



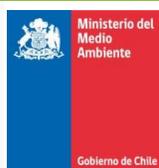
## **INFORME DE AVANCE - versión 4**

# **EVALUACION DE RIESGOS A LA SALUD DE LA POBLACIÓN DE LA CUENCA DEL ESTERO DEL COBRE ASOCIADOS CON CONTAMINANTES AMBIENTALES ORIGINADOS POR ACTIVIDAD MINERA, EN RELACIÓN CON LA EXPOSICIÓN HÍDRICA Y AGROALIMENTARIA**

Preparado por el Centro Nacional de Medio Ambiente (CENMA), para  
Ministerio de Medio Ambiente (MMA)

Santiago de Chile

Agosto 2012



**Informe preparado por:**

Julio A. Salinas Torres , Ph.D., B.Q.  
Evaluación de Riesgos en la Salud Humana, CENMA

Mag. Daniel E. Rebolledo Fuentes  
Químico del Laboratorio de Química Ambiental, CENMA

Dra. Isel Cortés Nodarse  
Jefe de Laboratorio de Química Ambiental, CENMA

**Contraparte Técnica:**

Marcelo Gamboa.  
Profesional de la División de Política y Regulación Ambiental, Sección de Sustancias Químicas y Sitios Contaminados. Ministerio de Medio Ambiente.

Dino Figueroa.  
Profesional de la SEREMI del Medio Ambiente Región de Valparaíso, Sección Política y Regulación Ambiental.

**Institucionalidad Ambiental participante:**

- SEREMI de Salud, Región de Valparaíso;
- Servicio Agrícola y Ganadero, Región de Valparaíso;
- Ilustre Municipalidad de Nogales;
- Servicio de Evaluación Ambiental, SEA, Dirección nacional y de la Región de Valparaíso;
- Asociación de Canalistas Canal El Melón;
- Junta de Vigilancia de la Tercera Sección del Río Aconcagua;
- Dirección General de Aguas, Región de Valparaíso;
- SERNAGEOMIN, Región de Valparaíso;
- Gobernación Provincia de Quillota;
- Dirección de Obras Hidráulicas, Región de Valparaíso
- Superintendencia del Medio Ambiente.

Revisado y aprobado por:  
Dr. Italo Serey Estay  
Director Ejecutivo  
Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente.

## INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	5
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	7
1.1 Contexto general	7
1.2 Objetivos	7
1.3 Alcance del estudio	7
CAPITULO 2: EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SUSTANCIAS DE PREOCUPACIÓN PARA LA SALUD	9
2.1 Reconocimiento del área de estudio	9
2.2 Fuentes emisoras relevantes	9
2.3 Red hidrográfica y cauces	10
2.4 Sectores poblados potencialmente afectados por contaminación ambiental.	11
2.5 Recopilación y análisis de información secundaria disponible	12
CAPITULO 3: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.	62
3.1 Caracterización geológica del Estero El Cobre	62
3.2 Geomorfología del Estero El Cobre	63
3.3 Antecedentes hidrogeológicos	63
3.4 Hidrología del Estero El Cobre	66
3.5 Características Edafológicas del Estero El Cobre	67
3.6 Aspecto Hidroquímico del Agua Superficial de la cuenca del Estero El Cobre.	67
3.7 Diagrama Unifilar del Estero El Cobre	68
3.8 Puntos de captación de aguas subterráneas	68
3.9 Sistemas de derivación, acumulación, conducción y distribución de aguas de riego.	69
3.10. Abastecimiento de agua potable.	71
3.11 Sistema de alcantarillado.	72
3.12 Manejo de desechos municipales sólidos	73
CAPITULO 4: EVALUACIÓN CUALITATIVA GENERAL Y FORMULACION DE HIPOTESIS.	74
4.1 Hipótesis para el tramo inferior de la cuenca	74
CAPITULO 5: MODELO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS	75
5.1 Formulación del modelo conceptual del problema de estudio	75
5.2 Identificación de principales brechas de información técnica y consecuentes requerimientos de levantamiento de información complementaria	77
CAPITULO 6: CARACTERIZACIÓN DE LA SALUD AMBIENTAL EN EL TRAMO INFERIOR DE LA CUENCA	78
6.1 Caracterización demográfica, social y económica específica de los sectores poblados	78
6.1.1 Población de la zona	78
6.1.2 Estructura por Sexo y Edad	79
6.1.3 Estructura Urbano-Rural	80

6.1.4 Condiciones socioeconómicas	81
6.2 Información general de salud	82
CAPITULO 7: REFERENCIAS	84

### LISTADO DE ABREVIATURAS

USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
EDTA	Acido Etilendiaminotetracético
COREMA	Comisión Regional del Medio Ambiente
DGA	Dirección General de Aguas
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
APR	Agua Potable Rural
COF	Comité Operativo de Fiscalización
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno, medida a los 5 días
FRX	Fluorescencia de Rayos X
AA	Absorción Atómica
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
RSU	Residuos Sólidos Urbanos

## RESUMEN EJECUTIVO.

Este Informe de avance No 1 del estudio “Evaluación de riesgos a la salud de la población de la cuenca del Estero El Cobre asociados con contaminantes ambientales originados por actividad minera, en relación con la exposición hídrica y agroalimentaria”, describe la evaluación cualitativa de la presencia y distribución de posibles contaminantes para la salud, asociados a la minería metálica y otras fuentes antropogénicas locales, en matrices de agua de consumo y de riego, sedimentos (cauce), suelos agrícolas y cultivos de consumo local, producidos bajo riego.

El estudio comprende las zonas aledañas al Estero El Cobre, el cual se origina por la confluencia de los esteros El Sauce y El Gallo. El estero drena las faldas de la Cordillera El Melón, para finalmente incorporarse como afluente al río Aconcagua, aguas abajo de La Calera, región de Valparaíso. En la parte alta de la cuenca del Estero El Cobre se desarrollan importantes actividades mineras, mientras que en la parte baja existen poblaciones rurales que utilizan el recurso hídrico para consumo humano y actividades agropecuarias. Debido a lo anterior, es de especial interés el control de la calidad del agua, para asegurar un manejo adecuado que permita la compatibilidad entre las actividades mineras y los usos de la misma por parte de las comunidades locales. La zona se caracteriza por la coexistencia de actividades económicas tales como minería, agricultura y ganadería.

El informe contiene una revisión de 19 antecedentes que describen la situación de la zona de estudio, tanto desde el punto de vista de la presencia de contaminantes metálicos y sulfatos en varios puntos de la misma, como de las posibles vías para la traslocación de contaminantes y las características de los receptores, destacando la importancia de la actividad agrícola en esta comuna. Los receptores potenciales de la contaminación se caracterizan por presentar una población con tendencia al envejecimiento, que se atiende mayoritariamente en el sistema público de salud, pero que no obstante, presenta indicadores de mortalidad similares al resto del país. Destaca el hecho de que los índices de sobrepeso y bajo peso en la población infantil son mejores que los respectivos índices a nivel regional y nacional. La comuna tiene una importante dedicación a la actividad agrícola y ganadera, con énfasis en el cultivo de frutales y hortalizas, en sistemas abiertos con irrigación superficial.

En base a todos los antecedentes recopilados en este estudio, la hipótesis sobre la distribución y presencia de contaminantes en el tramo inferior de la cuenca puede formularse como sigue:

En el sector bajo de la cuenca, hasta el pueblo El Melón, se recibe la influencia de diversos contaminantes presentes en aguas y material sólido no consolidado, que son transportados desde el tramo superior de la cuenca del estero El Cobre, de puntual y difusa desde las fuentes generadoras de contaminantes hasta las actividades de agrícolas y ganaderas, que pueden actuar como vías secundarias de transporte de contaminantes que se pueden asociar a riesgos en la salud de los pobladores urbanos y rurales mediante la incorporación de contaminantes en las cadenas tróficas y alimenticias expuestas a dichos contaminantes.

Esta hipótesis permite la formulación del Modelo conceptual del problema de estudio, que orienta las acciones a continuar en el marco del proyecto. El modelo conceptual propuesto indica como **fuentes primaria** de contaminantes a la actividad minera en la parte superior de la cuenca y como **fuentes secundarias** a otras actividades asociadas con la minería, así como la actividad agrícola y ganadera desarrollada en la zona inferior de la cuenca. Se identificaron siete vías de exposición potenciales, que se consideran relevantes y completas, cuya incidencia real en la exposición deberá ser evaluada en las etapas siguientes del proyecto. Como receptores, se proponen receptores genéricos de tipo adultos y niños que residen y trabajan en la zona de estudio, principalmente en labores agrícolas.

Producto de los principales eventos de descarga y, particularmente, aquellos de translocación de elementos, compuestos y/o sustancias de origen minero metálico a lo largo del cauce del estero, se han activado conflictos ambientales, basados en presunciones de riesgos a la salud en el pueblo El Melón y otros sectores poblados de esta cuenca.

Respecto del estado nutricional de la población de 5 o menos años, en la comuna de Nogales, 85,44% se encuentra en el segmento de peso normal; el 5,56 % corresponde a niños con bajo peso mientras que el 9% corresponde a niños con sobrepeso. Destaca que los índices de estado nutricional son relativamente mejores que los correspondientes a nivel regional y nacional, donde especialmente el porcentaje de niños con sobrepeso es notablemente mayor (13,12 y 11,1 % respectivamente).

Entre las principales brechas de información se destaca la ausencia de monitoreos sistemáticos de la calidad del agua del Estero El Cobre. Además, la información relacionada con las características de los suelos y sedimentos es limitada, y puede jugar un rol importante en la calidad del agua, dependiendo de las condiciones locales y ambientales. Igualmente, todavía se encuentra en desarrollo el análisis detallado de las estadísticas de salud a nivel comunal.

La continuación del proyecto, abarcará la toma de muestras ambientales para evaluar la presencia de contaminantes y su posterior evaluación de la exposición y del riesgo que ella representa para los receptores genéricos en los escenarios razonablemente más probables.

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Contexto general**

Este documento constituye el Informe de avance No 1 del estudio titulado “Evaluación de riesgos a la salud de la población de la cuenca del Estero El Cobre asociados con contaminantes ambientales originados por actividad minera, en relación con la exposición hídrica y agroalimentaria”, según Términos de Referencia y contiene el avance en los resultados correspondientes a las etapas 1 y 2.

### **1.2 Objetivos**

Este estudio, según se estableció en los Términos de Referencia licitados, planteó los siguientes objetivos:

#### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar preliminarmente los riesgos a la salud en el pueblo El Melón y otros sectores poblados del tramo inferior de la cuenca del Estero El Cobre, por compuestos y/o sustancias presentes en su cauce, aguas superficiales y subterráneas, sedimentos, suelos y agroalimentos.

#### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Evaluar cualitativa y cuantitativa la presencia y distribución de posibles contaminantes para la salud, asociados a la minería metálica y otras fuentes antropogénicas locales, en matrices de agua de consumo y de riego, sedimentos (cauce), suelos agrícolas y cultivos de consumo local, producidos bajo riego.
2. Caracterizar la salud ambiental en el tramo inferior de la cuenca, desde un punto de vista epidemiológico y, si requerido, toxicológico.
3. Evaluar la exposición crónica a elementos, compuestos y/o sustancias de origen antropogénico, y los riesgos a la salud asociados, en los asentamientos humanos de Los Caleos, Villa Disputada y sectores poblados intermedios, representativos, con énfasis en niños y adultos, e ingesta de aguas y alimentos agropecuarios regados con aguas locales.
4. Proponer manejo(s) de riesgo(s) significativo(s) y/o iniciativa(s) complementaria(s) de evaluación de riesgo a la salud.

### **1.3 Alcance del estudio**

La evaluación de los riesgos a la salud en las comunidades del pueblo El Melón y de los sectores poblados del tramo inferior de la cuenca del Estero El Cobre, se llevará a cabo según lo siguiente:

- a) una evaluación cualitativa de los tramos superior e inferior de la cuenca del estero El Melón, por presencia de contaminantes de la minería y su potencial migración al tramo inferior de la cuenca, y
- b) una caracterización cuantitativa y cualitativa de la contaminación ambiental asociada con actividad minera y fuentes antropogénicas locales que puedan afectar la salud humana.

La evaluación de los riesgos en la salud se llevará a cabo utilizando metodología desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés), tal como fue descrito en el documento “Planificación detallada para evaluación cualitativa, análisis in situ y muestreo para análisis de laboratorio” presentado al comienzo del trabajo.

En correspondencia con los protocolos descritos en la metodología a aplicar en este proyecto, se desarrolló, a partir de los antecedentes revisados, una propuesta inicial de modelo conceptual que describe las fuentes, migración ambiental, vías de exposición, puntos de contacto hipotéticos entre receptores humanos y matrices ambientales contaminadas, receptores humanos hipotéticos, y rutas de exposición más probables.

Las matrices ambientales en las cuales se investiga la presencia de contaminantes peligrosos a la salud incluye polvos sedimentados a partir de material sólido no consolidado, aguas superficiales del estero, aguas subterráneas en pozos de monitoreo, aguas subterráneas para consumo humano, suelos superficiales agrícolas, hortalizas y frutas locales.

Los contaminantes a analizar (analitos de interés) en las muestras ambientales serán todos aquellos contaminantes que sean positivamente identificados, y que tengan criterios de toxicidad (crónico y cancerígenos) desarrollados por la USEPA. En esta metodología, los puntos de contacto son hipotéticos y se seleccionan acorde con la probabilidad de que un receptor genérico se ponga en contacto con la matriz ambiental contaminada, lo que podría ser en situaciones como caminar sobre terreno contaminado, consumir productos agroalimentarios contaminados, o respirar aire contaminado.

## CAPITULO 2: EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SUSTANCIAS DE PREOCUPACIÓN PARA LA SALUD

### 2.1 Reconocimiento del área de estudio

El estudio comprende las zonas aledañas al Estero El Cobre, el cual se origina por la confluencia de los esteros El Sauce y El Gallo. El estero drena las faldas de la Cordillera El Melón, para finalmente incorporarse como afluente al río Aconcagua, aguas abajo de La Calera, región de Valparaíso.

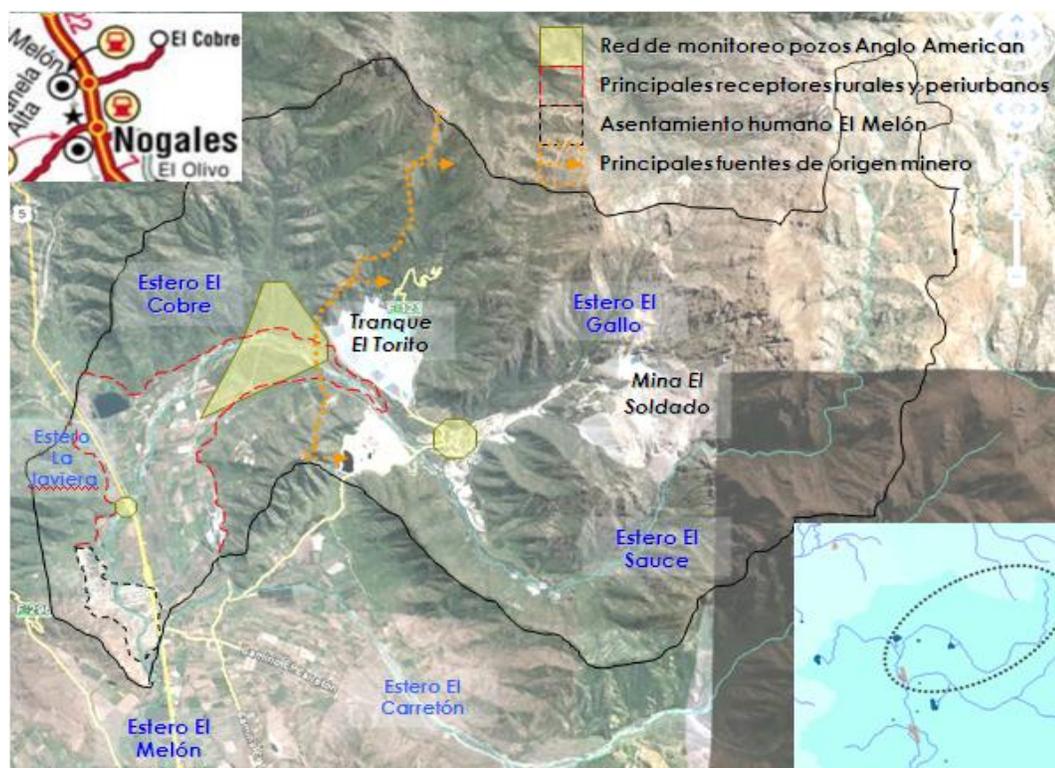


Figura 2.1: Área de estudio

### 2.2 Fuentes emisoras relevantes

En la parte alta de la cuenca del Estero El Cobre se desarrollan importantes actividades mineras, mientras que en la parte baja existen poblaciones rurales (localidades de Collahue, Los Caleos, y Macal Rural, entre otras) que utilizan el recurso hídrico proveniente de los esteros El Cobre y Carretón, y de pozos de agua, principalmente para consumo humano y actividades agropecuarias. Debido a lo anterior, es de especial interés el control de la

calidad del agua, para asegurar un manejo adecuado que permita la compatibilidad entre las actividades mineras y los usos de la misma por parte de las comunidades locales. La zona se caracteriza por la coexistencia de actividades económicas tales como minería, agricultura y ganadería.

En el Cerro El Caqui, hacia el extremo oriente del estero El Cobre, se encuentra la Mina El Soldado perteneciente a la compañía Anglo American. Esta minera dedicada a la explotación del cobre, comprende una mina a rajo abierto y otra subterránea, plantas de chancado e instalaciones para el tratamiento de minerales oxidados y sulfurados. Anglo American posee el tranque de relaves El Torito, ubicado en el valle del Estero El Cobre, cercano al pueblo el Melón (Fig. 2.2).



**Figura 2.2:** Ubicación relativa del Tranque El Torito respecto del pueblo El Melón.

### 2.3 Red hidrográfica y cauces

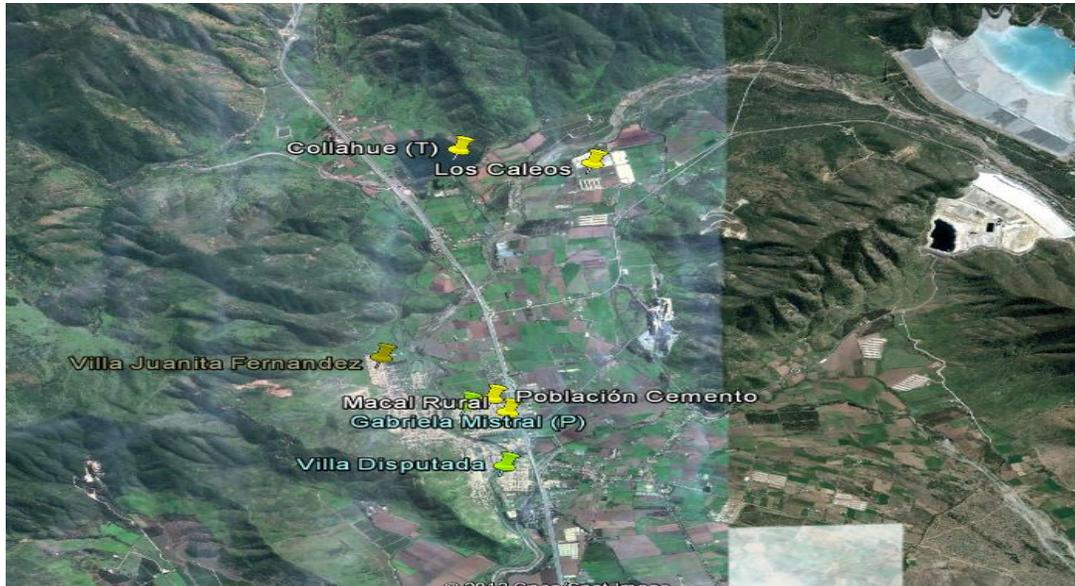
El sistema hidrográfico está compuesto principalmente por el estero El Sauce y El Gallo, y una serie de cauces menores, en los que se incluye la Quebrada Carmen, los cuales conforman aguas abajo el Estero El Cobre (Figura 2.3).



**Figura 2.3:** Principales cursos de agua de la red hidrográfica del estero El Cobre.

#### **2.4 Sectores poblados potencialmente afectados por contaminación ambiental.**

En la zona de estudio, los sectores poblados potencialmente afectados por la presencia de contaminantes son: en el tramo superior las localidades de Collahue y los Caleos y en el tramo inferior Villa Juanita Fernández y Villa Disputada; por su parte en el sector intermedio se ubica las poblaciones Gabriela Mistral, Cemento y Macal Rural (Figura 2.4).



**Figura 2.4:** Sectores poblados potencialmente afectados

## 2.5 Recopilación y análisis de información secundaria disponible

Según el Informe de Sustentabilidad de Anglo American (2005) la faena minera El Soldado (actualmente propiedad de Anglo American) comenzó sus operaciones en 1842, impulsando el desarrollo minero de la zona.

El trabajo sobre tratamiento de aguas ácidas en cierre de minas desarrollado por profesionales de la Universidad Técnica Metropolitana con participación de académicos españoles, visitado en <http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/ ORP2007/0630.pdf> se describe que en 1929 se construyó una planta de beneficio en la confluencia de los Esteros El Cobre y El Sauce. El pueblo llamado El Cobre, se constituyó con una escuela, plaza de juegos, cancha de fútbol, 57 casas, un retén de policías, un almacén y un restaurante. Existía una población de 350 personas compuesta por trabajadores de la empresa con sus familias más otras personas dedicadas a labores complementarias.

El domingo 28 de marzo de 1965 ocurrió el evento que se conoce como terremoto de La Ligua, un violento sismo de magnitud 7,5 en la escala de Richter e intensidades entre 6 y 9 grados en la escala de Mercalli; el mismo se hizo sentir desde la provincia de Copiapó por el N hasta Osorno por el S, siendo percibido también en Mendoza y Buenos Aires. Este evento hizo colapsar el tranque de relaves El Cobre de la mina El Soldado, perteneciente a la compañía Disputada de Las Condes, ubicado a 10 km del pueblo La Calera, cerca de la hacienda El Melón. Según la prensa de la época el tranque cedió originando una avalancha

de 10 millones de metros cúbicos de fango, ácido y residuos minerales. En el estudio sobre la respuesta sísmica en tranques de relaves (Venegas, J. F., 2011), se consigna que el aluvión bajó a una velocidad de 40 km/h y a los 15 minutos del sismo estaba cubriendo el pueblo con una capa de entre 2 y 5 metros. El pueblo estaba habitado por 150 a 200 mineros y agricultores de los cuales sobrevivieron no más de 10. Según esta publicación, el tranque no contaría entonces con defensas apropiadas para eventuales derrumbes y sólo algunos sacos de arena constituían la barrera de defensa.

En 1986, las concentraciones de metales extraíbles con EDTA en muestras de suelo superficial, medidas por González S., en muestras procedentes de las cercanías de la zona regada por el Canal El Melón, se reportaron en los siguientes intervalos: Cu 47,7 – 143,5 mg/kg; Pb 19,5 – 67,2 mg/kg; Zn 5,5 – 18,6 mg/kg respectivamente. En el citado estudio no fue posible establecer ninguna relación entre las concentraciones de metales y la influencia de la actividad minera existente en la zona.

En fechas más recientes, se han producido otros eventos que supuestamente han afectado a las comunidades cercanas a la minera. El 28 de junio de 2010 se hizo una denuncia a la COREMA de la V Región, respecto de alteraciones en la calidad del agua del Estero El Cobre observadas el 27 de junio, principalmente por turbiedad y presencia de sedimentos. Por otro lado, el 29 de junio, la persona jurídica de la empresa contrató los servicios de un laboratorio certificado para analizar la calidad de las aguas en el sector, cuyos resultados fueron con valores dentro de la norma. En julio de 2010, la DGA tomó muestras del estero El Sauce, no encontrando tampoco parámetros fuera de la NCh 1.333/78 estipulada en la RCA de la empresa citada, como referencia para el monitoreo.

Cabe destacar además que en este sector existen faenas mineras abandonadas como pasivos ambientales, cuyos efectos en la calidad del recurso no han sido analizados en detalle. En particular, como consecuencia del terremoto ocurrido en Chile el 27 de febrero de 2010, se registró el colapso casi total del tranque de relaves n° 5 de la mina Veta del Agua, ubicado 9 km al noreste de la ciudad de Nogales, obstruyendo con material de relaves en una extensión del orden de 100 m de longitud en una quebrada adyacente y paralela al muro de arenas. El material de relaves obstruye el flujo de agua del estero El Sauce que escurre por el eje de dicha quebrada. Esta mina estaba operada por pequeños empresarios mineros. Ante esto, la DGA resolvió contratar un estudio cuyo objetivo fue caracterizar los impactos potenciales (área impactada, calidad físico-química, potencial de movilización, e incorporación a la red de drenaje, entre otros). Una de las conclusiones del estudio señaló que existe presencia de alto contenido de cobre en sedimentos de la ribera del estero El Sauce (por sobre los criterios de remediación para suelos y sedimentos), aguas arriba del tranque colapsado, cuyo origen es desconocido. SERNAGEOMIN atribuyó el colapso a una compactación insuficiente del muro de arenas, a un ángulo de talud externo del muro de arenas excesivo (35° o más) y a un método inapropiado de crecimiento del muro de arenas de aguas arriba.

Paralelamente, los pobladores realizaron una denuncia por contaminación de suelos, debido a un material de relleno utilizado en un camino rural que podría estar contaminado con metales. Para ello, presentaron los resultados de análisis de suelos realizados con fecha 28-05-2010 y 22-07-2010 que indican altos valores para algunos metales pesados.

El conocimiento limitado de las características del lugar, la diversidad de actividades producto de la minería (mina subterránea, rajo abierto, tranques de relaves, planta de ácidos, botaderos de estériles, tranques abandonados) y el hecho de que la información disponible del lugar se encuentra dispersa entre distintos actores (SEA, DGA, Titular, Pobladores) ha sido una limitante para avanzar en caracterizar los eventos mencionados anteriormente y evaluar sus consecuencias ambientales. Además, la información relacionada con las características de los suelos y sedimentos es limitada, y puede jugar un rol importante en la calidad del agua, dependiendo de las condiciones locales y ambientales.

A pesar de que no existe una caracterización integrada de la zona de estudio, la mayor parte de los antecedentes identifican la presencia de elementos metálicos en concentraciones que podrían considerarse elevadas tales como cobre, hierro, níquel, cromo y manganeso. Igualmente se han reportado valores de concentración de sulfatos que superan algunas normativas nacionales.

A continuación se presenta la sistematización exhaustiva de la información disponible de acuerdo con fichas bibliográficas diseñadas para este fin.

**Tabla 2.1:** Ficha bibliográfica N°1

<p><b>Cita bibliográfica:</b> COREMA Región de Valparaíso (2001). Resolución Exenta N°943/2001. Aprueba Resolución de Calificación Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental Depósito de desmontes El Sauce. Mina El Soldado.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> RCA del EIA Depósito de desmontes El Sauce y monitoreo de la misma.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> Diciembre de 2001 (RCA) <b>Fecha del estudio de campo:</b> Se incluyen en tablas.</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Presentación de los proyectos</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b> Se emplazará inmediatamente al sur del rajo de la mina El Soldado, en la Comuna de Nogales, V Región, y aproximadamente a 10 km al nororiente de la localidad de El Melón. El depósito se ubicará en la vertiente sur del cordón de cerros que separa la quebrada El Sauce del rajo de la mina, entre los 1.000 y 1.400 m.s.n.m. en el sector del curso medio del estero del mismo nombre.</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b>  <input type="checkbox"/> Suelo    <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial    <input type="checkbox"/>          Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea    <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia    <input type="checkbox"/> Biota  <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual    <input type="checkbox"/> Polvo    <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No indica</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> Cu, Fe, SO<sub>4</sub>, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, pH, conductividad. Métodos estándar.</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b>  Se indica al titular realizar los monitoreos según las consideraciones siguientes:  <b>Agua superficial:</b> Para monitorear y controlar el efecto del proyecto y verificar que éste no genere alteraciones significativas en la calidad de las aguas del estero El Sauce.  <b>Parámetros:</b> El monitoreo de agua superficial considerará la determinación de la calidad</p>	

del agua según los parámetros establecidos en la norma chilena de calidad de agua para riego (NCh 1.333/78), como asimismo los sólidos suspendidos, de la siguiente manera:

Lista parcial y completa de parámetros de la norma NCh 1.333/78 (concentraciones totales, incluyendo sólidos sedimentables) para los puntos ubicados en el cauce del estero El Sauce, 50 m aguas arriba del emplazamiento del botadero y 50 m aguas debajo de éste. En Adenda N°1 se señala que se situará un punto de monitoreo adicional de agua ubicado aguas debajo de las instalaciones de Veta del Agua, antes del primer usuario, entre la mina y los tranques de relave de esta faena. Los monitoreos se realizarán a lo largo del año, por lo que reflejarán el efecto de las variaciones estacionales en el caudal del estero en la calidad de sus aguas.

Frecuencia de las mediciones: El monitoreo según la NCh 1.333/78 será trimestral para la siguiente lista de parámetros (lista parcial):

- a) Cobre
- b) Fierro
- c) Sulfatos
- d) Sólidos Totales disueltos
- e) Conductividad
- f) pH

El monitoreo será anual para la lista completa de parámetros de la NCh 1.333/78. En ambos casos se realizarán las mediciones en los dos puntos antes definidos (desde el 2001, operación 2003).

Duración: El monitoreo de calidad de agua superficial se realizará durante los primeros dos años de operación del proyecto.

Se establece que el programa de monitoreo se ha definido para los primeros dos años de operación del proyecto. Al cabo de este tiempo se evaluará el programa de monitoreo a la luz de los resultados obtenidos, y se definirá si es necesario incorporar modificaciones, las cuales serán presentadas a la autoridad competente para su aprobación.

#### **Resultados de fiscalización:**

Se presenta a continuación tablas elaboradas con los resultados de fiscalización reportados, para facilitar su comprensión comparativa simplificada.

Estero El Sauce antes de Veta del Agua						
	Enero 2006	Abril 2006	Noviembre 2007	Abril 2008	Agosto 2008	Noviembre 2008
Cu (mg/L)	0,01	0,01	0,02	No había agua en el punto de muestreo	<0,01	<0,01
Fe(mg/L)	0,01	<0,01	0,05		0,15	0,02
SO <sub>4</sub> (mg/L)	30	80	15,8		13,8	24,9
Sólidos disueltos (mg/L)	200	680	126		78	122
Sólidos suspendidos (mg/L)	<5	<5	<5		<5	8
pH	7,26	7,72	7,60		6,40	7,30
Conductividad (µS/cm)	322	437	230		101	214

Estero El Sauce antes de botadero El Sauce.				
	Enero 2006	Mayo 2006	Diciembre 2007	Abril 2008
Cu (mg/L)	0,01	0,02	<0,01	No había agua en el punto de muestreo
Fe(mg/L)	0,02	0,51	<0,01	
SO <sub>4</sub> (mg/L)	20	45	<10	
Sólidos disueltos (mg/L)	142	195	28	
Sólidos suspendidos (mg/L)	<5	<5	<5	
pH	7,54	7,59	7,40	
Conductividad (µS/cm)	241	356	80	

Estero El Sauce después de botadero El Sauce.						
	Enero 2006	Abril 2006	Noviembre 2007	Diciembre 2007	Abril 2008	Noviembre 2008
Cu (mg/L)	0,01	0,03	<0,01	0,05	No había agua en el punto de muestreo	<0,01
Fe(mg/L)	0,02	<0,01	<0,01	<0,01		0,12
SO <sub>4</sub> (mg/L)	30	45	11,7	152		22,2
Sólidos disueltos (mg/L)	190	784	194	421		113
Sólidos suspendidos (mg/L)	<5	<5	<5	14		<5
pH	7,29	7,55	7,90	7,70		7,10
Conductividad (µS/cm)	277	401	170	630		212

**Conclusiones:**

Según los antecedentes entregados, al parecer no se efectuaron todos los monitoreos de

calidad de aguas comprometidos en la RCA. Los informes de avance y seguimiento, tienen idéntica redacción en este acápite.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

La correspondencia es correcta respecto de los métodos de análisis y los objetivos del estudio.

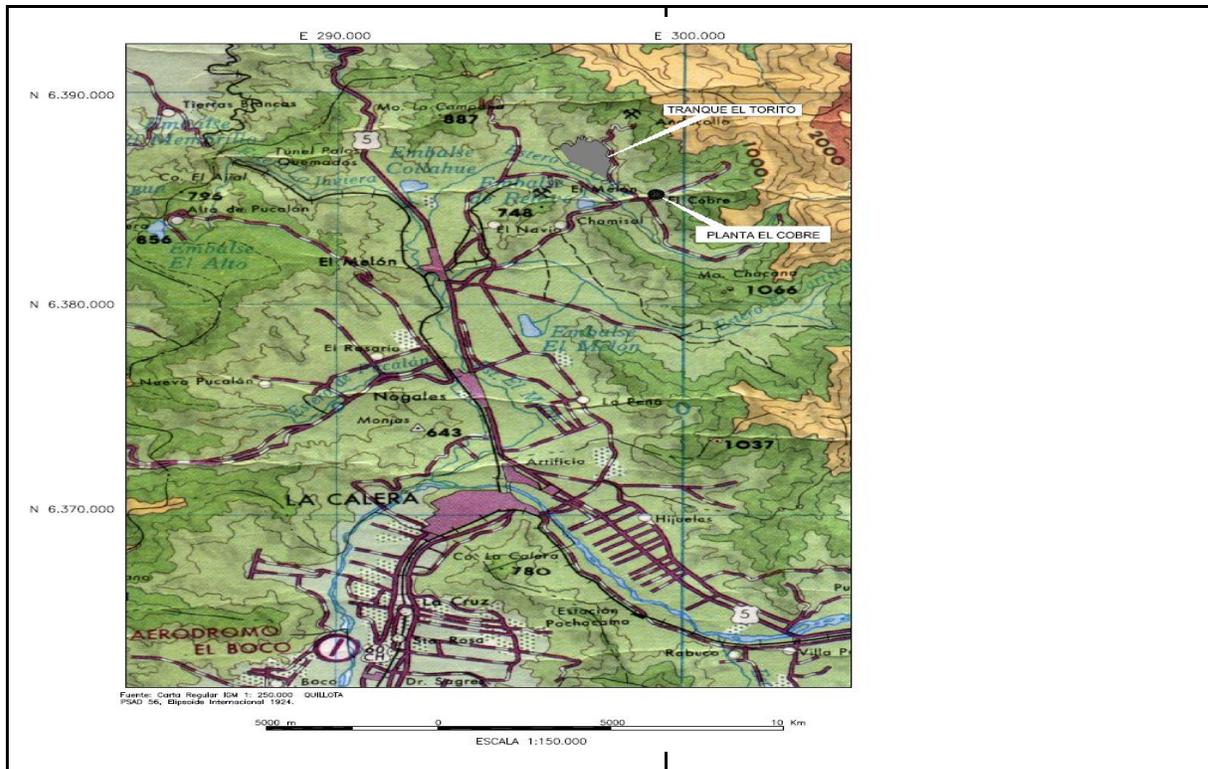
**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

Constituyen datos de muestras puntuales en el Estero El Sauce.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS Y SULFATOS EN EL SECTOR DEL ESTERO EL SAUCE.

**Tabla 2.2:** Ficha bibliográfica N°2

<p><b>Cita bibliográfica:</b> COREMA Región de Valparaíso (2004). Resolución Exenta N°163/2004. Aprueba Resolución de Calificación Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental “Proyecto de Ampliación del Tranque de Relaves El Torito”</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> EIA El Torito</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> Agosto de 2004. RCA <b>Fecha del estudio de campo:</b> No indica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b></p> <p>El Tranque de Relaves El Torito se emplaza en el área del yacimiento El Soldado, ubicado en la comuna de Nogales, V Región y se encuentra operativo desde el año 1993. Este Tranque tiene una capacidad autorizada para almacenar 76 Mt de relaves, habiendo acumulado aproximadamente 57 Mt de relaves hasta diciembre del año 2002.</p> <p>Considerando que la capacidad del Tranque se alcanzará a fines del año 2005, SUR ANDES tiene proyectado realizar una ampliación del Tranque de Relaves a partir del año 2006, para alcanzar una capacidad final de 181 Mt, lo que permitiría disponer los relaves que generarían las reservas mineras actualmente reconocidas. De esta forma, se extendería la vida útil del depósito estimativamente hasta el año 2023, permitiendo la continuidad de la operación de la Mina El Soldado. Además, se busca disponer de capacidad para recibir los relaves antiguos, que serán tratados para recuperar el cobre contenido en ellos. El proyecto respectivo (“Proyecto de Lixiviación de Relaves Antiguos”) fue calificado favorablemente según consta en Resolución Exenta N° 008/ 2003, de fecha 13 de Enero del 2003, por la Comisión Regional del Medio Ambiente, V Región de Valparaíso.</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Suelo    <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea  <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia            <input type="checkbox"/> Biota  <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual            <input type="checkbox"/> Polvo  <input type="checkbox"/> Aire</p>



**Puntos de muestreo (coordenadas):**

No indica

**Parámetros medidos y métodos de análisis:**

Todos los parámetros de la NCh 1.333/78

**Resultados obtenidos:**

Respecto de la influencia del tranque de relaves El Torito en las aguas del estero El Cobre, se indica “el tranque de relaves El Torito no produce ni producirá fluctuaciones artificiales en el estero El Cobre que puedan aumentar o acentuar situaciones de inundación que se producen por causas naturales. Por el contrario, el tranque permite retener un volumen importante de aguas lluvia de las quebradas Infiernillo y Los Coiles, atenuando así los caudales que confluyen al estero.”.

Se indica que:

El parámetro indicador del impacto de las infiltraciones desde la cubeta del Tranque sobre las aguas subterráneas corresponde al sulfato ( $SO_4$ ), ya que su concentración en las aguas claras de relave es superior a los contenidos presentes en las aguas naturales de la zona. Por lo tanto, el monitoreo se centrará especialmente en verificar los contenidos de sulfatos en los sitios de monitoreo seleccionados y su evolución en el

tiempo.

Además se considera el monitoreo de parámetros referenciales contenidos en dos Planes que aplica el titular en estos puntos (denominados APR y P+). Estos planes incluyen, además del contenido de sulfatos, los parámetros de la Norma Chilena de Calidad del Agua para Riego, NCh 1.333/78 y algunos parámetros de la Norma Chilena de Agua Potable, NCh 409/2005.

Según las predicciones de impacto ambiental, se espera que las medidas de mitigación impliquen una disminución paulatina de los contenidos de sulfatos en las aguas subterráneas, desde un máximo aproximado de 1.200 mg/l al comienzo de la operación ampliada, hasta niveles de 400 a 500 mg/l al final de la vida útil del Tranque, (Gráficos 6.4 a 6.6 del Capítulo 6 del E.I.A.; ejemplo Pozos N° 3 A-B y N° 8). El contenido de sulfatos en los sitios de monitoreo ubicados dentro del Área de Influencia debería ajustarse aproximadamente a la curva proyectada (considerando el rango de variación establecido). Eventuales valores fuera de rango serían analizados caso a caso, realizando mediciones especiales de verificación, a fin de establecer si corresponde a un resultado puntual o bien significa un cambio en la tendencia de los registros, en cuyo caso se adoptarán las medidas señaladas en la sección 7.5.3 del Capítulo 7 del E.I.A.

El monitoreo del contenido de sulfatos se realizará en forma trimestral para cada uno de los pozos y puntos de control, de acuerdo a la programación inicial indicada en la tabla siguiente.

El Plan de Seguimiento de esta componente se ejecutará durante todo el período de construcción/operación del Proyecto, a partir del año 2006, el monitoreo se extenderá hasta 5 años después del cierre del proyecto.

**Conclusiones:**

Se presentan datos de monitoreos de aguas, sin mayor procesamiento ni análisis. Tan solo se indica que el sulfato se mantiene en niveles normales.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

La correspondencia es adecuada respecto de la correspondencia de los métodos de análisis con los objetivos del estudio.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

Aporta antecedentes generales de la zona de estudio, pero los valores de análisis de aguas no son relevantes para los objetivos directos del estudio porque se encuentran lejos de los receptores humanos.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE SULFATOS EN SECTORES ALEJADOS DE LOS RECEPTORES HUMANOS.

**Tabla 2.3:** Ficha bibliográfica N°3

<b>Cita bibliográfica:</b> Gobierno de Chile. (2010). Acta de Inspección de Terreno No 42. Comité de Fiscalización al Tranque El Torito.	
<b>Nombre del estudio:</b> Acta COF Julio 2010 Tranque El Torito	<b>Fecha del informe:</b> Agosto de 2004 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No hay
<b>Objetivos general y específicos:</b> Verificar en terreno funcionamiento del titular respecto de parámetro sulfatos	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No aplica	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No aplica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No aplica
<b>Resultados obtenidos:</b> No existen resultados.	
<b>Conclusiones:</b> Se instruye al titular a presentar un informe histórico de la evolución del contenido de sulfatos en las aguas.	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b> No aplica porque no hay resultados de análisis.	
<b>Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:</b> No se ofrecen resultados concretos, tan solo se realiza la instrucción al titular de que los presente.	

**Tabla 2.4:** Ficha bibliográfica N° 4

<p><b>Cita bibliográfica:</b> CADE-IDEPE; DGA: (2004). “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Aconcagua”.</p>															
<p><b>Nombre del estudio:</b> “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Aconcagua”. 2004. Estudio preparado por CADE-IDEPE para la Dirección General de Aguas.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> 2004 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No indica</p>														
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Evaluar la calidad de las aguas según objetivos de calidad como apoyo a la norma secundaria de calidad de aguas.</p>															
<p><b>Ubicación geográfica general:</b> En el curso inferior, entre La Calera y el mar, los afluentes relevantes son los esteros Los Litres y Limache. El primero drena la falda sur de La Calera. Corre por la vaguada de un ancho valle agrícola, donde se emplazan las ciudades de El Melón y Nogales. El estero Limache se une al río Aconcagua por la izquierda a sólo 8 km del mar, en Concón Alto.</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <table> <tr> <td>___ Suelo</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial</td> </tr> <tr> <td>___ Agua</td> <td>___ Flora</td> </tr> <tr> <td>___ Sedimento</td> <td>___ subterránea</td> </tr> <tr> <td>___ Agua de lluvia</td> <td>___ Biotas</td> </tr> <tr> <td>___ Relaves</td> <td></td> </tr> <tr> <td>___ Agua residual</td> <td>___ Polvo</td> </tr> <tr> <td>___ Aire</td> <td></td> </tr> </table>	___ Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial	___ Agua	___ Flora	___ Sedimento	___ subterránea	___ Agua de lluvia	___ Biotas	___ Relaves		___ Agua residual	___ Polvo	___ Aire	
___ Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial														
___ Agua	___ Flora														
___ Sedimento	___ subterránea														
___ Agua de lluvia	___ Biotas														
___ Relaves															
___ Agua residual	___ Polvo														
___ Aire															
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No aplica. Se usan estaciones de DGA.</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No aplica, utilizan datos de la red de calidad de aguas de DGA.</p>														
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>El sector del estero Los Litres hasta la junta con el río Aconcagua, se identifica lo siguiente:</p> <p><b>Factores incidentes en la calidad del agua superficial:</b></p> <p><i>De tipo natural:</i> lixiviación de filones de caliza y recarga del estero por afloramiento de vertientes.</p> <p><i>De tipo antropogénico:</i> contaminación difusa por aguas servidas, descarga de riles y actividad agrícola con aplicación de plaguicidas y fertilizantes en suelos.</p>															

Parámetros de calidad de agua que pueden verse afectados por estos factores incidentes:  $\text{DBO}_5$ , conductividad eléctrica,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ , Cu, Mn, Fe, Sólidos suspendidos, cianuro, aluminio, coliformes totales.

Este sector se caracteriza por ser un valle longitudinal, con presencia de formaciones geológicas de tipo hipabisales e intrusivas y sedimento volcánicas del período cretácico y terciario; en cuanto a la litología se encuentra una franja metalogénica de tipo F-4. Los sectores poblados incluyen el pueblito El Melón y la ciudad de Nogales, con una planta de tratamiento que abarca el 91,6% de cobertura a la fecha del estudio (2004). Entre las actividades se encuentra agricultura intensiva y actividad minera.

#### **Conclusiones:**

Los metales cobre, aluminio, hierro y manganeso se encuentran presentes en todos los cauces de la cuenca del río Aconcagua.

Los parámetros sulfato, molibdeno y conductividad eléctrica se encuentran distribuidos en toda la cuenca del río Aconcagua.

Respecto de los sulfatos, en los tributarios altos de la cuenca del río Aconcagua se deben a la lixiviación de las piritas presentes en las rocas volcánicas y a la presencia de aguas de drenaje de minas y depósitos de materiales de descarte minero. En los esteros ubicados en la parte media baja de la cuenca del río Aconcagua (como el estero El Cobre) la presencia de sulfatos se atribuye a las actividades mineras realizadas en minerales de calizas, la descarga de aguas industriales y la lixiviación de las pilas de materiales inertes que adicionan sulfatos, lo que se evidencia en los niveles observados en aguas subterráneas.

Respecto al cobre, se encontraron valores entre 20 y 3380  $\mu\text{g/L}$  en la cuenca del río Aconcagua. Se relaciona su presencia con la existencia de tres franjas metalogénicas que permiten la incorporación de cobre a las aguas superficiales por lixiviación de los materiales naturales. También existe un aporte de tipo antrópico por la actividad de la minería, manifestada tanto en la presencia de drenajes de aguas de mina y por la lixiviación difusa desde los depósitos de estériles.

#### **Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

Aunque no presentan datos obtenidos de manera independiente para el estudio, al utilizar los datos históricos de DGA, la correspondencia entre los métodos de análisis y los objetivos es buena.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

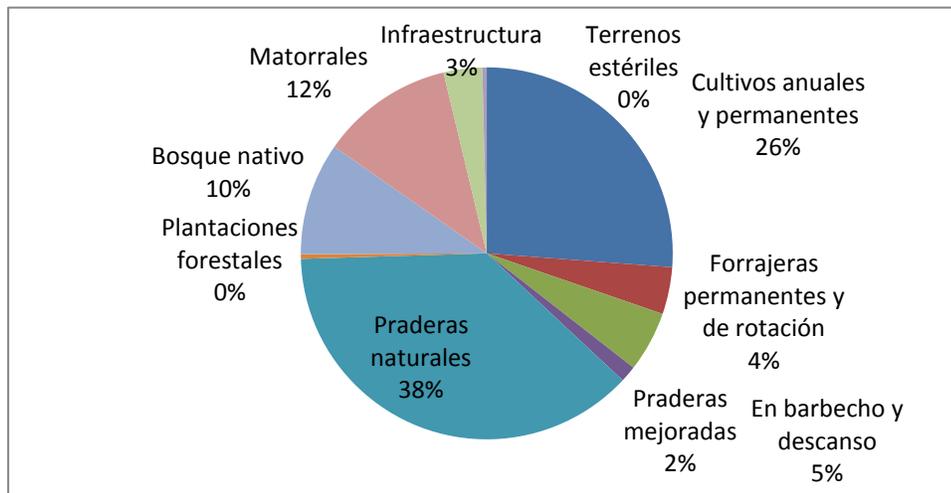
Es poco útil porque no considera la zona de estudio, aunque si hubiese un aporte notorio del Estero El Cobre debería manifestarse en los resultados del estero Los Litres.

La extrapolación de información debe realizarse cuidadosamente, sin embargo, este estudio constata que la presencia de sulfatos y de cobre en las cuencas es notoria en toda la cuenca del río Aconcagua y no debería esperarse una situación diferente para el sector del estero El Cobre.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS Y SULFATOS EN TODA LA CUENCA DEL RIO ACONCAGUA.

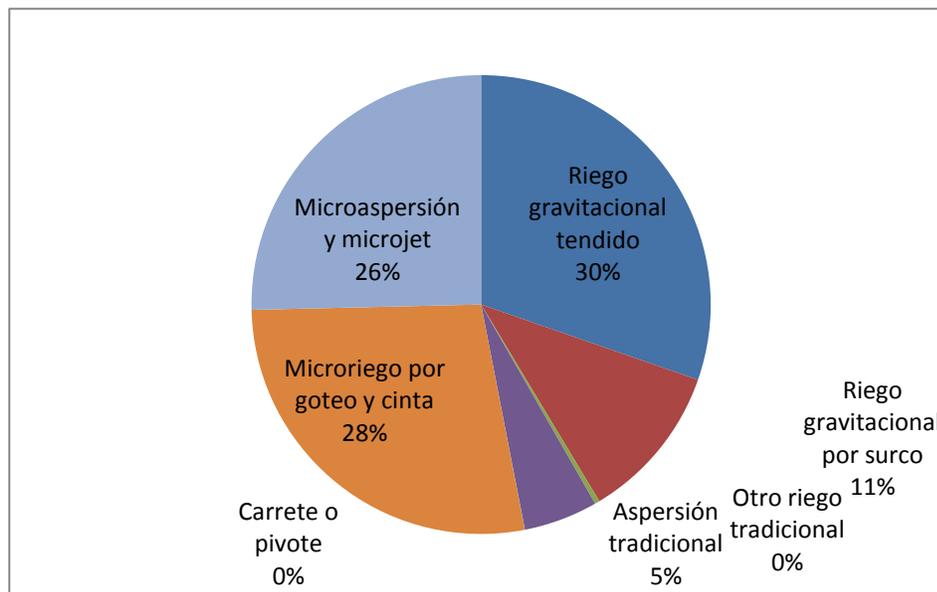
**Tabla 2.5:** Ficha bibliográfica N° 5

<b>Cita bibliográfica:</b> Instituto Nacional de Estadísticas. Gobierno de Chile (2007) Censo Nacional Agropecuario y Forestal.	
<b>Nombre del estudio:</b> Censo Agropecuario y Forestal 2007 Resultados por comuna.	<b>Fecha del informe:</b> 2007 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No aplica
<b>Objetivos general y específicos:</b>	
<b>Ubicación geográfica general:</b>	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial <input type="checkbox"/> Flora <input type="checkbox"/> Agua                      subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biotas <input type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b>  No aplica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b>  No aplica
<b>Resultados obtenidos:</b>  La información de la comuna de Nogales es la siguiente:  12.152,82 ha de superficie en explotaciones agropecuarias. Los detalles por tipo de uso de suelo se presentan en la siguiente figura:	



Se observa que las mayores superficies se dedican a praderas naturales (38%) y para cultivos anuales y permanentes (26%) mientras que el bosque nativo ocupa el 10% de la superficie censada en la comuna.

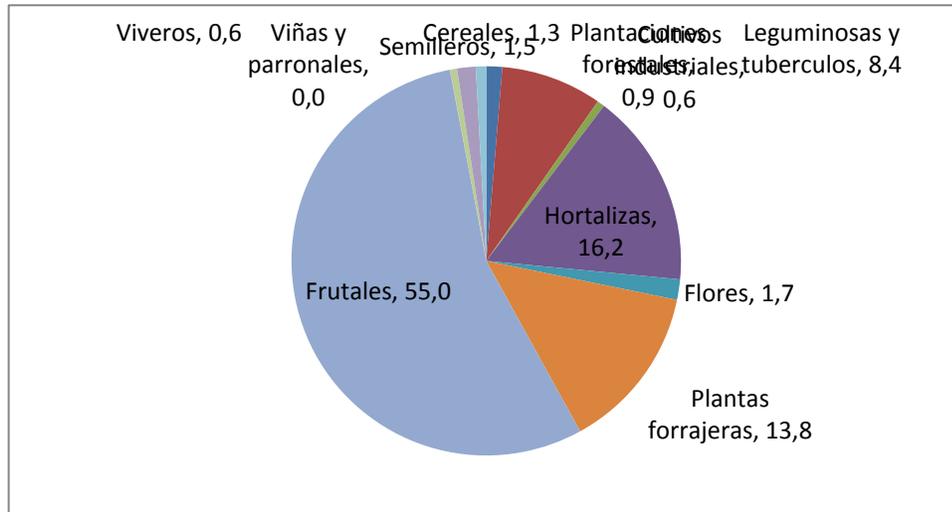
Respecto a los sistemas de riego, la superficie regada ocupa el 0,34% de la superficie nacional, con 3.728,29 ha. La distribución por tipo de sistemas de riego utilizados es:



El riego gravitacional tendido ocupa el mayor porcentaje (30%) mientras que en su conjunto,

las técnicas de microriego ocupan más del 50% del total de la superficie regada con estas técnicas.

Respecto a los grupos de cultivos, la distribución es la siguiente:

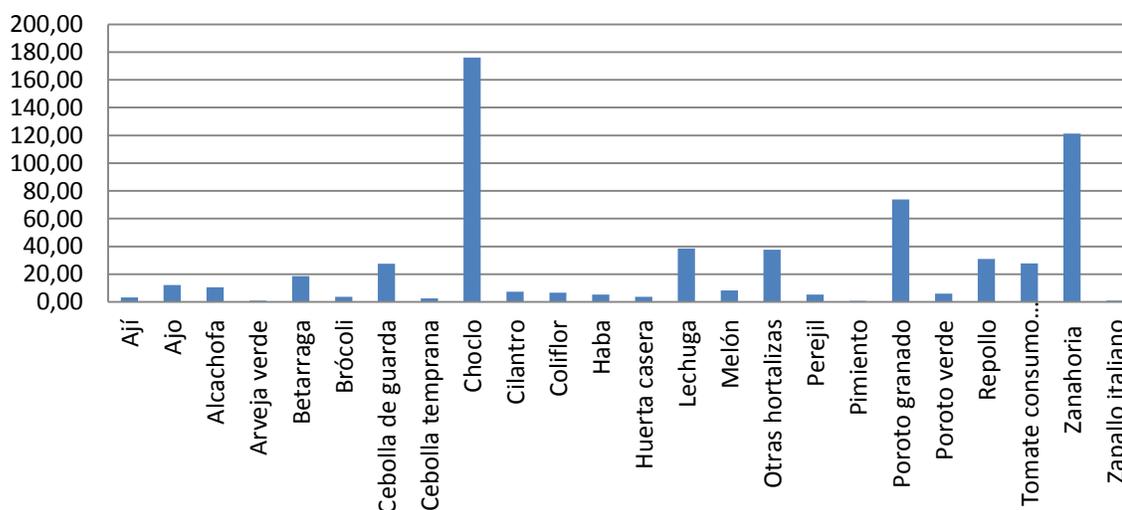


El mayor porcentaje está ocupado por los frutales (55%) seguido por las hortalizas (16,2%) y las plantas forrajeras (13,8%).

El 97% (375 ha) de la superficie sembrada con cereales, leguminosas y tubérculos se cultiva con riego mientras que el 3% se desarrolla en secano.

En el año 2007, el 98% de la superficie cultivada con hortalizas se trabajaba al aire libre y apenas un 2% en invernadero, dedicada a tomate de consumo fresco. Los cultivos de hortalizas al aire libre, se distribuyen de la siguiente forma:

## Superficie (ha) cultivada con hortalizas al aire libre (2006/2007)



Los principales cultivos son choclo, zanahoria y porotos granados.

Respecto al personal permanente y estacional que trabaja en las explotaciones agropecuarias y forestales, por género, la distribución es como sigue:

	Hombres	Porcentaje	Mujeres	Porcentajes	Total
<b>Empleo permanente</b>	1.901	86	321	14	2.222
<b>Empleo ocasional</b>					
<b>Mayo-Julio 2006</b>	260	51	246	49	506
<b>Agosto-Septiembre 2006</b>	424	49	439	51	863
<b>Noviembre/2006-Enero 2007</b>	647	40	982	60	1.629
<b>Febrero-Abril 2007</b>	568	39	901	61	1.469

Se observa el porcentaje mayoritario de hombres con empleo permanente y el aumento del porcentaje de mujeres con empleo ocasional durante los meses de primavera verano, posiblemente relacionado con la recogida de las cosechas.

**Conclusiones:**

No aplica porque es un censo.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No aplica porque no hay análisis químico.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LOS RECEPTORES AGRICOLAS, SUS PRACTICAS DE CULTIVO QUE APUNTAN A LA MAYORIA DE CULTIVOS EN FRUTALES Y HORTALIZAS CULTIVADAS MAYORITARIAMENTE AL AIRE LIBRE, CON PREDOMINANCIA DEL RIEGO GRAVITACIONAL. ESTA INFORMACION APORTA A LA HIPOTESIS DEL AGUA DE RIEGO COMO UNA VIA PARA LA TRASLOCACION DE CONTAMINANTES HASTA CULTIVOS DE CONSUMO LOCAL.

**Tabla 2.6:** Ficha bibliográfica N° 6

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Servicio Nacional de Geología y Minería. (2007). Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo. ISBN 978-956-8309-13-8.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo.</p>	<p>Fecha del informe: 2007 Fecha del estudio de campo: No indica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b></p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p>	<p>Matrices ambientales estudiadas:  <input type="checkbox"/> Suelo    <input type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua                      subterránea  <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia    <input type="checkbox"/> Biota  <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual    <input type="checkbox"/> Polvo  <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b></p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: No aplica</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>El estudio indica que de las 26 faenas mineras abandonadas catastradas en la V Región, 5 de ellas presentan alto riesgo para la vida y salud por problemas de seguridad. Por otra parte, 3 de las 26 faenas presentan riesgo por contaminación por ser depósitos ubicados muy cerca de zonas agrícolas que tienen potencialidad de contaminar aguas y generar polvo.</p> <p>Para la comuna de Nogales se identificó el sitio denominado Cantera Patagua (coordenadas 294314 E; 6389795 S) como una faena minera, de cobre y oro, abandonada, que no presenta riesgo de contaminación (ficha 148, catastro 2007) aunque sí presenta riesgos moderados respecto a seguridad.</p>	
<p><b>Conclusiones:</b></p>	

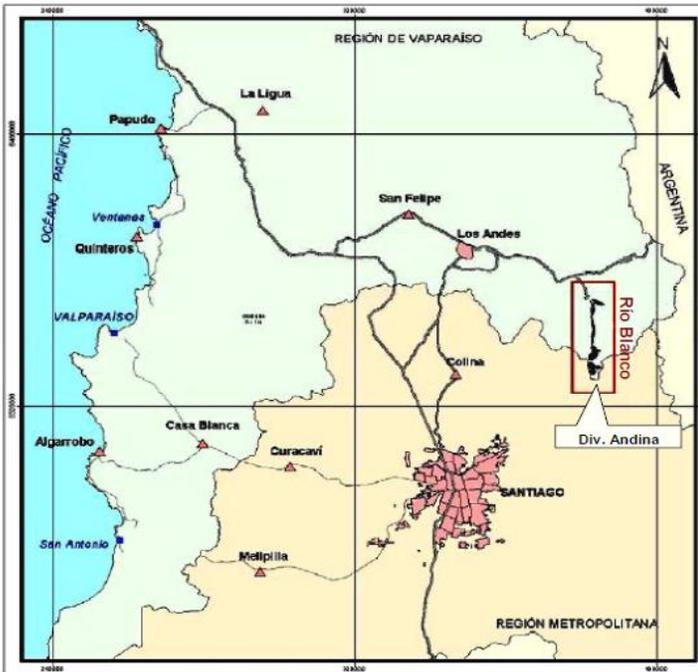
**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No aplica porque no hay análisis químico.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

APORTA INFORMACION QUE PERMITE DESCARTAR LA EXISTENCIA DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS CERCANIAS DE LA ZONA DE ESTUDIO, AUNQUE SE ENCUENTREN EN EL ENTORNO DE LA COMUNA DE NOGALES.

**Tabla 2.7:** Ficha bibliográfica N° 7

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Chappa Venegas, Claudio Andrés y Urra Sánchez, Eduardo Antonio. (2008) “Modelo de calidad de agua para el Río Blanco: transporte de solutos reactivos”. Tesis. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Geográfica.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Tesis “Modelo de calidad de agua para el Río Blanco: transporte de solutos reactivos”. Estudiantes Claudio Andrés Chappa Venegas y Eduardo Antonio Urra Sánchez. 2008. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Geográfica.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> 2008</p> <p><b>Fecha del estudio de campo:</b> No aplica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Modelar la calidad de las aguas superficiales en el río Blanco</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p>  <p>The map shows the geographical location of the Río Blanco in Chile. It covers the Región de Valparaíso and the Región Metropolitana. Key cities and locations marked include Papudo, La Ligua, San Felipe, Los Andes, Collina, Curacaví, Melipilla, San Antonio, Algarrobo, Casa Blanca, and Santiago. The Río Blanco is highlighted in a red box in the Div. Andina area. The map also shows the Pacific Ocean (Océano Pacífico) to the west and the border with Argentina to the east.</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Suelo</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial</li> <li><input type="checkbox"/> Flora</li> <li><input type="checkbox"/> Agua subterránea</li> <li><input type="checkbox"/> Sedimento</li> <li><input type="checkbox"/> Agua de lluvia</li> <li><input type="checkbox"/> Relaves</li> <li><input type="checkbox"/> Agua residual</li> <li><input type="checkbox"/> Polvo</li> <li><input type="checkbox"/> Aire</li> <li><input type="checkbox"/> Biota</li> </ul>
<p><b>Figura 1.1.2. Mapa Ubicación Río Blanco</b> Fuente: Figura modificada del EIA, Proyecto disposición de lastre y sistema de Manejo de Drenajes. CODELCO-División Andina.</p>	

<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> Utilizan datos oficiales de la base de calidad de aguas de DGA	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b>
<b>Resultados obtenidos:</b>  Se encuentran altos niveles de sulfatos y metales en la parte alta del Río Blanco como consecuencia de la presencia de minerales sulfurados y la influencia del drenaje ácido. Sin embargo, la calidad de las aguas mejora río abajo.	
<b>Conclusiones:</b>	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b>	
<b>Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:</b>  Se desarrolla en el río Blanco, que si bien forma parte de la cuenca del Aconcagua, se encuentra muy lejos de la zona de estudio.  APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS Y SULFATOS EN EL SECTOR DEL RIO BLANCO, PERTENECIENTE A LA CUENCA DEL RIO ACONCAGUA.	

**Tabla 2.8:** Ficha bibliográfica N° 8

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Servicio Nacional de Geología y Minería. (2010). Actualización Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo. .</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Actualización Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No aplica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b></p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p>  <p>Pasivos ambientales mineros identificados en la comuna de Nogales (2007 y 2010).</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea  <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia  <input type="checkbox"/> Biota  <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual  <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b></p> <p>No aplica</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b></p> <p>No aplica</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>El catastro consigna la identificación de dos nuevas faenas mineras abandonadas en la comuna de Nogales, respecto del catastro de 2007.</p>	

Estas faenas son:

**1.- Planta Veta del Agua**, que presenta las siguientes faenas: Planta Veta del Agua, Tranque 1-2-3-4, Tranque 5, Tranque 6.

Es una faena con estado Prospección – Paralizada, que se ubica en la cota de 505 m, a una distancia de 2.000 (m) del asentamiento El Melón. Se dedica a la explotación de cobre y plata y no tiene ingreso registrado al SEIA.

Como observaciones en la ficha, se indica que el Tranque 6 está a mitad de su capacidad y tiene resolución de SERNAGEOMIN No 373/94, que autoriza descarga a 1 – 2 l/s al Estero El Cobre según la estación del año.

Se clasifica con riesgo de grado 2 para los recursos por contaminación de aguas y generación de polvo.



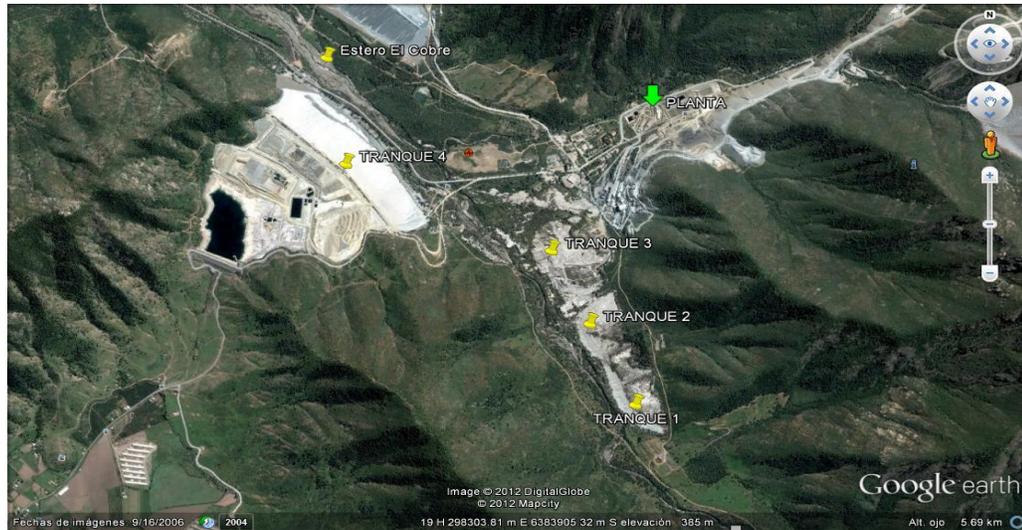
**2.- Tranque El Cobre 1,2,3**, que presenta las siguientes faenas: Planta El Cobre, Tranque 1, Tranque 2, Tranque 3.

Es una faena con estado Cerrada (en 2010), que se ubica en la cota de 417 m, no se reportan asentamientos humanos en sus cercanías. Se dedica a la explotación de cobre y no tiene ingreso registrado al SEIA.

Como observaciones en la ficha, se indica que el tranque de aguas abajo colapsó en el año

1965, quedando esparcido el relave y provocó la muerte de muchas personas de un campamento. Los relaves se observan esparcidos.

Se clasifica con riesgo de grado 2 para la vida y la salud por contaminación de aguas y generación de polvo.



**Conclusiones:**

No aplica porque es un catastro.

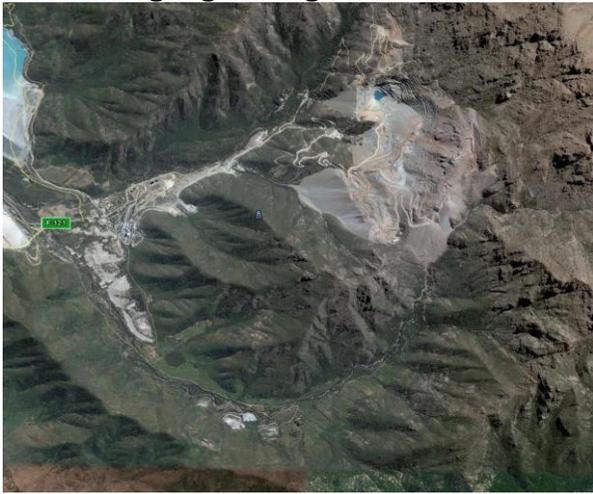
**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No aplica porque no hay análisis químico.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE FUENTES DE CONTAMINANTES DE TIPO PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL SECTOR ALTO DE LA CUENCA DEL ESTERO EL COBRE, UNA DE LAS CUALES COLAPSO EN 1965 Y OTRA QUE TIENE AUTORIZACION DE DESCARGAR AL ESTERO EL COBRE.

**Tabla 2.9:** Ficha bibliográfica N° 9

<p><b>Cita bibliográfica:</b> DICTUC (2010) “Evaluación preliminar de Contingencia en tranque de relaves Mina Veta del Agua, sector cajón el sauce, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso”. Informe de Proyecto.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Informe “Evaluación preliminar de Contingencia en tranque de relaves Mina Veta del Agua, sector cajón el sauce, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso, realizado por DICTUC.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> Abril de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> Marzo de 2010</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b>  Evaluar la contingencia en tranque de relaves Mina Veta del Agua: Sector Cajón El Sauce, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso.</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p> 	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Suelo    <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea  <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia    <input type="checkbox"/> Biota  <input checked="" type="checkbox"/> Relaves    <input type="checkbox"/> Polvo  <input type="checkbox"/> Agua residual  <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b></p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b>          Metales FRX          Metales AA, métodos INIA para análisis de suelo.          Métodos para NCh 409/1. 2005</p>

### Resultados obtenidos:

Se presenta elaboración propia con los resultados reportados en muestras de sedimentos del estero El Sauce, suelos y relaves:

Concentración (mg/kg)	Cu	Fe	As	Mn	Ca	S	Pb
Sedimento Estero El Sauce no impactado por el derrame	6.798	39.318	33	2.338	46.081	3.103	197
Suelo ribera 1	286	48.934	7	602	6.074	112	1
Suelo ribera 2	906	33.377	8	1.351	10.921	264	11
Relave tranque superior	2.284	33.837		1.789	22.593	88	4
Relave 1	9.552	28.725	86	1.555	45.129	6.425	209
Relave 2	1.424	23.061	1	1.277	45.447	1.526	4

### Conclusiones:

El colapso parcial del relave de la mina Veta del Agua alteró la morfología local cubriendo 2.330 m<sup>2</sup> del cauce del estero El Sauce, se derramaron 24.000 m<sup>3</sup> de material abarcando 127 m de longitud. Los análisis de muestras de agua, indicaron alcalinidad alta, lo que significa que son estable ante los cambios de pH. Se encontraron altas concentraciones de cobre y de hierro en las muestras de relaves y también en los sedimentos y suelos de la cuenca. La fracción de cobre en los relaves se reporta asociada a sulfuros. Se estimó una tasa de producción de sedimentos por la acción de las lluvias, de 13 toneladas por año, el 81% se transporta en los meses de mayo a julio. Se indica que existe riesgo (o las condiciones físico químicas apropiadas para que ello ocurra) de aumento de la concentración de cobre en los sedimentos y aguas del estero a partir del material de los relaves, aunque se reconoce que toda la zona presenta altas concentraciones de cobre, presuntamente asociadas a otras actividades antrópicas.

### Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:

Es coherente en cuanto a la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones obtenidas.

### Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

Aporta indicios de altas concentraciones de cobre en los suelos del estero El Sauce, que no se encuentra directamente en el área de influencia del estudio.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DEL ESTERO EL SAUCE.

**Tabla 2.10:** Ficha bibliográfica N° 10

<b>Cita bibliográfica:</b> Ramírez Jorge. (2010). Denuncia de asociación de canalistas	
<b>Nombre del estudio:</b> Denuncia de canalistas con fecha 13-07-2010	<b>Fecha del informe:</b> Julio de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No indica
<b>Objetivos general y específicos:</b>  Informar que con fecha 27 de junio y 6 de julio (de 2010) el estero El Cobre ... ha sido contaminado por desechos mineros de origen indeterminado, aguas debajo de la mina El Soldado, lo que genera preocupación porque las aguas del estero abastecen a centenares de personas de agua potable, agua para riego agrícola y agua de bebida animal. No conocen si la situación se origina a causa de algún vertimiento o fuga desde el tranque de relaves El Torito, alguna falla operacional en el tranque o vertimiento desde otro depósit. Según los antecedentes, se apunta a la división El Soldado como fuente de origen del derrame.	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No indica	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No indica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No indica
<b>Resultados obtenidos:</b>  Indican que el material acumulado en el estero, fue arrastrado valle abajo por la lluvia del 6 de julio, cambiando el color de éste de plomo a amarillo-rojo.  También indican que la empresa Anglo American deposita desechos mineros como material de relleno en caminos públicos (km 122 a 123 vía alternativa a Ruta 5 Norte) poniendo en riesgo la salud de las personas residentes y la agricultura del sector, sin informar a los habitantes. La empresa, por su parte, retiró el material sin destino conocido.	

**Conclusiones:**

Aportan indicios de contaminación de las aguas del estero a causa de la actividad de la minera El Soldado, ya sea por la operación de los relaves como por la acción de las fuertes lluvias que trasladan el material depositado sobre el estero El Cobre. Solicitan constitución de un Comité de Fiscalización.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No aplica porque no se realizaron análisis químico.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

No presenta antecedentes concretos acerca de valores experimentales, sin embargo aporta indicios para la formulación de las hipótesis acerca de la traslocación de los contaminantes metálicos que puedan llegar al cauce del estero y posteriormente ser arrastrados por las aguas que se encuentren crecidas durante eventos de alta pluviosidad.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LAS VIAS POR LAS QUE PUEDEN TRANSPORTARSE LOS ELEMENTOS METALICOS DESDE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA HASTA EL SECTOR DEL ESTERO EL COBRE.

**Tabla 2.11:** Ficha bibliográfica N° 11

<b>Cita bibliográfica:</b> SEREMI de Salud. Región de Valparaíso. (2010). Ordinal 1.152 del 07-09-2010	
<b>Nombre del estudio:</b> Ordinal 1.152 del 07-09-2010 Seremi de Salud Valparaíso	<b>Fecha del informe:</b> Julio de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> NO
<b>Objetivos general y específicos:</b> Denuncia de la asociación de canalistas por depósitos de desechos mineros como material de relleno en caminos públicos.	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No indica	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial <input type="checkbox"/> Flora <input type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota <input type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No indica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No indica
<b>Resultados obtenidos:</b>  Indican que el material del relave fue arrastrado valle abajo por la lluvia del 6 de julio, cambiando el color de éste de plomo a amarillo rojo. Se solicita constituir Comité de Fiscalización para investigar por qué la empresa Anglo American deposita desechos mineros como material de relleno en caminos públicos poniendo en riesgo la salud de las personas residentes y la agricultura del sector, sin información a las personas.	
<b>Conclusiones:</b>  No se presentan conclusiones.	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b>  No aplica porque no se realizaron análisis químico.	

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

No aporta mayores antecedentes aunque reitera la postura de la población respecto del uso de desechos mineros como material para relleno de caminos públicos por parte de Anglo American.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LAS VIAS PARA LA TRASLOCACION DE ELEMENTOS METALICOS DESDE LAS OPERACIONES DE LAS FAENAS MINERAS Y SUS RELAVES.

**Tabla 2.12:** Ficha bibliográfica N° 12

<b>Cita bibliográfica:</b> COREMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 56 07-07-2010 a MMA.	
<b>Nombre del estudio:</b> Memo No 56 07-07-2010 a MMA	<b>Fecha del informe:</b> Julio de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No indica
<b>Objetivos general y específicos:</b>  Responde Memorandum No 9.848 del 08.06.2010 (que no ha sido revisado por este estudio) respecto de aspectos ambientales varios de los proyectos de División El Soldado.	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No indica	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No aplica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No aplica
<b>Resultados obtenidos:</b> No aplica	
<b>Conclusiones:</b> No aplica	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b> No aplica	
<b>Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:</b>  La información más relevante para este estudio es que la autoridad regional no cuenta con resultados de análisis de sedimentos en el Embalse Los Caleos y permite identificar brechas de información.	

**Tabla 2.13:** Ficha bibliográfica N° 13

<b>Cita bibliográfica:</b> COREMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 64 18-08-2010 a Dpto Jurídico CONAMA	
<b>Nombre del estudio:</b> Memo No 64 18-08-2010	<b>Fecha del informe:</b> Agosto de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No aplica
<b>Objetivos general y específicos:</b> Rendir información sobre diversas denuncias remitidas a las autoridades.	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No indica	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial <input type="checkbox"/> Flora <input type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota <input type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No indica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No indica
<b>Resultados obtenidos:</b>  El Comité Operativo de Fiscalización se constituyó en el emplazamiento del proyecto “Ampliación Tranque de Relaves El Torito”. El acta de inspección 42/2010 de 14.07.2010 recoge que el vertedero de emergencia del tranque no presentaba evidencia de descargas de relaves hacia el Estero El Cobre y además, el muro del tranque no presentaba evidencia de que tuviese trizaduras o filtraciones de residuos mineros. Adicionalmente, el titular indicó que producto de eventos de precipitaciones intensas en la zona, se descargaron aguas de afloramiento interior de la mina subterránea, agua de perforación y agua de drenaje natural de mina hacia el Estero El Gallo, actividades que no corresponden al proyecto denunciado.	
<b>Conclusiones:</b> No se indican conclusiones	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b> No aplica porque no se reportan datos de análisis.	

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

No aporta antecedentes útiles al estudio, respecto de datos de contaminantes metálicos en la zona de estudio.

Sin embargo, si aporta evidencias de que en situaciones tales como intensas lluvias, la actividad minera en su conjunto, realiza operaciones de descarga de aguas de drenaje natural de mina y otras aguas, que eventualmente, podrían contribuir a la movilización y traslocación de elementos metálicos hacia sectores bajos de las cuencas.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LAS VIAS PARA LA TRASLOCACION DE CONTAMINANTES EN LA ZONA DE ESTUDIO, A TRAVES DE LAS PRACTICAS DE LA INDUSTRIA MINERA QUE CONLLEVA SITUACIONES DE EMERGENCIA DONDE SE DESCARGAN AGUAS DE OPERACIÓN DE MANERA NO REGULADA.

**Tabla 2.14:** Ficha bibliográfica N° 14

<b>Cita bibliográfica:</b> Gobernador Provincial de Quillota (2010). Ordinal 1/954 que entrega antecedentes sobre denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.																															
<b>Nombre del estudio:</b> Denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.	<b>Fecha del informe:</b> Agosto de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> Mayo 2010 (suelo de camino); Julio 2010 (suelo interior de la parcela)																														
<b>Objetivos general y específicos:</b>  Denunciar la contaminación de los suelos de parcela del Sr Juan Alberto Osses Maturana a partir del relleno del camino que va desde el km 122 al km 123 de la Ruta 5 Norte en la comuna de Nogales, con materiales lixiviados de la mina El Soldado.																															
<b>Ubicación geográfica general:</b> Macal 3 Rural, Sitio No 117. El Melón	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> __X__ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire																														
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No aplica	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> Metales (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Pb, Cr, Al). Métodos de análisis de suelos, INIA																														
<b>Resultados obtenidos:</b>  Se presenta elaboración propia resumen de los resultados contenidos en el estudio																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>(mg/kg)</th> <th>Fe</th> <th>Cu</th> <th>Zn</th> <th>Mn</th> <th>Cd</th> <th>Ni(%)</th> <th>Pb</th> <th>Cr(%)</th> <th>Al</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suelo interior parcela</td> <td>30.727</td> <td>1.582</td> <td>240</td> <td>1.561</td> <td>&lt;0,01</td> <td>12,9</td> <td>59,4</td> <td>26,3</td> <td>28.388</td> </tr> <tr> <td>Suelo camino</td> <td>24.766</td> <td>2.356</td> <td>95,9</td> <td>1.414</td> <td>0,89</td> <td>2,8</td> <td>71,9</td> <td>11,6</td> <td>14.721</td> </tr> </tbody> </table>		(mg/kg)	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Ni(%)	Pb	Cr(%)	Al	Suelo interior parcela	30.727	1.582	240	1.561	<0,01	12,9	59,4	26,3	28.388	Suelo camino	24.766	2.356	95,9	1.414	0,89	2,8	71,9	11,6	14.721
(mg/kg)	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Ni(%)	Pb	Cr(%)	Al																						
Suelo interior parcela	30.727	1.582	240	1.561	<0,01	12,9	59,4	26,3	28.388																						
Suelo camino	24.766	2.356	95,9	1.414	0,89	2,8	71,9	11,6	14.721																						
<b>Conclusiones:</b>  Estos resultados evidencian un aumento de las concentraciones de Fe, Zn, Mn, Ni, Cr y Al en el suelo al interior de la parcela, respecto del suelo del camino. La diferencia de la toma de muestra entre una muestra y otra es de dos meses. No se georeferencian los puntos.																															

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

Hay correspondencia, sin embargo, los números por sí mismos no son suficientes para evidenciar contaminación.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

Estos datos aportan antecedentes de contenidos de metales en la zona y deberán ser contrastados con los valores obtenidos en el estudio.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS EN SUELOS DEL SECTOR DE MACAL RURAL.

**Tabla 2.15:** Ficha bibliográfica N° 15

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El C Anglo American (2010). Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> 30 de agosto de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> 29 de Junio de 2010</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Monitorear la calidad de las aguas en el Estero El Cobre, con relación a un requerimiento de la autoridad ambiental para contestar una denuncia de la Asociación de canalistas del Canal El Melón.</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p> 	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Suelo <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota  <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo  <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b>  Estero El Gallo, Estero El Cobre,  Estero El Sauce.  No indican coordenadas</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b>  NCh409/1. 2005: Cu, Fe, Mn, Na, SO<sub>4</sub>,  conductividad, sólidos disueltos.  Realizados por SGS.  Métodos oficiales para NCh 409/1. 2005 (se infiere).</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>No se encuentra excedencia de ninguno de los parámetros en ninguno de los puntos estudiados, con relación a la NCh 409/1. 2005.</p>	
<p><b>Conclusiones:</b></p> <p>No existe alteración de la calidad de las aguas.</p>	

Indican además “durante los meses invernales, las lluvias provocan el deslizamiento de sedimentos desde las partes altas de los cerros, que son arrastrados hacia los cauces principales de la microcuenca, siendo posible observar en los días posteriores a lluvias de alta intensidad la presencia de gran cantidad de sólidos disueltos en las aguas que fluyen principalmente por el Estero El Gallo y por el Estero El Sauce”.

“Durante el día 22 de junio cayó sobre el sector un total de 16 mm de lluvia, en pocas horas de precipitación, aumentando de manera considerable los flujos de aguas en los esteros antes citados. Lo anterior provocó un aumento del material en suspensión contenido en las aguas de estos esteros, lo que causó una coloración de las aguas poco habitual.”

“El origen de los sedimentos observados en el Estero El Cobre no corresponde a vertimientos desde el proceso industrial y su origen se debería al aumento considerable del escurrimiento superficial causado por las lluvias que arrastran materiales finos desde los cerros y desde áreas operativas, colapsando los sistemas de colección de aguas lluvias”.

#### **Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No existe correspondencia entre los parámetros medidos y el objetivo de lo que se pretende contrarrestar, porque:

- 1.- los valores obtenidos en aguas superficiales se comparan con los criterios para agua potable en el sistema de distribución.
- 2.- No se midieron parámetros que den cuenta de algún indicio de coloración anormal en las aguas, como pudiesen ser: turbiedad, sólidos suspendidos, color.
- 3.- En los antecedentes se señala que el arrastre de material producto de la lluvia provoca aumento en los sólidos suspendidos en los esteros; sin embargo se miden los sólidos disueltos lo que no necesariamente dicen relación con lo anterior y que pueden encontrarse en valores bajos mientras los sólidos suspendidos se encuentran elevados. La medición de contenidos de sólidos es incompleta para las necesidades del requerimiento.

#### **Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

Este antecedente es de utilidad limitada para el estudio. La explicación general del arrastre de material producto de las lluvias (sin mayor respaldo que la lógica misma) parece acertada. Sin embargo, los datos analíticos presentados no constituyen un aporte esclarecedor de la situación.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LAS VIAS PARA LA TRASLOCACION DE CONTAMINANTES EN LA ZONA DE ESTUDIO, A TRAVES DEL ARRASTRE DE MATERIAL EN SITUACIONES DE INTENSAS LLUVIAS.

**Tabla 2.16:** Ficha bibliográfica N° 16

<b>Cita bibliográfica:</b> Dirección General de Aguas (2010). Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010	
<b>Nombre del estudio:</b> Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010. DGA	<b>Fecha del informe:</b> 2 de Septiembre de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> Agosto de 2010
<b>Objetivos general y específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el estado del estero El Sauce (a la fecha de la fiscalización) que fuera afectado por el colapso del Tranque de Relaves No 5 de la Compañía Minera Veta del Agua.</li> <li>- Inspeccionar el sector del estero El Cobre, con motivo de la denuncia recibida el 27 de junio en la CONAMA V Región, de la asociación de canalistas del canal El Melón, relacionada con presunto evento de contaminación proveniente del tranque de relaves El Torito, propiedad de Anglo American, donde la DGA realiza monitoreo de agua subterránea.</li> </ul>	
<b>Ubicación geográfica general:</b> No son legibles en el documento estudiado.	<b>Matrices ambientales estudiadas:</b> <input type="checkbox"/> Suelo <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial <input type="checkbox"/> Flora <input type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota <input type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire
<b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No son legibles en el documento estudiado	<b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> No son legibles en el documento estudiado
<b>Resultados obtenidos:</b>  No se obtuvieron resultados de análisis, sino constatación de evidencia en terreno, la que puede resumirse como sigue, para los dos sectores inspeccionados: <b>1.- Tranque No 5 Veta del Agua.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existía escurrimiento superficial por el estero El Sauce al momento de la visita. El mismo escurría libremente mediante obra de by pass por lo que no se observó arrastre de sedimentos o relaves.</li> <li>- No fue posible evidenciar faena de retiro de material de relaves sobre el estero El Sauce.</li> </ul>	

- Aguas arriba del colapso del tranque de relaves se constató la extracción de aguas superficiales del estero El Sauce las que eran captadas y conducidas hacia la faena minera Veta del Agua.

## 2.- Estero El Cobre.

- En reunión con representantes de Anglo American, se declaró que el evento de la mencionada denuncia se relacionó con una contingencia de la empresa respecto del manejo de sus aguas de mina, que con un evento de precipitación desbordaron y cayeron al estero El Cobre, provocando aumento de la cantidad de sedimento en suspensión que enturbió el agua. Igualmente se declaró que no se activó ningún plan de contingencia ante la situación y que no se realizó monitoreo de los niveles de sedimentos en suspensión. Se constataron faenas sobre el estero El Sauce conteniendo obras provisorias para no entorpecer el libre escurrimiento.

### Conclusiones:

Se indicaron algunas acciones administrativas no relacionadas con este estudio. Respecto del estero El Cobre, los resultados de los monitoreos efectuados por la DGA no evidencian valores por sobre los niveles de la NCh 1.333/78. Se propone oficiar a la empresa Anglo American para que amplíe su plan de monitoreo sobre los sedimentos de los esteros El Cobre, El Sauce y El Melón solicitando que envíe una propuesta para su evaluación.

### Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:

Parece haber correspondencia, no es posible apreciar los resultados en la versión consultada.

### Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

No es posible leer los valores medidos en la versión consultada del documento. No se pueden usar como antecedentes para la revisión. Sin embargo, este antecedente refuerza la práctica de la actuación en situaciones de emergencia industrial, en el sentido de descargar aguas de operación de manera discreta y eventual.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LAS VIAS PARA LA TRASLOCACION DE CONTAMINANTES EN LA ZONA DE ESTUDIO, A TRAVES DE LAS PRACTICAS DE LA INDUSTRIA MINERA QUE CONLLEVA SITUACIONES DE EMERGENCIA DONDE SE DESCARGAN AGUAS DE OPERACIÓN DE MANERA NO REGULADA.

**Tabla 2.17** Fichas bibliográficas N°17

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Anglo American (2009). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> Octubre de 2010. Aprobación RCA <b>Fecha del estudio de campo:</b> No indica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Procedimiento administrativo de aprobación del proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b> Quebradas El Sauce, El Carmen y Los Quilos y el Sector de Yerbas Buenas – San José</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b>  <input type="checkbox"/> Suelo <input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial  <input type="checkbox"/> Flora  <input type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento  <input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota <input type="checkbox"/> Relaves  <input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b> No indica.</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b> Cu, Fe, SO<sub>4</sub>, Sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, pH, conductividad. No indica metodologías de análisis.</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b> En el capítulo Línea Base, respecto de la calidad del agua, se indica: Se caracteriza la calidad de agua para el único cauce que presenta caudales de alguna importancia en el área del Proyecto, como es el caso del estero El Sauce. El resto de las quebradas ubicadas en el área del Proyecto corresponde a cursos menores asociados a escurrimientos eventuales en época de lluvias.  El estero El Sauce en la actualidad presenta la intervención del botadero El Sauce, por lo cual se exponen los monitoreos de calidad de aguas realizados por AA para los puntos de monitoreo ubicados inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del actual botadero El Sauce respectivamente.  Se presenta a continuación, tabla elaborada con los resultados reportados en el estudio.</p>	

Lugar	Fecha	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	S.D. (mg/L)	S.S.T (mg/L)	pH	C.E (μS/cm)
Aguas antes botadero El Sauce	24/12/2007	<0,01	<0,01	<10	28	<5	7,4	80
	08/08/2008	<0,01	0,02	45,5	54	-	7,6	56
	26/01/2009	0,03	0,02	20	162	5,5	7,3	170
Aguas después botadero El Sauce	23/11/2007	<0,01	<0,01	11,7	194	<5	7,9	170
	24/12/2007	0,05	<0,01	152	421	14	7,7	630
	08/08/2008	0,03	0,22	11,5	62	-	7,7	77
	26/01/2009	<0,01	0,01	<10	84	<5	7,7	70
	07/11/2009	<0,01	0,12	22,2	113	<5	7,1	212

S.D.=sólidos disueltos; S.S.T.= sólidos suspendidos totales; C.E.= conductividad eléctrica

De acuerdo a los resultados obtenidos de los monitoreos es posible concluir que, tanto aguas arriba del actual botadero como aguas, la calidad de las aguas monitoreadas es buena dado que, en su gran mayoría, los parámetros monitoreados presentan concentraciones y/o niveles bajo los límites establecidos para agua de riego (según NCh 1.333/78).

Para la comprensión de estos resultados, se debe destacar que los límites establecidos en la NCh 1.333/78 para los parámetros indicados son:

Cu : 0,20 mg/L

Fe: 5,00 mg/L

SO<sub>4</sub>: 250 mg/L

pH: entre 5,5 y 9,0

Del mismo modo, al comparar la calidad de las aguas entre los dos puntos de monitoreos, es posible observar que las aguas no sufren una alteración en la calidad de las aguas debido a la actual intervención del botadero El Sauce. En efecto, al realizar un Test ABA a muestras obtenidas del material litológico reconocido (andesitas, tobas, traquitas y brechas volcánicas) proveniente de la explotación del rajo, botaderos de estériles y tranques de relaves, es posible encontrar en todas estas unidades altos contenidos de carbonato en la matriz-cemento y presencia de vetillas de calcita, por lo que presentan un potencial neto de neutralización alto y además un bajo potencial de generación ácida, es decir poseen un mayor capacidad de neutralizar ácido que la de generarlo. Lo cual es consistente con los niveles de pH, minerales y sales monitoreados en el punto de muestreo de calidad de aguas situado en la parte baja del botadero El Sauce. En la tabla a continuación se presentan los resultados del Test ABA de muestras obtenidas en la Mina El Soldado, con aclaraciones adicionales que facilitan la comprensión de los mismos.

Muestra	AP: potencial de generación ácida (ton CaCO <sub>3</sub> /ton)	Net NP: potencial neto de neutralización (ton CaCO <sub>3</sub> /ton)	NP/AP	Evaluación*
Cantera Exp. Norte	24,1	64,4	3,7	Bajo potencial de generación ácida
Cantera Morro	8,4	72,5	9,6	Bajo potencial de generación ácida
Bot. El Carmen Sur	20,6	64,5	4,1	Bajo potencial de generación ácida
Plataforma Nv 100 (Sup)	26,3	94,7	4,6	Bajo potencial de generación ácida
Estéril Camino El Soldado	28,8	41,0	2,4	Potencial marginal de generación ácida**
Tranque Relave El Torito	5,6	78,6	3,7	Bajo potencial de generación ácida

\* criterio de evaluación: Si Net NP > 0,02 ton CaCO<sub>3</sub>/ton y NP/AP > 3: Bajo potencial de generación ácida.

Si Net NP > 0,02 ton CaCO<sub>3</sub>/ton y 1 < NP/AP < 3: Potencial marginal de generación ácida

\*\* no evaluado explícitamente en esta condición en el documento revisado, donde se indica que todas las muestras tienen bajo potencial de generación ácida.

Es de destacar, que el informe presentado incluye unidades que dificultan la interpretación de los resultados puesto que, habitualmente el criterio para establecer los límites de clasificación respecto del potencial de generación ácida se expresan en kg CaCO<sub>3</sub> por tonelada de material y en el documento, se utilizaron unidades de toneladas de CaCO<sub>3</sub> por tonelada de material con lo que los números serían diferentes si se expresara en las unidades originales del criterio. Para facilitar la comprensión, en esta ficha se presentan los criterios de evaluación en unidades corregidas a ton CaCO<sub>3</sub>/ton. No obstante lo anterior, en la gran mayoría de las muestras la evaluación fue realizada de manera correcta.

El estudio recoge la siguiente información respecto del impacto esperado en la calidad de las aguas:

<b>Impacto ambiental asociado</b>	Escorrentía de aguas lluvia a través de depósitos de estéril.
<b>Ubicación de puntos de control</b>	50 m aguas arriba y 50 m aguas debajo de depósito El Sauce.
<b>Parámetros de caracterización</b>	Lista Parcial: cobre, hierro, sulfatos, sólidos totales disueltos, conductividad, pH.  Lista completa de parámetros de la NCh 1.333/78 y

	sólidos suspendidos.
<b>Niveles comprometidos</b>	Parámetros sin variación significativa entre los puntos aguas arriba y aguas abajo del depósito.
<b>Duración y frecuencia</b>	Lista parcial con frecuencia trimestral y lista completa con frecuencia anual.  Ambas listas durante toda la vida útil del proyecto.
<b>Método o procedimiento</b>	Estándar Internacional (Standard Methods for Examination of Water & Wastewater)
<b>Plazo y frecuencia de informes</b>	Informes anuales emitidos dentro del segundo mes siguiente al término de cada año calendario.
<b>Organismo competente</b>	Dirección General de Aguas, Servicio Agrícola y Ganadero Región de Valparaíso y con copia a la COREMA Región de Valparaíso o a la Comisión de Evaluación según corresponda.
<b>Conclusiones:</b> El proyecto no espera generar alteraciones de calidad de las aguas ni complicaciones respecto de los estériles.	
<b>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</b> No aplica	
<b>Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:</b> Ofrece descripción de la zona de estudios. Según estos resultados, el material extraído de la mina El Soldado no tiene potencialidad para generar acidificación de los suelos y no se evidenciaron alteraciones en la calidad de las aguas del estero El Sauce.  APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS Y SULFATOS EN SECTORES DEL ESTERO EL SAUCE.	

**Tabla 2.18:** Ficha bibliográfica N° 18

<p><b>Cita bibliográfica:</b> Anglo American (2010) Informe Análisis histórico de sulfatos aguas abajo del tranque de relaves El Torito</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Nov 2010 Informe Análisis histórico de sulfatos aguas abajo del tranque de relaves El Torito.</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> Noviembre de 2010 <b>Fecha del estudio de campo:</b> 14 de julio de 2010</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Verificar los contenidos de sulfatos en los sitios de monitoreo y su evolución en el tiempo.</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p> 	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial</p> <p><input type="checkbox"/> Flora</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Agua subterránea <input type="checkbox"/> Sedimento</p> <p><input type="checkbox"/> Agua de lluvia <input type="checkbox"/> Biota</p> <p><input type="checkbox"/> Relaves</p> <p><input type="checkbox"/> Agua residual <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b></p> <p>Pozo No 8 Pozo No 3 Torito A (somero) Pozo No 3 Torito B (profundo)</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b></p> <p>Sulfatos</p> <p>No indica métodos de análisis ni laboratorio que realizó los mismos</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>Los pozos de control del área de influencia del proyecto Ampliación del Tranque de Relaves El Torito no muestran tendencias crecientes que permitan suponer afectaciones a las aguas subterráneas.</p> <p>Los pozos de control ubicados fuera del área de influencia del tranque El Torito muestran contenidos de sulfatos estables en el tiempo. El pozo más cercano a las comunidades El Melón y Nogales presenta registros que superan los 35 mg/L, aunque en los últimos años</p>	

ha disminuido a 26 mg/L.

**Conclusiones:**

Los niveles de sulfato en las aguas subterráneas fuera del área de influencia del tranque El Torito han permanecido estables en el tiempo, con una tendencia a la disminución. No hay evidencia que permita suponer afectaciones a las aguas subterráneas.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

No se indica el método de análisis, por lo que no es posible evaluar su correspondencia con los objetivos y conclusiones del estudio.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

Se constata la presencia de sulfatos en el área de influencia del tranque El Torito.

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE SULFATOS EN AGUA DE POZO CON INFLUENCIA DEL TRANQUE EL TORITO, AUNQUE LOS NIVELES SON RELATIVAMENTE BAJOS.

**Tabla 2.19:** Ficha bibliográfica N°19

<p><b>Cita bibliográfica:</b> CENMA (2012). Evaluación histórica de la calidad de las aguas en el pozo dren Los Caleos, a partir de información de la base de datos de la DGA.</p>	
<p><b>Nombre del estudio:</b> Evaluación de los datos históricos de DGA en el pozo Dren Los Caleos</p>	<p><b>Fecha del informe:</b> 2012 <b>Fecha del estudio de campo:</b> No aplica</p>
<p><b>Objetivos general y específicos:</b> Realizar evaluación de los datos históricos de concentración de metales y sulfatos en aguas del Pozo Dren Los Caleos, según datos de DGA, para este estudio.</p>	
<p><b>Ubicación geográfica general:</b></p>  <p>Ubicación del Pozo Dren Los Caleos respecto del tranque El Torito y de los sectores poblados del área de estudio.</p>	<p><b>Matrices ambientales estudiadas:</b></p> <p>___ Suelo    ___ Agua superficial          ___ Flora          _X_ Agua subterránea          ___ Sedimento          ___ Agua de lluvia          ___ Biota          ___ Relaves          ___ Agua residual          ___ Polvo          ___ Aire</p>
<p><b>Puntos de muestreo (coordenadas)</b></p> <p>No aplica</p>	<p><b>Parámetros medidos y métodos de análisis:</b></p> <p>No aplica</p>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p> <p>Respecto de las concentraciones históricas de metales en aguas del pozo Dren Los Caleos, los valores se resumen en la tabla a continuación. No es posible afirmar si estos valores</p>	

corresponden a concentraciones de metales totales o de metales disueltos, puesto que no está indicado en los datos disponibles. No obstante, la ausencia de indicación, habitualmente, suele interpretarse como que corresponden a datos de concentraciones totales.

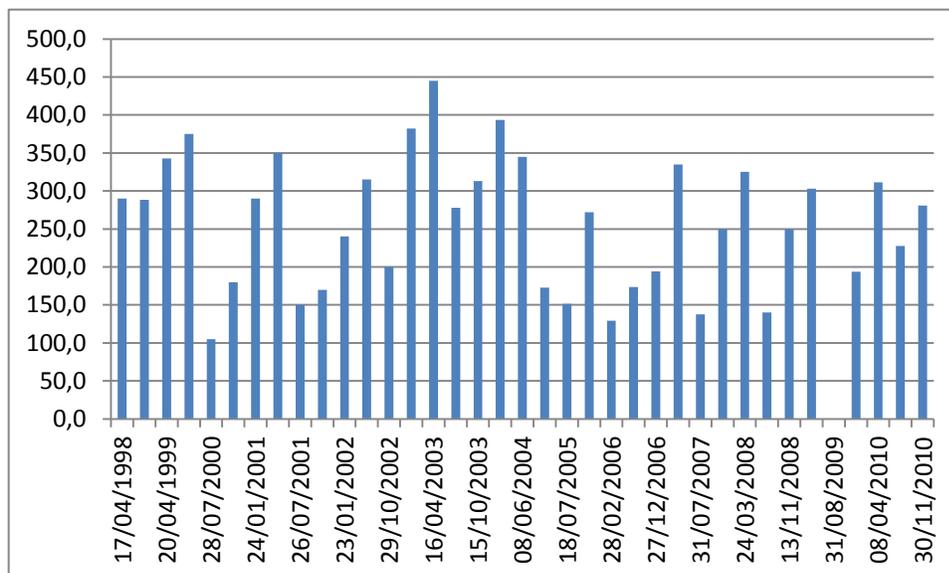
Concentraciones en mg/L											
	Al	As	Cd	Cu	Cr(VI)	Fe	Mn	Mo	Pb	Zn	Ni
1999	<0,5	<0,001-0,002	<0,01	0,01-0,02	<0,01	0,02-0,4	<0,01-0,02	<0,01-0,05	<0,01	<0,01	<0,01
2000	<0,5	<0,001-0,003	<0,01	<0,01-0,02	<0,01	0,03-0,07	<0,01-0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
2001	0,2-2,48*	0,001	<0,01	0,01-0,03	<0,01	0,02-0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002	0,1-0,3	<0,001	<0,01	0,01-0,02	<0,01	0,03-0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2003	0,2-0,9	<0,001-0,004	<0,01	0,02-0,14	0,01	0,03-0,68	<0,01-0,06	0,01-0,04	<0,01-0,02	<0,01-0,02	<0,01
2004	<0,1-0,5	<0,001	<0,01	0,01-0,02	<0,01	0,03-0,04	0,01	<0,01-0,04	<0,01	<0,01-0,02	<0,01
2005	0,1-0,6	0,001-0,003	<0,01	0,01-0,04	<0,01	0,03-0,06	0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01
2006	0,1-0,3	0,001	<0,01	0,01-0,03	0,01	0,03-0,1	<0,01	<0,05**	<0,05**	0,01	<0,02**
2007	<0,3**	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,03-0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,01	<0,02
2008	<0,3-0,4	0,001	<0,01	0,01-0,03	<0,01	<0,03-0,05	<0,01	<0,05	<0,05	0,01-0,02	<0,02
2009	<0,3	<0,001	<0,01	0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,05	<0,05	0,01	<0,02
2010	<0,3	<0,001	<0,01	0,01	-	<0,03-0,443	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01	<0,02

\*aparentemente se produjo un cambio en el método analítico empleado, se mejoran las condiciones para la detección de menores concentraciones porque se reportan concentraciones menores al límite de detección empleado en el año 2000: 0,5 mg/L

\*\*aparentemente se produjo un cambio en el método analítico empleado, que empeora las condiciones para la detección de menores concentraciones porque se reportan nuevos límites de detección menos sensibles que los utilizados anteriormente

Las concentraciones de metales históricamente registradas, son muy bajas; en su gran mayoría se encuentran bajo el límite de detección o muy próximas al límite de detección.

Respecto a las concentraciones de sulfato (mg/L), en la siguiente figura se presenta la tendencia histórica en el Pozo Dren Los Caleos.



Las concentraciones de sulfato en aguas no mantienen un patrón constante, con un promedio histórico de 258,3 mg/L.

**Conclusiones:**

No se encuentran niveles históricos de altas concentraciones de metales en esta estación.

**Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:**

Es buena, porque se utilizan los datos de DGA.

**Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:**

APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES METALICOS EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS, INDICANDO QUE EL EN POZO DREN LOS CALEOS NO SE HAN REPORTADO ALTAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS, A PARTIR DE DATOS HISTORICOS ENTRE 1999 Y 2010.

## CAPITULO 3: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

### 3.1 Caracterización geológica del Estero El Cobre

Según lo descrito en la Línea Base del proyecto Continuidad Operativa Sustentable de la Mina El Soldado, en el área se encuentran rocas estratificadas correspondientes a rocas volcánicas y sedimentarias de edades comprendidas principalmente del Cretácico Inferior, cubiertas por sedimentos fluviales y coluviales asignados al Cuaternario. Se indica la siguiente descripción de las formaciones principales del sector:

- **Formación Lo Prado (Thomas 1958):**

Rocas asignadas a la Formación Lo Prado, del Cretácico Inferior, afloran directamente al Este, en las cotas intermedias y superiores del Morro - Las Pataguas y Morro – El Farellón, dónde aparece claramente estratificada. Está constituida por rocas sedimentarias, principalmente calcilitas intercaladas con calcarenitas, y niveles de brechas y conglomerados. Se observan también niveles volcánicos andesíticos intercalados. Esta formación se dispone concordantemente bajo la Formación Veta Negra.

- **Formación Veta Negra (Neocomiano-Barremiano)**

#### a) Miembro Purehue

Corresponden a una alternancia de lavas andesíticas y dacíticas, andesitas y dacitas brechosas, además de brechas volcánico – clásticas andesíticas y dacíticas, con algunas intercalaciones de lavas andesíticas ocoíticas, tobas y areniscas, además de intercalaciones basales calcáreas. Localmente, se aprecia la ocurrencia de rocas hidrotermalmente alteradas.

#### b) Miembro Ocoa

Las rocas del Miembro Purehue recién descrito subyacen concordantemente a lavas andesíticas ocoíticas del Miembro Ocoa (Kvno), de la misma Formación Veta Negra. Son también rocas duras y densas, de moderado a fuerte fracturamiento.

Las rocas sedimentarias y volcánicas, tienen una disposición hoclinal, con rumbos variables entre NNE – SSO y manteos que varían entre 15° y 45° hacia el este.

- **Relleno Sedimentario (depósitos cuaternarios no consolidados)**

Las formaciones cretácico-terciarias definidas anteriormente, se encuentran parcialmente cubiertas por rellenos superficiales reunidos bajo la denominación de depósitos cuaternarios no consolidados.

Forman parte de este grupo los depósitos de terraza aluvial del Estero El Cobre y los depósitos de abanicos aluviales de las quebradas principales. Asociados a éstos, se agregan los depósitos fluviales ligados a cursos de agua de régimen temporal o esporádico, y depósitos coluviales, representados por escombros de falda y depósitos gravitacionales de laderas.

Los niveles superficiales de arcilla ligados a los conos de deyección, no parecen estar asociados a la sedimentación producida por el Estero El Cobre. Dicho curso de agua, también de régimen temporal, parece desplazado hacia el Noroeste por la depositación de materiales detríticos de los conos de deyección del macizo montañoso de la Loma Sin Camino, la que parece ser expresión del vigor erosivo manifestado en el pasado por las quebradas que originaron los conos de deyección.

En el Estero El Cobre se muestran una ausencia de finos limo-arcillosos a favor de granulometrías mayores.

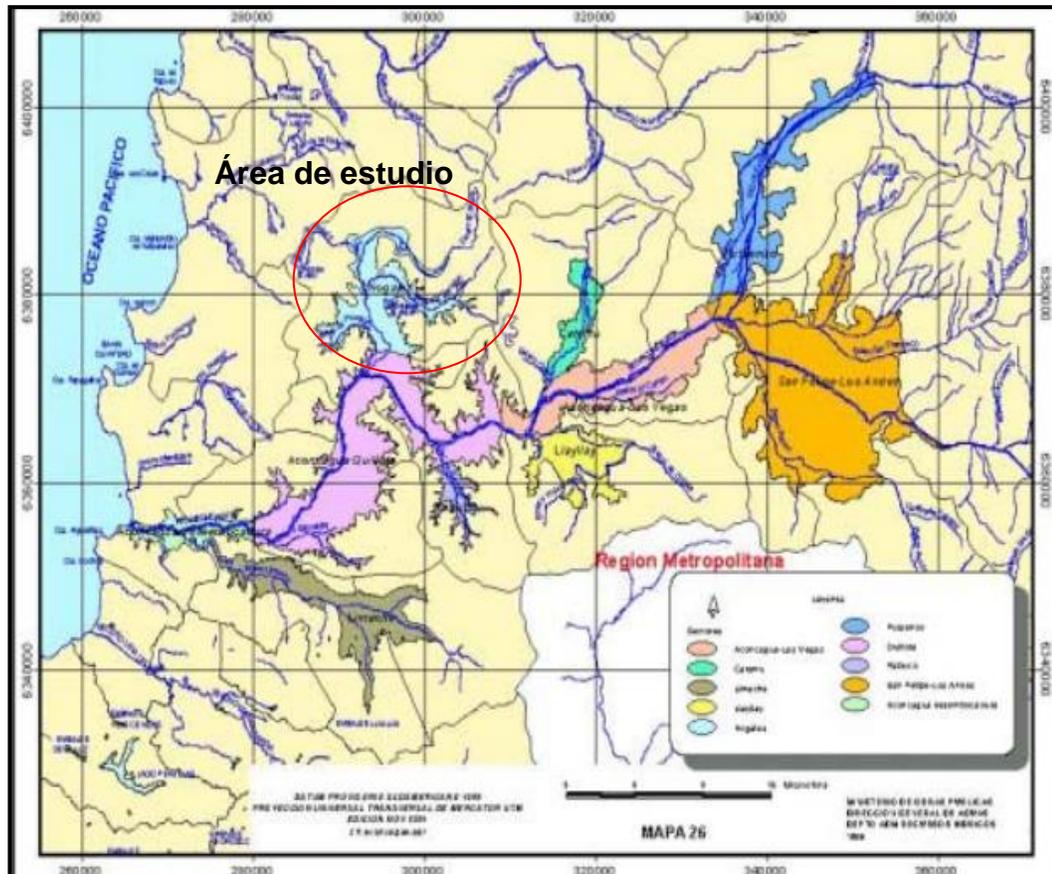
### **3.2 Geomorfología del Estero El Cobre**

De acuerdo a lo descrito en la Línea Base del proyecto Continuidad Operativa Sustentable de la Mina El Soldado, el Estero El Cobre nace de la confluencia de las Quebradas El Gallo, situada al Noreste de la mina El Soldado, de la Quebrada El Carmen entre la mina y el antiguo pueblo El Cobre. Frente al Tranque de Relaves N°4 se produce la confluencia del Estero El Cobre con el Estero El Sauce, constituyendo a partir de ese punto un solo curso de agua que adopta el nombre de El Cobre.

El cono aluvial del Estero El Cobre, se abre progresivamente desde la localidad de El Sauce, unos dos kilómetros aguas arriba del antiguo pueblo El Cobre, para tener su máxima expresión al enfrentar la Loma Portezuelo Hondo. A partir de este punto el Estero describe un amplio giro hacia el Suroeste.

### **3.3 Antecedentes hidrogeológicos**

La comuna de Nogales se inserta dentro del subacuífero Aconcagua Quillota del acuífero Aconcagua.



**Figura 3.1:** Zonificación hidrogeológica del río Aconcagua

Según el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Continuidad Operativa Sustentable de la Mina El Soldado, la subcuenca del Estero El Cobre constituye una depresión elongada en dirección Este-Oeste, de aproximadamente 10 km de largo por 1 km de ancho. Se encuentra limitada al norte y al sur por secuencias estratificadas de lavas, rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias del Jurásico a Cretácico Inferior, y está rellena con sedimentos no consolidados de edad Cuaternaria.

El área de mayor importancia hidrogeológica está constituida por acuíferos intergranulares desarrollados en depósitos de terraza aluvial del estero El Cobre y en depósitos fluviales actuales. Las unidades con una importancia hidrogeológica media incluyen acuíferos intergranulares desarrollados en depósitos de abanicos aluviales antiguos de las quebradas principales y depósitos coluviales. La recarga proviene de precipitaciones y de flujos superficiales y subterráneos asociados a las quebradas tributarias del estero El Cobre.

Las unidades hidrogeológicas presentes en el área se reseñan como sigue:

**1.- Acuíferos de alta importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados:**

Corresponden a acuíferos intergranulares, extensos y altamente productivos.

**2.- Depósitos de terraza aluvial del estero El Cobre:**

Forman un depósito elongado de 6 km de largo por 1 km de ancho aproximadamente, asociado a terrazas del estero El Cobre, y aparecen cortados por depósitos fluviales actuales asociados al cauce principal del estero El Cobre. Están constituidos por arcillas, limos y arenas con menor contenido de gravas. Constituyen acuíferos libres y semiconfinados, en conexión hidráulica con los depósitos fluviales actuales del cauce principal del estero El Cobre, así como con depósitos de abanicos aluviales antiguos de las quebradas principales y depósitos coluviales, de los cuales recibe recarga. Posee un alto potencial hidrogeológico.

**3.- Acuíferos de media a baja importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados:**

Corresponden a acuíferos intergranulares, locales y con productividad irregular.

**4.- Depósitos fluviales actuales:**

Forman depósitos elongados asociados al cauce principal del estero El Cobre así como a quebradas tributarias. Están constituidos por gravas y arenas, con ocasionales lentes de arena de relave provenientes de la antigua ruptura del embalse de relaves (terremoto de 1965). Constituyen acuíferos libres, de extensión local, en conexión hidráulica con los depósitos de terraza aluvial del estero El Cobre, así como con depósitos de abanicos aluviales. Presentan un bajo potencial hidrogeológico.

**5.- Depósitos de abanicos aluviales:**

Estos depósitos están constituidos por acumulaciones de material aluvial y detrítico, los que forman conos de deyección asociados a quebradas cortas y de alta pendiente. Ocupan superficies no mayores a 1,5 km<sup>2</sup>. Están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas en lentes subhorizontales interdigitados, los que muestran una estratificación gruesa paralela a la pendiente. Presentan zonación espacial, con los materiales más finos ubicados de preferencia en los sectores distales del depósito, y los más gruesos en el sector apical. Desarrollan acuíferos libres, de extensión local, y en conexión hidráulica con los depósitos de terraza aluvial del estero El Cobre. Presentan un moderado a bajo potencial hidrogeológico.

**6.- Depósitos coluviales:**

Estos depósitos cubren la mayor parte de las laderas de cerros en el área, formando una cubierta de espesor menor a dos metros. Están formados por gravas, arenas, limos y arcillas. Forman acuíferos libres, de extensiones locales y considerados en tránsito. Presentan conexión hidráulica con los depósitos de terraza aluvial del estero El Cobre y con los depósitos de abanicos aluviales. Exhiben un bajo potencial hidrogeológico.

### **7.- Acuíferos de media a baja importancia hidrogeológica en rocas sedimentarias fisuradas:**

Corresponden a acuíferos en roca y fisurados, locales y con productividad irregular.

### **8.- Rocas volcánicas del Jurásico a Cretácico:**

Brechas volcánicas, tobas, lavas andesíticas brechosas y lavas dacíticas asignadas a las formaciones Lo Prado, Horqueta y Ajial. Constituyen posibles acuíferos fisurados locales en el techo de las coladas. Presentan un bajo potencial hidrogeológico.

Según el mapa hidrogeológico de Chile, escala 1:2500000 desarrollado por DGA (1986), la zona de estudio presenta permeabilidad muy baja a ausente, con muy baja importancia hidrogeológica relativa, cuyas características generales se describen como rocas sedimento volcánicas; coladas, brechas e ignimbritas con intercalaciones de lutitas, areniscas y conglomerados. Se consideran basamento de acuíferos y abarcan zonas cordilleranas.

### **3.4 Hidrología del Estero El Cobre**

El sistema hidrográfico está compuesto principalmente por el estero El Sauce y El Gallo, y una serie de cauces menores, en los que se incluye la Quebrada Carmen, los cuales conforman aguas debajo de su confluencia, el Estero El Cobre.

Las intensidades en milímetros de precipitaciones máximas en 24 horas estimados para los distintos períodos de retorno (T) en el marco del estudio de Línea Base del proyecto Continuidad Operativa Sustentable de la Mina El Soldado, se presentan en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.1:** Precipitaciones máximas en 24 hrs según período de retorno

Período de retorno, T (Años)	Precipitación (mm)
2	71,7
5	99,1
10	117,3
25	140,3
50	157,5
100	174,6
200	191,8
500	214,7

Fuente: EIA Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado

### 3.5 Características Edafológicas del Estero El Cobre

La caracterización de la edafología se presenta a una escala general y local del área de la mina El Soldado, se describe en la Línea Base del proyecto de su Continuidad Operativa Sustentable como:

- a) Suelo aluvial de planicie de inundación o lecho mayor, relacionado con el Estero El Cobre.
- b) Suelo esquelético o litosol, presente especialmente en los sectores de afloramientos rocosos con escaso desarrollo de suelo.
- c) Suelo coluvial o de piedemonte, relacionado con el sector basal de las laderas montañosas en su unión con el fondo de la rinconada. En este sector abundan los escombros de falda y los depósitos de pie de talud.
- d) Suelo de ladera montañosa que puede ser suficientemente potente en los sectores de bosque esclerófilo, y en particular en la parte oriental y sur-oriental de la rinconada.
- e) Suelo de cono de deyección, que corresponde al tipo de suelo de más amplia distribución en el sitio y ligado a las formas mayores que éste.

Los suelos de las laderas montañosas están más desarrollados, y son más potentes y evolucionados que los de los conos de deyección. Son de tipo pardo-rojizo con predominio de finos arcillo-limosos que suelen ser erosionados con cierta facilidad en los sectores desprovistos de protección vegetal. La coloración proviene de la alteración de brechas volcánicas y andesitas del mismo tono.

Los suelos de cono de deyección presentan una pendiente baja, inferior a 7% aunque en general, inferior a 3,5% (2°). Se trata de suelos no evolucionados; originados por fenómenos de aporte; poco potentes y con horizontes poco desarrollados y diferenciados.

### 3.6 Aspecto Hidroquímico del Agua Superficial de la cuenca del Estero El Cobre.

A pesar de pertenecer a la cuenca del Río Aconcagua, este sector ha sido poco estudiado desde el punto de vista de su composición química en proyectos de alcance general a toda la cuenca de dicho río. Las mediciones reportadas en los antecedentes consultados se limitan a muestras ocasionales con relación a situaciones específicas como las descritas en las fichas bibliográficas presentadas en el capítulo 2. No ha sido posible encontrar información sistematizada respecto de calidad química de las aguas superficiales del estero con uso en riego agrícola. Por otra parte, las estaciones DGA de calidad de agua en este sector, considera únicamente el monitoreo del Pozo Dren Los Caleos y no incluye estaciones de agua superficial en este sector.

### 3.7 Diagrama Unifilar del Estero El Cobre

El diagrama unifilar corresponde a un instrumento técnico que permite una mejor comprensión respecto del Estero El Cobre y sus principales tributarios. La información obtenida en terreno, no se encuentra integrada y será completada en el Informe Final.

En la figura 3.2 se ilustra el diagrama unifilar del Estero El Cobre, donde destaca en nacimiento del Estero El Cobre, por la confluencia de los esteros El Gallo y El Sauce, seguido de los tributarios, Canal El Melón, Estero Javiera y finalmente el Estero Carretón.

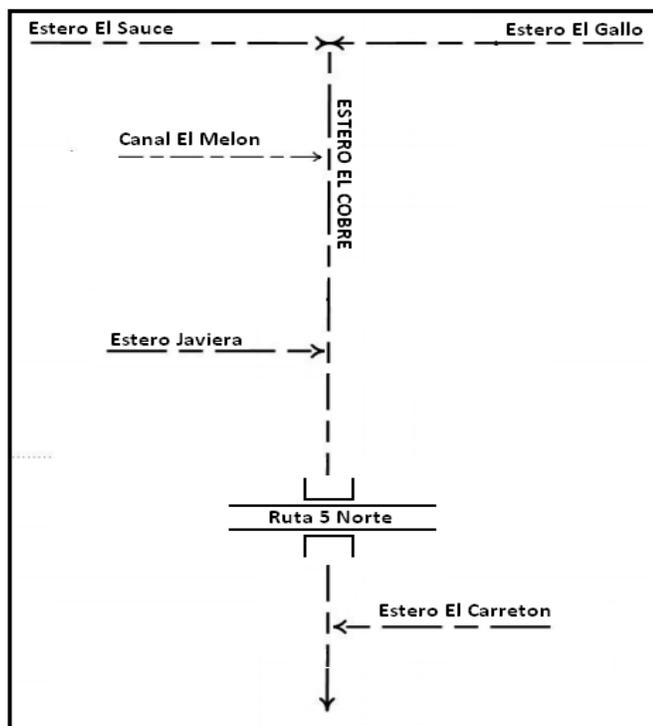
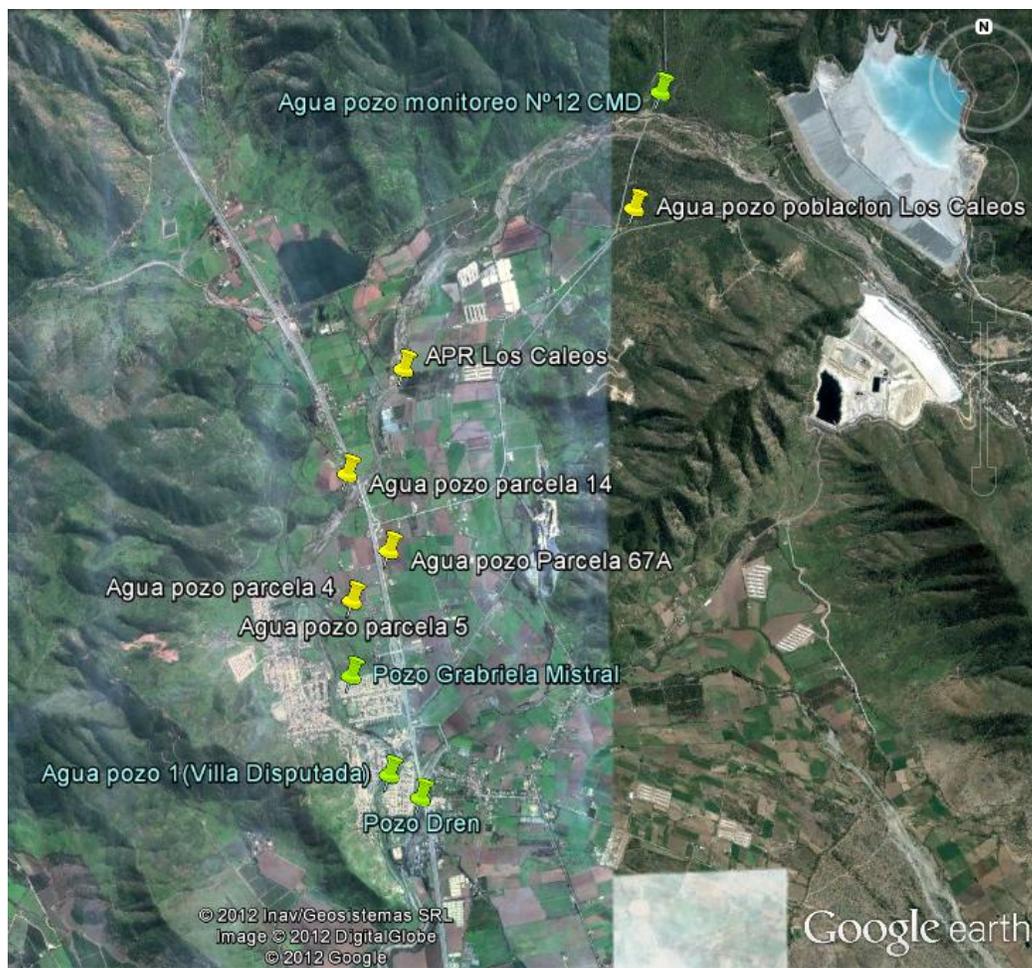


Figura 3.2 Esquema general unifilar del Estero El Cobre

### 3.8 Puntos de captación de aguas subterráneas

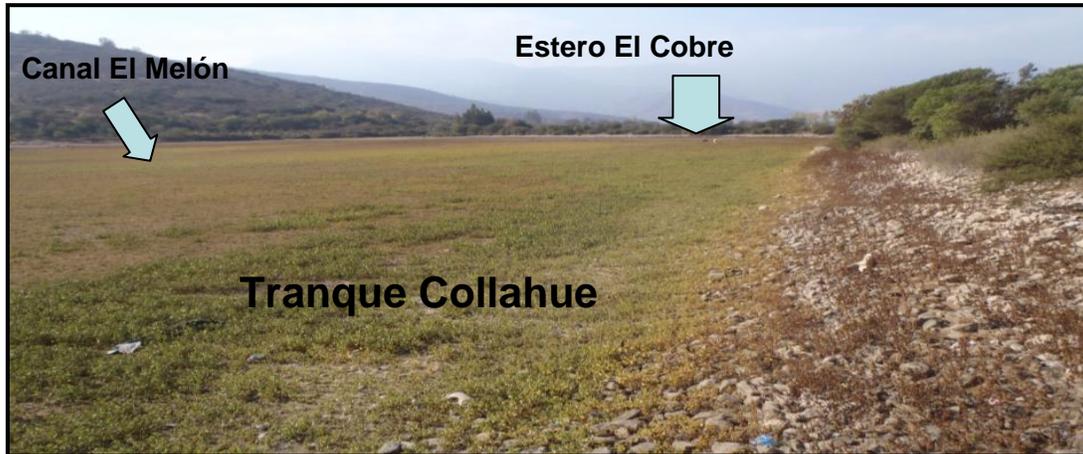
En la zona de estudio se identificaron 8 pozos de captación de agua potable y 1 pozo de monitoreo de la mina Anglo American ubicados en la cuenca. En todos los casos se obtuvieron muestras para realizar análisis fisicoquímicos, cuyos resultados serán presentados en el Informe Final del presente estudio.



**Figura 3.3:** Puntos de captación de aguas subterráneas

### 3.9 Sistemas de derivación, acumulación, conducción y distribución de aguas de riego.

Se pudo constatar rudimentarios y poco eficientes sistemas de derivación y acumulación de aguas superficiales en la zona de estudio. En la figura siguiente se presenta el tranque Collahue (seco) el cual recibe los aportes de Canal el Melón y del Estero El Cobre y es empleado principalmente para regadío.



**Figura 3.4:** Tranque Collahue

Se constató que durante el período de estiaje y prolongada sequía, los sistemas de riego provienen de fuentes de captación subterráneas, las cuales por sistemas de mangueras de derivación vierten las aguas en canales superficiales los que finalmente distribuyen el elemento en los predios agrícolas de la zona (Figura 3.5)



**Figura 3.5:** Sistemas de riego

Según la información contenida en el Censo Agropecuario de 2007 para la comuna de Nogales, previamente descrita en las fichas, la superficie con explotaciones agropecuarias asciende a 12.152,82 ha. Las mayores superficies se dedican a praderas naturales (38%) y a cultivos anuales y permanentes (26%) mientras que el bosque nativo ocupa el 10% de la superficie censada en la comuna.

Respecto a los sistemas de riego, la superficie regada ocupa 3.728,29 ha. El riego gravitacional tendido ocupa el mayor porcentaje (30%) mientras que en su conjunto, las técnicas de microriego ocupan más del 50% del total de la superficie regada con estas técnicas.

Respecto a los cultivos, el mayor porcentaje está ocupado por los frutales (55%) seguido por las hortalizas (16,2%) y las plantas forrajeras (13,8%).

El 97% (375 ha) de la superficie sembrada con cereales, leguminosas y tubérculos se cultiva con riego mientras que el 3% se desarrolla en secano.

En el año 2007, el 98% de la superficie cultivada con hortalizas se trabajaba al aire libre y apenas un 2% en invernadero, dedicada a tomate de consumo fresco. Los principales cultivos son choclo, zanahoria y porotos granados.

### 3.10. Abastecimiento de agua potable.

Según la propuesta de plan regulador de la comuna de Nogales, el abastecimiento de agua potable proviene de cinco pozos ubicados en terrenos de ESVAL, a un costado de la ruta 5 Norte. El agua captada por el sistema de sondaje es impulsada hasta el estanque principal y desde allí distribuida a los usuarios con una reelevación a un estanque menor que sirve al sector de El Polígono.

El sistema de distribución posee aproximadamente 13,3 kilómetros de tubería, que cubre casi toda el área urbana. El sistema posee dos estanques de regulación semienterrados de 500 m<sup>3</sup> y de 100 m<sup>3</sup>, que abastece al sector El polígono. El sistema de distribución está compuesto por tuberías de cemento asbesto de 75 a 100 mm, excepto en el sector El Polígono que utiliza material de PVC.

Las fuentes de abastecimiento del sistema son las siguientes:

#### **Captación N° 1**

Nombre: Planta Liceo  
Ubicación: Terreno del Liceo de la Localidad  
Tipo: Subterránea tipo Pozo Profundo  
Capacidad: 15 l/s

#### **Captación N° 2**

Nombre: Planta Nogales  
Ubicación: Recinto ESVAL S.A., a un costado de la ruta CH-5- Norte  
Tipo: Subterránea Sondajes (4 Pozos Profundos N° 1, N° 2, N° 503 y N° 504)  
Capacidad: 20 l/s

#### **Captación N° 3** (proyectada para comenzar a operar en 2011)

Nombre: Dren Nogales  
Ubicación: Terreno del Liceo de la Localidad (estero El Litre)

Tipo: Subterránea tipo Dren

Capacidad: 50 l/s.

El tratamiento aplicado para la potabilización consiste en la aplicación de cloro y flúor, se realiza mediante dos inyecciones en la impulsión proveniente de los pozos N° 504, N° 503 y N° 1. La dosificación para el hipoclorito es de 0,7 a 0,8 mg/L y de 1,0 a 1,1 mg/L para el flúor. En el mismo recinto se ubica un ablandador del tipo Aguasín para disolver las sales de flúor.

Del mismo modo, para el sector rural de la comuna, la propuesta de Plan Regulador consigna que el proyecto de Sistema integrado agua potable El Melón se diseñó para dotar de agua potable al sector de las poblaciones El Rungue, El Rungue Norte y la población Gabriela Mistral en una primera etapa y las áreas de Ferronor, Los Cñamos y centro de El Melón en una segunda etapa.

Los dos primeros sectores mencionados corresponden a terrenos del Comité de Allegados El Runque, El Melón, en los cuales fueron construidas alrededor de 300 viviendas en forma inmediata y 300 viviendas proyectadas a futuro, estas no tienen factibilidad de abastecimiento aún desde los Servicios de Agua Potable existentes. La población Gabriela Mistral corresponde a la denominada Macal 3, tiene una copa de agua (300.000 Litros) y un sondaje (13 l/s).

El sistema denominado como Macal-Navío satisface a 405 viviendas en las poblaciones Macal 1 y Macal 2 y mineral El Navío, a través de dos captaciones subterráneas ubicadas junto al estero El Cobre. El Sistema Villa Disputada sirve aproximadamente a 225 viviendas de la Villa Disputada. Cuenta con un pozo ubicado en ribera oriente del Estero El Cobre.

Por otra parte, existe un sistema municipal que abastecía, a la fecha de la propuesta de Plan Regulador de la comuna de Nogales, a los sectores bajo y alto de El Melón, más las poblaciones de Juanita Fernández, Gabriela Mistral y Población Las Araucarias, contando al año 2001 con 1.300 arranques domiciliarios.

Algunos pobladores en el sector rural alto de la zona de estudio, reciben agua potable para consumo en las viviendas mediante camión aljibe una vez por semana, según refieren pobladores del sector entrevistados para este estudio.

### 3.11 Sistema de alcantarillado.

El sistema de alcantarillado de la localidad de Nogales se desarrolla a través de tres colectores principales, los cuales posteriormente por medio del colector I, desaguan a la planta elevadora de Nogales, la que impulsa las aguas servidas hasta la planta de tratamiento de esta localidad (Laguna de Estabilización), cuyo efluente es descargado

finalmente al estero El Litre, según se indica en el estudio “Contaminación microbiológica de los recursos hídricos del Río Aconcagua. Estero Pochay. V Región” efectuado por la Universidad de Santiago de Chile en 2003. En tanto, en la zona rural el sistema es administrado por ESSEL. Respecto al tratamiento de aguas servidas, esto se realiza a través de lagunas de estabilización ubicadas en sector sur de la ciudad El Melón por parte de Agua Potable El Melón.

### **3.12 Manejo de desechos municipales sólidos**

La recolección y disposición final de desechos municipales sólidos generados en la comuna, se encuentra a cargo de la empresa Santa Teresita, según consta en la Adenda N° 1 de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Subestación Seccionadora Nogales 220 KV” (2008). El vertedero utilizado para la disposición final de los desechos sólidos está ubicado en San Pedro, al interior de Quillota.

Según consta en el documento “Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile” (2010), la comuna de Nogales genera 8.577 toneladas de RSU por año, encontrándose en el grupo de las comunas con menor generación de la región.

## CAPITULO 4: EVALUACIÓN CUALITATIVA GENERAL Y FORMULACION DE HIPOTESIS.

En este estudio se entiende por “**evaluación cualitativa**” a la recopilación de antecedentes generales que permitan identificar las **fuentes(s)** de contaminantes ambientales, **vías** de exposición, y **receptores potenciales** en el área de estudio.

Se comenzó desde una visión amplia general acerca de los impactos ambientales que pueden generar actividades como la minería a cielo abierto y también la actividad agroalimentaria con incidencia en la salud de las personas.

A partir del supuesto de la existencia de fuentes contaminantes, se describen las vías y rutas que permiten el transporte de contaminantes desde las fuentes hacia receptores potenciales genéricos. De modo general, se establecen diferencias entre los receptores según sean residentes en la zona urbana de la comuna en estudio así como residentes en la zona rural. Igualmente se diferenciarán los receptores urbanos y rurales en niños y adultos.

### 4.1 Hipótesis para el tramo inferior de la cuenca

En correspondencia con los antecedentes recopilados en este estudio, la hipótesis sobre la distribución y presencia de contaminantes en el tramo inferior de la cuenca puede formularse como sigue:

En el sector bajo de la cuenca, hasta el pueblo El Melón, se recibe la influencia de diversos contaminantes presentes en aguas y material sólido no consolidado, que son transportados desde el tramo superior de la cuenca del estero El Cobre, de puntual y difusa desde las fuentes generadoras de contaminantes hasta las actividades de agrícolas y ganaderas, que pueden actuar como vías secundarias de transporte de contaminantes que se pueden asociar a riesgos en la salud de los pobladores urbanos y rurales mediante la incorporación de contaminantes en las cadenas tróficas y alimenticias expuestas a dichos contaminantes.

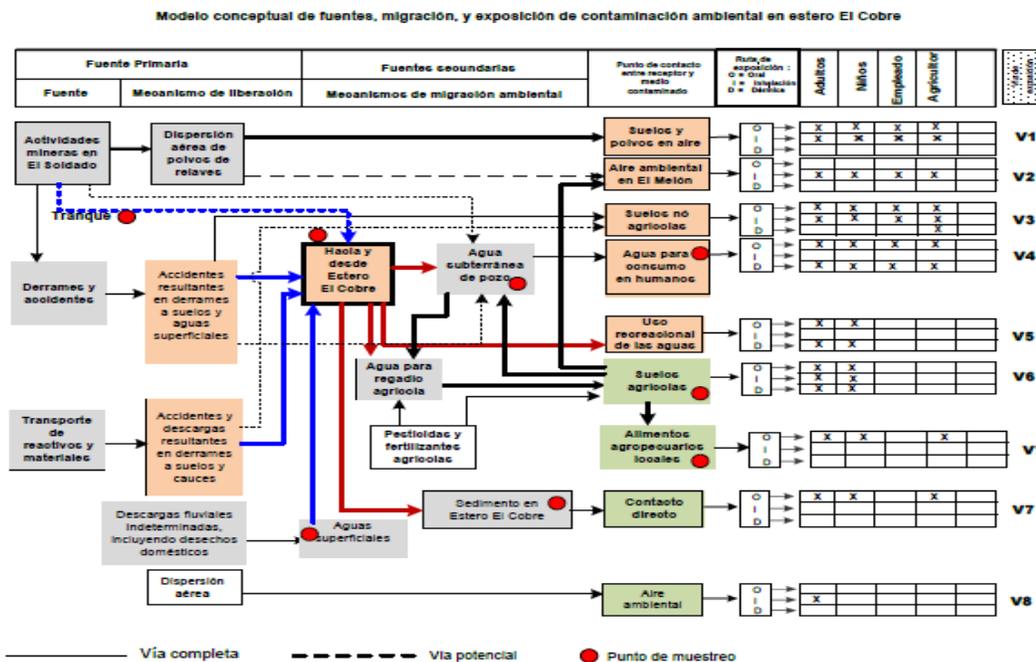
Esta hipótesis permite la formulación del Modelo conceptual del problema de estudio, que orienta las acciones a continuar en el marco del proyecto, tal como se describe en los capítulos siguientes.

## CAPITULO 5: MODELO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 5.1 Formulación del modelo conceptual del problema de estudio

Se conoce como modelo conceptual al relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él, según se describe en la Resolución Exenta No 1690 de Ministerio de Medio Ambiente que Aprueba Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de suelos abandonados con presencia de contaminantes.

Es decir, el modelo conceptual es una representación esquemática integrada, de la información recopilada acerca de fuentes de contaminantes, los mecanismos de liberación, migración y destino ambiental del contaminante, y los puntos de contacto con los receptores hipotéticos identificados. Para el caso de estudio, la representación esquemática del modelo conceptual se presenta en la figura 5.1; la cual ha sido obtenida a partir de combinar los antecedentes estudiados y las visitas a terreno.



**Figura 5.1:** Modelo conceptual del problema de estudio, para el tramo inferior de la cuenca desde el cono de deyección hasta el pueblo El Melón.

En esta representación se indican la **fuentes primaria** (actividad minera en la parte superior de la cuenca) y las **fuentes secundarias** (otras actividades asociadas con la minera que se desarrollan fuera de la propiedad, como el traslado de reactivos y materiales, así como la actividad agrícola y ganadera desarrollada en la zona inferior de la cuenca). Se indican igualmente los mecanismos de descarga (ó liberación) de cada fuente. El reservorio principal de estas actividades es el Estero El Cobre, además de el aire y los suelos.

En el diagrama se ilustran conceptualmente las diversas **vías** que pueden seguir los contaminantes en el medio ambiente, y cómo pueden llegar hasta los puntos de contacto con los receptores. En estos puntos, mediante una **ruta de exposición** relevante (oral, dérmica, respiración), y dadas las condiciones de la exposición (duración, magnitud, biodisponibilidad, absorción), los contaminantes ingresan al organismo del **receptor**.

Las vías de exposición consideradas como primarias en este estudio son la dispersión aérea del material sólido no consolidado generado en las actividades mineras, y el transporte de materiales por las aguas del estero El Cobre, que se postula recibe variadas descargas ambientales aguas arriba y en cercanías de la zona minera, las que son transportadas hasta las zonas pobladas aguas abajo ya sea en forma de contaminantes disueltos como en forma de material en suspensión.

Como vía secundaria se ha considerado el transporte de contaminantes a través de las aguas subterráneas. Los suelos agrícolas de la zona son irrigados por aguas del estero y/o con aguas de pozo. La aplicación de pesticidas y fertilizantes en los suelos agrícolas puede significar que eventualmente lleguen a las aguas del estero y/o a las aguas de pozo, reiniciando un nuevo ciclo de migración ambiental.

La dispersión aérea de material sólido no consolidado generado en los sitios de minería metálica de cabecera de cuenca puede afectar las zonas aledañas a las actividades mineras, en particular las áreas agrícolas, provocando la deposición de material sobre los cultivos y los techos y las áreas de producción agroalimentaria. El cambio de dirección de los vientos puede afectar el pueblo El Melón y otras comunidades de la zona.

Las vías de exposición identificadas como relevantes son:

- 1) la dispersión atmosférica de material sólido no consolidado generado en la actividad minera metálica en la zona (este material sólido puede tener origen múltiple y heterogéneo en relaves, polvos de caminos, desechos mineros, etc.).
- 2) aire ambiental en El Melón, el cual se supone diferente a los aires en las inmediaciones de la zona minera debido a la distancia y la dirección prevalente del viento;
- 3) aguas de pozo para uso de regadío agrícola o para consumo humano de bebida; esto resulta en exposición por la vía de ingestión, y contacto dérmico directo.

- 4) suelos agrícolas que hipotéticamente están afectados por sedimentación de partículas que llegan por deposición aérea, y que además pueden estar regados por aguas de pozo o aguas superficiales provenientes del Estero El Cobre, las que presenten altos niveles de contaminantes que han sido incorporados a sus cursos desde las actividades en la faena minera; esto resulta en exposición dérmica por contacto dérmico directo, ingestión accidental de suelos, e inhalación de suelos resuspendidos en el aire.
- 5) alimentos agropecuarios locales que se ingieren crudos y que pueden estar afectados por la sedimentación de polvos aéreos y por las aguas de regadío contaminadas, lo que puede resultar en exposición por ingestión de frutas y verduras.
- 6) aguas del Estero El Cobre cuya calidad a la entrada del pueblo El Melón puede estar afectada por desechos domésticos y probablemente por contaminación de tipo industrial (minería, agrícola) y que resulte en exposición dérmica.

Como primera hipótesis respecto de las vías, se supone que, para el caso de estudio, las mismas son **completas**.

Las vías y puntos de contacto identificados en el modelo conceptual deberán confirmarse para continuar con la estimación de la exposición, lo que se reportará en el Informe Final del estudio.

## **5.2 Identificación de principales brechas de información técnica y consecuentes requerimientos de levantamiento de información complementaria**

El Estero El Cobre ha sido identificado como un reservorio central para el posible transporte de sustancias potencialmente peligrosas a la salud humana desde la parte superior de la cuenca a las zonas pobladas más abajo. Sin embargo, no existen estudios detallados de este sector de la cuenca del Río Aconcagua.

Entre las principales brechas de información se destaca la ausencia de monitoreos sistemáticos de la calidad del agua del Estero El Cobre.

## **CAPITULO 6: CARACTERIZACIÓN DE LA SALUD AMBIENTAL EN EL TRAMO INFERIOR DE LA CUENCA**

### **6.1 Caracterización demográfica, social y económica específica de los sectores poblados**

#### **6.1.1 Población de la zona**

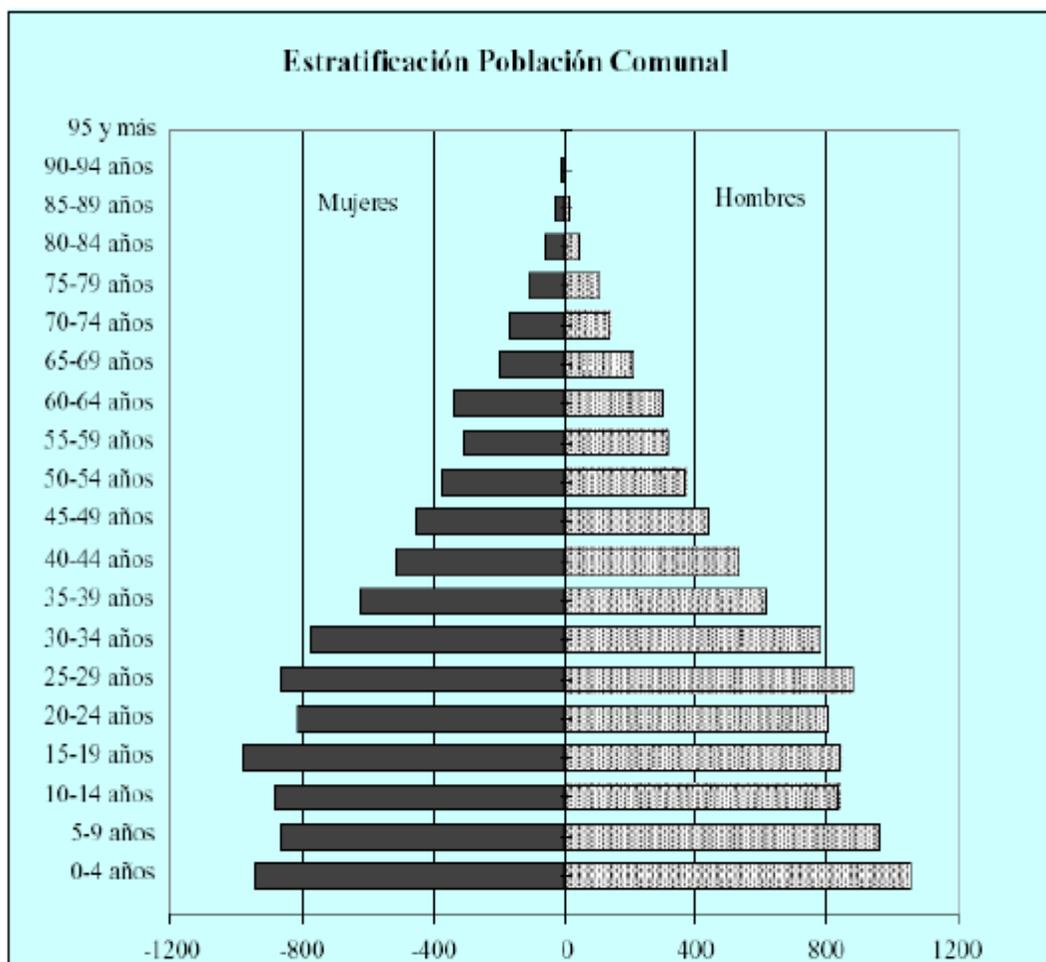
La cantidad de habitantes de la comuna de Nogales al año 2002 era de 21.633 habitantes, lo que representaba el 0,14% de la población regional. Esta comuna cuenta con una superficie de 405,2 km<sup>2</sup>, lo que arroja una densidad de población de 53,4 habitantes por km<sup>2</sup>. El área del estudio comprende cuatro localidades y una entidad, todos dentro de la Comuna de Nogales, y corresponden a los poblados de El Carretón, El Soldado, El Cobre y El Melón. Dentro de la localidad de El Melón, se encuentra la entidad de Los Caleos, que constituye el asentamiento poblacional inmediatamente contiguo al Estero El Cobre. Los antecedentes locales recopilados, están basados en las tabulaciones del INE al año 2002, y corresponden al “Listado de Localidades y Entidades Pobladas por Comuna”, que comprende los datos de vivienda y de población.

A continuación se define la dimensión geográfica de cada una de estas localidades y de la entidad en cuestión:

- Localidad El Carretón: Esta localidad contaba, al año 2002 con un total de 71 habitantes, distribuidos en 3 entidades, correspondientes a:  
El Carretón: Caserío (32 habitantes);  
La Viña: Parcela (39 habitantes).
- Localidad El Soldado: De acuerdo al Censo de 2002, la población de El Soldado era de 3 habitantes.
- Localidad El Melón: Según el Censo de 2002, esta localidad es la más grande de todas, en cuanto a población, con un total de 1.098 habitantes. Ésta se compone de 11 entidades distribuidas de la siguiente manera:
  - Camino El Carretón : Parcela (182 habitantes)
  - Camino El Tranque: Parcela (65 habitantes)
  - Collahue: Parcela (212 habitantes)
  - El Chamizal: Parcela (156 habitantes)
  - El Navío: Parcela (95 habitantes)
  - La Ladera: Parcela (48 habitantes)
  - Las Palmas: Caserío (158 habitantes)
  - Los Caleos: Parcela (167 habitantes)
  - Panamericana Norte: Caserío (15 habitantes)

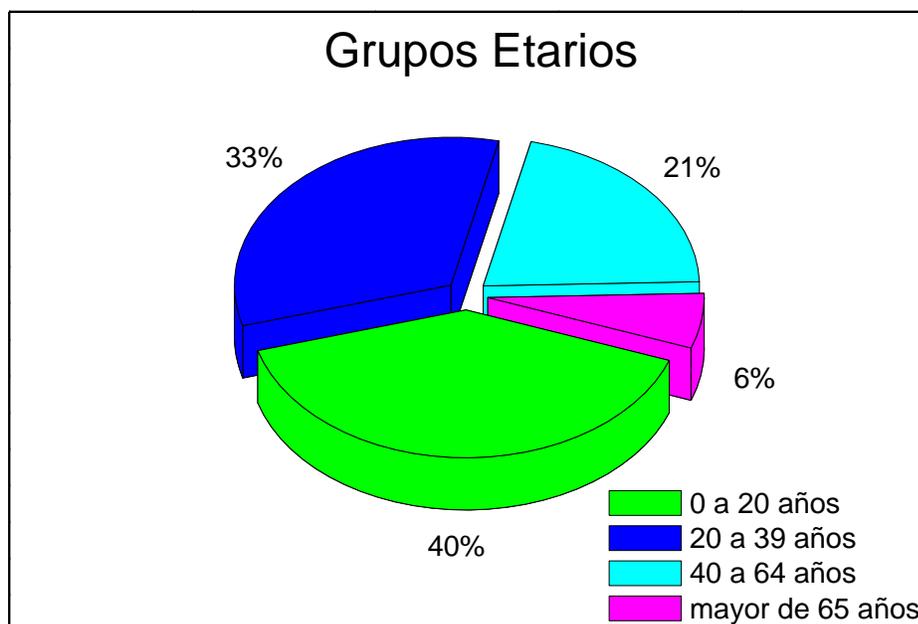
### 6.1.2 Estructura por Sexo y Edad

La estratificación poblacional para la comuna de Nogales se muestra en Figura 6.1.



**Figura 6.1:** Pirámide poblacional Censo 2002 (I. Municipalidad de Nogales).

La población de la comuna de Nogales, para el censo de 2002 ascendió a 21.633 habitantes, de los cuales 10.786 corresponde a población masculina y 10.847 a población femenina. La población de la comuna presenta una estructura joven. El 40% de ella tiene menos de 20 años, el 33% tiene entre 20 y 39 años, el 21% se encuentra en el rango de 40 a 64 años y solamente el 6% es mayor de 65 años. Estos resultados sugieren una transición demográfica hacia un envejecimiento poblacional. En la Figura 6.2 se ilustra la estratificación poblacional comunal por estratos en años.



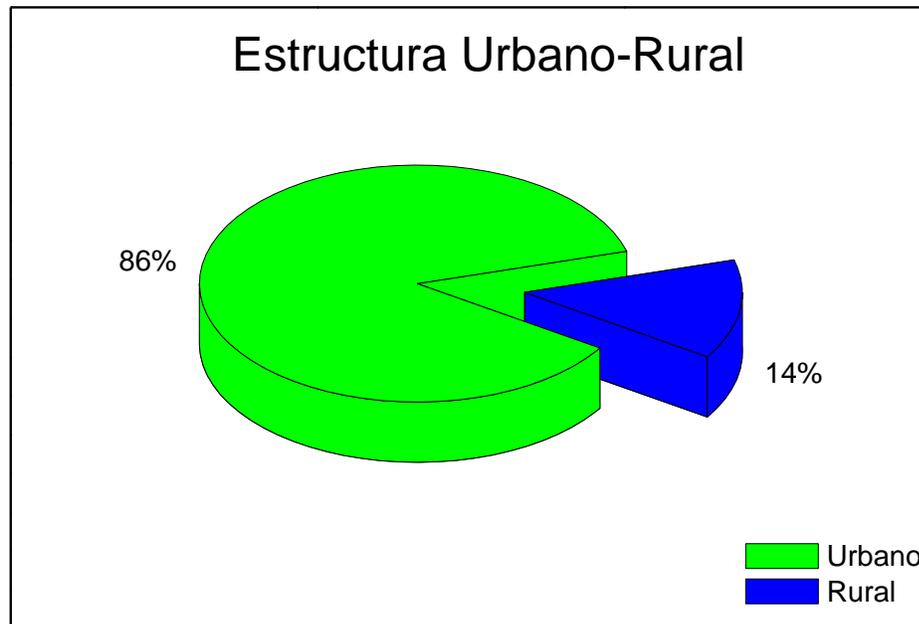
**Figura 6.2:** Grupos etarios

De manera complementaria a lo anterior, el Reporte Estadístico Comunal 2012, obtenido desde la Biblioteca del Congreso Nacional entrega una población total proyectada al 2012 de 26.385 habitantes, para un nivel de crecimiento de 21,97% . Sin embargo, se proyecta que el índice de masculinidad disminuya de 99,44 en 2002 a 98,52 en 2012, mientras que este mismo índice aumenta a nivel regional y nacional. También se proyecta un aumento de 1,5 veces en el número de habitantes de los grupos etarios entre 45 - 64 años y mayores de 65 años, lo que revela un notable envejecimiento de la población de la comuna.

### 6.1.3 Estructura Urbano-Rural

Según datos obtenidos del censo del año 2002 la distribución de asentamientos urbano – rurales en la región de Valparaíso, era para los asentamientos urbanos un total de 1.409.902 habitantes (92%), en cuanto a habitantes pertenecientes a sectores rurales solo 129.950 (8,4%).

La población de la Comuna de Nogales cuenta con asentamientos tanto rurales como urbanos, de los cuales 18.698 habitantes son urbanos, mientras que 2.935 son rurales, arrojando un índice de ruralidad de 15,7%, Figura 6.3.



**Figura 6.3:** Estructura Urbano – Rural en la comuna de Nogales

A nivel de localidad, en la zona de estudio, El Melón es la única localidad que presenta características predominantes urbanas, mientras que las otras 3 localidades y la entidad de Los Caleos son netamente rurales. Esto podría significar diferencias en los sistemas de distribución de agua potable, diferencias en la exposición a sustancias químicas de uso agropecuario, y en material particulado desde las cercanías de las actividades mineras.

#### 6.1.4 Condiciones socioeconómicas

El Censo del 2002, se reportan en la Comuna unas 5 mil viviendas urbanas (94% casas y 5% “mejoras o mediaguas”) y unas 0,9 mil rurales (88% casa y 10% “mejoras o mediaguas”).

Parte importante de la población rural presente se encuentra en condiciones de vulnerabilidad socioeconómica (pequeña agricultura) y vulnerabilidad ante períodos de escasez de agua (sequías). Sus principales fuentes de agua para consumo y riego, están vinculadas al sistema hidrológico e hidrogeológico del Estero El Cobre. De acuerdo con la Ficha Comunal del 2006 del Gobierno Regional, la Comuna tenía un 18% de pobreza (13% de variación del 2003 al 2006), una cobertura de agua potable de 88% y de alcantarillado del 84%.

Según la encuesta CASEN de 2009, referida en el Reporte Estadístico Comunal 2012, obtenido desde la Biblioteca del Congreso Nacional, el 82,25 % de la población de la

comuna de Nogales clasifica como No pobre, mientras que el 15,95% son pobres no indigentes y el 1,8% clasifica como pobres indigentes. Estos índices son ligeramente inferiores a los índices a nivel regional y nacional para este mismo período.

## 6.2 Información general de salud

Producto de los principales eventos de descarga y, particularmente, aquellos de translocación de elementos, compuestos y/o sustancias de origen minero metálico a lo largo del cauce del estero, se han activado conflictos ambientales, basados en presunciones de riesgos a la salud en el pueblo El Melón y otros sectores poblados de esta cuenca.

El Departamento de Estadísticas e Informaciones de Salud del MINSAL entrega cifras de las principales causas de defunción, para la Región de Valparaíso, en su conjunto. En ella, el 2006, éstas fueron: enfermedades isquémicas del corazón (10,6%); enfermedades cerebrovasculares (9,6%); otras formas de enfermedades del corazón (4,7%); diabetes mellitus (3,7%); cirrosis y otras enfermedades del hígado (3,6%); enfermedades hipertensivas (3,5%); tumor maligno del estómago (3,4%); tumor maligno de la tráquea, de los bronquios y del pulmón (3,0%); neumonía (3,0%); Bronquitis, enfisema y otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (2,8%). En el reporte de la Enfermedades de Declaración Obligatoria por Residencia, para esta comuna se declararon casos de enfermedades de transmisión respiratoria (tuberculosis), enfermedades prevenibles por inmunización (tos ferina), hepatitis vírica y de transmisión sexual, durante los años 2009 y 2010.

De acuerdo con esta fuente de información, el año 2008, mientras la mortalidad general a nivel nacional fue de 5,4%, en la Región alcanzó 6,2%, y en la Comuna de Nogales alcanzó 5,7%. Con relación al porcentaje de defunciones ocurridas en personas de 60 años y más (segmento vulnerable), los índices de *Swarrop* fueron de 74,7% (país); 79,5% (región) y 80,3% (comuna). Respecto del otro segmento vulnerable (infantes y niños), los indicadores de mortalidad, respectivamente, fueron: (i) infantil<sup>1</sup>, 7,9% (país), 7,3% (región) y 3,2% (comuna); (ii) en la niñez<sup>2</sup>, 0,2% (país), 0,2% (región) y 0,3% (comuna).

Según la encuesta CASEN 2009 reportada por el Reporte Estadístico Comunal de 2012, el 84,02% de la población de la comuna de Nogales se afilia al sistema público de salud, mientras que este indicador a nivel regional es de 81,83% y de 78,79% a nivel nacional.

Respecto del estado nutricional de la población de 5 o menos años, en la comuna de Nogales, 85,44% se encuentra en el segmento de peso normal; el 5,56 % corresponde a

---

<sup>1</sup>Menores de 1 año.

<sup>2</sup>De 1 a 9 años.



## Informe de Avance 1

niños con bajo peso mientras que el 9% corresponde a niños con sobrepeso. Destaca que los índices de estado nutricional son relativamente mejores que los correspondientes a nivel regional y nacional, donde especialmente el porcentaje de niños con sobrepeso es notablemente mayor (13,12 y 11,1 % respectivamente).

## CAPITULO 8: REFERENCIAS

- CENMA (2012). “Planificación detallada para evaluación cualitativa, análisis in situ y muestreo para análisis de laboratorio”. Documento de Trabajo.
- Anglo American (2005). “Informe de Sustentabilidad de Anglo American”. Año 2005
- González, Irma; Sanfeliú, Teófilo; Jordán, Manuel; Camilla, Sofía; Quiroz, Mariela. “Tratamiento de Aguas Ácidas en el Cierre de Minas”, consultado en <http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/ ORP2007/0630.pdf>
- Venegas Conrad, Francisco José. (2011). “Respuesta sísmica reciente en balsas de relaves chilenas y presas de material suelto”. Trabajo de Fin de Master. Master en Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales. Escuela de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.
- González Sergio (1986). “Contenido natural de metales pesados extraíbles con EDTA en suelos del Valle Aconcagua”. Agricultura Técnica (Chile). 46(3): 323-327.
- INN-Chile. (1978) Norma Chilena 1333. Establece requisitos para la calidad del agua según diferentes usos.
- Norma Chilena Oficial NCh 409/1. (2005). Agua potable. Requisitos de calidad.
- COREMA Región de Valparaíso (2001). Resolución Exenta N°943/2001. Aprueba Resolución de Calificación Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental Depósito de desmontes El Sauce. Mina El Soldado.
- COREMA Región de Valparaíso (2004). Resolución Exenta N°163/2004. Aprueba Resolución de Calificación Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental “Proyecto de Ampliación del Tranque de Relaves El Torito”.
- Gobierno de Chile. (2010). Acta de Inspección de Terreno No 42. Comité de Fiscalización al Tranque El Torito.
- CADE-IDEPE; DGA: (2004). “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Aconcagua”.
-

- Instituto Nacional de Estadísticas. Gobierno de Chile (2007) Censo Nacional Agropecuario y Forestal.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2007). Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo. ISBN 978-956-8309-13-8.
- Chappa Venegas, Claudio Andrés y Urra Sánchez, Eduardo Antonio. (2008) “Modelo de calidad de agua para el Río Blanco: transporte de solutos reactivos”. Tesis. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Geográfica.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2010). Actualización Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo.
- DICTUC (2010) “Evaluación preliminar de Contingencia en tranque de relaves Mina Veta del Agua, sector cajón el sauce, Comuna de Nogales, Región de Valparaíso”. Informe de Proyecto.
- Ramírez Jorge. (2010). Denuncia de asociación de canalistas.
- SEREMI de Salud. Región de Valparaíso. (2010). Ordinal 1152 del 07-09-2010
- CONAMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 56 07-07-2010 a MMA.
- CONAMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 64 18-08-2010 a Dpto Jurídico CONAMA.
- Gobernador Provincial de Quillota (2010). Ordinal 1/954 que entrega antecedentes sobre denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.
- Anglo American (2010). Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre.
- Dirección General de Aguas (2010). Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010.
- Anglo American (2009). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado.
- Anglo American (2010) Informe Análisis histórico de sulfatos aguas abajo del tranque de relaves El Torito.

- CENMA (2012). Evaluación histórica de la calidad de las aguas en el pozo dren Los Caleos, a partir de información de la base de datos de la DGA.
- Dirección General de Aguas (1986). Mapa hidrogeológico de Chile, escala 1:2500000.
- Ilustre Municipalidad de Nogales. (2003). Propuesta de Plan regulador de la comuna de Nogales.
- Leiva Sura, Beatriz (2003) “Contaminación microbiológica de los recursos hídricos del Río Aconcagua. Estero Pochay. V Región”. Trabajo de Título. Facultad de Ingeniería. Universidad de Santiago de Chile en 2003.
- Transelec. (2008). Adenda N° 1 de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Subestación Seccionadora Nogales 220 KV”.
- Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de Chile (2010). “Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile” (2010)
- Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de Chile. (2011) Resolución Exenta No 1690 de Ministerio de Medio Ambiente que Aprueba Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de suelos abandonados con presencia de contaminantes.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2002). Censo de Población y Vivienda. “Listado de Localidades y Entidades Pobladas por Comuna”.
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2012). Reporte Estadístico Comunal. Comuna de Nogales.
- Gobierno Regional de Quillota. (2006). Ficha Comunal.
- Departamento de Estadísticas e Informaciones de Salud. Ministerio de Salud. Gobierno de Chile. <http://www.deis.cl>
- Comisión Nacional de Riego (1995). Estudio a nivel de diagnóstico del proyecto Aconcagua, V región. Volumen II.