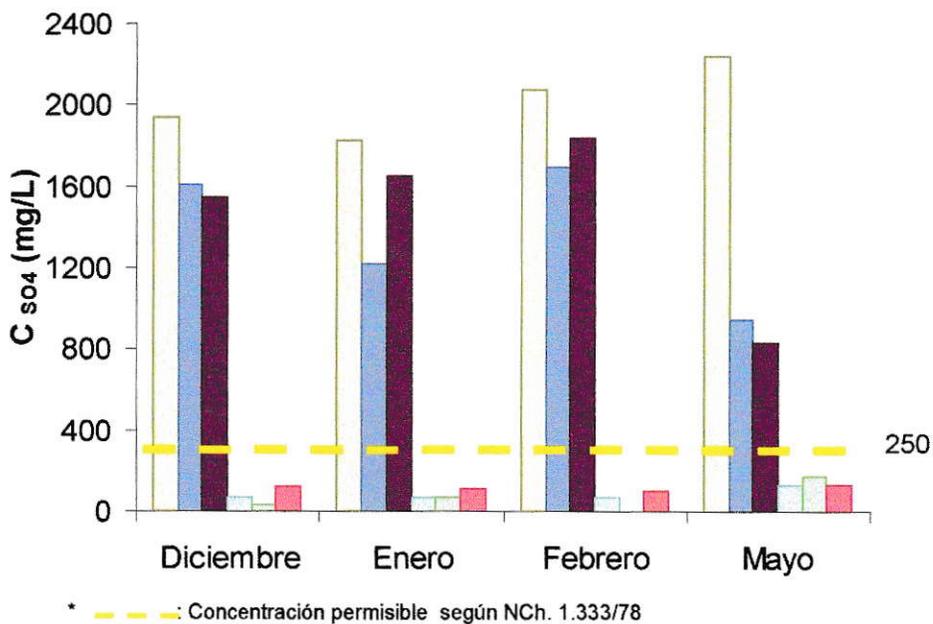


Figura 11: Concentración de Sulfatos Sector Ovejería/ Huechún. ■ Cubeta Tranque ■ VSO ■ VSP ■ Caseta Control ■ Muro Huechún ■ Agrícola Huechún

3. Análisis de Sedimentos Sector Ovejería / Huechún.

Tabla 18: Contenido de Metales totales en sedimentos

Parámetro	Unidad	Sector Torre de Captación			Sector Casas Ovejería		
		Pto.1	Pto. 2	Pto. 3	Pto. 1	Pto.2	Pto.3
Cobre Total	mg/Kg	393,0	98,0	76,3	746,0	721,0	633,0
Molibdeno Total	mg/Kg	37,4	12,5	6,8	55,9	62,4	42,4
Sulfatos Total	mg/Kg	778,0	914,0	1976,0	1778,0	1099,0	2840,0

De acuerdo a los resultados de estos análisis, se aprecia que la condición de apariencia visual del sector "Casas Ovejería", se corresponde con una situación de acumulación de sólidos transportados en suspensión, que al bajar la velocidad del agua por las condiciones del sitio, además han sedimentado en el sustrato.

4. Análisis de sangre y tejidos.

En la Tabla 19 se muestran los resultados de concentración de Cobre y Hierro en hígado de aves, correspondiente a los individuos muestreados con este objetivo.

Tabla 19: Concentración metales Cu y Fe en Hígado

Individuo	Concentración en Hígado (ppm)	
	Cu	Fe
Tagua 3	67	437
Tagua 5	12	378
Tagua 6	12	211
Jergón 1	34	876
Jergón 2	12	432
Jergón 3	14	936
Yeco 2	32	931
Garza Cuca	49	1.190
Blanquillo	34	236
Tiuque 2	1	158

* valores de referencia para Cu y Fe respectivamente en zonas no contaminadas: 59,1 y 1.910,4 ppm

** valores de referencia para Cu Y Fe respectivamente en zonas contaminadas: 978,3 ppm y 3.233,5 ppm.

Los valores referidos a zonas contaminadas corresponden a una recopilación bibliográfica, la cual se corresponde con la información manejada por CONAMA, recopilada en el documento "Estudio sobre el origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en la Provincia de Valdivia" COREMA X Región – U. Austral de Chile, 2004. Esta información se obtiene de la recopilación y análisis de múltiples datos a nivel mundial.

Comparando los valores obtenidos con los de referencia, resulta concluyente que las acciones de manejo para controlar la calidad del agua del Tranque de Relaves Ovejería implementadas surgen resultados positivos, desde el punto de vista de control de la mortalidad, como la condición fisiológica – toxicológica de las aves.

Así se puede aseverar que es posible mantener en forma sostenible la vida de las aves acuáticas al interior del Tranque Ovejería, realizando los manejos de control correspondientes.

No se debe descartar que en ocasiones se pueden provocar episodios de una contaminación aguda puntual, producto de los eventos singulares de llegada de espuma al Tranque.

También se debe mencionar que, por ejemplo los resultados de concentración de Cobre en los individuos tagua 3 y garza cuca se encuentran superando o en la parte superior del rango de zonas no contaminadas, situación que permite inferir una cierta exposición a un ambiente que contiene este metal.

Esta situación puede ser considerada desde diferentes ángulos como es que las aves acuáticas presentan una alta movilidad en los espejos de agua de la zona: Humedal de Batuco, Tranque Las Tórtolas, Tranque de Polpaico, por lo que no se puede aseverar, aún cuando se confirme que efectivamente existe exposición, si las aves se están exponiendo a esos metales exclusivamente en Ovejería.

4.2. Análisis Complementarios en Tranque Las Tórtolas

Tabla 20: Concentración metales Cu y Fe en Hígado Las Tórtolas

Individuo	Concentración en Hígado (ppm)	
	Cu	Fe
Tagua 1	332	1640
Blanquillo 1	584	7170
Blanquillo 2	502	7280
Gargantillo	442	54
Cuchara 1	721	9720
Cuchara 2	820	8840
Cuchara 3	622	2460
Cuchara 4	1120	5020
Jergón	368	960

Al comparar los resultados de la Tabla 20 con los entregados en la Tabla 19 resulta evidente la existencia de niveles elevados de éstos metales en aves muestreadas en Tranque Las Tórtolas; observándose diferencias de un orden de magnitud con las muestreadas en Tranque Ovejería.

Esta diferencia de concentraciones encontradas entre ambos Tranques de Relave puede ser relacionada con las diferentes técnicas de manejo de control de la calidad de las aguas.

IV. DISCUSION

Respecto a los resultados obtenidos del Sector Cadellada / Humedal se observó que durante los meses de Diciembre y Enero la influencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada sobre las condiciones del Humedal de Batuco fueron notorias, esto luego de observar el comportamiento de los parámetros determinados, ello se condice con lo observado en terreno, donde el único aporte superficial continuo de caudal hacia el Humedal durante la época Estival es el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada, ya que los Humedales en términos generales son producto de los aportes superficiales más el aporte de Afloramientos de las Napas Freáticas que en esta zona se encuentran a pocos metros de profundidad tal como se detalla en el anexo 4, pero debido a la explotación para el uso agrícola de las aguas subterráneas, más la disminución natural debido a la temporada seca conforman el escenario propicio para que los aporte de la PTAS La Cadellada sean fundamentales en las propiedades físico – químicas del Humedal.

Una muestra de ello es lo ocurrido durante el mes de Febrero de 2006 cuando se suspendieron las descargas de la PTAS La Cadellada hacia el Humedal con la finalidad de aumentar el nivel de la Piscina 4, este hecho provocó de manera inmediata un cambio en las condiciones del Humedal tanto en los valores de pH como en DBO_5 .

A la vez también resulta interesante destacar el escenario observado durante el mes de Mayo donde las condiciones del Humedal han cambiado en comparación a los meses anteriores, ya que se han producido las primeras lluvias de la temporada y los cauces de aguas subterráneas han aumentado su caudal, permitiendo así nuevos aportes al Humedal por los afloramientos de las Napas Freáticas; este hecho se ve reflejado al observar los resultados del mes de Mayo en los parámetros DBO_5 y Conductividad

Eléctrica donde se observan valores que si bien no muestran un descenso, si es perceptible una regularización en el estado general del Humedal.

De lo visto resulta necesario exigir el cumplimiento de la Normativa vigente para la PTAS La Cadellada en su Efluente, además de considerar la recolección de información sobre las fuentes difusas que pudieran estar aportando a la condición actual del Humedal, ya que dicho catastro puede resultar una información útil para asignar los impactos que éstas puedan generar ya que las fuentes antropogénicas cercanas al Humedal pueden crecer en los próximos años debido al desarrollo de proyectos inmobiliarios en la zona.

Es necesario mantener las condiciones actuales encontradas en el Humedal de Batuco, verificando de forma periódica los datos y muestras, para que a partir de la identificación de valores y fenómenos estacionales poder predecir situaciones futuras.

Respecto a los resultados obtenidos en el Sector Ovejería / Huechún se puede destacar la existencia de aguas que presentan una calidad identificada como "buena para ser utilizadas como riego", hecho favorable para el valle de Chacabuco, ya que actualmente en la zona de Chacabuco está desarrollándose una actividad agrícola basada principalmente en el cultivo de uva de mesa y árboles frutales, los cuales basan consumo hidrológico en los cuerpos de agua de la zona ya sean superficiales o subterráneos; por ello resulta importante conocer las influencias de las actividades mineras en la zona.

Si bien ninguno de los muestreos en las zonas agrícolas presentó excedencias en sus parámetros; si se observó un aumento en los valores de Agrícola Huechún para los parámetros muestreados de Sulfatos y Conductividad; se debe recordar que las aguas de Agrícola Huechún son extraídas de pozos de la zona. Esto hace pensar en la posibilidad de que los Tranques de Relaves Ovejería de Codelco – Chile y Las Tórtolas de Minera Anglo American Ltda. si están ejerciendo un efecto negativo en la calidad de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Subcuenca Chacabuco – Polpaico; por ello es necesario identificar las zonas que puedan estar resultando impactadas, con la finalidad de implementar medidas que eviten futuros escenarios que puedan afectar al entorno cercano a los Tranques de Relave; donde actualmente se desarrollan cultivos de frutales y hortalizas en general; que pueden ver disminuida su calidad por la alteración en los parámetros fisicoquímicos de los recursos hidrológicos de la zona, provocando trastornos ambientales serios e incluso con la probabilidad de ingresar a la cadena alimentaria humana.

Y al comparar con los valores de las zonas de muestreo de carácter agrícola como Muro Huechún o el Estero Quilapilún de Caseta de Control se observará que lo indicado se ratifica con los parámetros de Conductividad Eléctrica, Sulfatos o con los elevados valores de pH similares a los encontrados en Aguas de Relaves. La tendencia encontrada puede ser atribuible a la sinergia que se produce de los aportes de ambos Tranques de Relaves; ya que como se observa en la Figura 6, los cuerpos de agua del valle están entre Tranque Ovejería y Tranque las Tórtolas.

Dentro de los estudios de contaminación por metales pesados en sistemas acuáticos los sedimentos constituyen un material fundamental para conocer el grado de contaminación de una determinada zona. En sedimentos se puede realizar dos tipos de determinaciones: el primero consiste en la determinación de la concentración total de los metales, que proporciona una evaluación del nivel de contaminación y el segundo es la especiación o estudio de las diferentes formas químicas en las que se encuentra el metal. Así al encontrar una concentración elevada de algún metal que no se encuentre en forma natural en el sedimento puede presentar un riesgo de contaminación debido a la liberación de metales a las aguas bajo condiciones naturales (Förstner, 1989; Chen *et al.* , 1996) pudiendo producir trastornos ambientales serios e incluso con la probabilidad de ser asimilados por los organismos pudiendo interactuar a través de un gran número de vías con el medio ambiente que los rodea o ingresar a la cadena alimentaria humana; por ello se debe poner especial atención en los elevados valores de Cobre y Molibdeno en sedimentos del Sector Ovejería; ya que dichos metales se ven reflejados en los animales que se encuentran en contacto directo con este sistema en el pseudo equilibrio que existe entre la fase líquida y sólida donde se desarrolla gran parte de las actividades de las aves en particular.

Considerando que éstos son elementos que pueden causar alteraciones (intoxicaciones en general) si son esenciales para la vida animal y vegetal, los cuales son requeridos en muy bajas cantidades, los problemas surgen cuando hay un déficit o un exceso. Este último es el caso de este estudio donde el Hierro encabeza las intoxicaciones agudas ocurridas en la temporada Estival del 2005 en Ovejería.

Dentro de las medidas que pueden colaborar en la prevención o mitigación de impactos está la realización de un análisis periódico de las aguas utilizadas para riego del área de forestación de las empresas Mineras; como también las aguas de los esteros y canales utilizados para riego de la agricultura del sector.

Una segunda medida consiste en controlar las infiltraciones que pudieran provocarse dentro de las zonas de forestación de las empresas Mineras y a la vez promover investigaciones tendientes a disminuir la carga de contaminantes presentes en las pulpas de relave, más específicamente en los contenidos de Sulfatos, como tercera medida se recomienda evaluar nuevas alternativas de riego de las zonas forestadas, ya que la actual presenta deficiencias en el sentido de la aplicación excesiva de agua a las zonas forestadas provocando así mayor acumulación de Aguas de relave en los pozos de captación(VSO y VSP) además de saturar los suelos con dichas aguas.

Si bien la situación de ambos Sistemas monitoreados es particular en cada caso, es válido orientar una visión más global de la situación actual, considerar que la calidad de las aguas actualmente está siendo considerada solo desde el punto de vista antrópico; donde las cantidades permitidas de contaminantes que se liberan al ambiente, paradójicamente se basan en que no se está poniendo en peligro la salud humana, siendo el mismo hombre quien realiza estos aportes al medio ambiente.

En teoría, no hay ninguna razón por la cual no deberían establecerse límites y las normas para la protección de las especies diferentes al hombre; ya que en el presente caso las especies vegetales como animales pueden resultar de gran utilidad para relacionar efecto – causa de manera oportuna.

V. CONCLUSIONES

- _ Se encontró que el aporte de aguas proveniente de la Planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada ejerce una influencia positiva sobre la calidad del agua del Humedal de Batuco en el período muestreado; funcionando como aporte hídrico principal en la temporada estival, este hecho permite la subsistencia de diferentes especies de aves que utilizan este espejo de agua como sitio de anidación y estación de descanso para aves migratorias.
- _ La calidad del agua tratada en la Planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada cumple con los límites permisibles del D.S. N°90; en la mayoría de los parámetros muestreados, asegurando un aporte hídrico positivo al Humedal de Batuco en condiciones de funcionamiento óptimo de la Planta. Puesto que cuando los sistemas de aireación no funcionan de manera continua, se produce un deterioro en la calidad de tratamiento de las aguas servidas
- _ La calidad del agua del Tranque de Relaves Ovejería no es apta para el uso actual, que es el riego de árboles dentro del predio Ovejería de Codelco – Chile División Andina; ya que conductividad y sulfatos sobrepasan la Norma Chilena 1.333.
- _ La actividad minera desarrollada por Codelco – Chile División Andina en la zona de Huechún afecta de manera negativa la calidad de los recursos hídricos subterráneos de la subcuenca Chacabuco – Polpáico encontrándose valores elevados de conductividad y sulfatos; en zonas agrícolas aledañas. Este comportamiento se correlaciona con los observados en el Tranque de Relaves Ovejería.

- _ El estado del agua en la Subcuenca Chacabuco – Polpáico es buena en relación al uso asignado actualmente; que es riego, ya que ningún parámetro fue sobrepasado en los puntos de muestreo.
- _ De los análisis complementarios se identificaron dos escenarios; el primero es en Tranque de Relaves Ovejera donde existe un control de mortalidad de aves que se relaciona con las medidas de control adoptadas de forma paulatina; mientras que el segundo escenario es en Tranque de Relaves Las Tórtolas donde existen medidas de control adoptadas recientemente que aun no son reflejadas.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Deborah Chapman. 1996. Water Quality Assessments, a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.
2. Decreto Supremo. D.S N° 46. "Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas". Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 8 Marzo de 2002
3. Decreto Supremo. D.S N° 90. "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales". Ministerio Secretaria General de la Presidencia. 30 Mayo de 2000.
4. Espinoza Contreras Carlos A. 1989 "Modelo Integrado de Simulación para los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos de una Cuenca Agrícola",. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Depto Ingeniería Civil.
5. "Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales de Chile". Aprobado Consejo Directivo de CONAMA 27 Diciembre de 2005.
6. Navarro Cofre Guillermo. Servicio Agrícola y Ganadero, Depto. De Protección de los Recursos Naturales Renovables.1998 "Influencia de los Tranques de Relave Las Tórtolas y Ovejería sobre el Recurso Hídrico Subterráneo de la Subcuenca Chacabuco - Polpaico".

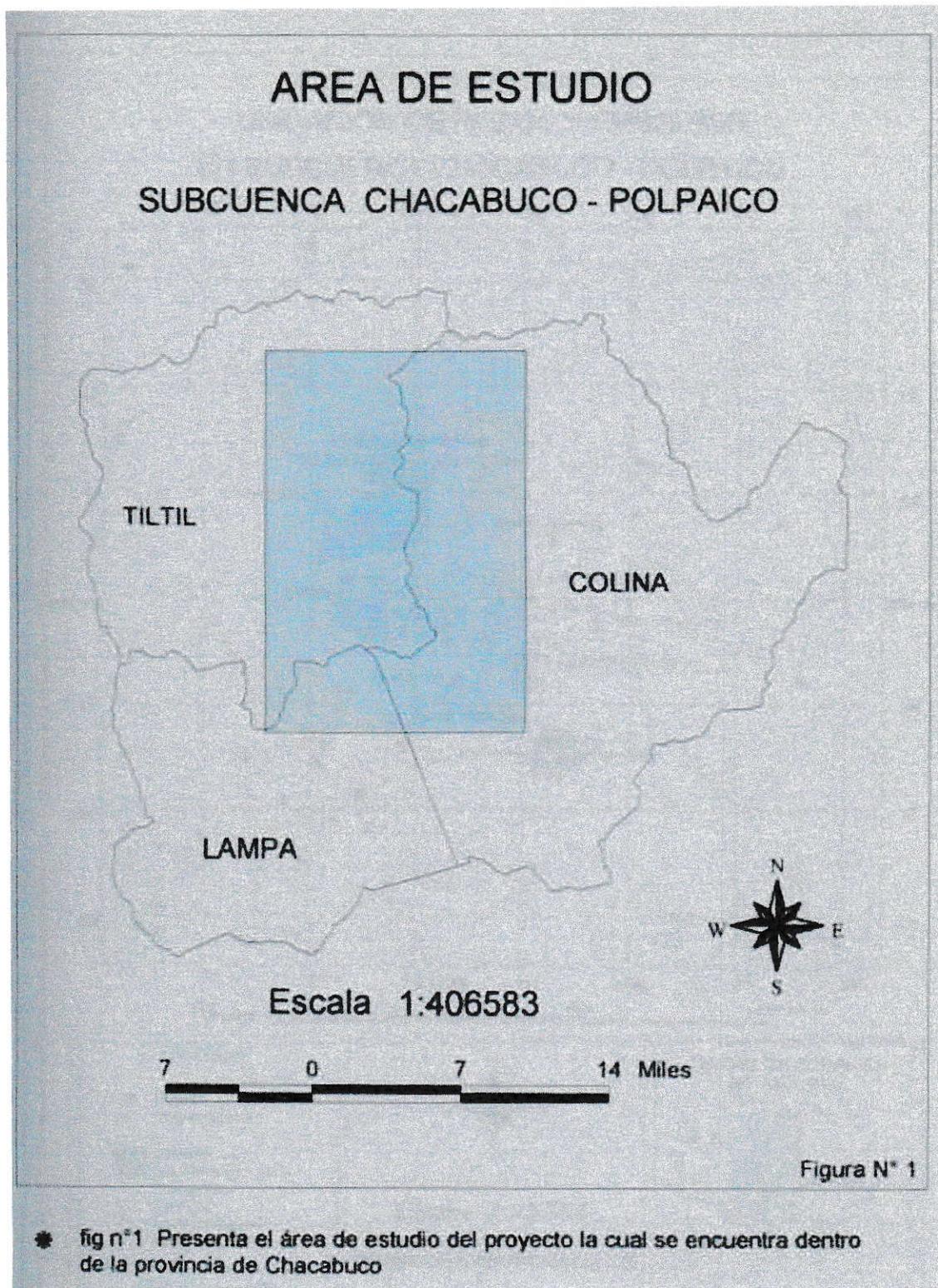
7. Normas Ambientales Dictadas bajo la Ley de Bases del Medio Ambiente N° 19.300. Comisión Nacional del Medio Ambiente 2003.
8. Norma Chilena Oficial NCh 411/1. Of1996."Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo".
9. Norma Chilena Oficial NCh 411/2. Of1996. "Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo".
10. Norma Chilena Oficial NCh 1.333. "Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos". Instituto Nacional de Normalización. Primera Edición 1978.
11. Postulación Para Declarar parte del Sitio Prioritario N°6 Humedal Batuco como Centro de Interés Turístico (CEIT). CONAMA Metropolitana de Santiago. Septiembre de 2005.
12. Servicio Agrícola Ganadero Región Metropolitana. Abril 2005."Informe Sobre la Investigación Epidemiológica de la Mortandad de Aves Acuáticas, y de las Actividades de Rescate y censos efectuados en la Laguna de Batuco y en la Planta la Cadellada, de la Comuna de Lampa, Región Metropolitana".

Páginas Web:

13. <http://www.ecoportel.net/content/view/full/169/offset/3>
14. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm
15. <http://cabierta.uchile.cl/revista/6/aguas.htm>
16. http://www.codelcoeduca.cl/tecnico_profesional/metalurgia_extractiva/modulos/procesos/extraccion.html

VII. ANEXOS.

Anexo 1: Área de Estudio.



Anexo 2. Extracto Norma Chilena Oficial NCh. 411

(epi. N°)

NORMA CHILENA OFICIAL **NCh 411/1.0196**

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo

Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes

Primera edición - 1996



Descriptor: *calidad del agua, agua, muestreo, programas de muestreo, fuentes de contaminación*

CIN 13.060.40

COPYRIGHT © 1996 INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN • Prohibida reproducción y venta •

Dirección : Matías Cousiño N° 64 , 6° Piso, Santiago, Chile
Casilla : 995 Santiago 1 - Chile
Teléfonos : +56 2 696 81 44 - +56 2 696 81 45 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : +56 2 672 46 38
Telefax : +56 2 696 02 47 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : +56 2 696 08 74
Internet : inn@huelen.reuna.cl
Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) - COPANT (Comité Regional de Normalización)

Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh411/1 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

A. y A. TECNOLAB S.A.
 Centro de Estudios, Medición y Certificación de
 Calidad, CESMEC Ltda.
 Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM
 CODELCO Chile
 DIRECTEMAR
 EAPLOC S.A.
 EC-LAB
 Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso S.A., ESVAI
 Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMUS S.A.
 Empresa Nacional de Minería, ENAMI
 Fundación Chile
 Instituto Nacional de Normalización, INN
 Ministerio de Agricultura, DEPROREN
 Ministerio de Obras Públicas, DGA
 Sociedad General de Control, S.G.S. Chile Ltda.
 Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS
 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias
 y Forestales
 Universidad Técnica Metropolitana

Pedro Botic W.
 Sandra Muñoz
 Ruby Utrera C.
 Alberto Tello
 Julio Neuling H.
 Elizabeth Echeverría
 Manuel Ruiz M.
 Myriam Rodríguez M.
 Marcela del Villar
 Miraya Alvarado S.
 Héctor Carranza R.
 Roberto Corvalán G.
 Ramona Villalón D.
 Sergio Rojas P.
 Rosa Sandoval R.
 Víctor Arenas
 Christian Maurer
 Adriana Carrasco R.
 Manuel Jara
 Eduardo Tobar M.

Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo

0 Introducción

Esta norma es la primera de un grupo de tres normas elaboradas para ser usadas en forma conjunta. Las normas NCH 1112 y NCH 1113 tratan, respectivamente, con las técnicas de muestreo y con la preservación y manejo de las muestras. La terminología utilizada está de acuerdo con lo establecido en la NCH 410.

1 Alcance

Esta norma establece los principios generales que deben aplicarse en el diseño de programas de muestreo con el propósito de controlar la calidad, caracterizar la calidad e identificar las fuentes de contaminación del agua, incluyendo los depósitos bentónicos y los lodos. En normas subsiguientes se darán instrucciones detalladas para situaciones específicas de muestreo.

NOTA: Los depósitos bentónicos también se han denominado como sedimentos de fondo.

2 Referencias

NCH 410	Calidad del agua - Vocabulario
NCH 1112	Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCH 1113	Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
ISO 2802	Interpretación estadística de resultados de ensayos - Estimación de la media - Intervalo de confianza
ISO 3534	Estadística - Vocabulario y símbolos.

Sección I: Definición de objetivos**3 Introducción**

El propósito de esta sección es enfatizar los factores más importantes que deben considerarse al diseñar un programa de muestreo relacionado con el agua, los depósitos bentónicos y los lodos. En las secciones subsiguientes se da información más detallada. Las muestras se extraen y examinan normalmente para determinar parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos asociados.

Para caracterizar una masa de agua, un depósito bentónico o lodos, generalmente es imposible examinar el total y por lo tanto es necesario extraer muestras. Las muestras tomadas deberían ser tan representativas como sea posible, del total que se debe caracterizar y tomar todas las precauciones para asegurar que las muestras no experimenten cambios en el intervalo comprendido entre el muestreo y el análisis. El muestreo de sistemas multifásicos, tales como agua conteniendo sólidos en suspensión o líquidos orgánicos no miscibles, puede presentar problemas especiales.

Antes de diseñar cualquier programa de muestreo es muy importante establecer los objetivos del programa -ya que éstos son el factor más importante para determinar la posición de las zonas de muestreo, la frecuencia del muestreo, la duración del muestreo, los procedimientos para extraer las muestras, el tratamiento subsecuente de las muestras y los requisitos analíticos. También se debe dar alguna consideración al grado de detalle y precisión que será adecuado, así como a la forma de expresión y presentación de los resultados, por ejemplo concentraciones o cargas, valores máximos y mínimos, medias aritméticas, valores de la mediana, etc. Adicionalmente, se debería recopilar una lista de los parámetros de interés y consultar los procedimientos analíticos ya que éstos generalmente dan guías sobre las precauciones que se deben observar durante el muestreo y el manejo subsecuente (guías generales sobre estos últimos aspectos se dan, respectivamente en las partes 2 y 3 de esta norma).

A menudo puede ser necesario llevar a cabo un programa preliminar de muestreo y análisis antes de poder definir los objetivos finales. Es importante tomar en cuenta todos los datos pertinentes de programas previos para las mismas ubicaciones o similares así como otras informaciones sobre condiciones locales. La experiencia previa del personal también puede ser de mucho valor. El tiempo y los recursos económicos asignados para el diseño de un programa apropiado de muestreo generalmente son bien justificados asegurándose que la información requerida se ha obtenido en forma eficiente y a un costo razonable.

Se pueden distinguir tres objetivos principales, (para detalles, ver capítulo 15):

- a) Mediciones de control de calidad utilizadas por la administración local para decidir cuando se requieren correcciones del proceso a corto plazo.
- b) Mediciones de caracterización de la calidad utilizadas para indicar calidad, tal vez como parte de un proyecto de investigación, para propósitos de control a largo plazo, o para indicar tendencias a largo plazo.
- c) Identificación de fuentes de contaminación.

El propósito del programa puede cambiar desde la caracterización de la calidad al control de la calidad y viceversa. Por ejemplo, un programa a largo plazo para la caracterización de nitratos puede llegar a ser un programa de control de calidad de corto plazo requiriendo el incremento de la frecuencia de muestreo conforme la concentración de nitratos se aproxima a un valor crítico.

4 Requisitos

Si intentar identificar todas las razones específicas para requerir programas de muestreo y análisis, ellas se pueden agrupar en la forma siguiente.

4.1 Requisitos generales

Establecer el orden de los niveles de concentración o carga de parámetros específicos en estaciones y posiciones seleccionadas (por ejemplo, en la superficie de un cuerpo de agua o en el interior de éste) o bien, con depósitos bentónicos, para obtener una información básica de su naturaleza.

4.2 Requisitos específicos

Establecer en detalle las distribuciones de los niveles de concentración o carga de parámetros físicos o químicos y de especies biológicas de interés en todo o parte de un cuerpo de agua. Esto estará normalmente unido a un estudio de cambios con el tiempo, velocidades de flujo, condiciones de operación de la planta, condiciones climáticas, etc.

Estas razones para el muestreo pueden a su vez, ser subdivididas en objetivos más específicos como los que se indican a continuación.

- a) Determinar si el agua es apta para un uso específico y, si es necesario, evaluar cualquier tratamiento o los requisitos de control, por ejemplo establecer si una fuente natural puede servir para proveer agua de bebida.
- b) Estudiar el efecto de las descargas de aguas residuales, incluyendo derrames accidentales, sobre un cuerpo receptor. Adicionalmente a su contribución a la contaminación, estas descargas pueden producir reacciones tales como precipitación química o generación de gases.
- c) Evaluar el desempeño y control de las plantas potabilizadoras de agua, aguas servidas y residuos industriales líquidos; por ejemplo: para evaluar las variaciones y cambios a largo plazo en las cargas que entran a las unidades de tratamiento; para determinar la eficiencia de cada etapa en un proceso de tratamiento; para proveer información de la calidad del agua tratada; para controlar la concentración de sustancias tratadas, incluyendo aquellas que pueden constituir un riesgo para la salud o que pueden inhibir un proceso biológico; para controlar sustancias que pueden dañar los materiales de una planta o de un equipo.
- d) Estudiar los efectos de los flujos de agua dulce y salina, bajo las condiciones de un estuario, con el objeto de obtener información sobre patrones de mezclados y estratificación asociada con variaciones de las mareas y flujos de agua dulce.

NCH-11171

- a) Identificar y cuantificar las pérdidas de productos en procesos industriales. Esta información es requerida cuando se deben evaluar los balances de masa a través de la planta y cuando se deben medir los afluentes de descarga.
- b) Establecer la calidad del agua para calderas, los condensados de vapor y otras aguas recuperadas. Esto permite evaluar si el agua es apta para un propósito determinado.
- c) Controlar los sistemas industriales enfriados por agua. Esto permite optimizar el uso del agua y, al mismo tiempo, minimizar los problemas asociados con la formación de incrustaciones y con la corrosión.
- d) Estudiar los efectos de los contaminantes atmosféricos, sobre la calidad del agua de lluvia. Esto provee información útil sobre la calidad del aire y también indica si es probable que surjan problemas, por ejemplo, sobre los contactos eléctricos expuestos.
- e) Evaluar los efectos de las sustancias provenientes del suelo, sobre la calidad del agua. Esto puede deberse a materiales presentes en forma natural o contaminaciones por fertilizantes, plaguicidas y productos químicos usados en la agricultura, o ambos.
- f) Evaluar los efectos de la acumulación y liberación de sustancias de los depósitos bentónicos, sobre la biota acuática en la masa de agua o en el depósito bentónico.
- g) Estudiar los efectos de la captación, regulación del caudal y transferencia de un río a otro, sobre los cursos de agua naturales. Por ejemplo, al variar las proporciones de aguas de diferente calidad puede hacer fluctuar la calidad de la mezcla resultante.
- h) Evaluar los cambios de la calidad del agua que se producen en los sistemas de distribución. Estos cambios pueden ocurrir por varias razones, por ejemplo: contaminación, introducción de agua de una nueva fuente, crecimiento biológico, formación de incrustaciones o disolución de un metal.
- i) Evaluar la intrusión salina en acuíferos costeros.

En algunas ocasiones, las condiciones pueden ser lo suficientemente estables para que la información requerida sea obtenida mediante un programa de muestreo simple, pero en la mayoría de las situaciones las características de calidad están sujetas a variaciones continuas e, idealmente, la evaluación también debería ser continua. Sin embargo, generalmente esto es costoso y en la mayoría de los casos es impracticable. Al considerar los programas de muestreo se deberían tener en cuenta las consideraciones especiales indicadas en el capítulo 5.

5 Consideraciones especiales en relación a la variabilidad

5.1 Los programas de muestreo pueden ser complejos en situaciones donde ocurren variaciones amplias y rápidas en las concentraciones de los determinandos de interés. Estas variaciones pueden deberse a factores tales como cambios extremos en la temperatura, en los patrones de flujo o en las condiciones de operación de una planta. Deberían evitarse los muestreos en o cerca de los límites de los sistemas, excepto en los casos que tales condiciones sean de interés especial.

Anexo 3. Tabla de Datos

Tabla 1: Humedal / Cadellada

Muestreo Aguas 14 Diciembre 2005							
Parámetro	Testigo Planta	Salida Planta	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Cobre (mg/L)	<0,01	<0,01	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo(mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cromo(mg/L)	<0,004	<0,004	0,006	0,01	<0,004	<0,004	<0,004
Cadmio(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Molibdeno(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Aluminio(mg/L)	2,13	3,59	4,35	2,63	1,13	0,41	0,66
Hierro(mg/L)	1,95	2,58	2,45	1,78	0,91	0,52	0,68
Nitritos(mg N-NO ₂ /L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05
Nitratos(mg N-NO ₃ /L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,71	3,09	3,66
DBO ₅ (mg/L)	10,4	18,6	215	14,1	60,8	14,2	10,8
pH	8,23	9,17	6,66	9,21	8,75	9,12	8,58
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	1077	1141	1045	1133	2180	2130	2990
Cloruros(mg/L)	102	166	74,3	158	360	329	383
Sulfatos(mg/L)	365	215	77,4	211	370	372	712

Tabla 2: Humedal / Cadellada

Muestreo Aguas 11 Enero 2006							
Parámetro	Testigo Planta	Salida Planta	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Cobre (mg/L)	0,06	<0,01	0,05	<0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo(mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,02	<0,02
Cromo(mg/L)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Cadmio(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Molibdeno(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Aluminio(mg/L)	23,8	3,89	1,75	1,06	1,41	1,2	0,53
Hierro(mg/L)	17,8	3,41	2,15	1,06	2,61	1,35	0,77
Nitritos(mg N-NO ₂ /L)	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitratos(mg N-NO ₃ /L)	2,38	0,51	0,72	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
DBO ₅ (mg/L)	49	321	210	105	62,6	54,6	130,6
pH	7,39	7,87	7,32	9,92	9,59	9,39	9,65
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	866	882	1070	955	936	1246	3360
Cloruros(mg/L)	44,1	58,2	65	121	49	69	668
Sulfatos(mg/L)	219	324	55,1	147	236	254	328

Tabla 3: Humedal / Cadellada

Muestreo Aguas 23 Febrero 2006							
Parámetro	Testigo Planta	Salida Planta	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Cobre (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo(mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cadmio(mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Molibdeno(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Aluminio(mg/L)	1,43	1,49	0,34	0,22	1,3	1,52	0,24
Hierro(mg/L)	2	1,87	0,52	0,4	2,17	1,72	0,17
Nitritos(mg N-NO ₂ /L)	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<0,05
Nitratos(mg N-NO ₃ /L)	<1,0	<1,0	<1,0	6,46	1,1	<1,0	1,44
DBO ₅ (mg/L)	5	6	48	104	9	35	6
pH	7,43	7,63	7,16	9,01	7,85	7,72	7,8
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	1084	1094	733	944	1801	1307	3430
Cloruros(mg/L)	115	102	56,3	120	108	139	558
Sulfatos(mg/L)	329	317	196	136	327	409	980

Tabla 4: Humedal / Cadellada

Muestreo Aguas 29 Mayo 2006							
Parámetro	Testigo Planta	Salida Planta	Piscina 1	Piscina 4	Batuco 1	Batuco 2	Batuco 3
Cobre (mg/L)	0,05	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo(mg/L)	0,004	<0,002	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	0,003
Cromo(mg/L)							<0,01
Cadmio(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Molibdeno(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Aluminio(mg/L)	24,2	1,27	1,27	1,99	4,39	2,82	1,02
Hierro(mg/L)	9,88	0,98	1,26	1,28	3,8	2,82	0,86
Nitritos(mg N-NO ₂ /L)	2,39	4,41	8,8	<0,15	<0,15	<0,15	<0,10
Nitratos(mg N-NO ₃ /L)	9,4	1,84	3,6	2,4	<0,1	<0,1	2,3
DBO ₅ (mg/L)	8,4	14,1	358	15,8	11,8	11,1	3,2
pH	8,06	7,81	7,44	7,85	9,54	8,54	8,01
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	1664	1275	1202	1014	1229	1451	1723
Cloruros(mg/L)	235,8	121	106,2	85	165	184,2	221,4
Sulfatos(mg/L)	311,7	192,3	129	81,7	302	330	407

Tabla 5: Ovejería / Huechún

Muestreo de Aguas 14 Diciembre 2006						
Parámetro	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Cobre (mg/L)	0,01	0,02	0,03	0,2	<0,01	0,03
Molibdeno(mg/L)	0,1	0,04	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
Hierro(mg/L)	0,24	1,42	0,12	5	1,29	8,29
pH	7,14	7,47	8,34	7,47	7,52	8,13
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	2890	2740	3180	129,2	345	710
Sulfatos(mg/L)	1605,2	1547,6	1934,5	34,2	73,7	118

Tabla 6: Ovejería / Huechún

Muestreo de Aguas 12 Enero 2006						
Parámetro	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Cobre (mg/L)	0,01	0,02	0,03	0,32	<0,01	0,02
Molibdeno(mg/L)	<0,01	0,19	0,14	<0,01	<0,01	<0,01
Hierro(mg/L)	0,15	3,37	0,1	6,31	3,47	7,37
pH	8,08	7,79	9,22	7,73	7,82	8,21
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	2440	3160	3240	283	325	629
Sulfatos(mg/L)	1222	1655	1828	68,6	69,4	109

Tabla 7: Ovejería / Huechún

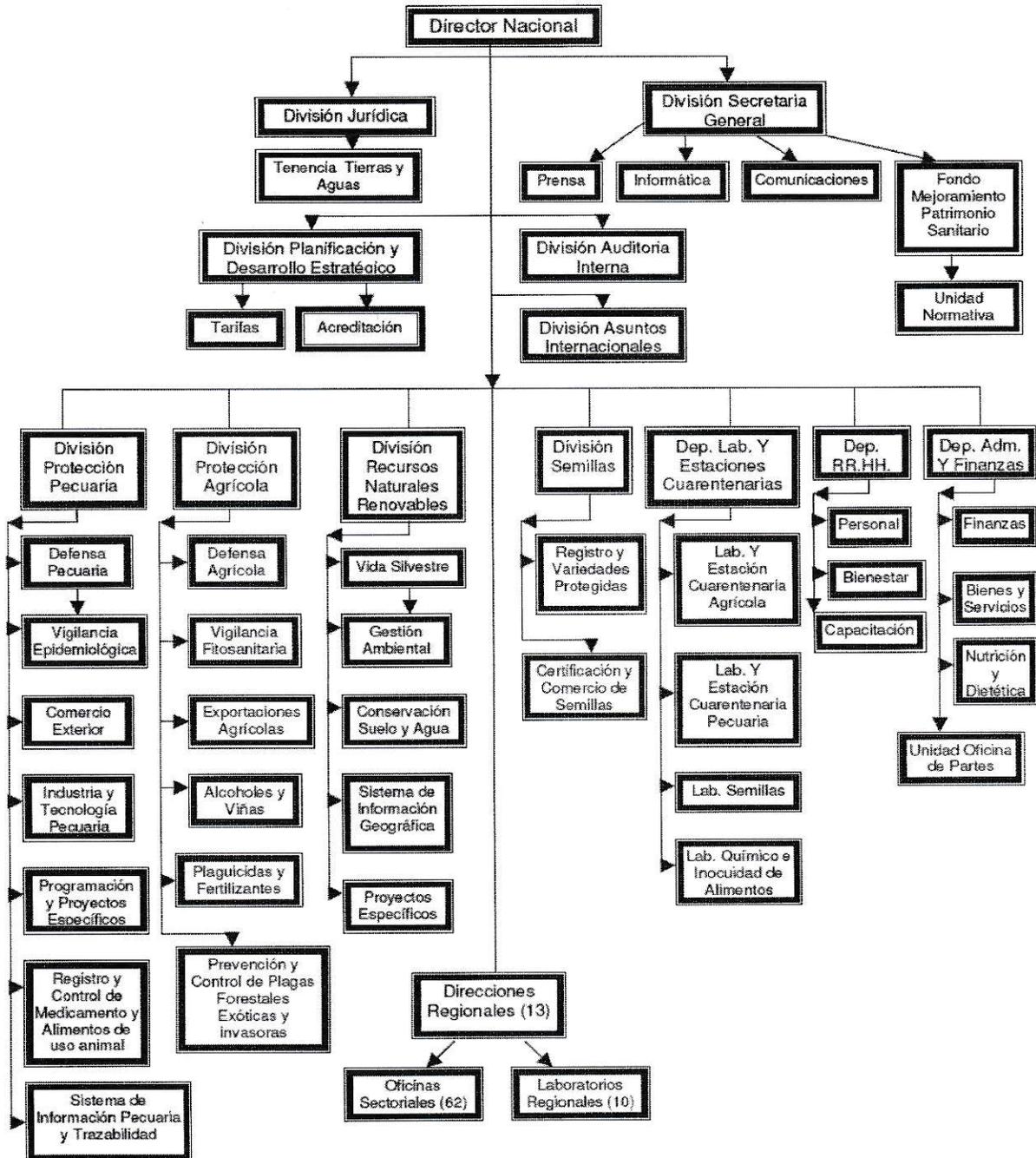
Muestreo de Aguas 23 Febrero 2006						
Parámetro	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Cobre (mg/L)	0,02	0,02	0,02	***	<0,01	<0,01
Molibdeno(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	***	<0,01	<0,01
Hierro(mg/L)	1,15	0,48	0,12	***	1	1,7
pH	7,95	7,71	9,4	***	8,28	8,29
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	2940	3140	3270	***	335	683
Sulfatos(mg/L)	1692	1832	2070	***	76,9	98,7

Tabla 8: Ovejería / Huechún

Muestreo de Aguas 30 Mayo 2006						
Parámetro	VSO	VSP	Cubeta Tranque	Muro Huechún	Caseta Control	Agrícola Huechún
Cobre (mg/L)	<0,01	<0,01	0,01	0,09	<0,01	<0,01
Molibdeno(mg/L)	0,08	0,05	0,46	<0,01	<0,01	<0,01
Hierro(mg/L)	0,51	1,03	0,1	2,06	1,92	0,83
pH	7,96	8,14	9,3	7,92	7,91	8,16
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	1727	1980	3350	501	453	707
Sulfatos(mg/L)	939	830	2240	170,6	136	132

Anexo 4: Organigrama SAG Nacional / Oficina Sectorial

ORGANIGRAMA SAG NACIONAL



Anexo 5: Profundidad de Napas

**PROFUNDIDAD DE LA NAPA DE AGUA (OTAS)
COMUNAS LAMPA, PUDAHUEL, QUILICURA, RENCA**

