



INFORME FINAL.

EVALUACION PRELIMINAR 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

Febrero-2013



Informe preparado por:

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

Patricio Walker
Profesional del Servicio de Evaluación Ambiental.

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

Heriberto Robles
Toxicólogo y experto revisor.

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.



Informe Final

Revisado y aprobado por:

Dr. Italo Serey Estay

Director Ejecutivo

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente.

PROLOGO:

Este documento constituye el Informe Final del Proyecto “Evaluación preliminar 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”. Las experiencias iniciadas por el Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2010-2011 se habían focalizado en evaluaciones preliminares y confirmatorias de compuestos específicos en sitios específicos tales como la presencia de pentaclorofenol en aserrines de aserraderos y la presencia de metales pesados en sitios abandonados de minería metálica. Sin embargo, por primera vez se acomete un estudio que incluye varios elementos potencialmente peligrosos, considerando varias matrices ambientales y con fuentes de contaminantes en condición activa. Por tales razones, este proyecto constituye una experiencia pionera a nivel nacional en el sentido de que es la primera aproximación a una visión integrada de los riesgos que para la salud de la población pueden significar la presencia de elementos y sustancias potencialmente peligrosas. Este proyecto, además, fue diseñado para ejecutarse en cinco meses, los que se extendieron a diez meses; pero la revisión y elaboración de la versión final de este informe ha durado cuatro meses adicionales, lo que destaca la complejidad de redactar un documento que pueda ser utilizado por diversos actores y que contenga toda la información obtenida así como los argumentos que avalan las conclusiones emitidas.

Para acometer esta experiencia, que constituye una evaluación preliminar en el sentido de que es la primera aproximación numérica a un problema de este tipo, CENMA contrató la participación de un experto senior en evaluación de riesgos según la metodología de la USEPA. No obstante a ello, las opiniones e interpretaciones desarrolladas por CENMA en este documento, no representan necesariamente las opiniones del Ministerio de Medio Ambiente ni de la institucionalidad ambiental participante.

Entre las complejidades del estudio, se destaca la integración de información en alimentos cultivados en la zona, lo que fue abordado con un enfoque general y usando supuestos muy conservadores en el sentido del peor escenario para la salud humana, basados en la metodología de la USEPA para evaluación de riesgos a la salud de la población y en valores característicos de la población de los Estados Unidos de Norteamérica.

Para comprender el alcance de este estudio, es necesario destacar que el fin último de la metodología de trabajo es maximizar la posibilidad de riesgos según los datos existentes, hasta el límite del peor escenario. Por consiguiente, se utilizan concentraciones de analitos como los metales pesados en muestras de suelos, sedimentos y alimentos, que constituyen máximos analíticos sin significado ambiental por cuanto han sido obtenidos a partir de la disolución de las muestras sólidas en ácidos concentrados, a elevadas temperaturas y presión, lo que facilita la disolución de los metales presentes pero no tiene correspondencia con las condiciones ambientales. Del mismo modo, los contenidos de metales en frutos y vegetales comestibles simulan la condición de ingerir alimentos que no han sido lavados, lo

cual no corresponde a la práctica común del comportamiento de las personas en Chile, sin embargo cumple la función del peor escenario para una evaluación del riesgo. Tampoco corresponden a los principales cultivos de la zona de estudio, que son zanahoria, choclo y porotos granados, los que se consumen cocidos, por lo que para ellos, no existe de manera directa la exposición por ingestión.

Por otra parte, la evidencia lógica no indica que los metales estén accesibles para los humanos por cuanto muchos de sus compuestos son poco solubles, lo que puede corroborarse en el hecho de que a pesar de presentar concentraciones medibles en suelos y sedimentos, sus valores resultan no detectables en aguas y alimentos, evidenciando así su baja movilidad, por consiguiente también su baja accesibilidad y la escasa posibilidad de que puedan incorporarse a las cadenas tróficas mediante los alimentos o el agua.

En resumen, este informe da cuenta de un análisis exploratorio que no genera evidencia suficiente para afirmar que exista riesgo a la salud de las personas por la presencia de elementos potencialmente contaminantes ni tampoco que se deba acometer, en un período inmediato y con base a esta información, un proceso de gestión de riesgo.

Todos los escenarios considerados no incluyen riesgos derivados de la traslocación de metales pesados como consecuencia de episodios extremos tales como terremotos, aluviones, deslizamiento de tierra, etc. Tampoco se consideran los riesgos estructurales de obras construidas de ningún tipo.

A partir de este estudio, sin embargo, es importante avanzar en aspectos metodológicos que permitan una mejor adaptación de la metodología de la USEPA para evaluación de riesgos a la salud de la población, a la realidad chilena. Para ello se requiere estimar una mejor aproximación a la biodisponibilidad y bioaccesibilidad de los metales presentes en los suelos así como evaluar los contenidos naturales de los mismos.

Respecto de la zona de estudio, este estudio consideró que la influencia territorial era homogénea. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, se requiere profundizar la influencia específica de las fuentes de elementos potencialmente contaminantes sobre las aguas del Estero El Cobre. Es importante destacar que el Estero El Cobre es una cuenca con carácter temporal, que actúa como eje hidráulico de la zona, con el que se relacionan varios pozos de captación y áreas de riego, las que realizan aprovechamiento temporal de sus aguas. Para este escenario, se debería estudiar el riesgo específico que pudiese existir. Es decir, se requiere una evaluación más detallada a nivel local, precisando también las condiciones de exposición a ese mismo nivel.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	11
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	17
1.1 Contexto general	17
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Alcance y supuestos metodológicos del estudio	18
CAPITULO 2: EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SUSTANCIAS DE PREOCUPACIÓN PARA LA SALUD.	21
2.1 Reconocimiento del área de estudio	21
2.2 Fuentes emisoras relevantes	21
2.3 Red hidrográfica y cauces	22
2.4 Sectores poblados potencialmente afectados por contaminación ambiental.	23
2.5 Recopilación y análisis de información secundaria disponible	25
CAPITULO 3: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.	27
3.1 Caracterización geológica del Estero El Cobre	27
3.2 Geomorfología del Estero El Cobre	28
3.3 Antecedentes hidrogeológicos	28
3.4 Hidrología del Estero El Cobre	31
3.5 Características Edafológicas del Estero El Cobre	32
3.6 Aspecto Hidroquímico del Agua Superficial de la cuenca del Estero El Cobre.	32
3.7 Diagrama Unifilar del Estero El Cobre	33
3.8 Puntos de captación de aguas subterráneas	33
3.9 Sistemas de derivación, acumulación, conducción y distribución de aguas de riego	34
3.10. Abastecimiento de agua potable.	36
3.11 Sistema de alcantarillado.	38
3.12 Manejo de desechos municipales sólidos	38
CAPITULO 4: EVALUACIÓN CUALITATIVA GENERAL Y FORMULACION DE HIPOTESIS.	39
CAPITULO 5: CARACTERIZACIÓN DE LA SALUD AMBIENTAL EN EL TRAMO INFERIOR DE LA CUENCA .	40
5.1 Caracterización demográfica, social y económica específica de los sectores poblados	40
5.1.1 Población de la zona	40
5.1.2 Estructura por Sexo y Edad	41
5.1.3 Estructura Urbano-Rural	42
5.1.4 Condiciones socioeconómicas	43
5.2 Información general de salud	44
CAPITULO 6: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICION CRONICA A ELEMENTOS, COMPUESTOS Y/O SUSTANCIAS DE ORIGEN ANTROPOGENICO Y LOS RIESGOS A LA SALUD ASOCIADOS.	45

6.1	Proposición de metodología para la evaluación de la exposición crónica y de riesgos a la salud.	45
6.2	Desarrollo de modelo conceptual a utilizar.	45
6.3	Identificación de principales brechas de información técnica y consecuentes requerimientos de levantamiento de información complementaria.	48
6.4	Análisis y selección de elementos, compuestos y/o sustancias de mayor interés para la salud.	48
6.5	Análisis y selección de normas de referencias internacionales utilizados para matrices ambientales sin normativa nacional vigente.	50
6.6	Organización de campañas de terreno y resultados de análisis en muestras ambientales.	51
6.7	Evaluación de riesgo.	51
6.7.1	Concentración representativa de cada contaminante en el punto de contacto.	52
6.7.1.1	Estimación del 95% nivel superior de confianza del promedio (95% NSC)	52
6.7.1.2	Selección de los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRPs)	52
6.7.1.3	Concentraciones representativas de los contaminantes.	53
6.8	Generalidades de la caracterización de la exposición.	53
6.8.1	Escenarios de exposición.	53
6.8.2	Punto de contacto entre contaminante y receptor.	55
6.8.3	Estimación de la Exposición Humana.	56
6.8.4	Selección de los Factores de Exposición Humana (FEHs).	57
6.9	Perfiles de toxicidad de los contaminantes de interés	60
6.9.1	Fuentes de información.	60
6.10	Métodos de estudio de los efectos negativos en la salud por metales pesados.	61
6.11	Estimación de riesgos.	61
6.11.1	Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo.	61
6.11.2	Estimación de riesgos crónicos y cancerígenos de acuerdo con la metodología USEPA.	62
6.11.2.1	Estimación del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida.	63
6.11.2.2	Significado e interpretación del riesgo de cáncer.	64
6.11.2.3	Niveles Regulatorios de Riesgo.	65
6.11.2.4	Estimación del riesgo incremental de desarrollar cáncer, para agentes cancerígenos.	65
6.12	Resumen de resultados.	87
6.12.1	Significado e Interpretación del Índice de Peligrosidad Total.	87
6.12.2	Segregación del Índice de Peligrosidad Total.	88
6.12.3	Significado e Interpretación de los resultados de Riesgo Extra de Cáncer de por Vida.	88
6.12.4	Resumen y conclusiones.	89
6.13	Análisis de incertidumbre.	90
CAPITULO 7. FORMULACION DE INICIATIVAS DE MANEJO DE RIESGOS A LA SALUD Y/O COMPLEMENTARIAS DE EVALUACION DE RIESGOS.		94



Informe Final

7.1 Conclusiones y recomendaciones con propuestas de manejo de los principales riesgos y de estudios complementarios de evaluación de riesgos a la salud.	94
7.2 Presentación pública de los resultados.	96
CAPITULO 8. REFERENCIAS.	97
ANEXO 1: Fichas bibliográficas de antecedentes.	
ANEXO 2: Metodología de evaluación de riesgos.	
ANEXO 3: Campañas de muestreo y resultados de análisis.	

LISTADO DE ABREVIATURAS

USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
DGA	Dirección General de Aguas
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
EDTA	Acido Etilendiaminotetracético
COREMA	Comisión Regional del Medio Ambiente
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
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 ₅	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
95%NSC	95% nivel superior de confianza del promedio
ABSr	Absorción de contaminante por una ruta de exposición
Cc	Concentración de contaminante <u>c</u> en una matriz ambiental
CP	Cociente de Peligrosidad
CRf	Concentración de referencia (inhalatoria)
CRP	Contaminante de Riesgo Potencial
CRS	Contaminante de Riesgo Significativo
CTI	Contaminantes Tentativamente Identificados
DDPA	Dosis Diaria Promedio Anual
DDPV	Dosis Diaria Promedio de por Vida
DE	Duración de exposición
DRf	Dosis de referencia (oral, dérmica)
DS	Desviación estándar
FAC	Fracción de agua ingerida contaminada
FE	Frecuencia de exposición
FEH	Factores de Exposición Humana
FPC	Factor de potencia cancerígena (oral, dérmica)
FRP	Fracción de retención de partículas en la vía respiratoria
FRUi	Factor de Riesgo Unitario (inhalatoria)
IDA	Ingesta diaria de agua
IIP	Ingestión involuntaria (accidental) de polvo
IP	Índice de Peligrosidad
LD	Límite detección de análisis químico

MCC	Modelo Conceptual del Problema de Contaminación
p95	Percentil 95 de una distribución
PC	Peso corpóreo promedio humano
ProUCL	Software para estimar el 95% NSC del promedio
PT	Ponderación temporal
RECV	Riesgo Extra de Cáncer de por Vida
TE	Tiempo de exposición
FRUI	Factor de Riesgo Unitario por Inhalación
VR	Volumen de aire respirado

RESUMEN EJECUTIVO.

Este documento constituye el Informe Final 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 primeramente la evaluación cualitativa de la presencia y distribución de posibles contaminantes para la salud. Del mismo modo, se presenta la evaluación cuantitativa 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. 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 informe contiene una revisión de 20 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 manera puntual y difusa desde las fuentes generadoras de contaminantes hasta las actividades 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.

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). De modo general, la salud ambiental en el tramo inferior de la cuenca, se encuentra en buenas condiciones según indican las estadísticas de salud a nivel comunal.

En las etapas 3 y 4 del proyecto, se realizó una evaluación de 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. En este sentido, varios contaminantes en agua potable, como pesticidas, herbicidas y compuestos orgánicos, fueron descartados por cuanto no se encontraron concentraciones detectables en ninguna de las muestras analizadas.

A partir de resultados obtenidos en 98 muestras puntuales, se establecieron concentraciones representativas de elementos metálicos en suelo, sedimentos, polvo de techo y alimentos crudos. Se establecieron, igualmente, concentraciones representativas de metales y aniones en muestras de agua potable, agua superficial y agua subterránea.

En las muestras obtenidas de agua superficial y subterránea se evidencia que la gran mayoría de los parámetros medidos cumple con las normativas chilenas para calidad de aguas según diferentes usos. En puntos cercanos al tranque de relaves El Torito se encontraron concentraciones de sulfato que exceden los límites permitidos para agua de

riego. Sin embargo, el sulfato no es un ion que presente efectos tóxicos en la salud por lo que esta observación no se puede correlacionar con riesgos en la salud de la población.

En este estudio se utilizó una metodología de evaluación de riesgos a la salud, siguiendo un enfoque de **análisis** determinístico, según recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Se usaron valores máximos de concentraciones de sustancias químicas en cada matriz ambiental (suelos agrícolas, aguas del estero, polvos depositados en techos, etc.). Los factores de exposición humana seleccionados fueron de tendencia central. De esta manera se puede examinar la hipótesis de que las exposiciones con factores de exposición en el rango normal no están asociadas con efectos negativos en la salud. Se incluyeron aquellas sustancias peligrosas positivamente identificadas, lo que aumenta el carácter conservador del estudio.

Para el escenario de exposición exploratorio, se seleccionaron las concentraciones máximas identificadas en cada matriz ambiental. Para los escenarios de adultos residentes y de niños residentes se seleccionaron valores del 95%NSC para cada contaminante en cada matriz ambiental analizada. Los escenarios hipotéticos considerados para los receptores genéricos son: (1) Exposición en adultos residentes de >18 a 60 años; (2) Exposición en niños y adolescentes que atienden el colegio (“escolares”) de >5 a <18 años; (3) Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan en labores agropecuarias (“agricultor”), y (4) Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan en labores al aire libre (“empleado”) en El Melón.

Se seleccionaron las rutas de exposición, y los puntos de contacto hipotéticos para los receptores humanos. La exposición fue estimada usando algoritmos en uso común desarrolladas por la U.S.EPA. Se estimaron las dosis internas de contaminantes para la inhalación de polvo retenido en los pulmones, material inhalado que es transferido al proceso de digestión, contacto dérmico directo con suelos, ingestión involuntaria de polvos y suelos, ingestión de aguas, contacto dérmico directo con aguas contaminadas.

Los factores de exposición humana, al igual que los criterios de toxicidad, fueron seleccionados de las bases de datos oficiales de la U.S.EPA. Se prepararon perfiles de toxicidad de contaminantes representativos y de importancia por sus efectos negativos en la salud.

Se llevó a cabo una evaluación preliminar con el fin de determinar si el riesgo es significativo. Una vez confirmado esto, se desarrolló la evaluación detallada considerando otros tres escenarios de exposición, para los que se utilizaron valores representativos (95% NSC) de cada contaminante de interés potencial.

El riesgo por plomo se analizó a través de la modelación de los niveles en la sangre. Niveles de plomo sanguíneo asociados con exposición de niños a suelos con presencia de elementos potencialmente contaminantes es de 100 mg/kg de plomo como máximo. Es muy poco

probable (0,004) que los niveles alcancen el valor de referencia de 10 µg/dL. Por lo tanto el plomo no presenta riesgos de preocupación.

Se estimaron los Índice de Peligrosidad y Riesgos Extra de Cáncer de por Vida, para cuatro escenarios genéricos que describen las principales características de la población de la zona.

De acuerdo a estos resultados, los escenarios de exposición que hacen uso de concentraciones representativas (95%NSC) están dentro del valor de referencia aceptable de IPT. Para los riesgos cancerígenos, los valores 4,1E-05, y 3,4E-05 exceden al valor de referencia. Una explicación a estos niveles es una muy probable sobreestimación de la dosis interna de arsénico debido al supuesto de que 100% del arsénico ingresa al organismo por la vía oral y de inhalación.

Se analizó la variabilidad y la incertidumbre más probables asociadas a las estimaciones. Se concluye que el enfoque de análisis de riesgo si bien es conservador, es protector de la salud.

De acuerdo con los resultados del índice IPT para los distintos escenarios hipotéticos, sin ingesta de frutas y verduras, solamente el escenario EE1 (adulto expuesto a 95%NSC de las concentraciones en el sector inferior de la cuenca) alcanzaría niveles de peligrosidad relativamente importantes, ya que es superior a 1. Por otra parte, para los cuatro escenarios (EE1= adulto expuesto a 95%NSC de las concentraciones en el sector inferior de la cuenca; EE2 =Adulto agricultor expuesto a 95%NSC; EE3 = Niño escolar que vive en Nogales expuesto a 95%NSC; EE4 = Adulto empleado que vive y trabaja en Nogales expuesto a 95%NSC) con ingesta de frutas y verduras, los valores resultan muy superiores al nivel de peligrosidad para contaminantes crónicos no cancerígenos.

Los escenarios definidos corresponden a un conjunto de condiciones muy fuertes, que difícilmente se presentarán en la realidad, por lo que en el texto se indican como hipotéticos. De acuerdo a todos los supuestos explicados para los escenarios hipótesis de trabajo, el agregar la ingesta permanente, durante los periodos indicados en cada escenario, llevarían a un IP con ciertos niveles de peligro.

Los índices IP y RECV requieren de información de salud que no corresponde definir en estudios de ambientales y que actualmente no existen. En consecuencia los resultados son solamente referenciales.

El estudio de la contaminación en el tramo inferior de la cuenca del Estero El Cobre, utilizando metodología de análisis de riesgos en la salud de la U.S. EPA, permite concluir que, de acuerdo con la evidencia disponible, **no existe una situación de riesgos inminentes en la salud** de la población en general, para los escenarios de exposición estudiados tanto en niños como en adultos residentes en el sector.

Como se señaló en los alcances, este estudio es solamente de carácter exploratorio de los posibles riesgos por exposición a contaminantes y sugieren que globalmente no hay peligro inminente. De manera concluyente no se puede afirmar, con los antecedentes existentes, que haya efectos significativos; esos mismos resultados, a su vez, tampoco permiten descartar completamente efectos para la población humana en alguna de las áreas de la cuenca, dado que los propios supuestos de los escenarios impiden una mayor profundidad de las conclusiones. Para disminuir la diferencia entre los supuestos y la situación real, se requiere información precisa de las variables consideradas en los escenarios, la que no está disponible y no es tarea de este trabajo.

Según la interpretación detallada de los resultados de la evaluación de riesgos, el arsénico parece ser el único contaminante que parece contribuir a riesgos a la salud de tipo cancerígeno significativos, con vías de exposición, rutas de exposición y matrices ambientales en los cuales se encuentra presentes, por razones de los supuestos exagerados que han sido considerados y atendiendo a los requerimientos metodológicos.

En estudios futuros es necesario esclarecer la biodisponibilidad y bioaccesibilidad del arsénico en los suelos chilenos, considerando su naturaleza química de manera de esclarecer si las contribuciones encontradas pueden atribuirse a orígenes naturales y si tienen posibilidad real para provocar efectos en la salud de las personas, por cuanto este estudio, considerando sus limitaciones y supuestos metodológicos, ha sobreestimado sus efectos.

De este modo, no se requieren acciones inminentes de gestión de riesgo, sino que se proponen las siguientes acciones, organizadas en diferentes grupos:

I) ACCIONES RELACIONADAS CON LA EXPOSICION A SUSTANCIAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES.

- Profundizar campañas de educación a la población respecto de la higiene de manos y el lavado de frutas y verduras que se consumen crudas.
- Mejorar la información ambiental de la zona de influencia de las aguas del Estero El Cobre, tanto aguas superficiales, como composición de los sedimentos del cauce y suelos aledaños.
- Actualizar la situación de los sitios abandonados con potencial presencia de contaminantes que se encuentran en la zona.
- Generar y actualizar información sobre el uso de pesticidas y plaguicidas en la zona.

II) ACCIONES RELACIONADAS CON MEJORAS METODOLOGICAS.

- Desarrollar una metodología de alcance nacional respecto de evaluación de riesgo a la salud de la población.

- Desarrollar estudios que permitan conocer los niveles ambientales naturales de metales en la zona (aguas, sedimentos, suelos, aire).
- Desarrollar metodologías analíticas que permitan estimar la bioaccesibilidad de metales tales como arsénico y cromo en suelos y alimentos chilenos.
- Desarrollar estimaciones de factores de exposición chilenos que consideren los hábitos de vida nacionales.
- Actualizar los niveles de consumo de frutas y verduras a nivel nacional y local.
- Avanzar en la formulación de normas de calidad de suelo, sedimentos, agua y material particulado atmosférico respecto de metales pesados, de ser posible basadas en consideraciones de niveles basados en riesgo.
- Actualizar la presencia de fuentes que descarguen sustancias potencialmente peligrosas en la zona de estudios.
- Realizar estudio de evaluación de riesgo en la salud considerando informaciones obtenidas desde las recomendaciones anteriores.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1 Contexto general

Este documento constituye el Informe Final del estudio titulado “Evaluación preliminar 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.

Durante los años 2010-2011, el Ministerio de Medio Ambiente y CENMA se habían focalizado en evaluaciones preliminares y confirmatorias de compuestos específicos en sitios específicos tales como la presencia de pentaclorofenol en aserrines de aserraderos y la presencia de metales pesados en sitios abandonados de minería metálica.

Por primera vez se acomete un estudio que incluye varios elementos potencialmente peligrosos, considerando varias matrices ambientales y con fuentes de contaminantes en condición activa. Por tales razones, este proyecto constituye una experiencia pionera a nivel nacional en el sentido de que es la primera aproximación a una visión integrada de los riesgos que para la salud de la población pueden significar la presencia de elementos y sustancias potencialmente peligrosas. Este proyecto, además, fue diseñado para ejecutarse en cinco meses, los que se extendieron a diez meses; pero la revisión y elaboración de la versión final de este informe ha durado cuatro meses adicionales, lo que destaca la complejidad de redactar un documento que pueda ser utilizado por diversos actores y que contenga toda la información obtenida así como los argumentos que avalan las conclusiones emitidas.

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 evaluar de manera preliminar 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 y supuestos metodológicos del estudio

La evaluación preliminar 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 llevó cabo según la caracterización cuantitativa y cualitativa de la situación ambiental de la zona de estudio considerando la presencia de actividad minera y fuentes antropogénicas locales que pudiesen generar efectos adversos en la salud humana. Para ello, se utilizó la metodología desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA 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.

Los supuestos metodológicos de este estudio son:

1.- Respetto al diseño del problema de estudio:

- 1.1.- La dispersión de elementos y compuestos potencialmente contaminantes ocurre de manera homogénea, en flujo pistón desde las emisiones hasta las inmisiones.
- 1.2.- Todas las rutas y vías de exposición son completas.
- 1.3.- Existe una o varias fuentes de elementos y compuestos potencialmente contaminantes, sin distinguir entre fuentes puntuales o fuentes difusas.

2.- Respetto de la toma de muestras:

- 2.1.- Las muestras obtenidas en un período de verano-otoño representan las condiciones de cualquier muestra obtenida durante cualquier período del año, a lo largo de muchos años.

2.2.- No distingue la ocurrencia de episodios de corta duración tales como aluviones, terremotos o emergencias industriales.

2.3.- No distingue el aporte de accidentes de tránsito durante el transporte de sustancias peligrosas con implicaciones ambientales y de salud tales como derrames de ácidos, solventes o combustibles.

3.- Respetto de las metodologías de análisis:

3.1- Las concentraciones totales de metales en suelos, sedimentos y alimentos comestibles corresponden a máximos totales que no tienen condiciones físico químicas de reacción para que puedan liberarse al medio ambiente de manera natural. Por lo tanto, corresponden a condiciones acotadas y estandarizadas de trabajo en el laboratorio.

3.2.- Las concentraciones de metales en aguas, corresponden a máximos totales con poca posibilidad de ocurrencia en el medio ambiente natural, por cuanto se obtienen desde porciones de muestras acidificadas a pH menor a 2, lo que facilita la solubilidad de los metales para su medición. Esta condición no es propia de situaciones ambientales naturales donde el pH del agua es próximo a la neutralidad o incluso levemente alcalino. Por lo que, al igual que en el caso anterior, corresponden a condiciones acotadas y estandarizadas de trabajo en el laboratorio.

3.3- Las concentraciones de metales medidas en aguas serían posibles, únicamente en la zona de influencia de un derrame de ácido concentrado sobre el cuerpo de un río.

3.4.- Las concentraciones de plaguicidas, pesticidas y compuestos orgánicos obtenidas en muestras de agua potable corresponden a máximos teóricos con poco significado ambiental por cuanto se obtienen después de extraer la muestra con solventes orgánicos puros, que no existen en esa concentración ni en esa pureza en el medio ambiente natural. Por lo que, como en los casos anteriores, también corresponden a condiciones acotadas y estandarizadas de trabajo en el laboratorio.

4.- Respetto de la exposición a elementos potencialmente contaminantes, se considera que:

4.1- Las personas no reciben agua potable ni para riego de fuentes distintas a las muestreadas (Estero El Cobre y pozos).

4.2 – Las frutas y verduras se consumen, todo el tiempo que dura la exposición, crudas y sin lavar.

4.3.- Los niños pasan una parte importante del tiempo jugando en patios exteriores con tierra.

4.4.- Los niños y los adultos se llevan a la boca las manos sucias con polvo, sin lavarlas.

4.5.- Las aguas que circulan por el Estero El Cobre y la red de canales se utilizan para riego de manera permanente, sin distinción de situaciones con eventos poco frecuentes o situaciones donde no existe agua.

4.6.- No se utilizan pesticidas ni plaguicidas diferentes a los monitoreados en la NCh 409/1 Of 2005 y en la NCh 1.333/78.

4.7.- La exposición laboral a contaminantes no es considerada.

- 4.8.- No se considera la exposición a sustancias potencialmente contaminantes de origen domiciliario y familiar, como puede ser el humo del cigarrillo, pinturas, solventes domésticos.
- 4.9.- No se evaluó la exposición a compuestos agroquímicos por la vía de ingestión de alimentos.
- 4.10.- No se evaluó la exposición a elementos potencialmente contaminantes a través de la ingesta de carne, leche ni huevos.
- 4.11.- No se considera el aporte que tiene a la exposición, la ingesta de alimentos procedentes de otros sectores del país.
- 4.12.- Se considera que el arsénico se encuentra disponible en un 100% en todas las matrices ambientales estudiadas, aunque para varias de ellas como alimentos y aguas subterráneas los valores sean no detectables, lo que indirectamente da cuenta de su baja solubilidad y por consiguiente de su baja accesibilidad.

5.- Respecto de la fuente de elementos potencialmente contaminantes, se considera que:

- 5.1.- El material fino que se encuentra en los caminos sin asfaltar no se incorpora como aporte al material particulado respirable.
- 5.2.- Todas las fuentes de elementos potencialmente contaminantes contribuyen de manera continua y homogénea en el tiempo.

6.- Respecto de los receptores

- 6.1.- No se considera la influencia de realizar ejercicios físicos en las condiciones de salud.
- 6.2.- La susceptibilidad relativa de los diferentes receptores es considerada homogénea.
- 6.3.- No se realizó evaluación estadística ni levantamiento del estado de salud de la población.

Este informe contiene todos los resultados del trabajo, tanto relacionados con la revisión de antecedentes como respecto de la obtención de muestras ambientales, sus resultados analíticos, comparación con normativas y criterios de referencia. Igualmente se incluyen los algoritmos para el cálculo de dosis de exposición, la caracterización completa de la toxicidad y la evaluación preliminar del riesgo para contaminantes cancerígenos y no cancerígenos. Se presenta análisis de la incertidumbre de los cálculos de riesgos y su significado, bajo los supuestos considerados y anteriormente descritos.

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

2.1 Reconocimiento del área de estudio

La zona de estudio se ubica en la comuna de Nogales, región de Valparaíso. 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.

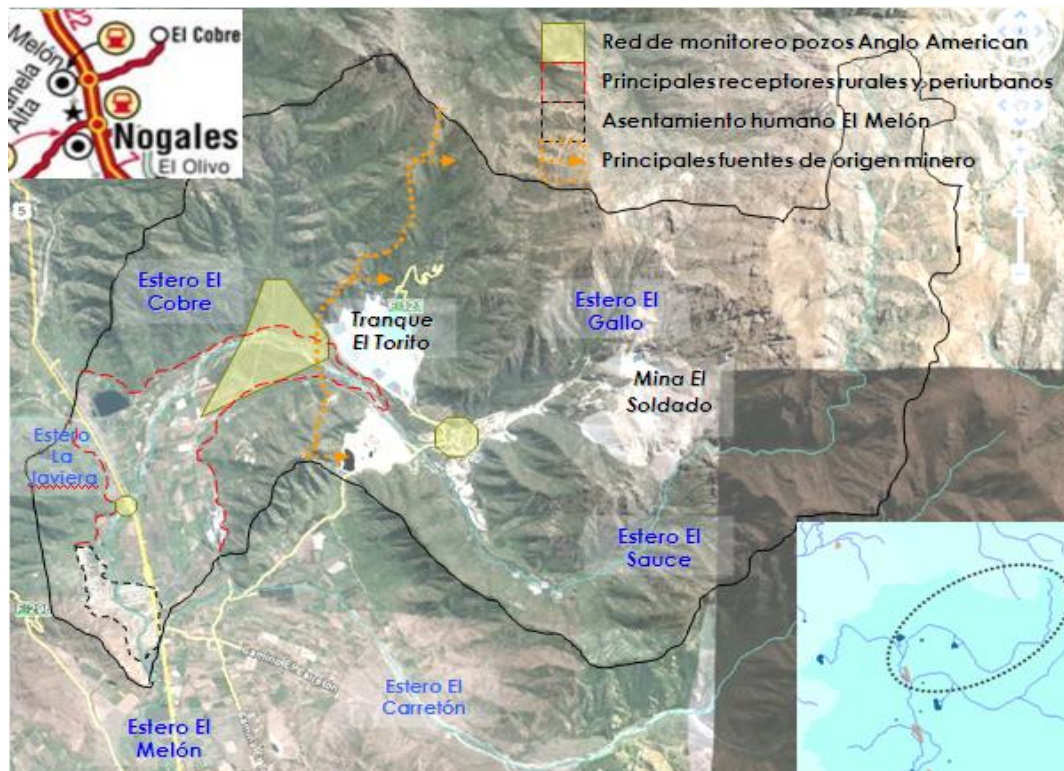


Figura 2.1: Área de estudio

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).

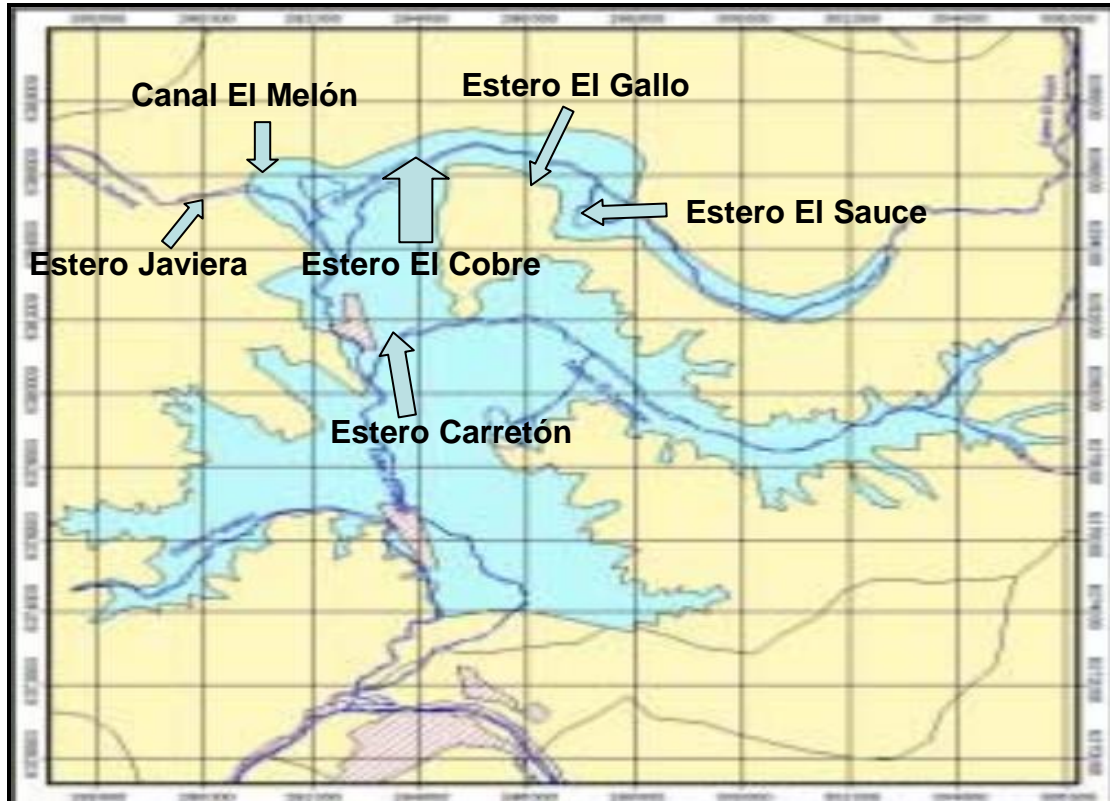


Figura 2.3: Principales cursos de agua de la red hidrográfica del estero El Cobre.

2.4 Sectores poblados potencialmente afectados por contaminación ambiental.

En la zona de estudio, los sectores poblados considerados 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 en la zona de estudio.

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.

En el trabajo sobre tratamiento de aguas ácidas en cierre de minas desarrollado por profesionales de la Universidad Técnica Metropolitana con participación de académicos españoles¹, 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

¹ Visitado en <http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/ ORP2007/0630.pdf>

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 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 podrían haber 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 de agua para uso como potable. 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 enriquecido 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, existen antecedentes que 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.

En el **Anexo 1** se presentan todas las fichas de los antecedentes revisados. De manera resumida, la zona de estudio se caracteriza por actividad minera que convive con agricultura. Del mismo modo, la presencia de metales es típica de la zona, caracterizada por rocas volcánicas, con cultivo de frutales y hortalizas y un régimen temporal para las aguas del Estero El Cobre. Del mismo modo, los antecedentes revisados dan cuenta de que eventos de alta pluviosidad y emergencias (industriales como naturales) pueden movilizar elementos metálicos hacia las aguas del estero y llevarlos hasta las aguas de riego en la zona baja.

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 muestra 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.

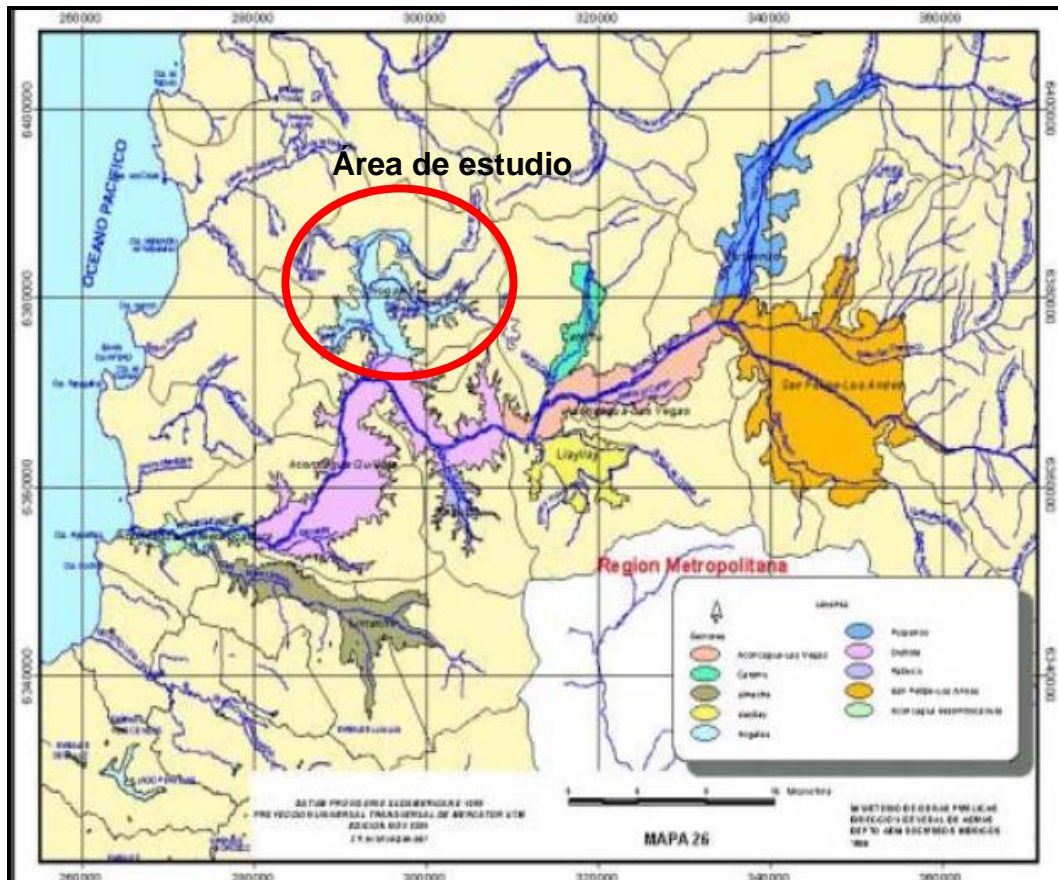


Figura 3.1: Zonificación hidrogeológica del río Aconcagua

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 km². 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 3.1.

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 Anexo 1. 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.

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.

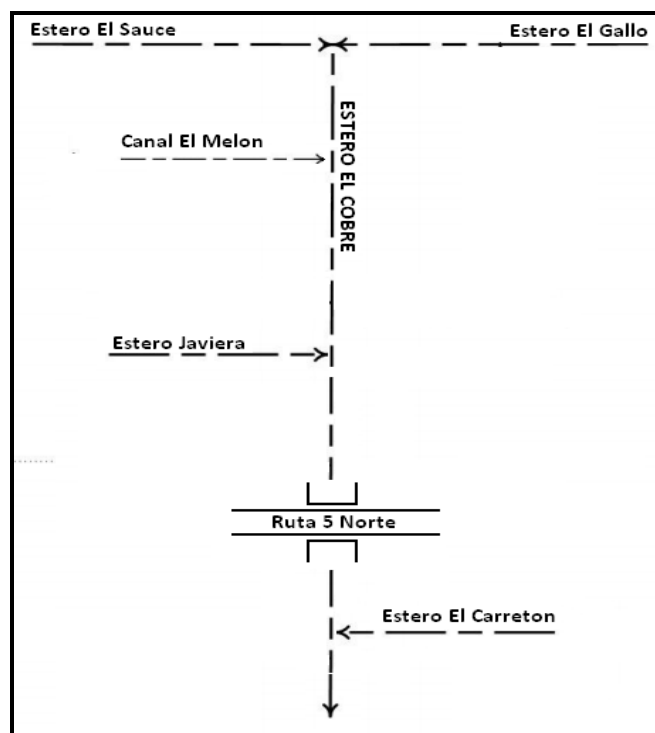


Figura 3.2 Esquema general unifilar del Estero El Cobre. Este diagrama no contiene la información de canales de regadío y pequeñas tomas de agua a partir del cauce principal.

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 más adelante en este informe.

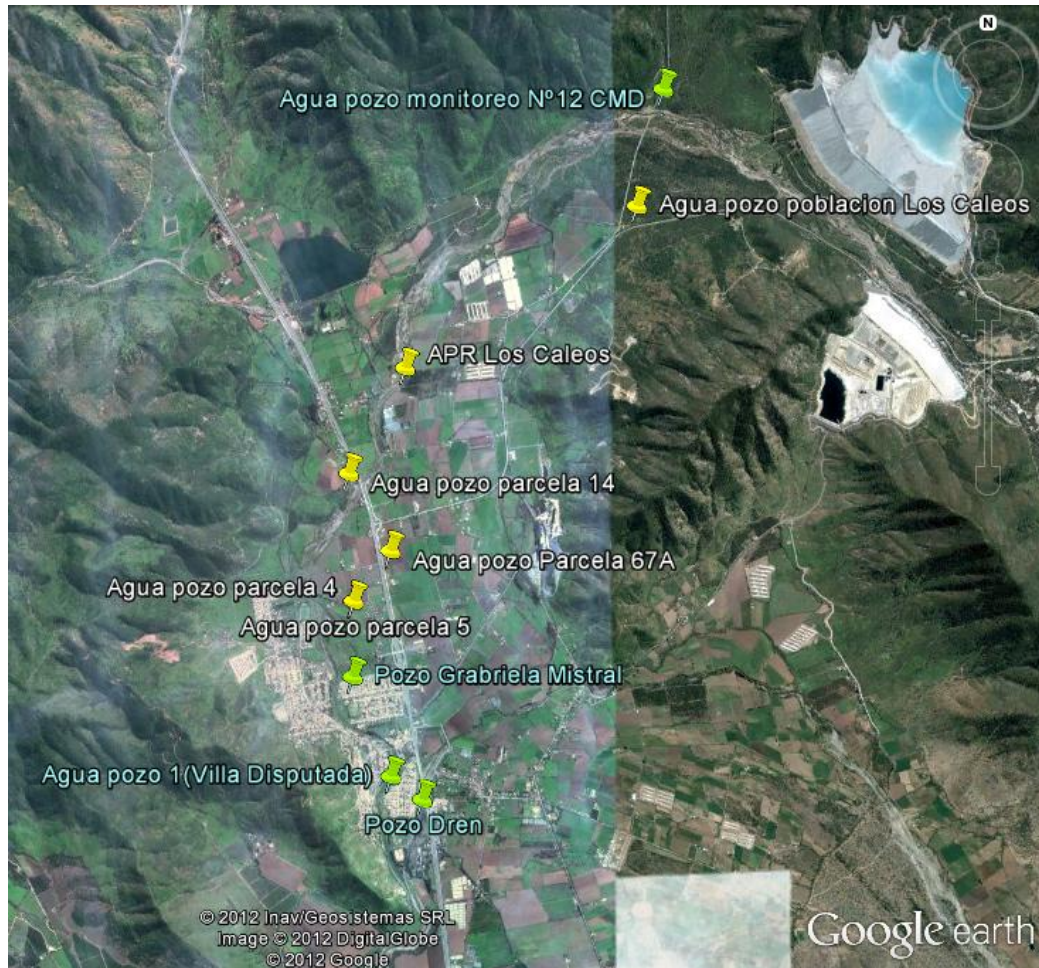


Figura 3.3: Puntos de captación de aguas subterráneas incluyendo pozos privados.

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

Se pudo constatar que existen 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.

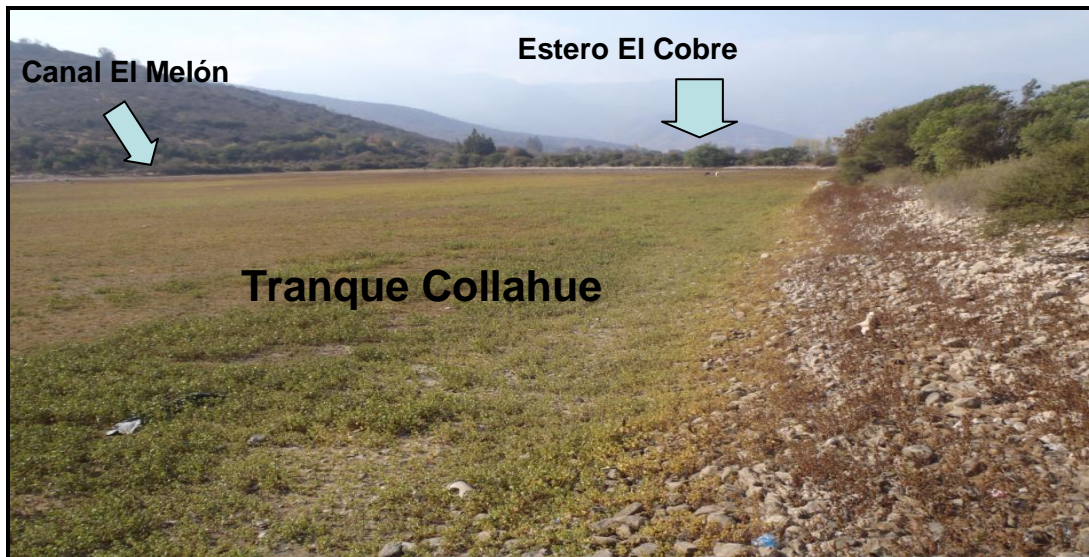


Figura 3.4: Tranque Collahue

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)

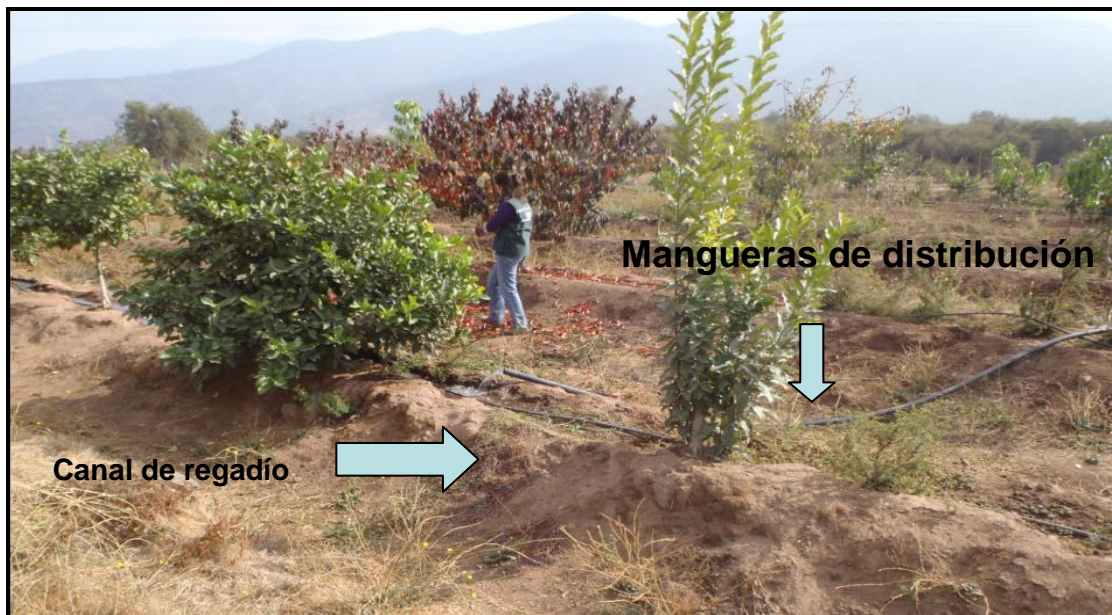


Figura 3.5: Sistemas de riego

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 seco.

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 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 m³ y de 100 m³, 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 Cábanos y centro de El Melón en una segunda etapa.

Los dos primeros sectores mencionados corresponden a terrenos del Comité de Allegados El Rungue, 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 Pocochay. 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 actividades potencialmente contaminantes² (denominadas genéricamente como fuente(s)), vías de exposición³, 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 actividades potencialmente contaminantes, se describen las vías y rutas que permiten el transporte de dichos elementos hacia receptores potenciales genéricos. De modo general, se establecen diferencias entre los receptores según sean urbanos y rurales y niños y adultos.

En correspondencia con los antecedentes recopilados en este estudio, la hipótesis inicial sobre la distribución y presencia de elementos potencialmente 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 elementos potencialmente contaminantes presentes en aguas y material sólido no consolidado, que pueden ser transportados desde el tramo superior de la misma, de manera puntual y difusa hasta las actividades agrícolas y ganaderas, que pueden actuar como vías secundarias de transporte de estos elementos potencialmente contaminantes que podrían asociarse a riesgos en la salud de los pobladores urbanos y rurales mediante la incorporación de los mismos en las cadenas tróficas y alimenticias expuestas a ellos.

Esta hipótesis inicial permite formular el modelo conceptual del problema de estudio, que orienta las acciones a acometer, tal como se describe en los capítulos siguientes.

² **Actividad Potencialmente Contaminante:** Aquellas actividades que producen, utilizan, manipulan, manejan, almacenan, tratan o disponen sustancias que por sus características físico-químicas, biológicas y toxicológicas, producen o pueden producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal. (Guía Metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes).

³ **Vía de Exposición:** Mecanismo por medio del cual un contaminante entra al organismo (ingestión, inhalación, contacto dérmico). (Res. Ex. No 1.690/2011).

CAPITULO 5: CARACTERIZACIÓN DE LA SALUD AMBIENTAL EN EL TRAMO INFERIOR DE LA CUENCA .

5.1 Caracterización demográfica, social y económica específica de los sectores poblados

5.1.1 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 km², lo que arroja una densidad de población de 53,4 habitantes por km². 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)

5.1.2 Estructura por Sexo y Edad

La estratificación poblacional para la comuna de Nogales se muestra en Figura 5.1.

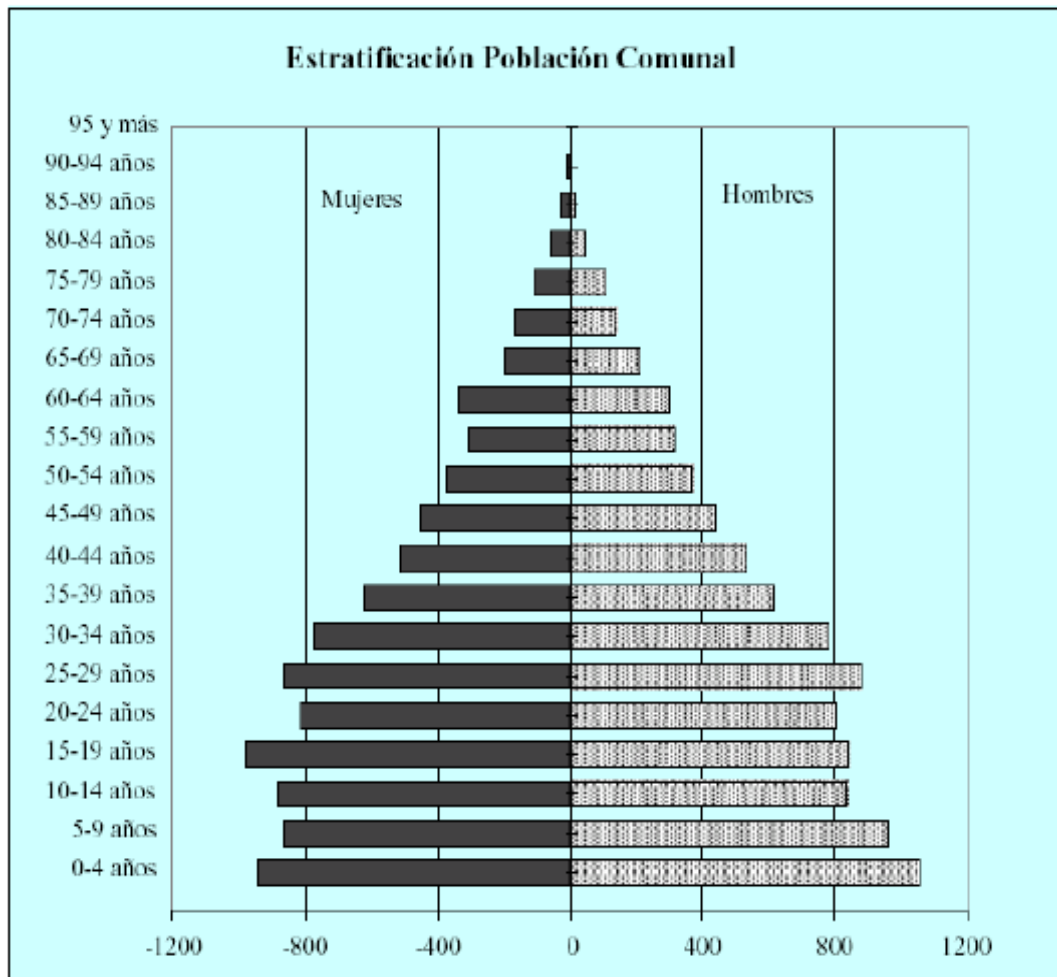


Figura 5.1: Pirámide poblacional Censo 2002 (I. Municipalidad de Nogales).

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 5.2 se ilustra la estratificación poblacional comunal por estratos en años.

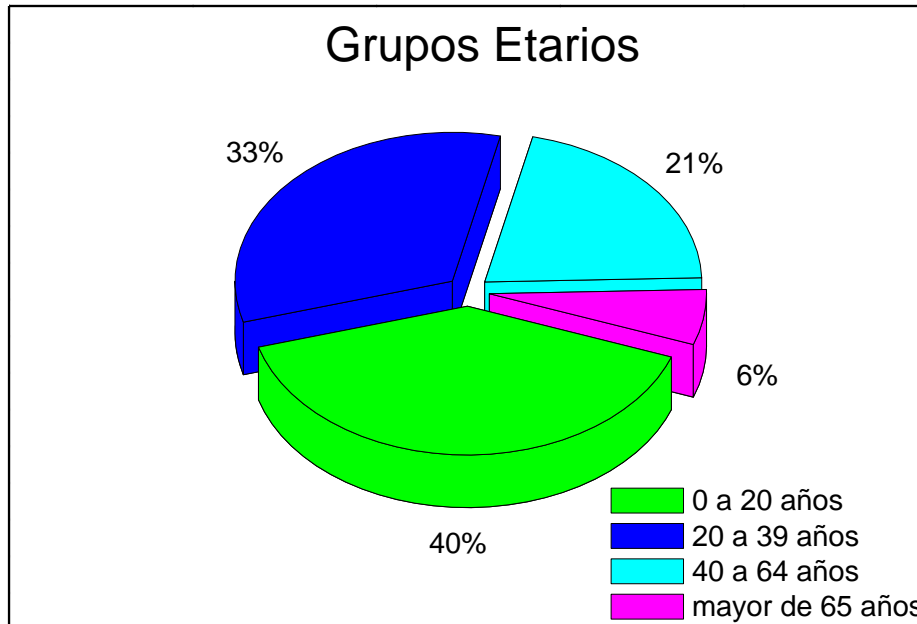


Figura 5.2: Grupos etarios

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.

5.1.3 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 %).

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 5.3.

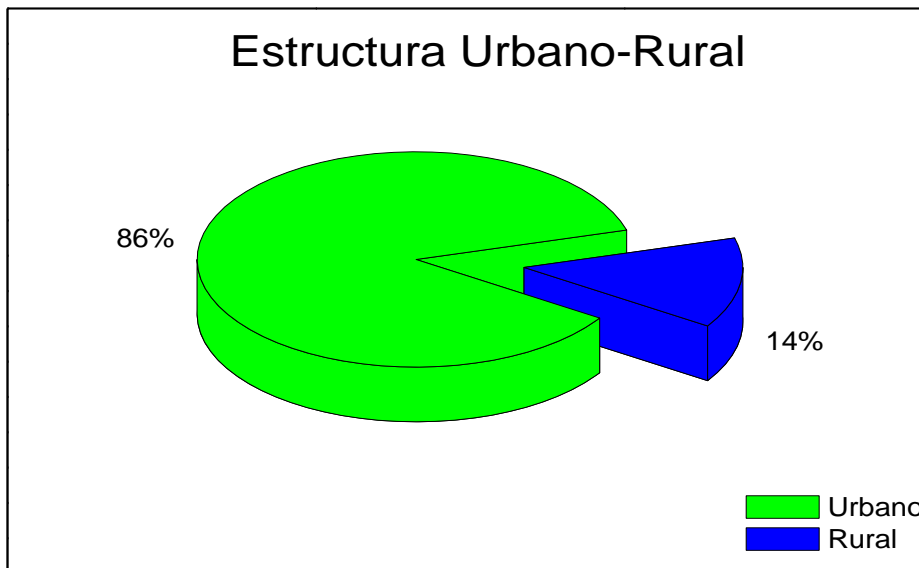


Figura 5.3: Estructura Urbano – Rural en la comuna de Nogales

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.

5.1.4 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.

5.2 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, en 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) infantil⁴, 7,9% (país), 7,3% (región) y 3,2% (comuna); (ii) en la niñez⁵, 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 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).

⁴Menores de 1 año.

⁵De 1 a 9 años.

CAPITULO 6: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICION CRONICA A ELEMENTOS, COMPUESTOS Y/O SUSTANCIAS DE ORIGEN ANTROPOGENICO Y LOS RIESGOS A LA SALUD ASOCIADOS.

6.1 Proposición de metodología para la evaluación de la exposición crónica y de riesgos a la salud.

La evaluación de los riesgos en la salud es un proceso sistemático que sirve para estimar la probabilidad de efectos adversos en la salud en humanos como consecuencia de una exposición a sustancias químicas peligrosas.

La implementación de una metodología de evaluación de riesgo debe considerar al menos la evaluación de tres aspectos: el grado de afectación ambiental por la presencia de elementos potencialmente contaminantes; la exposición presente y/o futura de la población afectada y los posibles efectos biológicos a la población y los ecosistemas presentes.

Se han descrito metodologías de evaluación de riesgo con diferentes alcances y aplicaciones; algunas son específicas para faenas mineras abandonadas, algunas consideran un enfoque ecosistémico, otros netamente toxicológicas y otras, una caracterización del sitio como un diagnóstico del problema.

Las etapas y alcances de la evaluación de riesgos, según un análisis determinístico de Nivel2, desarrollada en este proyecto, se presenta en el Anexo 2.

6.2 Desarrollo de modelo conceptual a utilizar.

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. Para el caso de estudio, la representación esquemática del modelo conceptual se presenta en la figura 6.1; la cual ha sido obtenida a partir de combinar los antecedentes estudiados y las visitas a terreno.

Modelo conceptual de fuentes, migración, y exposición de contaminación ambiental en estero El Cobre

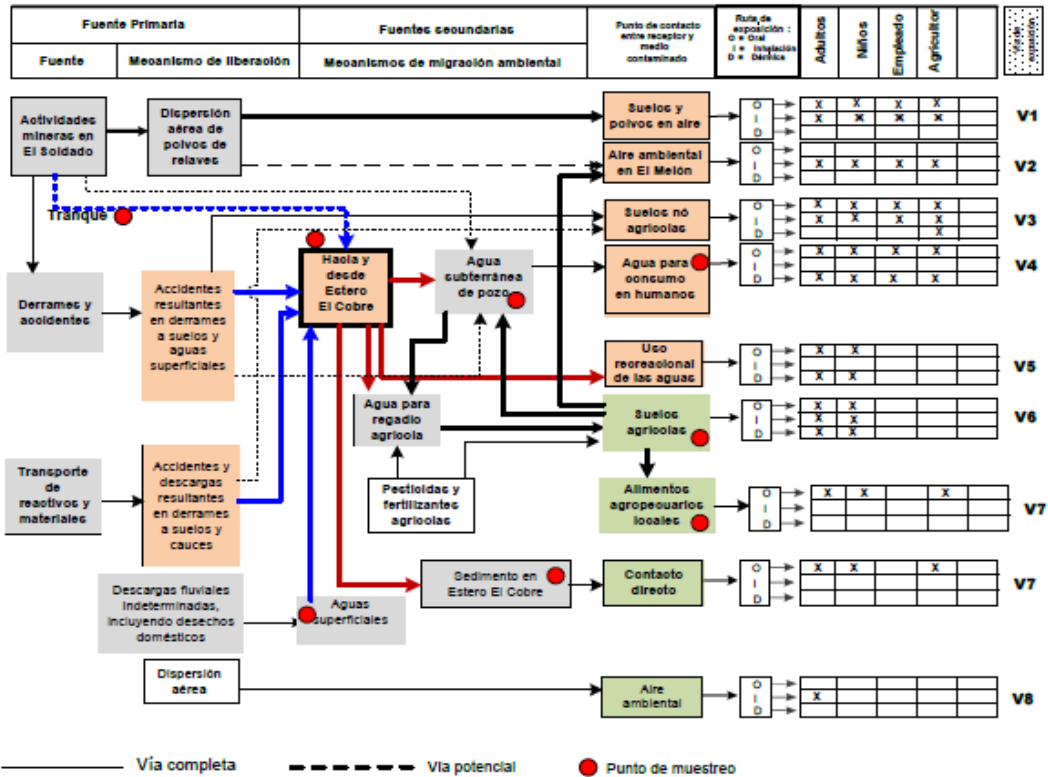


Figura 6.1: Modelo conceptual del problema de estudio, para el tramo inferior de la cuenca desde el cono de deyección hasta el pueblo El Melón.

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.

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 elementos potencialmente 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, 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 elementos potencialmente contaminantes provenientes de las actividades minera y/o agrícola y que resulte en exposición dérmica.

Como primera hipótesis se supone que las vías anteriormente identificadas son **completas**.

Las vías y puntos de contacto identificados en el modelo conceptual deben confirmarse durante el desarrollo de la investigación, lo que se recoge en este Informe Final.

6.3 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. Igualmente, no existe registro acerca de la calidad del aire en el poblado El Melón.

Para estudios futuros, es conveniente desarrollar estadísticas locales acerca de los consumos locales de frutas y hortalizas cultivadas en el sector así como complementar informaciones disponibles, lo que se detalla al final de este informe.

6.4 Análisis y selección de elementos, compuestos y/o sustancias de mayor interés para la salud.

En base a los antecedentes obtenidos para el desarrollo de este proyecto se han seleccionado los siguientes elementos y/o sustancias como los que presentan mayor interés para la salud:

- **Metales pesados** positivamente identificados en aguas, suelo, polvo, alimentos, y que tengan criterios de toxicidad (crónico y cancerígenos) desarrollados por la U.S.EPA. La lista de los metales a ensayar es la siguiente:
 - Cadmio (Cd)
 - Zinc (Zn)
 - Cromo (Cr)
 - Arsénico (As)
 - Cobre (Cu)
 - Níquel (Ni)
 - Plomo (Pb)
 - Aluminio (Al)
 - Selenio (Se)
 - Manganeseo (Mn)
 - Plata (Ag)
 - Vanadio (V)
 - Bario (Ba)
 - Cobalto (Co)
 - Molibdeno (Mo)
 - Berilio (Be)
 - Hierro (Fe)

- Mercurio (Hg)
- **Compuestos orgánicos** positivamente identificados en aguas de consumo humano y animal. Estos son:
 - Halometanos: bromodiclorometano; dibromoclorometano; tribromometano; triclorometano.
 - Pentaclorofenol
 - Benceno, Tolueno, Xileno
 - Tetracloroetileno
 - Pesticidas Organoclorados: 4,4 DDD; 4,4 DDE; 4,4 DDT; Lindano; Metoxicloro.
 - Herbicida 2,4 D
 - Fenoles
 - Coliformes fecales
- **Sulfato.** Aunque no representa una preocupación para la salud, se analizó también sulfato en agua, considerando que es un elemento de interés en la zona por las preocupaciones manifestadas por la comunidad en reiterados antecedentes que fueron considerados en el presente estudio.

Aunque es un paso poco relevante para el objetivo de evaluación preliminar de riesgo, estos analitos fueron comparados con las normativas nacionales vigentes, tal como se indicó en el documento “Planificación detallada para evaluación cualitativa, análisis in situ y muestreo para análisis de laboratorio” que describe la organización inicial del trabajo, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6.1. Resumen de los criterios de comparación por cada tipo de muestra, utilizados en este proyecto.

Tipo de muestra	Criterio de comparación
Agua potable y subterránea	Norma Chilena 409/1. Of. 2005 Agua potable. Requisitos de calidad.
Agua superficial	Decreto Supremo 143/2008: Establece los niveles de calidad ambiental de las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo. Norma Chilena 1333/1978. Establece requisitos de calidad para aguas según diferentes usos.
Agua subterránea	Norma Chilena 1333/1978. Establece requisitos de calidad para aguas según diferentes usos.
Muestras de suelo	Se utilizarán las normativas de Brasil, Estado de Sao Pablo; Estados Unidos Mexicanos y de la

		Comunidad Autónoma del País Vasco, España.
Muestras de sedimento	de	Se utilizarán los valores con mejor criterio de comparación en la zona, a partir del estudio desarrollado en la cuenca del Río Aconcagua en 2009, solicitado por DGA.

6.5 Análisis y selección de normas de referencias internacionales utilizados para matrices ambientales sin normativa nacional vigente.

En Chile, no existe normativa vigente para evaluar la calidad de varias matrices ambientales respecto de su composición química, lo que sucede, por ejemplo para los casos de suelo, sedimentos. Por consiguiente, de manera preliminar, este estudio consideró la propuesta de abordar este tema como sigue:

- Resultados en **muestras de suelo** se compararon con algunas de las normas internacionales propuestas en el estudio “Preparación de antecedentes para la elaboración de la “Norma de Calidad Primaria de Suelos” elaborado por Ingeniería Alemana S.A para el MMA en Julio de 2011. Las normativas seleccionadas son las de Brasil, de los Estados Unidos Mexicanos y la de la Comunidad Autónoma del País Vasco, España.⁶
- Resultados en **muestras de sedimento** se compararon con los valores obtenidos en el estudio desarrollado en la cuenca del Río Aconcagua, desarrollado por CENMA para DGA en 2009, en virtud de que los protocolos experimentales de muestreo y análisis son comparables y de que no existen estudios específicos del área del Estero El Cobre.
- Resultados en **muestras de polvo de techo** no fueron comparados con legislaciones internacionales por cuanto estos valores solo son atribuibles a la zona de estudio con sus características específicas de circulación de vientos.

⁶ La comparación con normativas internacionales puede ser poco productiva para estimar riesgos en la población chilena puesto que no siempre se conoce suficientemente el proceso que dio lugar a los valores normados en los diferentes países, en el detalle de los supuestos considerados para establecer el riesgo aceptable. Por consiguiente, este estudio, considera además realizar la comparación con los valores de metales encontrados en las muestras de la zona procedentes de áreas sin intervención antropogénica considerando que representan las condiciones naturales de la geología de la zona de estudio. Esta base de comparación ha sido utilizada por CENMA en los estudios desarrollados para el MMA. Esta comparación, cualquiera sea su alcance, no reemplaza a un estudio de evaluación de riesgos y no puede considerarse como definitiva.

6.6 Organización de campañas de terreno y resultados de análisis en muestras ambientales.

En el Anexo 3 se presentan los detalles de la organización de las campañas de terreno y los resultados de análisis de las muestras ambientales.

Esto considera:

- Diseño de campañas de muestreo en dos etapas...
- Puntos de muestreo y metodologías de muestreo para aguas superficiales, subterráneas, potable, suelo, sedimentos, polvo de techo, productos vegetales.
- Metodologías analíticas.
- Resultados de las mediciones analíticas en las muestras ambientales obtenidas.
- Comparación con normativas...

6.7 Evaluación de riesgo.

El estudio de evaluación de riesgo comienza con la identificación de los mecanismos **potenciales** de liberación, migración y destino ambiental de los elementos potencialmente contaminantes de interés originados en la fuente.

Los mecanismos de destino ambiental incluyen las transformaciones físico-químicas de un contaminante en el medio ambiental. Todos estos mecanismos conllevan a cambios en la concentración y/o la naturaleza del contaminante en estudio. Los mecanismos más importantes de destino ambiental, considerados para el caso de estudio, son:

Atenuación, que consiste en la degradación química en presencia de otras sustancias químicas, microorganismos o plantas.

Activación, se refiere a cambios químicos que pueden sufrir los contaminantes que aumentan su toxicidad.

Partición del contaminante entre medios ambientales o entre compartimentos dentro de la matriz, lo cual es común en los compuestos orgánicos.

Bioacumulación en biota y en la cadena alimenticia.

Las vías de exposición identificadas como más significativas al problema de la parte inferior de la cuenca del Estero El Cobre son la dispersión atmosférica de las emisiones que producen las actividades mineras, y la traslocación de elementos metálicos como resultado de accidentes industriales y eventos como terremotos o intensas lluvias. Otras vías potenciales pueden ser los alimentos agropecuarios locales que pueden estar afectados por la sedimentación de polvos aéreos y por las aguas de regadío potencialmente contaminadas.

Las aguas subterráneas en las zonas altas de la cuenca representan una vía de exposición potencial de agua potable, debido a la lixiviación de metales hacia las aguas subterráneas.

En este estudio, existe evidencia para considerar que la inhalación de partículas resuspendidas por el viento, el contacto dérmico directo con el material de los suelos y la ingestión accidental del material de los desechos mineros o suelos, constituyen vías de exposición completa, pero de severidad variable. El proceso de resuspensión de polvos de suelos muy finos causados por el viento puede ser relativamente limitado, ya que la capa superficial de suelos ha estado sometida a la acción de los vientos por largo tiempo.

Dada la presencia de polvos en techos y suelos, es razonable esperar que las personas sean objeto de vías de exposición no consideradas en el presente estudio, tal como la ingestión de material particulado depositado en la cocina y en alimentos que han estado en contacto con potenciales contaminantes durante su preparación.

6.7.1 Concentración representativa de cada contaminante en el punto de contacto

6.7.1.1 Estimación del 95% nivel superior de confianza del promedio (95% NSC)

Para estimar exposición, es necesario determinar la **concentración promedio en el punto de contacto que represente una estimación razonable de las concentraciones probablemente contactadas a lo largo del tiempo de exposición**. Debido a la incertidumbre asociada con la estimación del verdadero promedio para un sitio ó fuente de contaminantes, se recomienda el uso del 95% nivel superior de confianza del promedio (en adelante el “**95% NSC**”). El 95% NSC significa que el *valor verdadero* del promedio está con una certeza del 95% por debajo del valor del 95% NSC, y es confiable, conservador, y estable. La U.S.EPA recomienda que no se usen valores máximos observados como valor estimado de la concentración del punto de exposición (CPE).

Antes de proceder a un análisis estadístico, los resultados fueron tabulados por grupos afines y ocasionalmente, analizados gráficamente por distribución de funciones de densidad. Sin embargo la distribución de datos usada fue la recomendada por el programa ProUCL.

6.7.1.2 Selección de los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRPs)

En los análisis químicos de metales utilizando metodologías analíticas multielementales como las empleadas en este estudio, es común encontrar un número de analitos mayor que los esperados. Por esta razón los contaminantes positivamente identificados (CPIs) en los análisis químicos son reducidos en número a contaminantes de riesgo potencial (CRPs) de acuerdo con los procedimientos recomendados por la U.S.EPA. Estos CRPs serán incorporados en el análisis de exposición y riesgo. La metodología para la selección de los CPIs, CRPs y últimamente los contaminantes de riesgo significativo (CRSs), sigue las pautas recomendadas por la U.S.EPA en el documento Risk Assessment Guidance for Superfund

(RAGS). Se consideran contaminantes de riesgo potencial aquellos que por razones de toxicidad y concentraciones, puedan afectar a la población expuesta.

Una vez seleccionados los CRPs, se calculan las concentraciones consideradas representativas en la matriz ambiental. La U.S. EPA recomienda que en vez de un promedio aritmético, sea el 95%NSC del promedio, para lo cual se requieren por lo menos 6 muestras.

6.7.1.3 Concentraciones representativas de los contaminantes.

Para la evaluación inicial del escenario de exposición exploratorio, se seleccionaron las concentraciones máximas identificadas en cada matriz ambiental. Para los escenarios de adultos residentes y de niños residentes se seleccionaron valores del 95%NSC para cada contaminante en cada matriz ambiental analizada.

La concentración de cada contaminante definida como representativa para cada matriz ambiental analizada es independiente del tipo de receptor, u otras consideraciones asociadas con los factores de exposición humana.

6.8. Generalidades de la caracterización de la exposición.

La caracterización de la exposición consiste en estimar la *dosis interna*, esto es calcular la magnitud de contaminante que ingresa al interior del organismo a partir de la matriz ambiental contaminada durante el contacto con el límite exterior del organismo y por la ruta de exposición correspondiente.

Un aspecto crítico en la estimación de la exposición es la determinación de la concentración representativa de cada potencial contaminante en cada punto de contacto, con la que se estima una o varias dosis internas utilizando algoritmos recomendados para las diferentes vías y rutas.

6.8.1 Escenarios de exposición

En el presente estudio se identificaron cuatro escenarios de exposición hipotéticos relacionados con los receptores de interés, los que incluyen las condiciones más generales de la población residente en la zona.

Estos escenarios hipotéticos se refieren a las circunstancias, lugar físico, y temporalidad durante las cuales *se supone que ocurre el contacto del potencial contaminante con el receptor*. Para el presente estudio se identificaron los siguientes escenarios, como consecuencia del modelo conceptual.

- a. **Exposición en adultos residentes de >18 a 60 años.** De acuerdo con esta hipótesis, se supone que adultos (hombres y mujeres) están expuestos a concentraciones

representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar. Estos receptores viven y trabajan aleatoriamente en cualquier lugar de la cuenca baja del Estero El Cobre. En este escenario se supone una exposición de 24 h/día, 250 días/año, por 30 años, y no usan equipos de protección personal (respiradores, guantes, botas). Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido por el sistema escalar al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y con aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas.

- b. Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan en labores agropecuarias (“agricultor”)** en la cuenca del Estero El Cobre, fuera del pueblo de El Melón. Se suponen expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar. Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición específicos para adultos agricultores se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas.
- c. Exposición en niños y adolescentes que atienden colegio (“escolares”) entre 5 a <18 años residentes** en El Melón, en la zona poniente de la Ruta 5 Norte. Los adolescentes (jóvenes hombres y mujeres) están expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados que han sido calculados en etapas previas. Los receptores se suponen expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero devuelto vía sistema ciliar escalar al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición específicos para adolescentes se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas. El propósito de este escenario es determinar si la exposición crónica en niños puede alcanzar niveles significativos y estar asociado con efectos negativos en la salud.
- d. Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan** en labores al aire libre (“empleado”) en El Melón. Se suponen expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar, pero los factores de exposición son representativos de estos receptores. Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido al

sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos.

Rutas de exposición. Las rutas de exposición son los puntos de ingreso de los contaminantes al interior del organismo, y están asociados principalmente con tres funciones corpóreas. Las rutas típicas de exposición se describen en el Anexo 2.

6.8.2 Punto de contacto entre contaminante y receptor

Un punto de contacto corresponde a cada uno de los puntos espaciales y temporales hipotéticos donde tiene lugar el contacto entre el contaminante ambiental y el límite externo del organismo humano. La exposición sigue al contacto. A continuación se describe el procedimiento para estimar la exposición del receptor en el punto de contacto con cada matriz ambiental y con cada contaminante de interés.

El **punto de contacto** (a veces denominado punto de exposición) es un componente crítico en la caracterización de la exposición. La exposición puede ocurrir solamente cuando en el punto de contacto concurren simultáneamente el contaminante *en una concentración cuantificable*, en una matriz ambiental identificable (aire, agua, suelo, o alimento), y un receptor humano. Además debe haber una probabilidad cierta de ocurrencia temporal y espacial de los eventos.

Para el presente estudio, los posibles puntos de exposición identificados se describen en Tabla 6.2 a continuación.

Tabla 6.2 Puntos de contacto hipotéticos identificados para receptores humanos

Puntos de contacto hipotéticos receptor-contaminante	Vías de exposición	Ruta de exposición
Consumo de agua de pozo en altos del estero o en zona baja del estero (en hogares de El Melón)	Ingestión de aguas contaminadas	ingestión
Consumo de frutas o verduras en cultivos en el hogar o de producción agrícola	Ingestión de alimentos provenientes de suelos regados con aguas contaminadas	ingestión
Respiración al aire libre	Material particulado resuspendido en el aire ambiental	inhalación
Contacto dérmico con suelos y/o aguas agrícolas	Contacto dérmico directo con aguas y/o suelos	dérmico

Receptores humanos de preocupación potencial. Se seleccionaron receptores humanos hipotéticos de interés, incluyendo receptores conocidos y potenciales, presentes y futuros, residentes y trabajadores, adultos y niños. Una vez definida la unidad geográfica de exposición, los receptores humanos fueron considerados estar bajo la misma influencia de los potenciales contaminantes.

En este estudio se consideraron como receptores humanos de preocupación aquellos que presentan mayor susceptibilidad, mayor exposición, o que presentan alguna característica que los hacen más vulnerable a la exposición de los contaminantes bajo estudio.

6.8.3 Estimación de la Exposición Humana.

Los algoritmos de exposición humana a contaminantes ambientales expresados como *dosis interna* fueron desarrollados y recomendados por la U.S. EPA y adoptados por la OECD y WHO, descritos en el Anexo 2.

Respecto de esta vía de exposición por ingestión de frutas y verduras, es conveniente destacar que se han seguido las siguientes suposiciones:

- El factor de absorción relativo para un potencial contaminante en particular es 100% e idéntico, cualquiera que sea el tipo del producto vegetal comestible.
- Los factores de exposición EF y ED son comunes para los cuatro tipos de productos vegetales cuando el consume está expresado como promedio anual en g/día.
- Una vez que el producto es seleccionado para consumo, no hay mayores cambios en concentración de contaminante debido a operaciones tales como lavado, pelado, o cocinado.

Clasificación de los productos vegetales

El análisis de exposición por ingesta de productos vegetales puede incluir un detalle del tipo de hortalizas consumidas, en particular si éstas son cultivadas en un sitio que ha sido identificado como contaminado. Habitualmente, la metodología de la U..EPA estima la exposición a potenciales contaminantes, considerando cuatro “tipos” de hortalizas:

- **Hortalizas con hojas comestibles** (vh) = Hortalizas de hojas grandes y verde oscuro que crecen sobre el nivel del suelo, tales como lechuga, espinaca, brócoli, repollo.
- **Hortalizas con raíz comestible** (vr) = Hortalizas que crecen bajo tierra, tales como papas, cebollas, zanahorias, espárragos, rabanitos.
- **Frutas y verduras sin cáscara** (vs) = Hortalizas y frutas sin cáscara que se producen sobre el nivel del suelo, como por ejemplo tomates, uva de mesa, frutillas, pimiento, pepinos, manzanas, duraznos, peras.
- **Hortalizas y frutas con cáscara** (vc) = Hortalizas y frutas que crecen sobre el nivel del suelo cuyos frutos se producen encerrados en una vaina o cáscara que no es comestible, como por ejemplo los porotos, arvejas, limones, melones.

Cada una de estos productos alimenticios está asociado con tasas de consumo específicas. En Chile no se dispone de datos de ingesta específica de frutas y verduras. Como aproximación, para este estudio se han utilizado los datos de ingesta de frutas y verduras de la población estadounidense, lo cual introduce una desviación importante en los resultados

obtenidos, por cuanto el consumo real a nivel nacional y a nivel local puede ser muy diferente de estas suposiciones.

Consumo diario. Los resultados indican que en la población de U.S.A., el consumo promedio diario de productos vegetales es 310 g/d, de los cuales 35,2% es de frutas y verduras sin cáscara (vs), 45,5% de frutas y verduras con cáscara, 3,2% es de frutas y verduras con hojas comestibles (vh), y 16,1% es de hortalizas con raíces comestibles.

Origen de los productos. Parte de este consumo puede ser de producción local o que los productos tengan distinto origen. Por ejemplo, una persona puede consumir 100% de los tomates cultivados en su propio patio, pero 100% de las frutas provienen del supermercado.

En la tabla 6.2 se presentan los valores de consumo diario de hortalizas por cada grupo de estos alimentos, para la población de los Estados Unidos.

Debido a que en Chile no existe información actualizada del consumo de productos vegetales, y debido al escaso número de muestras de cada tipo de hortaliza o fruta, en este estudio se ha utilizado el consumo promedio diario total, 310 g/d, sin distinguir por los diferentes tipos de vegetales lo cual introduce desviaciones en los resultados finales que podrían estar sobreestimados. En 2005, informaciones no oficiales de prensa (<http://www.portalfruticola.com/2011/01/28/chile-region-lidera-consumo-de-frutas-y-verduras/?pais=chile>) estimaban en 217g/d el consumo de frutas y verduras en Chile por lo que al seguir los criterios de la metodología de la U.S.EPA por falta de información oficial al respecto, los resultados pueden estar sobreestimados ya que estos valores han sido alcanzados apenas en los últimos cinco años.

6.8.4 Selección de los Factores de Exposición Humana (FEHs)

Los factores de exposición humana son variables que describen características biológicas y fisiológicas del receptor humano, que están relacionadas con el ingreso de sustancias químicas contaminantes al organismo. Se consideran en esta sección factores tales como el volumen de aire inspirado por hora o por día, la cantidad de agua ingerida por día, la tasa diaria de alimento ingerido, la superficie dérmica de cada parte del cuerpo, la absorción dérmica por día, el peso corpóreo. Existe amplia información respecto a los valores máximos, mínimos, medianos y variables que definen los factores de exposición.

La información necesaria para conducir análisis de exposición se encuentra en el documento *Exposure Factors Handbook*, en tres volúmenes, *Volume 1: General Factors*, *Volume II: Food Ingestion Factors*, y *Volume III: Activity Factors*, colección publicada originalmente por U.S.EPA en 1988 y recientemente revisada en 2009.

La duración y frecuencia del contacto se refieren al tiempo durante el cual la sustancia contaminante está en contacto con el límite exterior del organismo. Para sustancias que

ingresan al organismo por vías respiratoria y dérmica, se supone que la penetración (*exposición*) es inmediata y por lo tanto el tiempo de contacto es igual a la duración de la exposición. Típicamente el tiempo de exposición se expresa en horas/día, y la frecuencia en días/año.

El valor numérico de los factores de exposición FEH, los factores temporales, y el peso corpóreo dependen de las circunstancias que ocurren durante la exposición. Por ejemplo, si la exposición considera niños en un colegio, entonces los volúmenes de respiración por hora, superficie dérmica expuesta, e ingestión de agua son valores específicos para una determinada edad de niños (ambos sexos) y dependen del horario y calendario de actividades escolares.

La absorción del contaminante depende de la liberación previa del contaminante desde la matriz ambiental y de la biodisponibilidad. Por lo tanto la absorción neta de contaminante depende de la matriz y de la naturaleza del contaminante, y es un valor específico.

Para los cálculos de la exposición en este estudio, fueron empleados los valores que se muestran en Tabla 6.2, los cuales corresponden al escenario de exposición para los receptores hipotéticos en cuestión (niños y adultos) residentes de la zona en estudio. Los factores de exposición humanos usados son valores centrales y seleccionados como **mediana de cada distribución** (percentil 50) de manera que reflejan valores típicos más probables para los receptores hipotéticos considerados.

Tabla 6.3 Factores de exposición utilizados para estimar la exposición en los receptores y escenarios de exposición considerados en este estudio.

	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3			Escenario 4				
	Adultos; conc máxima			Agricultor; 95%NSC conc.			Escolar; 95%NSC conc.			Empleado; 95%NSC				
VR =	20			20			10			20			m3/d	
IIS =	50			50			50			50			mg/d	soil+polvo
FAD =	1			1			0.5			1			mg/cm2.d	
TE =	8	24		8	24		8	24		8	24		h/d	
FE =	200	365	100	250	365	100	250	365	100	250	365	100	d/año	
DE =	30	30	70	30	30	70	13	30	70	30	30	70	años	
SDT =	19400			19400			14490			19400			cm2	mediana, ♂+♀
SDE =	0.15	0.25		0.20	0.25		0.15	0.25		0.15	0.25		%	
IDA =	2			2			1			2			L/d	
fAC =	0.5			0.5			0.5			0.5			%	
PITG =	0.50			0.50			0.50			0.50			%	
PIRP =	0.25			0.25			0.25			0.25			%	
PEF =	1.40E+09			1.40E+09			1.40E+09			1.40E+09			m3/kg	USEPA default
PC =	70			70			41.45			70			kg	mediana, ♂+♀
TEagua	2			4			1			1			horas/día	

6.9 Perfiles de toxicidad de los contaminantes de interés

La toxicidad es la *habilidad intrínseca* de las sustancias químicas de producir un efecto biológico dañino ó indeseable, y depende principalmente de las propiedades químicas, físicas y de los mecanismos de acción de cada sustancia particular.

Esta etapa del estudio también se conoce como la *caracterización de la dosis-respuesta*. En la misma se identifica la toxicidad del contaminante ó de los contaminantes a los cuales la persona está o puede estar expuesta. Esta fase consiste en la identificación y selección de las fuentes de información, identificación del perfil toxicológico relevante a la situación en estudio, y la identificación de los criterios de toxicidad de cada contaminante de riesgo potencial.

6.9.1 Fuentes de información

USEPA recomienda una jerarquía de datos toxicológicos como guía para seleccionar los valores de toxicidad adecuados. Para este estudio se han utilizado las siguientes fuentes de información:

- Tier 1. U.S.EPA **IRIS (Integrated Risk Information System)** es la fuente de información acerca de criterios de toxicidad, es decir, dosis de referencia, concentración de referencia, factores de potencia cancerígena y unidades de riesgo, para todos los contaminantes de los cuales existe información oficial desarrollada por la U.S.EPA. La información en IRIS se renueva regularmente, y se accede en URL a través del enlace: <http://www.epa.gov/iris/>
- Tier 2. Este incluye la U.S.EPA PPRTV, USEPA (1997). *Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). FY-1997 Update*. Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA-540-R-97-036. La base HEAST es una lista que contiene información establecida acerca de evidencia de toxicidad, dosis, rutas, especies, efecto crítico, referencia y criterio de toxicidad para contaminantes peligrosos. La base se renueva mensualmente.
- U.S.EPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table. November 2010. Base de datos de criterios de toxicidad, y valores exploratorios para niveles de contaminantes asociados con niveles aceptables de riesgo, en suelo residencial e industrial, aire residencial e industrial, y agua potable.

La U.S.EPA RAGS recomienda que sólo los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRPs) sean incluidos en el análisis de exposición y riesgos a la salud. Con el fin de maximizar el enfoque conservador del estudio, se han incluido todos los metales y sustancias peligrosas para los cuales existe un criterio de toxicidad.

Para estimar exposición y riesgo, es necesario recolectar información completa acerca de la toxicidad cualitativa y cuantitativa para cada contaminante en estudio, incluyendo la identificación del largo de la exposición. El toxicólogo debe establecer la relevancia de la información de la literatura y la información obtenida del problema de contaminación.

Los perfiles de toxicidad preparados para los contaminantes de tipo metales pesados, en la cuenca del Estero El Cobre, se encuentran detallados en el Anexo 2. Del mismo modo, las evidencias genéricas acerca de las interacciones entre los metales pesados también se describen en el Anexo 2.

6.10 Métodos de estudio de los efectos negativos en la salud por metales pesados

Los niveles sanguíneos de plomo se pueden estudiar mediante modelos de exposición y metabolismo biocinético en niños o adultos, descritos en la literatura como modelos tóxico-cinéticos basados en fisiología (del inglés *physiologically-based toxicokinetic*, PBTK). La ventaja del modelo PBTK es que permite tomar en cuenta todos los aportes de plomo al organismo (suelo, agua, aire, alimentos) y permite *predecir* el nivel sanguíneo que resulta de todas las contribuciones para el rango de edad. Es el método más apropiado para estudiar poblaciones en lugar de individuos. El modelo biocinético predictivo es recomendado en EEUU, pero la confirmación se hace con análisis sanguíneo. Por otra parte, el modelo PBTK sólo predice niveles sanguíneos pero no un Índice de Peligrosidad. El modelo PBTK recomendado actualmente para analizar los niveles sanguíneos asociados con exposición al plomo es el IEUBKwin, desarrollado por la USEPA y extensamente validado.

6.11 Estimación de riesgos.

En esta etapa se integran los resultados de la identificación del peligro, la evaluación de la exposición, y la evaluación de la relación dosis-respuesta, con el fin de estimar la probabilidad de efectos negativos crónicos ó cancerígenos.

La caracterización del riesgo obedece a preguntas tales como:

- Hay algún riesgo significativo en la salud en el presente y/ó en el futuro?
- Cuáles son los contaminantes o las vías de exposición que contribuyen significativamente a los riesgos?
- Qué significan los números?
- Requiere el problema de contaminación de una gestión de riesgo?

Los riesgos en la salud pueden estimarse (a) por comparación con valores de referencia, (b) por estimación usando modelos basados en fisiología, o (c) por estimación usando la metodología U.S.EPA. Estos enfoques se describen a continuación.

6.11.1 Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo

Intuitivamente, se puede suponer que hay un nivel de contaminación en una matriz ambiental determinada, bajo el cual una exposición no va a producir efectos biológicos indeseables. Alternativamente, si la presencia de contaminantes peligrosos es muy alto, una exposición puede significar efectos biológicos negativos. La U.S.EPA ha estimado estas

concentraciones, basadas en información de exposición humana y de la toxicidad de las sustancias peligrosas, a los cuales nos referimos como Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo (NPCBRs).

Los NPCBRs son valores genéricos derivados de ecuaciones que combinan valores de exposición y valores de toxicidad específicas de cada contaminante, y que representan condiciones de Exposición Máxima Razonable para exposiciones crónicas de largo plazo basadas en metodología de estimación de riesgos de la U.S.EPA y para riesgos en la salud considerados como aceptables.

Los NPCBRs son concentraciones de referencia de numerosos contaminantes en suelo, agua, y aire en sectores residenciales e industriales, que consideran la toxicidad de las sustancias químicas, varias vías de exposición y que son calculados para niveles de riesgo considerados aceptables (riesgo extra cancerígeno de por vida = 1×10^{-6} e índice de peligrosidad crónico = 1), con el objeto de una evaluación y remediación preliminar rápida de una contaminación química.

Los NPCBRs son **concentraciones máximas de sustancias químicas en una matriz ambiental (suelo, agua, aire) asociadas con riesgos considerados estadísticamente no significativos y biológicamente aceptables**. Un exceso de la concentración de la sustancia química sobre el valor del NPCBR no define automáticamente al sitio como "CONTAMINADO" o que requiere actividades de remediación, sino indica que es apropiado una evaluación más profunda de los riesgos potenciales de los contaminantes. Los NPCBRs son concentraciones específicas de un contaminante en suelo, aire y agua potable, que pueden requerir una mayor investigación o restauración del lugar. Los NPCBRs han sido actualizados y publicados como *Regional Screening Levels (RSLs) for Chemical Contaminants at Superfund Sites* (USEPA, 2010), y corresponden a los *Preliminary Remediation Goals (PRGs)* desarrollados por U.S.EPA hace casi 20 años. Los detalles acerca de los NPCBRs se recogen en el Anexo 2.

6.11.2 Estimación de riesgos crónicos y cancerígenos de acuerdo con la metodología USEPA.

Se prepararon algoritmos para la estimación de riesgos para todos los contaminantes en estudio, vías de exposición, rutas de exposición, poblaciones estudiadas, y para cada escenario de exposición. Los resultados del análisis especialmente tabulados muestran los índices de peligrosidad crónico (IPC) y los riesgos extra de cáncer de por vida (RECV).

Los resultados se presentan en forma tabular, con las contribuciones por cada contaminante y vía de exposición, para cada receptor y escenario de exposición. Si un IP excede el valor unitario, se discute si se procede a analizar las contribuciones por efecto crítico biológico, tal como es recomendado por la U.S.EPA.

La explicación del concepto del Índice de Peligrosidad para contaminantes crónicos no cancerígenos se presenta en el Anexo 2.

Un Índice de Peligrosidad Total (IP) es la suma de más de un cociente de peligrosidad (CPT) para múltiple sustancias y/o múltiple vías de exposición. El CP es el cociente del nivel de exposición de una sola sustancia por un período de tiempo especificado (por ejemplo, crónico), y la dosis de referencia para la misma sustancia derivada de un período de exposición similar.

El IPT es una estimación del índice de peligro para contaminantes crónicos no cancerígenos en las personas expuestas asociadas con el problema de contaminación en estudio.

Los procesos de estimación de índice de peligrosidad para contaminantes crónicos no cancerígenos y para la estimación del riesgo extra de cáncer de por vida, se muestran en las Tablas a continuación. Las tablas muestran los tres escenarios de exposición analizados:

- (1) exposición en residentes adultos, expuestos a la concentración máxima de contaminantes en suelos;
- (2) exposición en niños de 5 a <18 años expuestos a valores promedios ambientales observados; y
- (3) exposición en adultos que trabajan en actividades agropecuarias y expuestos a valores promedios de contaminantes en distintas matrices ambientales.

Cada grupo de tres escenarios de exposición reflejan el rango de exposición desde el máximo a los más probables en la zona del sector bajo del Estero El Cobre.

6.11.2.1 Estimación del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

La estimación del riesgo asociado con contaminantes cancerígenos, también conocidos como contaminantes sin umbral tóxico, se lleva a cabo usando los procedimientos similares a la del índice de peligrosidad.

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida se estima usando la Dosis Diaria Promedio de por Vida (DDPV) estimada para cada contaminante cancerígeno y por cada vía de exposición, y multiplicada por el respectivo criterio de toxicidad:

Para sustancias cancerígenas por la vía oral ó dérmica se usa el Factor de Potencia Cancerígena (FPC), también denominado Factor de Pendiente. Para sustancias cancerígenas por la vía de inhalación la U.S.EPA recientemente ha recomendado que para estimar el riesgo se use la concentración aérea del cancerígeno, y el Factor de Riesgo Unitario (FRU).

6.11.2.2 Significado e interpretación del riesgo de cáncer

El significado e interpretación del riesgo de cáncer es diferente al del Índice de Peligrosidad, y obedece a los conceptos descritos a continuación.

Riesgo basal (ó background) de cáncer. Es aquel que se atribuye a una serie de *causas acumulativas indeterminadas* (radiación, genéticas, ambientales, etc.). Por ejemplo, en la población de los EE.UU. se estima que aproximadamente una de cada cuatro personas contrae algún tipo de cáncer en su vida, incluyendo que sea cáncer tratable, reversible, o letal. Es decir,

Riesgo *normal* de cáncer ≈ 1 in 4 personas $\approx 0,25$

Niveles acumulativos de riesgo background de cáncer en Chile son similares a los observados en los EE.UU., pero podrían ser levemente superiores.

Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV). También llamado *riesgo adicional* de cáncer, en inglés corresponde a la expresión “*lifetime extra cancer risk.*”

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV) es el límite superior de la probabilidad de que una persona va a contraer cáncer (ya sea tratable ó letal) durante su vida entera, entre todas las personas expuestas de por vida a una concentración promedio del contaminante, y por encima de la probabilidad basal normal de contraer cáncer. El riesgo extra se atribuye a una causa específica. Se denomina riesgo “extra” de cáncer porque es un riesgo asociado al problema de contaminación, y por lo tanto es “extra” ó “adicional” al riesgo normal basal de cáncer que tiene cada persona determinada o específica.

Debido a las precauciones incluidas en el proceso de estimación, puede esperarse que el riesgo verdadero de cáncer sea inferior al calculado, sin embargo, no hay evidencia científica para esperar que fuese mayor.

Riesgo de minimis. Un riesgo *de minimis* es aquel que se juzga como insignificante como para ser de preocupación social, ó como para justificar el uso de recursos de gestión de riesgo para su control. Riesgo de cáncer considerado sin significado biológico ó sin significado estadístico, y tiene un valor de uno en un millón, ó 1×10^{-6} ó menos.

Para los propósitos de reglamentación ambiental y su cumplimiento, como también para consideraciones políticas generales, en los EE.UU. un RECV de uno en un millón ($1:1.000.000 = 1E-6$) ó menos es en general considerado estar *por debajo de un nivel de riesgo significativo* (“*de minimis*”). Un nivel de RECV de uno en diez mil ($1:10,000 = 1E-04 = 1 \times 10^{-4}$) o más es en general considerado un riesgo inaceptable (*de manifestis*). El rango de riesgo entre $1E-06$ y $1E-04$ corresponde al “rango de toma de decisiones de riesgo” para

remediaciones de sitios con desechos peligrosos definido por ley en los EE.UU. (U.S.A. National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, 40 CFR 300.430).

El nivel de riesgo *de minimis* de $1E-06$ es el aumento de riesgo extra de un efecto adverso cancerígeno que ocurra durante un período de por vida de 70 años en una población extensa. El nivel de riesgo de $1E-06$ usado para reglamentar un gran número de riesgos, es muy inferior a los riesgos que el público en general enfrenta cada día. El riesgo *de minimis* está basado en el principio *De minimis non curat lex* – la ley no se preocupa de bagatelas. Este es el concepto de ignorar los peligros demasiado pequeños, y es el nivel bajo el cual una agencia del gobierno de EE.UU. no se espera que reglamente, ya que no todos los riesgos se pueden eliminar por ley.

Riesgo residual. Es el riesgo que queda después de que se hayan completado las medidas protectoras ó de remediación de un sitio contaminado. El riesgo residual debe ser igual a un riesgo considerado no significativo.

6.11.2.3 Niveles Regulatorios de Riesgo

Se discutirán los niveles target regulatorios a ser usados en la gestión de riesgos para los puntos finales crónicos y cancerígenos, con una justificación para cada caso.

Se propone hacer uso de un nivel de riesgo de **1E-05** (1×10^{-5}) como nivel de riesgo *de minimis*, es decir, el valor bajo el cual no es biológicamente y estadísticamente significativo. En los EE.UU. este valor es $1E-06$. También se propone un nivel de riesgo de $1E-04$ (1×10^{-4}) para definir los riesgos considerados biológicamente significativos e inaceptables. Para los riesgos crónicos, se recomienda usar un nivel de índice de peligrosidad igual a 1 como referencia. Idealmente, estos niveles regulatorios son determinados por la autoridad de gobierno antes de obtener los resultados del análisis de riesgos.

El riesgo de minimis propuesto se basa en consideraciones tales como:

- a. El riesgo de minimis considera intrínsecamente la población de los EE.UU., 313.000.000 de habitantes. Este nivel de riesgo de minimis significa 313 habitantes con posibilidad adicional de contraer cáncer a partir de una exposición de por vida. Chile tiene 17.000.000 habitantes, es decir 1/18 de los habitantes de los EE.UU.
- b. Debido a la larga geografía de Chile, no se puede postular una incidencia de cáncer que sea homogénea para todo el país; se deberían esperar variaciones regionales.

6.11.2.4 Estimación del riesgo incremental de desarrollar cáncer, para agentes cancerígenos

A continuación se presentan los resultados de estimación del riesgo incremental de desarrollar cáncer para agentes cancerígenos según los escenarios de exposición estudiados.

Tabla 6.4. Análisis de riesgos para adultos de >18 años de edad expuestos a concentraciones del 95%NSC del promedio de cada matriz identificada en la zona baja del Estero El Cobre.

1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:														
Contaminante	Cc sedim	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d	IURi	DRf o+d	CRfi	Kp
							oral	dermal	inhal	1/(mg/kg.d)	1/(µg/m3)	(mg/kd.d)	(mg/m3)	cm/h
Arsénico	30.94	0	69.3	10.9	20.7	1.17	(2)	(1)	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio		0	34.8		75.19	2156	1	1.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	591.6	42.25	49.7	552	44		0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio		1	0.786				1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro		30.25	43.2		149	31.4	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	17.4	0	2.55	13.35	2.61	0.527	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	49.28	0	0.64	38.9	20.9	0.57	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2394	38.25	16.8	308	782	62.7	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	65.9	0	1.52	22.5	31.6	31.73								
Cromo III	32.95	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	32.95	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	499049	1	118.5	424697	29214	2059	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36		0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	2171	1	17.5	1401	788	101.8	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	8.8	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6	11.75	33	6	3.6	40.2	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata		10.5	15.8				0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	46.1	6	8.8	21.5	98.1	2.15		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5		1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	176.7	1	1.55	135	122.4	12.6	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	214.3	38.5	31	176	5699	84.3	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK
(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)
(1) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.
(2)
(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.
(4) Para valores "bajo cero" se uso un límite de cuantificación/2

Informe Final

1.2 FACTORES DE EXPOSICIÓN		VR =	20				m3/d	
ADULTO, 18 a 50 AÑOS default, ♂+♀		IIS =	50				mg/d	soil+polvo
		FAD =	1				mg/cm2.d	
		TE =	8	24			h/d	
		FE =	200	365	100	30	d/año	
		DE =	30	30	70		años	
		SDT =	19400				cm2	mediana, ♂+♀
		SDE =	0.15	0.25			%	
		IDA =	2				L/d	
		fAC =	0.5				%	
		PITG =	0.50				%	
		PIRP =	0.25				%	
		PEF =	1.40E+09				m3/kg	USEPA default
		PC =	70				kg	mediana, ♂+♀
		TEagua	2				horas/día	
		Cfv	0.310				kg/d	
1.3 VALORES GENÉRICOS		PTnc =	10950	DE x d/año				
		PTc =	25550	70 x 365 días				
		FCkm =	1.00E-06	kg/mg				
		FCum =	1.00E-03	mg/ug				
		FCKg =	1.00E-03	kg/g				
		FClc =	1.00E-03	L/cm3				



Informe Final

ABREVIACIONES:	
Csuelo	Concentración del contaminante en suelo, mg/kg
IIS	Ingestión involuntaria de tierra, mg/d
TE	Tiempo de exposición, h/d
FE	Frecuencia de exposición, d/y
DE	Duración de la exposición, años
DRf	Dosis de referencia oral y dérmica, mg/kg.d
CRf	Concentración de referencia por inhalación, ug/m3
FPC	Factor de potencia cancerígena, 1/(mg/kg.d)
IUR	Inhalation Unit Risk, 1/(ug/m3)
PTc	Ponderación temporal para contaminantes cancerígenos, 70x365 d
PTnc	Ponderación temporal para contaminantes crónicos no cancerígenos = DE, d
SDT	Superficie dérmica total del receptor, cm2
SDE	Superficie dérmica expuesta, %
FAD	Factor de adherencia del polvo con la piel, g/cm2.d
VR	Volumen de aire respirado diario, m3/d
PC	Peso corporal, kg
FCum	Factor de conversión ug a mg = 1E-3
FCmk	Factor de conversión mg a kg = 1E-6
PEF	Factor de emisión de partículas, m3/kg
PITG	Partículas inhaladas transferidas al gastrointestinal = 0.50
PIRP	Partículas inhaladas retenidas en los pulmones = 0.25
PINR	Partículas inhaladas pero no retenidas = 0.25
Kp	Coefficiente de permeabilidad, cm/h
t ea	Tiempo evento contacto con agua, h/evento//eventos/d

Informe Final

2. ALGORITMOS para EXPOSICIÓN

2.1 INDICE DE PELIGROSIDAD PARA CONTAMINANTES NÓ-CANCERÍGENOS (IP)

IP1 - Inhal MP fino con retención en pulmones	$(Cc \text{ suelos} / PEF) \times PIRP \times ABSi \times (1/CRFi) \times [TEc \times FEc \times DEc / (TEt \times FEt \times DEt)]$
IP2 - Ing MP inhalado con retorno a GIT	$(Cc \text{ suelos} / PEF) \times PITG \times ABSo \times (1/DRfo) \times [TEc \times FEc \times DEc / (TEt \times FEt \times DEt)]$
IP3 - Contacto dérmico directo con suelos	$Csuelos \times SDT \times SDE \times FAD \times ABSd \times FE \times DE \times 1E-6 / (DRfd \times PC \times PTnc)$
IP4 - Ingestión incidental suelos	$Csuelos \times IIS \times FE \times DE \times ABSo \times FCKm / (DRfo \times PC \times PTnc)$
IP5 - Ingestión aguas de consumo	$Cagua \text{ potable} \times IDA \times ABSo \times FE \times DE / (DRfo \times PC \times PTnc)$
IP6 - Contacto dérmico con aguas sup y subt	$Cagua \text{ sup subt} \times FCic \times Kp \times TEagua \times SDT \times SDE \times Fcmu \times FE \times DE / (DRfd \times PC \times PTnc)$
IP7 - Consumo frutas y vegetales	$Cfv \times CDV \times ABSo \times fVC \times FE \times DE / (PC \times PTnc \times DRfo)$

2.2 RIESGO EXTRA CANCERÍGENO DE POR VIDA (REC)

RC1 - Inhal MP fino con retención en pulmones	$(Cc \text{ suelos} / PEF) \times PIRP \times (IURI) \times FCum \times [TEc \times FEc \times DEc / (TEt \times FEt \times DEt)]$
RC2 - Ing MP inhalado con retorno a GIT	$(Cc \text{ suelos} / PEF) \times PITG \times (FPCo \times VR / PC) \times [TEc \times FEc \times DEc / (TEt \times FEt \times DEt)]$
RC3 - Contacto dérmico directo con suelos	$Csuelos \times SDT \times SDE \times FAD \times ABSd \times FE \times DE \times FCKm \times FPCd / (PC \times PTc)$
RC4 - Ingestión incidental suelos	$Csuelos \times IIS \times FE \times DE \times ABSo \times FCKm \times FCPo / (PC \times PTc)$
RC5 - Ingestión aguas de consumo	$Cagua \text{ consumo} \times IDA \times ABSo \times fAC \times FE \times DE \times FPCo \times FCum / (PC \times PTc)$
RC6 - Contacto dérmico con aguas	$Cagua \text{ sup y subt} \times Kp \times FCic \times SDT \times SDE \times TE \times FE \times DE \times FPCd / (PC \times PTc)$
IP7 - Consumo frutas y vegetales	$Cfv \times CDV \times ABSo \times fVC \times FE \times DE \times FPCo / (PC \times PTnc)$

Informe Final

3. RESULTADOS PARA RIESGOS EN ADULTOS EXPUESTOS A CONCENTRACIONES DEL 95%NSC DEL PROMEDIO EN LA CUENCA BAJA DEL ESTERO

	Índice de Peligro (IP)									Riesgo Extra Cancerígeno de Por Vida (RECV)								
	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	Σcontam=	%	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	RC7	Σcontam=	%
Arsénico	4.5E-05	4.5E-06	2.5E-02	1.4E-02	0.0E+00	8.8E-03	1.4E+00	1.5E+00	16.0%	6.8E-15	2.5E-10	4.8E-06	2.7E-06	0.0E+00	3.4E-06	6.4E-04	1.1E-05	98.6%
Aluminio	4.9E-07	4.9E-09	2.3E-07	3.9E-07	0.0E+00	1.3E-06	7.8E-01	7.8E-01	8.6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Bario	2.9E-06	1.0E-09	6.3E-04	7.6E-05	1.2E-04	9.4E-06	1.8E-03	2.7E-03	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Berilio	1.6E-06	3.3E-08	1.1E-04	2.0E-04	3.9E-03	1.5E-05		4.2E-03	0.0%	1.8E-16	0	0	0	0	0	0	1.8E-16	0.0%
Boro	2.4E-07	4.9E-08	1.1E-06	2.0E-06	1.2E-03	8.2E-06	5.7E-02	5.8E-02	0.6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cadmio	4.3E-06	8.5E-09	3.0E-04	2.6E-04	0.0E+00	9.7E-05	1.9E-01	1.9E-01	2.1%	3.6E-16	0	0	0	0	0	0	3.6E-16	0.0%
Cobalto	1.1E-04	4.5E-06	3.0E-02	5.1E-02	0.0E+00	3.2E-05		8.0E-02	0.9%	1.4E-14	0	0	0	0	0	0	1.4E-14	0.0%
Cobre	2.6E-08	1.3E-06	1.8E-03	3.0E-03	7.5E-03	1.6E-05	5.7E-01	5.8E-01	6.4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo total (**)																		
Cromo III	5.2E-10	8.9E-12	1.7E-06	3.8E-08	0.0E+00	1.9E-08	3.8E-03	3.9E-03	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo VI	5.2E-06	8.6E-09	1.7E-04	3.7E-05	0.0E+00	1.9E-05	1.9E+00	1.9E+00	21.0%	1.0E-13	6.3E-11	1.1E-07	2.4E-08	0.0E+00	2.5E-08	2.9E-03	1.6E-07	1.4%
Fierro	9.5E-07	2.7E-06	1.4E-01	2.4E-01	1.1E-05	6.4E-06	1.1E+00	1.4E+00	15.8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Mercurio sales	3.7E-06	5.1E-08	4.9E-04	5.9E-04	0.0E+00	1.3E-04		1.2E-03	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Manganeso	5.1E-04	8.6E-08	1.3E-02	9.1E-04	1.3E-05	2.8E-05	1.5E+00	1.6E+00	17.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Molibdeno	1.1E-10	4.6E-08	1.6E-04	2.7E-04	1.9E-02	1.3E-04		2.0E-02	0.2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Nickel	1.3E-06	4.7E-10	1.4E-06	4.7E-06	1.8E-04	1.3E-05		2.0E-04	0.0%	7.1E-17	0	0	0	0	0	0	7.1E-17	0.0%
Plata	3.3E-11	5.2E-10	2.7E-06	3.1E-06	6.6E-04	7.2E-05		7.4E-04	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Plomo																		
Selenio	2.4E-09	2.0E-08	6.8E-06	1.2E-04	0.0E+00	4.5E-04		5.8E-04	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Vanadio	4.0E-09	1.6E-06	6.2E-04	1.1E-02	1.6E-03	1.2E-05	9.2E-01	9.3E-01	10.1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Zinc	1.9E-07	1.2E-06	8.0E-06	2.3E-04	1.0E-03	2.4E-06	1.0E-01	1.0E-01	1.1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
															3.6E-04			
SUM	6.9E-04	1.6E-05	2.1E-01	3.2E-01	3.5E-02	9.8E-03	8.6E+00	9.2E+00		1.2E-13	3.1E-10	4.9E-06	2.8E-06	0.0E+00	3.4E-06	3.5E-03	1.1E-05	
%	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.94		100.0%	1.1E-08	3.4E-11	5.3E-07	3.0E-07	0.0E+00	3.7E-07	3.8E-04		100.0%
								IPtotal =	9.2								RECVtotal=	1.1E-05

Cada valor seleccionado es el más alto identificado usado proveniente de:

Inh MP fino (vías 1 y 2)	Polvos en techos
Contacto dérmico con suelos (3)	Suelos y sedimentos: muestras de suelo Estero, lodo estero, sedimento Estero, suelo de pozo,
Ingestión incidental suelos (4)	Igual que fuentes anteriores
Ingestión aguas de consumo (5)	Fuentes de agua potable
Contacto dérmico con agua sup y subt (6)	Fuentes de agua sup y subt



Debe recordarse que para la exposición, se considera que todos los metales incluido el arsénico medidos en las muestras se encuentran accesibles para transformarse en dosis internas, lo que no sucede dentro del cuerpo humano porque carece de las condiciones de temperatura y presión para liberar esas concentraciones existentes en las muestras ambientales determinadas en condiciones de laboratorio.

Para los adultos que están expuestos aleatoriamente a las concentraciones del 95% NSC del promedio de cada contaminante en cada matriz ambiental analizada, el Índice de Peligrosidad estimado es 9,2. Las contribuciones significativas a este valor provienen de los IP del As, Cr (VI), Fe, y Mn. Estos metales tienen toxicidad muy diferente entre sí, lo cual indica una muy baja probabilidad de efectos crónicos no cancerígenos durante el período de exposición. El IP excede la unidad debido a los numerosos contaminantes analizados, los cuales son sumados por razones metodológicas para el cálculo del IP total.

Del mismo modo, si este cálculo se desarrolla sin considerar la vía de la ingesta de frutas y vegetales, en virtud de que los principales alimentos cultivados en la zona (choclo, zanahoria, porotos verdes) no se consumen crudos, el IP disminuye a 3,5 tal como se presenta en la tabla 6.5, incluso si la exposición se produce a los valores máximos medidos en lugar a de a los valores representativos del 95% UCL.

El Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida es igual a $1,1E-05$ que resulta prácticamente igual al nivel de minimis recomendado como aceptable.

Tabla 6.5 Análisis de riesgos para adultos de >18 años de edad expuestos a concentraciones **máximas** de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre., considerando despreciable la vía de ingesta de frutas y hortalizas.

ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:		1. RECEPTOR ADULTO QUE TRABAJA ALEATORIAMENTE EN LA ZONA ENTERA DEL ESTERO EL COBRE Y ESTÁ EXPUESTO A CONCENTRACIONES MÁXIMAS EN CADA MATRIZ AMBIENTAL												
1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:														
Contaminante	Cc sedim	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d 1/(mg/kg.d)	IURi 1/(µg/m3)	DRf o+d (mg/kd.d)	CRfi (mg/m3)	Kp cm/h
							oral	dermal	inhal					
				(4)			(2)	(1)					(3)	
Arsénico	70	0	109.8	15	22.47	0	1	3.0E-02	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio		0	81	4	8155.14	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	780	42.25	62	559	46	0	0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio	0.43	1	2	0.43	0	0	1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro	2.6	30.25	60	2.6	149.92	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	41	0	3.8	13.5	2.76	0	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	73	0	0.64	46	23.49	0	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	5446	38.25	37	5200	1067.53	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	86	0	3	22.5	29.44	0								
Cromo III	43	0	1.5	11.25	14.72	0	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	43	0	1.5	11.25	14.72	0	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	634600	1	280	461600	31408.1	0	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	0.22	0	0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	7302	1	327	1580	907.23	0	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	23	3.5	3.5	0	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6	11.75	83	6	1.16	0	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata	0.96	10.5	28	0.96	0	0	0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	79	6	14	24	117.58	0		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	118.6	1.5	1.5	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	278	1	4	154	132.59	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	283	38.5	180	187	6935	0	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(*) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.
(2)
(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.
(4) Para valores "bajo cero" se uso un límite de cuantificación/2

Informe Final

3. RESULTADOS PARA RIESGOS EN ADULTOS EXPUESTOS A MÁXIMAS CONCENTRACIONES EN LA CUENCA BAJA DEL ESTERO

	Índice de Peligro (IP)								Riesgo Extra Cancerígeno de Por Vida (RECV)							
	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	Σcontam=	%	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	Σcontam=	%
Arsénico	4.9E-05	4.9E-06	1.6E-01	9.1E-02	0.0E+00	1.4E-02	2.6E-01	7.7%	7.4E-15	2.7E-10	3.1E-05	3.8E-06	0.0E+00	5.4E-06	4.0E-05	98.8%
Aluminio	5.3E-05	5.3E-07	2.3E-07	3.9E-07	0.0E+00	3.1E-03	3.1E-03	0.1%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Bario	3.0E-06	1.1E-09	8.9E-04	1.1E-04	1.2E-04	1.2E-02	1.3E-02	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Berilio	1.6E-06	3.3E-08	4.9E-05	8.4E-05	3.9E-03	3.8E-02	4.2E-02	1.2%	1.8E-16	0	0	0	0	0	1.8E-16	0.0%
Boro	2.4E-07	4.9E-08	3.0E-06	5.1E-06	1.2E-03	1.1E-02	1.3E-02	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cadmio	4.5E-06	9.0E-09	9.3E-04	8.0E-04	0.0E+00	1.4E-01	1.5E-01	4.2%	3.8E-16	0	0	0	0	0	3.8E-16	0.0%
Cobalto	1.3E-04	5.1E-06	5.5E-02	9.5E-02	0.0E+00	3.2E-02	1.8E-01	5.3%	1.6E-14	0	0	0	0	0	1.6E-14	0.0%
Cobre	3.5E-08	1.7E-06	3.1E-02	5.3E-02	7.5E-03	3.5E-02	1.3E-01	3.7%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo total (**)																
Cromo III	4.8E-10	8.3E-12	6.5E-06	1.5E-07	0.0E+00	3.8E-05	4.5E-05	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo VI	4.8E-06	8.0E-09	6.5E-04	1.4E-04	0.0E+00	3.8E-02	3.9E-02	1.1%	9.4E-14	5.9E-11	4.2E-07	2.4E-08	0.0E+00	4.9E-08	4.9E-07	1.2%
Fierro	1.0E-06	2.9E-06	2.1E-01	3.5E-01	1.1E-05	1.5E-02	5.8E-01	16.7%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Mercurio sales	2.4E-07	3.3E-09	4.9E-04	5.9E-04	0.0E+00	1.3E-01	1.3E-01	3.7%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Manganeso	5.9E-04	9.9E-08	6.9E-02	4.8E-03	1.3E-05	5.2E-01	5.9E-01	17.2%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Molibdeno	1.1E-10	4.6E-08	1.6E-04	2.7E-04	1.9E-02	1.7E-01	1.9E-01	5.6%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Nickel	4.2E-07	1.5E-10	1.4E-06	4.7E-06	1.8E-04	3.2E-02	3.2E-02	0.9%	2.3E-17	0	0	0	0	0	2.3E-17	0.0%
Plata	3.3E-11	5.2E-10	2.6E-06	3.0E-06	6.6E-04	1.3E-01	1.3E-01	3.7%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Plomo																
Selenio	2.4E-09	2.0E-08	6.8E-06	1.2E-04	0.0E+00	9.0E-01	9.0E-01	26.1%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Vanadio	4.3E-09	1.7E-06	1.3E-03	2.2E-02	1.6E-03	3.0E-02	5.5E-02	1.6%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Zinc	2.3E-07	1.5E-06	1.3E-05	3.7E-04	1.0E-03	1.4E-02	1.5E-02	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	8.4E-04	1.9E-05	5.3E-01	6.2E-01	3.5E-02	2.3E+00	3.5E+00		1.2E-13	3.3E-10	3.1E-05	3.8E-06	0.0E+00	5.4E-06	4.0E-05	
	2.4E-04	5.4E-06	1.5E-01	1.8E-01	1.0E-02	6.6E-01		100.00%	2.9E-09	9.5E-11	9.0E-06	1.1E-06	0.0E+00	1.6E-06		
							IPtotal = 3.5								RECVtotal= 4.0E-05	

Cada valor seleccionado es el más alto identificado usado proveniente de:

Inh MP fino (vías 1 y 2)	Polvos en techos
Contacto dérmico con suelos (3)	Suelos y sedimentos: muestras de suelo Estero, lodo estero, sedimento Estero, suelo de pozo,
Ingestión incidental suelos (4)	Igual que fuentes anteriores
Ingestión aguas de consumo (5)	Fuentes de agua potable
Contacto dérmico con agua sup y subt (6)	Fuentes de agua sup y subt

Tabla 6.6 Análisis de riesgos para adultos de >18 años de edad que vive y trabaja en actividades agropecuarias (“agricultor”) y expuesto a concentraciones representativas (95%NSC) de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre.

1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:

Contaminante	Cc sedim	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d 1/(mg/kg.d)	IURI 1/(µg/m3)	DRf o+d (mg/kd.d)	CRfi (mg/m3)	Kp cm/h
							oral	dermal	inhal					
							(2)	(1)	(3)					
Arsénico	30.94	0	69.3	10.9	20.7	1.17	1	3.0E-02	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio		0	34.8		75.19	2156	1	1.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	591.6	42.25	49.7	552	44		0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio		1	0.786				1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro		30.25	43.2		149	31.4	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	17.4	0	2.55	13.35	2.61	0.527	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	49.28	0	0.64	38.9	20.9	0.57	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2394	38.25	16.8	308	782	62.7	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	65.9	0	1.52	22.5	31.6	31.73								
Cromo III	32.95	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	32.95	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	499049	1	118.5	424697	29214	2059	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36		0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	2171	1	17.5	1401	788	101.8	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	8.8	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6	11.75	33	6	3.6	40.2	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata		10.5	15.8				0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	46.1	6	8.8	21.5	98.1	2.15		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5		1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	176.7	1	1.55	135	122.4	12.6	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	214.3	38.5	31	176	5699	84.3	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(1) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK

(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)

(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.

(4) Para valores reportados como cero, se uso un límite de cuantificación/2

Informe Final

3. RESULTADOS DETERMINÍSTICOS: adulto agricultor expuesto a concentración promedio (95%/NSC) de contaminantes

	Índice de Peligro (IP)							Σcontam= %		Riesgo Extra Cancerígeno de Por Vida (RECV)							Σcontam= %	
	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	RC7				
Arsénico	7.0E-05	7.0E-06	6.6E-03	1.8E-02		2.6E-03	2.4E+00	2.39	23.6%	1.4E-16	3.9E-10	3.2E-06	3.4E-06	0.0E+00	3.4E-06	4.6E-04	1.0E-05	97.4%
Aluminio	7.7E-07	7.7E-09	6.1E-08	4.9E-07		1.3E-07	1.3E+00	1.31	12.9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Bario	4.5E-06	1.6E-09	1.7E-04	9.5E-05	4.1E-03	9.4E-07	2.1E-04	0.00	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Berilio	2.5E-06	5.1E-08	3.0E-05	2.4E-04	9.8E-03	1.5E-06		0.01	0.1%	2.9E-16	0	0	0	0	0	0	2.9E-16	0.0%
Boro	3.8E-07	7.6E-08	3.0E-07	2.4E-06	3.0E-03	8.2E-07	9.5E-02	0.10	1.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cadmio	6.7E-06	1.3E-08	8.1E-05	3.3E-04		9.7E-07	1.6E-02	0.02	0.2%	5.6E-16	0	0	0	0	0	0	5.6E-16	0.0%
Cobalto	1.8E-04	7.1E-06	7.9E-03	6.3E-02		3.2E-06	1.2E+00	1.22	12.1%	2.2E-14	0	0	0	0	0	0	2.2E-14	0.0%
Cobre	4.0E-08	2.0E-06	4.7E-04	3.8E-03	1.9E-02	1.6E-06	9.5E-01	0.97	9.6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo total (**)																		
Cromo III	8.1E-10	1.4E-11	4.6E-07	4.8E-08		1.9E-09	8.3E-05	0.00	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo VI	8.1E-06	1.3E-08	4.6E-05	4.6E-05		3.8E-07	8.0E-02	0.08	0.8%	1.6E-13	9.9E-11	2.1E-07	2.9E-08	2.5E-08	1.0E-04	2.7E-07	2.6%	
Fierro	1.5E-06	4.3E-06	3.7E-02	3.0E-01	2.8E-05	6.4E-07	1.8E+00	2.12	20.9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Mercurio sales	5.7E-06	8.0E-08	1.3E-04	7.4E-04		1.3E-06		0.00	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Manganeso	8.0E-04	1.3E-07	3.5E-03	1.1E-03	8.2E-04	2.8E-06	1.0E-01	0.11	1.1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Molibdeno	1.8E-10	7.1E-08	4.3E-05	3.4E-04	4.8E-02	1.3E-05		0.05	0.5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Nickel	2.0E-06	7.3E-10	3.6E-07	5.9E-06	1.1E-02	2.5E-08		0.01	0.1%	1.1E-16	0	0	0	0	0	0	1.1E-16	0.0%
Plata	5.1E-11	8.2E-10	7.3E-07	3.9E-06	4.1E-02	4.3E-07		0.04	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Plomo					1.2E-04													
Selenio	3.8E-09	3.1E-08	1.8E-06	1.5E-04		4.5E-06		0.00	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Vanadio	6.2E-09	2.5E-06	1.6E-04	1.3E-02	3.9E-03	1.2E-07	1.5E+00	1.55	15.2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Zinc	2.9E-07	1.9E-06	2.1E-06	2.9E-04	2.5E-03	1.4E-08	1.7E-01	0.17	1.7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
SUM	0.00	0.00	0.06	0.40	0.14	0.00	9.56	10.2		1.8E-13	4.9E-10	3.4E-06	3.5E-06	0.0E+00	3.4E-06	5.6E-04	1.0E-05	
%	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.94		100.0%	1.8E-08	4.8E-11	3.4E-07	3.4E-07	0.0E+00	3.4E-07	5.5E-05		100.0%
							IPtotal =	10.2							RECVtotal=	1.0E-05		

Cada valor seleccionado es el 95%/NSC calculado por ProUCL

Inh MP fino (vías 1 y 2)

Polvos en techos

Contacto dérmico con suelos (3)

Suelos y sedimentos: muestras de suelo Estero, lodo estero, sedimento Estero, suelo de pozo,

Ingestión incidental suelos (4)

Igual que fuentes anteriores

Ingestión aguas de consumo (5)

Fuentes de agua potable

Contacto dérmico con agua sup y subt (6)

Fuentes de agua superficiales y subterránea



Agricultores expuestos a concentraciones promedio (95%NSC) en las matrices ambientales analizadas, tendrían un Índice de Peligrosidad estimado es 10,2, que está por encima del valor de referencia 1 para efectos crónicos no cancerígenos durante el período de exposición. Este IP es contribuido por el arsénico, hierro y vanadio. El IP del hierro corresponde a un valor transitorio y no es de preocupación. Los valores para arsénico y vanadio podrían refinarse a partir de esclarecer aspectos de la química de estos metales en la zona de estudio, relacionadas con su solubilidad y biodisponibilidad así como con los niveles naturales si es que pueden distinguirse de los antropogénicos.

De hecho, si se considera que la vía de ingesta de frutas y hortalizas no aporta a la exposición por cuanto los principales productos agrícolas de la zona no se consumen crudos y sin lavar, este IP disminuye a 0,9, evidenciando así su poca significación, lo que se presenta en la tabla 6.7.

El Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida igual a $1,0E-05$ no excede el nivel de minimis recomendado como aceptable.

Tabla 6.7 Análisis de riesgos para adultos de >18 años de edad que vive y trabaja en actividades agropecuarias (“agricultor”) y expuesto a concentraciones representativas (95%NSC) de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre, considerando nula la exposición por ingesta de frutas y verduras.

Contaminante	Cc suelos	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d 1/(mg/kg.d)	IURI 1/(µg/m3)	DRf o+d (mg/kd.d)	CRfi (mg/m3)	Kp cm/h
							oral	dermal	inhal					
							(2)	(1)					(3)	
Arsénico	39.4	0	69.3	10.9	20.7	0	1	3.0E-02	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio	4959	0	34.8		75.19	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	726	42.25	49.7	552	44	0	0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio	0.43	1	0.786			0	1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro	74.8	30.25	43.2		149	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	23.2	0	2.55	13.35	2.61	0	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	36.8	0	0.64	38.9	20.9	0	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2240	38.25	16.8	308	782	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	39.8	0	1.52	22.5	31.6	0								
Cromo III	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	320014	1	118.5	424697	29214	0	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36	0	0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	1411	1	17.5	1401	788	0	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	0	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6.2	11.75	33	6	3.6	0	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata	0.96	10.5	15.8			0	0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	31.9	6	8.8	21.5	98.1	0		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	158.8	1	1.55	135	122.4	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	183.3	38.5	31	176	5699	0	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(1) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK

(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)

(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.

(4) Para valores reportados como cero, se uso un límite de cuantificación/2

3. RESULTADOS DETERMINÍSTICOS: adulto agricultor expuesto a concentración promedio (95%NSC) de contaminantes

	Indice de Peligro (IP)								Riesgo Extra Cancerígeno de Por Vida (RECV)							
	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	Σcontam=	%	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	Σcontam=	%
Arsénico	7.0E-05	7.0E-06	1.5E-01	6.4E-02	0.0E+00	1.8E-02	2.3E-01	26.2%	1.1E-14	3.9E-10	2.9E-05	3.4E-06	0.0E+00	8.5E-06	4.1E-05	99.0%
Aluminio	7.7E-07	7.7E-09	1.9E-03	2.4E-03	0.0E+00	2.6E-06	4.3E-03	0.5%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Bario	4.5E-06	1.6E-09	1.4E-03	1.2E-04	1.4E-04	1.9E-05	1.7E-03	0.2%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Berilio	2.5E-06	5.1E-08	8.2E-05	1.1E-04	4.9E-03	3.0E-05	5.1E-03	0.6%	2.9E-16	0	0	0	0	0	2.9E-16	0.0%
Boro	3.8E-07	7.6E-08	1.4E-04	1.8E-04	1.5E-03	1.6E-05	1.8E-03	0.2%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cadmio	6.7E-06	1.3E-08	8.8E-04	5.7E-04	0.0E+00	1.9E-04	1.6E-03	0.2%	5.6E-16	0	0	0	0	0	5.6E-16	0.0%
Cobalto	1.8E-04	7.1E-06	4.7E-02	6.0E-02	0.0E+00	6.5E-05	1.1E-01	12.1%	2.2E-14	0	0	0	0	0	2.2E-14	0.0%
Cobre	4.0E-08	2.0E-06	2.1E-02	2.7E-02	9.4E-03	3.2E-05	5.8E-02	6.6%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo total (**)						1.2E-04										
Cromo III	8.1E-10	1.4E-11	5.0E-06	8.4E-08	0.0E+00	3.8E-08	5.2E-06	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Cromo VI	8.1E-06	1.3E-08	5.0E-04	8.1E-05	0.0E+00	3.8E-05	6.3E-04	0.1%	1.6E-13	9.9E-11	3.2E-07	2.9E-08	0.0E+00	6.2E-08	4.2E-07	1.0%
Fierro	1.5E-06	4.3E-06	1.7E-01	2.2E-01	1.4E-05	1.3E-05	4.0E-01	45.0%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Mercurio sales	5.7E-06	8.0E-08	8.2E-04	7.4E-04	0.0E+00	2.5E-04	1.8E-03	0.2%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Manganeso	8.0E-04	1.3E-07	2.2E-02	1.2E-03	1.6E-05	5.5E-05	2.4E-02	2.8%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Molibdeno	1.8E-10	7.1E-08	2.7E-04	3.4E-04	2.4E-02	2.5E-04	2.5E-02	2.8%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Nickel	2.0E-06	7.3E-10	2.4E-06	6.1E-06	2.3E-04	2.5E-05	2.7E-04	0.0%	1.1E-16	0	0	0	0	0	1.1E-16	0.0%
Plata	5.1E-11	8.2E-10	4.4E-06	3.8E-06	8.2E-04	1.4E-04	9.7E-04	0.1%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Plomo					5.9E-05	6.7E-08										
Selenio	3.8E-09	3.1E-08	1.1E-05	1.5E-04	0.0E+00	9.1E-04	1.1E-03	0.1%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Vanadio	6.2E-09	2.5E-06	1.2E-03	1.6E-02	2.0E-03	2.4E-05	1.9E-02	2.1%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Zinc	2.9E-07	1.9E-06	1.4E-05	3.0E-04	1.3E-03	4.7E-06	1.6E-03	0.2%	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	1.1E-03	2.5E-05	4.2E-01	4.0E-01	4.4E-02	2.0E-02	8.8E-01		1.9E-13	4.9E-10	2.9E-05	3.5E-06	0.0E+00	8.5E-06	4.1E-05	
	1.2E-03	2.9E-05	4.8E-01	4.5E-01	5.0E-02	2.2E-02		99.98%	4.7E-09	5.5E-10	3.3E-05	3.9E-06	0.0E+00	9.7E-06		
							IPtotal = 0.9							RECVtotal= 4.1E-05		

Cada valor seleccionado es el 95%NSC calculado por ProUCL

Inh MP fino (vías 1 y 2)	Polvos en techos
Contacto dérmico con suelos (3)	Suelos y sedimentos: muestras de suelo Estero, lodo estero, sedimento Estero, suelo de pozo,
Ingestión incidental suelos (4)	Igual que fuentes anteriores
Ingestión aguas de consumo (5)	Fuentes de agua potable
Contacto dérmico con agua sup y subt (6)	Fuentes de agua sup y subt

Informe Final

Tabla 6.8. Análisis de riesgos para niños escolares que viven en El Melón y están expuestos a concentraciones representativas (95%NSC) de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre.

1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:														
Contaminante	Cc suelos	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d 1/(mg/kg.d)	IURi 1/(µg/m ³)	DRf o+d (mg/kd.d)	CRfi (mg/m ³)	Kp cm/h
							oral	dermal	inhal					
Arsénico	39.4	0	69.3	10.9	20.7	1.17	(2)	(1)		1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio	4959	0	34.8		75.19	2156	1	3.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	726	42.25	49.7	552	44		0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio	0.43	1	0.786				1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro	74.8	30.25	43.2		149	31.4	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	23.2	0	2.55	13.35	2.61	0.527	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	36.8	0	0.64	38.9	20.9	0.57	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2240	38.25	16.8	308	782	62.7	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	39.8	0	1.52	22.5	31.6	31.73								
Cromo III	19.9	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	19.9	0	0.76	11.25	15.8	15.865	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	320014	1	118.5	424697	29214	2059	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36		0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	1411	1	17.5	1401	788	101.8	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	8.8	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6.2	11.75	33	6	3.6	40.2	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata	0.96	10.5	15.8				0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	31.9	6	8.8	21.5	98.1	2.15		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5		1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	158.8	1	1.55	135	122.4	12.6	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	183.3	38.5	31	176	5699	84.3	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(1) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK

(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)

(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.

Valores en amarillo, indican 95%UCL



Niños de edad escolar expuestos a concentraciones promedio (95%NSC) en las matrices ambientales analizadas, indican que el Índice de Peligrosidad estimado es 7,0, que excede el valor de 1 por la contribución de arsénico, hierro, y vanadio. Excepto por el arsénico, estas contribuciones no son de preocupación y no indican probabilidad de efectos crónicos no cancerígenos durante el período de exposición. La contribución del arsénico deberá estudiarse con más detalle para corroborar la correspondencia con la realidad de los supuestos utilizados en este estudio, que como se ha explicado anteriormente, son exageradamente conservadores en todos sus aspectos.

Si se estima el riesgo sin considerar la ingesta de frutas y hortalizas, por cuanto, los cultivos principales de la zona corresponden a productos que no se consumen crudos, se obtiene un IP de 0,8, lo que ratifica que no existe inminencia de peligro para este escenario, tal como se presenta en la tabla 6.9.

El Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida igual a $7,1E-04$ excede el nivel de minimis recomendado como aceptable, debido a la contribución del arsénico lo que deberá verificarse con estudios de marcadores de exposición a arsénico.

Tabla 6.9. Análisis de riesgos para niños escolares que viven en El Melón y están expuestos a concentraciones representativas (95%NSC) de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre, considerando nula la exposición por ingestión de frutas y hortalizas.

ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:		3. NIÑO ESCOLAR QUE VIVE EN EL PUEBLO LOS NOGALES Y ESTÁ EXPUESTO A CONCENTRACIONES PROMEDIO (95%NSC) EN CADA MATRIZ AMBIENTAL												
1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:														
Contaminante	Cc suelos	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d	IURi	DRf o+d	CRfi	Kp
							oral	dermal	inhal	1/(mg/kg.d)	1/(µg/m3)	(mg/kd.d)	(mg/m3)	cm/h
							(2)	(1)						(3)
Arsénico	39.4	0	69.3	10.9	20.7	0	1	3.0E-02	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio	4959	0	34.8		75.19	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	726	42.25	49.7	552	44	0	0.07	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio	0.43	1	0.786			0	1	1.0E-02	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro	74.8	30.25	43.2		149	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	23.2	0	2.55	13.35	2.61	0	0.05	1.0E-03	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	36.8	0	0.64	38.9	20.9	0	1	1.0E-02	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2240	38.25	16.8	308	782	0	1	1.0E-02	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	39.8	0	1.52	22.5	31.6	0								
Cromo III	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.013	1.0E-02	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.025	2.0E-03	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	320014	1	118.5	424697	29214	0	1	1.0E-02	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36	0	0.07	1.0E-03	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	1411	1	17.5	1401	788	0	0.04	1.0E-02	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	0	1	1.0E-02	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6.2	11.75	33	6	3.6	0	0.04	2.0E-04	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata	0.96	10.5	15.8			0	0.04	6.0E-04	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	31.9	6	8.8	21.5	98.1	0		1.0E-04						1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	158.8	1	1.55	135	122.4	0	1	1.0E-03	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	183.3	38.5	31	176	5699	0	1	6.0E-04	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(*) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK

(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)

(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.

Valores en amarillo, indican 95%UCL

Informe Final

Tabla 6.10- Análisis de riesgos para adulto empleado que vive y trabaja en El Melón y está expuesto a concentraciones representativas (95%NSC) de contaminantes identificados en la zona baja del Estero El Cobre, considerando despreciable la vía de ingesta de frutas y hortalizas.

PROYECTO:		ANÁLISIS DE RIESGOS CONTAMINACIÓN EN ESTERO EL COBRE JULIO 2012												
ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:		4. RECEPTOR ADULTO QUE TRABAJA EN NOGALES CON EXPOSICIÓN AL AIRE LIBRE Y EXPUESTO A CONCENTRACIONES PROMEDIOS EN CADA MATRIZ AMBIENTAL												
1.1 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES POR ICP:														
Contaminante	Cc suelos	Cc agua potable	Cc aguas sup y subt	Cc suelo agrícola	Cc polvos techos	Cc frutas y hortalizas	Absorción			FPC o+d 1/(mg/kg.d)	IURI 1/(µg/m3)	DRf o+d (mg/kd.d)	CRfi (mg/m3)	Kp cm/h
							oral	dermal	inhal					
							(2)	(1)						(3)
Arsénico	39.4	0	69.3	10.9	20.7	0	1	0.03	1	1.50E+00	4.30E-03	3.00E-04	1.50E-05	1.00E-03
Aluminio	4959	0	34.8	552	7519	0	1	0.01	1	0	0.0	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03
Bario	726	42.25	49.7	552	44	0	0.07	0.01	1	0	0.0	2.00E-01	5.00E-04	1.00E-03
Berilio	0.43	1	0.786	552	44	0	1	0.01	1	0	2.40E-03	2.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Boro	74.8	30.25	43.2	552	44	0	1	0.01	1	0	0.0	2.00E-01	2.00E-02	1.00E-03
Cadmio	23.2	0	2.55	13.5	2.61	0	0.05	0.001	1	0	1.80E-03	1.00E-03	2.00E-05	1.00E-03
Cobalto	36.8	0	0.64	38.9	20.9	0	1	0.01	1	0	9.00E-03	3.00E-04	6.00E-06	4.00E-04
Cobre	2240	38.25	16.8	308	782	0	1	0.01	1	0	0.0	4.00E-02		1.00E-03
Cromo total (**)	39.8	0	1.52	22.5	31.6	0								
Cromo III	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.013	0.01	1	0	0	1.50E+00		1.00E-03
Cromo VI	19.9	0	0.76	11.25	15.8	0	0.025	0.002	1	5.00E-01	8.40E-02	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-03
Fierro	320014	1	118.5	424697	49214	0	1	0.01	1	0	0	7.00E-01		1.00E-03
Mercurio sales	6.5	0		6.5	3.36	0	0.07	0.001	1	0	0	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03
Manganeso	1411	1	18	1401	788	0	0.04	0.01	1	0	0	2.40E-02	5.00E-05	1.00E-03
Molibdeno	3.5	12.25	16.6	3.5	3.5	0	1	0.01	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Nickel	6.7	11.75	33	6	3.6	0	0.04	0.0002	1	0	2.60E-04	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-04
Plata	0.96	10.5	15.8			0	0.04	0.0006	1	0	0	5.00E-03		6.00E-04
Plomo (*)	31.9	6	88	21.5	98.1	0								1.00E-04
Selenio	1.5	0	59.8	1.5	1.5	0	1	0.001	1	0	0	5.00E-03	2.00E-02	1.00E-03
Vanadio	158.8	1	1.55	135	122.4	0	1	0.001	1	0	0	5.00E-03		1.00E-03
Zinc	183.3	38.5	31	176	5699	0	1	0.0006	1	0	0	3.00E-01		6.00E-04
	mg/kg	ug/L	ug/L	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg								

(1) USEPA RAGS Part E, Dermal risk assessment, 2004.

(*) Estimación de riesgo según modelo PBTK

(**) El cromo total se supone 50% como Cr III (nc) y 50% como Cr VI (c)

(3) dato experimental en negrita; otros son por defecto.

(4) Para valores "bajo cero" se uso un límite de cuantificación/2



Para empleados expuestos a concentraciones promedio (95%NSC) en las matrices ambientales analizadas, el Índice de Peligrosidad estimado es 0,8, lo cual no indica probabilidad de efectos crónicos no cancerígenos durante el período de exposición.

El Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida igual a $3,4E-05$ excede ligeramente el nivel de minimis recomendado como aceptable. Este ligero exceso lo coloca en el rango de gestión, pero no representa ningún peligro inminente.

6.12 Resumen de resultados

El resumen final de los resultados de estimación de IPs y RECVs se presentan en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11 Resumen de Índice de Peligrosidad y Riesgos Extra de Cáncer de por Vida para los cuatro escenarios de exposición (EE) hipotéticos para el estudio en la baja cuenca del Estero El Cobre.

	Receptor de interés	IPT		RECV	
EE1	Adulto expuesto a 95%NSC de las concentraciones en el sector inferior de la cuenca	9,2	3,5*	1,10E-05	4,0E-05*
EE2	Adulto agricultor expuesto a 95%NSC	10,2	0,9*	1,0E-05	4,1E-05*
EE3	Niño escolar que vive en Nogales expuesto a 95%NSC	7,0	0,8*	7,1E-04	9,7E-06*
EE4	Adulto empleado que vive y trabaja en Nogales expuesto a 95%NSC	0,8		3,4E-05	

*Valores obtenidos considerando nula la exposición por ingestión de frutas y hortalizas.

6.12.1 Significado e Interpretación del Índice de Peligrosidad Total

Un Índice de Peligrosidad Total (IPT) se interpreta como la probabilidad aditiva de efectos crónicos no cancerígenos en la salud de todos los receptores humanos, incluyendo individuos hipersusceptibles, expuestos por un tiempo largo (un año o más) a una concentración promedio de contaminantes específicos de un sitio según se ha definido en el escenario de exposición.

Cuando una dosis DDPA es similar a la DRf, entonces el cociente CP se aproxima a la unidad. Si la suma de varios CPs también se aproxima a la unidad, entonces un Índice de Peligrosidad IP por debajo de 1 no tiene significado biológico, ya que la dosis interna total de contaminante no alcanza al valor protector de la dosis de referencia. La probabilidad de contraer efectos en la salud de tipo crónico no cancerígenos, aumenta con la magnitud del IP.

Diferentes contaminantes pueden causar efectos adversos similares en la salud, y es apropiado combinar los cocientes asociados con diferentes contaminantes. Un IPT es una suma de los CPs para todos los contaminantes que afectan todos los órganos ó sistemas blancos a los cuales el receptor está expuesto. Idealmente, los CPs deben ser combinados para contaminantes que causan efectos adversos por el mismo mecanismo, pero se prefiere la suma de CPs para los contaminantes que afectan el mismo órgano o sistema blanco.

Exposiciones acumuladas que resulten en un $IP > 1$ sugieren la posibilidad de efectos adversos, pero no necesariamente significa que los efectos adversos *van a ocurrir*. Un $IP \leq 1$ ó menos significa que no se espera que ocurran efectos adversos (no cancerígenos) en la salud como resultado de la exposición. El IP no se puede traducir como probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso, ya que el índice de peligro no es proporcional al riesgo, dado que el CP es un *cociente* entre la exposición al contaminante y el nivel al cual no se esperan efectos adversos.

Los efectos crónicos críticos no cancerígenos considerados en el desarrollo de las dosis de referencia oral (DRfo) incluyen hiperpigmentación, keratosis, y posibles complicaciones vasculares. La excedencia del IP de referencia, sin embargo, no debe ser causa de preocupación.

6.12.2 Segregación del Índice de Peligrosidad Total

La adición de dosis se aplica a contaminantes que tienen el mismo efecto tóxico por el mismo mecanismo de acción. Por lo tanto un IPT que incluye contaminantes que no inducen el mismo tipo de efecto o mecanismo puede sobreestimar el potencial de efectos. Cuando el IPT excede el valor unitario, la USEPA recomienda segregar las contribuciones de cada contaminante por efecto y mecanismo de acción. Se comienza identificando los efectos críticos identificados en el desarrollo del DRf.

En el estudio presente, no se observó IPs aditivos que sugieran contribuciones con efecto y mecanismo de acción comunes. Los IPs individuales ya sea por vía de exposición o por contaminante no exceden en ningún caso el valor de referencia unitario. El exceso observado en el primer escenario de exposición se debe al extenso número de contaminantes incluidos en el enfoque usado. Por otra parte, un valor que excede la referencia no puede ser considerado significativo bajo las incertidumbres del estudio (lugar de las muestras, variabilidad en las concentraciones observadas, factores de exposición seleccionados, etc.)

6.12.3 Significado e Interpretación de los resultados de Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

De manera inicial, se estimó el RECV para un receptor expuesto a las concentraciones más altas observadas para todos los contaminantes, y en cada matriz de interés analizada. El propósito fue determinar si usando las concentraciones máximas se puede exceder el riesgo cancerígeno de referencia ($1E-05$) y cuánto es este valor. Si la estimación indica que el riesgo de minimis no se excede, entonces se concluye el análisis.

El Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida máximo observado es $4,1E-05$, en que el riesgo de minimis fue excedido y por lo tanto se procedió a llevar a cabo tres nuevos escenarios de exposición.

En los cuatro escenarios contribuyente con mayor participación aparente es el arsénico. El Cr VI no aporta significativamente al riesgo, y su inclusión fue para estimar una posible contribución significativa que justificara mayor investigación (naturaleza química y biodisponibilidad).

6.12.4 Resumen y conclusiones.

De acuerdo con los resultados del índice IPT para los distintos escenarios hipotéticos, sin ingesta de frutas y verduras, solamente el escenario EE1 (adulto expuesto a 95%NSC de las concentraciones en el sector inferior de la cuenca) alcanzaría niveles de peligrosidad relativamente importantes, ya que es superior a 1. Por otra parte, para los cuatro escenarios (EE1= adulto expuesto a 95%NSC de las concentraciones en el sector inferior de la cuenca; EE2 =Adulto agricultor expuesto a 95%NSC; EE3 = Niño escolar que vive en Nogales expuesto a 95%NSC; EE4 = Adulto empleado que vive y trabaja en Nogales expuesto a 95%NSC) con ingesta de frutas y verduras, los valores resultan muy superiores al nivel de peligrosidad para contaminantes crónicos no cancerígenos.

Los escenarios definidos corresponden a un conjunto de condiciones muy fuertes, que difícilmente se presentarán en la realidad, por lo que en el texto se indican como hipotéticos. De acuerdo a todos los supuestos explicados para los escenarios hipótesis de trabajo, el agregar la ingesta permanente, durante los periodos indicados en cada escenario, llevarían a un IP con ciertos niveles de peligro.

Los índices IP y RECV requieren de información de salud que no corresponde definir en estudios de ambientales y que actualmente no existen. En consecuencia los resultados son solamente referenciales. Como se señaló en los alcances, este estudio es solamente de carácter exploratorio de los posibles riesgos por exposición a contaminantes y sugieren que globalmente no hay peligro inminente. De manera concluyente no se puede afirmar, con los antecedentes existentes, que haya efectos significativos; esos mismos resultados, a su vez, tampoco permiten descartar completamente efectos para la población humana en alguna de las áreas de la cuenca, dado que los propios supuestos de los escenarios impiden una mayor profundidad de las conclusiones. Para disminuir la diferencia entre los supuestos y la situación real, se requiere información precisa de las variables consideradas en los escenarios, la que no está disponible y no es tarea de este trabajo.

Según la interpretación detallada de los resultados de la evaluación de riesgos, el arsénico parece ser el único contaminante que parece contribuir a riesgos a la salud de tipo

cancerígeno significativos, con vías de exposición, rutas de exposición y matrices ambientales en los cuales se encuentra presentes, por razones de los supuestos exagerados que han sido considerados y atendiendo a los requerimientos metodológicos.

En estudios futuros es necesario esclarecer la biodisponibilidad y bioaccesibilidad del arsénico en los suelos chilenos, considerando su naturaleza química de manera de esclarecer si las contribuciones encontradas pueden atribuirse a orígenes naturales y si tienen posibilidad real para provocar efectos en la salud de las personas, por cuanto este estudio, considerando sus limitaciones y supuestos metodológicos, ha sobreestimado sus efectos.

6.13 Análisis de incertidumbre.

El análisis de incertidumbre incluye una discusión de cómo la variabilidad o falta de información puede afectar la magnitud o validez del análisis de riesgo, tales como uso de supuestos conservadores, deficiencias o falta de datos, efectos tóxicos sumatorios versus sinergismo o interacción de contaminantes, diferencias en los factores de exposición reportados por la U.S. EPA versus valores de la población chilena, etc.

Variabilidad. Se refiere a la heterogeneidad o diversidad verdadera. Por ejemplo, en una población que bebe agua de una misma fuente y con los mismos contaminantes, los riesgos de consumir el agua pueden variar. Esto puede deberse a diferencias en la exposición (es decir, diferentes personas beben diferentes cantidades de agua y tienen diferente peso corporal, diferente frecuencia de consumo y diferente duración de exposición) como también diferencias en la respuesta (p.ej., diferencias genéticas en la resistencia a la dosis de la sustancia química). Estas diferencias inherentes son referidas como variabilidad. Diferencias entre individuos en una población son referidas como variabilidad inter-individual, en tanto que diferencias en un individuo a lo largo del tiempo son referidas como variabilidad intra-individual.

La variabilidad puede ser mejor caracterizada si se dispone de mayor cantidad de información o si se consiguen más datos, pero no puede ser reducida ni eliminada, y sólo puede ser descrita y cuantificada con un estudio más profundo de los factores, ya que la variabilidad es una propiedad inherente de la población siendo evaluada.

Ejemplos de variabilidad son todos los factores de exposición humana, tales como peso corporal, tasa de respiración, consumo de agua potable, superficie dérmica corporal.

Incertidumbre es el resultado de una falta de conocimiento, total o parcial. No es lo mismo que variabilidad. Por ejemplo, un analista de riesgo puede estar muy seguro que distintas personas pueden consumir distintas cantidades de agua, pero no tiene la certeza de cuál es la variabilidad en el consumo en la población. La incertidumbre a menudo se puede reducir recolectando más y mejores resultados, pero no se puede describir ni estimar. Es importante

distinguir variabilidad de incertidumbre en la estimación de riesgo y la caracterización de riesgo.

Ejemplos de incertidumbre son resultados de muestreo y análisis químico, modelos matemáticos de exposición y riesgo, extrapolación entre rutas de exposición, extrapolación de dosis altas a dosis bajas en estudios de cáncer, aplicación de factores de incertidumbre en la derivación de las dosis de referencia, medición y cálculo de la concentración en el punto de contacto, modelación para migración ambiental.

En el estudio presente, se puede esperar que existan los dos tipos de incertidumbre, sin embargo al usar fuentes de datos validados se logra disminuir la incertidumbre.

Dentro de la variedad de fuentes que contribuyen a la incertidumbre en un proceso de análisis de riesgo, se pueden encontrar, de manera genérica, los siguientes ejemplos:

1.- Incertidumbres asociadas con el muestreo y análisis químico de las matrices ambientales analizadas:

- Incertidumbres en la estimación de los valores basales o naturales para las variables consideradas. En Chile, no existen estudios oficiales que permitan conocer los valores de elementos potencialmente contaminantes en matrices ambientales como suelo, aire, agua en condiciones anteriores a las intervenciones antropogénicas, lo que dificulta estimar el aporte real de las fuentes a la exposición.
- Dificultades para identificar, por muestreo aleatorio basado en criterio de experto, en una matriz habitualmente heterogénea como los suelos con potencial presencia de contaminantes, que se hayan obtenido muestras en los puntos de mayor concentración de contaminantes.
- Incertidumbre analítica relacionada con la cuantificación de los contaminantes. La incertidumbre total del proceso de medición es variable entre diferentes metodologías y depende de numerosos factores, aunque puede ser estimada con certeza razonable. Además, como se indicó en los supuestos de este informe, las concentraciones de analito corresponden a concentraciones totales, obtenidas en condiciones estandarizadas de laboratorio. De este modo, las concentraciones totales de metales en suelos, sedimentos y alimentos comestibles corresponden a máximos totales obtenido al disolver las muestras en ácidos concentrados, con elevadas temperaturas y presión, lo que no es posible que se liberen al medio ambiente de manera natural. Las concentraciones de metales en aguas, corresponden a máximos totales con poca posibilidad de ocurrencia en el medio ambiente natural, por cuanto se obtienen desde porciones de muestras acidificadas a pH menor a 2, lo que facilita la solubilidad de los metales para su medición. Esta

condición no es propia de situaciones ambientales naturales donde el pH del agua es próximo a la neutralidad o incluso levemente alcalino.

2.- Incertidumbre en el cálculo de la concentración de los contaminantes de interés en el punto de contacto:

- La modelación de la migración de un contaminante desde la fuente hasta el punto de contacto, es un enfoque hipotético que considera factores que a menudo son difíciles de medir y/o estimar. En este proyecto no se realizó modelación matemática sino que supuso que la concentración en el punto de contacto es igual a la concentración medida del contaminante.
- Las concentraciones de contaminantes en partículas resuspendidas por acción del viento se tomaron como iguales a las determinadas en la fuente. Es decir se supone que el contaminante, una vez en el aire, llega al punto de contacto en forma íntegra, sin dispersión por el transporte aéreo. Este enfoque altamente conservador sobreestima las dosis aéreas e introduce una incertidumbre por exceso.
- También hay suposiciones usadas para el modelo matemático o consideraciones estadísticas relacionadas con la concentración en el punto de contacto, como p.ej., no hay cambios de concentración, la fuente de emisión es constante, los factores de exposición son conservadores, etc.
- Entre los supuestos sobreestimados se encuentran situaciones que han sido obviadas pero que pueden ser posibles, tales como que las personas no reciben agua potable ni para riego de fuentes distintas a las muestreadas (Estero El Cobre y pozos); las frutas y verduras se consumen, todo el tiempo que dura la exposición, crudas y sin lavar; los niños pasan una parte importante del tiempo jugando en patios exteriores con tierra; los niños y los adultos se llevan a la boca las manos sucias con polvo, sin lavarlas; las aguas que circulan por el Estero El Cobre y la red de canales se utilizan para riego de manera permanente, sin distinción de situaciones con eventos poco frecuentes o situaciones donde no existe agua; no se utilizan pesticidas ni plaguicidas diferentes a los monitoreados en la NCh 409/1 Of 2005 y en la NCh 1.333/78; no se considera la exposición laboral a contaminantes; no se considera la exposición a sustancias potencialmente contaminantes de origen domiciliario y familiar, como puede ser el humo del cigarrillo, pinturas, solventes domésticos; no se evaluó la exposición a compuestos agroquímicos por la vía de ingestión de alimentos; no se evaluó la exposición a elementos potencialmente contaminantes a través de la ingesta de carne, leche ni huevos; no se considera el aporte que tiene a la exposición, la ingesta de alimentos procedentes de otros sectores del país.

3.- Incertidumbres genéricas del proceso de análisis de riesgo, independientes de la evidencia específica del problema de contaminación. Estas incertidumbres están asociadas con la información de toxicidad y efectos en la salud tales como:

- Al extrapolar los efectos de un contaminante en dosis altas a los efectos del mismo contaminante en dosis bajas, como p.ej., al desarrollar ensayos para cáncer para el cual es necesario estimar dosis para niveles de riesgo muy bajos.
- Al extrapolar los efectos obtenidos en animales experimentales a efectos en humanos. La calidad de la información obtenida depende de la calidad del modelo matemático, es decir, de su verificación y validación.
- Al considerar genéricamente las diferencias entre individuos (susceptibilidad) asociados intrínsecamente con los criterios de toxicidad. Por ejemplo, en las dosis de referencia, la incertidumbre depende de los factores de incertidumbre aplicados en la derivación de las dosis de referencia.
- Al estimar los factores de potencia cancerígena, la pendiente de la curva de dosis-respuesta no es la pendiente de la respuesta, sino corresponde al límite superior de confianza de la misma, lo cual es una estimación estadística con incertidumbre implícita.

4.- Incertidumbres en el cálculo de la dosis de exposición para cada contaminante y vía de exposición. En este caso se debe tener en mente que las dosis estimadas son valores promedios que representan un período de tiempo genérico:

- Al estimar dosis de exposición, los niveles de detección analítica deben estar por debajo de los niveles ambientales libres de efectos biológicos considerados negativos.
- Al suponer que los factores de exposición humanos son valores discretos (puntuales) en vez de funciones distribucionales.
- Suponer una biodisponibilidad cercana al 100%, en circunstancias que la forma química del contaminante no permite absorción total. Es decir se consideró que el arsénico se encuentra disponible en un 100% en todas las matrices ambientales estudiadas, aunque para varias de ellas como alimentos y aguas subterráneas los valores sean no detectables, lo que indirectamente da cuenta de su baja solubilidad y por consiguiente de su baja accesibilidad
- Las dosis de exposición son promedios a lo largo del tiempo, e implícitamente incluyen los cambios (es decir las concentraciones altas y bajas) en las concentraciones ambientales de los contaminantes.

A menudo la falta de un conocimiento completo y acabado de las consideraciones mencionadas requiere p.ej., del uso de programas computacionales con el fin de determinar estimaciones confiables de valores centrales que incluyen observaciones bajo límite de detección. Este es el objetivo principal del programa ProUCL, que fue usado en este proyecto.

CAPITULO 7. FORMULACION DE INICIATIVAS DE MANEJO DE RIESGOS A LA SALUD Y/O COMPLEMENTARIAS DE EVALUACION DE RIESGOS.

7.1 Conclusiones y recomendaciones con propuestas de manejo de los principales riesgos y de estudios complementarios de evaluación de riesgos a la salud.

Este estudio realizó una evaluación preliminar, con supuestos que muestran los peores escenarios posibles y en ese sentido son conservadores desde el punto de vista de la salud, y de los riesgos a la salud en receptores genéricos que se consideraron que viven, trabajan en la zona baja de la cuenca del Estero El Cobre, genéricamente descrito como pueblo El Melón. Para ello, se empleó la metodología de la U.S.EPA para este tipo de estudios, la que es ampliamente utilizada. De acuerdo con los objetivos del estudio, se consideró la exposición a sustancias potencialmente contaminantes presentes en aguas superficiales y subterráneas, potable, sedimentos del cauce, suelos y agroalimentos de la zona. En este sentido, varios contaminantes en agua potable, como pesticidas, herbicidas y compuestos orgánicos, fueron descartados durante la aplicación de la metodología por cuanto no se encontraron concentraciones detectables en ninguna de las muestras analizadas. Además, la salud ambiental en el tramo inferior de la cuenca, se encuentra en buenas condiciones según indican las estadísticas de salud a nivel comunal

Se obtuvieron 98 muestras de diferentes matrices ambientales. En las muestras obtenidas de agua superficial y subterránea se evidencia que la gran mayoría de los parámetros medidos cumple con las normativas chilenas para calidad de aguas según diferentes usos. En puntos cercanos al tranque de relaves El Torito se encontraron concentraciones de sulfato que exceden los límites permitidos para agua de riego. Sin embargo, el sulfato no es un ion que presente efectos tóxicos en la salud por lo que esta observación no se puede correlacionar con riesgos en la salud de la población.

El estudio permite concluir que, de acuerdo con la evidencia disponible, **no existe una situación de riesgos inminentes en la salud** de la población en general, para los escenarios de exposición estudiados tanto en niños como en adultos residentes en el sector.

En condiciones de exposición con poca evidencia en las situaciones ambientales habituales, por los supuestos anteriormente explicados, se estimaron valores de Riesgos Extra de Cáncer de por Vida y por más de una vía de exposición, que superan el valor *de minimis* cancerígeno ($1E-05$) propuesto para el presente estudio. Esta conclusión se observa también al comparar los niveles de arsénico en suelos de la zona Estero El Cobre con los Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo de la USEPA, y los resultados son consistentes; aunque exagerados por los supuestos utilizados.

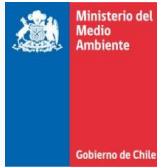
De este modo, no se requieren acciones inminentes de gestión de riesgo, sino que se proponen las siguientes acciones:

i) ACCIONES RELACIONADAS CON LA EXPOSICION A SUSTANCIAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES.

- Profundizar campañas de educación a la población respecto de la higiene de manos y el lavado de frutas y verduras que se consumen crudas.
- Mejorar la información ambiental de la zona de influencia de las aguas del Estero El Cobre, tanto aguas superficiales, como composición de los sedimentos del cauce y suelos aledaños.
- Actualizar la situación de los sitios abandonados con potencial presencia de contaminantes que se encuentran en la zona.
- Generar y actualizar información sobre el uso de pesticidas y plaguicidas en la zona.

II) ACCIONES RELACIONADAS CON MEJORAS METODOLOGICAS.

- Desarrollar una metodología de alcance nacional respecto de evaluación de riesgo a la salud de la población.
- Desarrollar estudios que permitan conocer los niveles ambientales naturales de metales en la zona (aguas, sedimentos, suelos, aire).
- Desarrollar metodologías analíticas que permitan estimar la bioaccesibilidad de metales tales como arsénico y cromo en suelos y alimentos chilenos.
- Desarrollar estimaciones de factores de exposición chilenos que consideren los hábitos de vida nacionales.
- Actualizar los niveles de consumo de frutas y verduras a nivel nacional y local.
- Avanzar en la formulación de normas de calidad de suelo, sedimentos, agua y material particulado atmosférico respecto de metales pesados, de ser posible basadas en consideraciones de niveles basados en riesgo.
- Actualizar la presencia de fuentes que descarguen sustancias potencialmente peligrosas en la zona de estudios.
- Realizar estudio de evaluación de riesgo en la salud considerando informaciones obtenidas desde las recomendaciones anteriores.



7.2 Presentación pública de los resultados.

Los resultados de este proyecto serán presentados públicamente a las autoridades locales, provinciales y regionales, representantes de los pobladores y público en general, una vez que sean aprobados por las contrapartes y coordinado el taller de presentación.

CAPITULO 8. REFERENCIAS.

- APHA. AWWA. WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition.
- Anglo American (2005). “Informe de Sustentabilidad de Anglo American”. Año 2005
- AngloAmerican. (2012). Presentación de “Estudio de infiltraciones de Aguas Tranque El Torito. El Soldado”.
- Anglo American (2010). Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre.
- 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.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2008) Perfil toxicológico para Manganese. Visitado en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2012). Reporte Estadístico Comunal. Comuna de Nogales.
- CADE-IDEPE; DGA: (2004). “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Aconcagua”.
- CENMA-MMA. (2012). Informe de avance No 1 “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”.
- CENMA-MMA. (2012). “Planificación detallada para evaluación cualitativa, análisis in situ y muestreo para análisis de laboratorio”. Documento de Trabajo del Proyecto.
- CENMA (2004) ILTML-001. Instructivo de laboratorio de toma de muestras líquidas.

- CENMA (2012) Informe final Evaluación de riesgos a la salud en la ciudad de Arica asociado a la presencia de polimetales en suelo. (Documento en revisión).
- CENMA (2009). Informe Final del proyecto “Análisis de la composición físico química de los sedimentos fluviales y su relación con la biodisponibilidad de metales en aguas. Cuenca del Río Aconcagua Realizado para la Dirección General de Aguas según S.I.T No 207
- 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.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.
- COREMA Región de Valparaíso (2001). Resolución Exenta Nº943/2001. 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 Nº163/2004. Aprueba Resolución de Calificación Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental “Proyecto de Ampliación del Tranque de Relaves El Torito”.
- 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.
- Comisión Nacional de Riego (1995). Estudio a nivel de diagnóstico del proyecto Aconcagua, V región. Volumen II.
- 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.
- Departamento de Estadísticas e Informaciones de Salud. Ministerio de Salud.

Gobierno de Chile. <http://www.deis.cl>

- 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.
- Dirección General de Aguas (2010). Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010.
- Dirección General de Aguas (1986). Mapa hidrogeológico de Chile, escala 1:2500000.
- Gobierno de Chile. (1996) REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS. DECRETO SUPREMO N° 977/96
- Gobierno de Chile (2008) Decreto Supremo 143/2008 “Norma de calidad primaria para la protección de las aguas continentales superficiales donde se realizan actividades de recreación con contacto directo”
- 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
- González Sergio (1986). “Contenido natural de metales pesados extraíbles con EDTA en suelos del Valle Aconcagua”. Agricultura Técnica (Chile). 46(3): 323-327.
- Gobierno de Chile. (2010). Acta de Inspección de Terreno No 42. Comité de Fiscalización al Tranque El Torito.
- Gobernador Provincial de Quillota (2010). Ordinal 1/954 que entrega antecedentes sobre denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.
- Gobierno Regional de Quillota. (2006). Ficha Comunal.
- Ingeniería Alemana S.A (2011). “Preparación de antecedentes para la elaboración de

la “Norma de Calidad Primaria de Suelos” elaborado por Ingeniería Alemana S.A para el Ministerio de Medio Ambiente.

- INN-Chile. (1978) Norma Chilena 1333. Establece requisitos para la calidad del agua según diferentes usos.
- Instituto Nacional de Estadísticas. Gobierno de Chile (2007) Censo Nacional Agropecuario y Forestal.
- Ilustre Municipalidad de Nogales. (2003). Propuesta de Plan regulador de la comuna de Nogales.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2002). Censo de Población y Vivienda. “Listado de Localidades y Entidades Pobladas por Comuna”.
- Laboratorio de Química Ambiental CENMA (2011) Manual de Aseguramiento de la Calidad. Versión 16.
- Laboratorio de Química Ambiental CENMA (2011). Instructivo de análisis de mercurio en aguas. ILMAL-018. Versión 8
- Laboratorio de Química Ambiental CENMA (2011). Instructivo de análisis de aniones y cationes en material particulado atmosférico. ILMSS-002. Versión 2
- Laboratorio de Química Ambiental CENMA (2010). Instructivo de análisis de metales y metaloides por ICP en muestras líquidas. ILMAL-019. Versión 12
- Laboratorio de Química Ambiental CENMA (2011). Instructivo de análisis de metales en suelos y sedimentos por fluorescencia de rayos x. ILQSA-0022. Versión 1.
- 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.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2011). TERMINOS DE REFERENCIA. Evaluación de riesgos a la salud de la población de la cuenca del Estero El Cobre, relacionados a exposición hídrica y agroalimentaria.

- 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.
- NCh 409/1. (2005). Agua potable. Requisitos de calidad.
- NCh 409/2. (2004). Agua potable. Parte 2. Muestreo.
- NCh 411/1 Of. 1996 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo”
- NCh 411/2 Of. 1996 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo”
- NCh 411/3 Of. 1996 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras”
- NCh 411/6.Of 98 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua”.
- NCh 411/11.Of 98 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 11: Guía para el muestreo en aguas subterráneas”
- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos CONTAMINADOS por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
- País Vasco, España. Ley 1/2005, de 4 de febrero, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo.
- Ramírez Jorge. (2010). Denuncia de asociación de canalistas.
- 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.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2010). Actualización Catastro de faenas

mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo.

- SEREMI de Salud. Región de Valparaíso. (2010). Ordinal 1152 del 07-09-2010
- Transelec. (2008). Adenda N° 1 de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Subestación Seccionadora Nogales 220 KV”.
- U.S.EPA. Method 6010C. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. In: United States Environmental Protection Agency. Test methods for evaluating solid wastes. Physical/chemical methods. SW-846 on-line.
- USEPA Method 6200 Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment.
- U.S. Environmental Protection Agency (1986). The Risk Assessment Guidelines of 1986. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC 20460. EPA/600/8-87/045.
- U.S. Environmental Protection Agency (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS). Vol. 1 – Human Health Evaluation Manual, Part A – Baseline Risk Assessment. Washington, DC: USEPA, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540-R-98-042.
- U.S. Environmental Protection Agency (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS). Volume I: Human Health Evaluation manual, Supplemental Guidance Standard Default Exposure Factors.
- U.S. Environmental Protection Agency (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 1 - Human Health Evaluation Manual, Part B: Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals. Interim. Washington, DC: USEPA, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/R-92/003.
- U.S. Environmental Protection Agency (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual, Part C: Risk Evaluation of Remedial Alternatives. Interim. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/9285.7-01C.
- U.S. Environmental Protection Agency (1992). Guidelines for Exposure Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. 57 Federal Register 22888-22938. May 29, 1992. EPA/600/Z-92/001.

- U.S. Environmental Protection Agency (1992). Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term.
- U.S. Environmental Protection Agency (1998). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1 - Human Health Evaluation Manual, Part D: Standardized Planning, Reporting, and Review of Superfund Risk Assessments. Interim. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. EPA 540-R-97-033.
- U.S. Environmental Protection Agency (1998). *Exposure Factors Handbook*. Volume I: General Factors, Volume II: Food Ingestion Factors, Volume III: Activity Factors. Washington, DC: Office of Research and Development. EPA/600/P-95/002Fa, EPA/600/P-95/002Fb, and EPA/600/P-95/002Fc.
- U.S. Environmental Protection Agency (1999). Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 1 - Human Health Evaluation Manual, Supplement to Part A: Community Involvement in Superfund Risk Assessments. Washington, DC: USEPA, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540-R-98-042.
- U.S. Environmental Protection Agency (1999). *Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 3 – Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment (RAGS 3A)*. Draft Revision No. 5. Washington, DC: Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA 000-0-99-00.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000). *Risk Characterization. Science Policy Council Handbook*. Washington, DC: Office of Science Policy, Office of Research and Development. EPA 100-B-00-002 (189 pages).
- U.S. Environmental Protection Agency (2001). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1 - Human Health Evaluation Manual, Part E: Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment. Interim. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/R/99/005.
- U.S. Environmental Protection Agency (2002). Child-Specific Exposure Factors Handbook. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/P-00/002B. Available from: National Information Service, Springfield, VA; PB2003-101678 and <<http://www.epa.gov/ncea>>.
- U.S. Environmental Protection Agency (2002). Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites, Region 6.

- U.S. Environmental Protection Agency (2002). Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites. Office of Emergency and Remedial response. OSWER 9285.6-10.
- U.S. Environmental Protection Agency (2002). User's Guide for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (IEUBK) Windows Version -32 bit Version. Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA 540-K-01-005.
- U.S. Environmental Protection Agency (2006). Provisional Peer reviewed Toxicity Values for Iron and Compounds (CASRN 7439-89-6). Derivation of Subchronic and Chronic Oral RfDs. NCEA, ORD, USEPA Cincinnati.
- U.S. Environmental Protection Agency (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1 - Human Health Evaluation Manual, Part F: Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Final. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. EPA/540/R/070/002.
- U.S. Environmental Protection Agency (2010). Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children, IEUBKwin, v.1.1.
- U.S. Environmental Protection Agency (2011) Regional Screening Level (SRL) Soil to Groundwater Supporting Table June 2011.
- U.S. Environmental Protection Agency (2011). Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. Washington, DC: Office of Research and Development. EPA/600/R-090/052F. (1466 pages).
- U.S. Environmental Protection Agency (2011). Regional Screening Level (RSL) Resident Soil Table June 2011. On-line.

- USA Government. 40 CFR 300, 430. National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan.

- 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.

ANEXO 1: FICHAS BIBLIOGRÁFICAS DE ANTECEDENTES

A continuación se presentan las fichas de veinte antecedentes diferentes que fueron evaluados para acometer el estudio de la zona.

En cada antecedente, se evaluaron los parámetros y matrices analizadas así como sus aportes respectivos al conocimiento de la zona de estudio y a la mejor comprensión del problema abordado.

Tabla A.1.1: Ficha bibliográfica N°1

<p>Cita bibliográfica: 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>Nombre del estudio: RCA del EIA Depósito de desmontes El Sauce y monitoreo de la misma.</p>	<p>Fecha del informe: Diciembre de 2001 (RCA) Fecha del estudio de campo: Se incluyen en tablas.</p>
<p>Objetivos general y específicos: Presentación de los proyectos</p>	
<p>Ubicación geográfica general: 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>Matrices ambientales estudiadas: <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>Puntos de muestreo (coordenadas) No indica</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: Cu, Fe, SO₄, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, pH, conductividad. Métodos estándar.</p>
<p>Resultados obtenidos: Se indica al titular realizar los monitoreos según las consideraciones siguientes:</p>	

Agua superficial: 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.

Parámetros: El monitoreo de agua superficial considerará la determinación de la calidad 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 ₄ (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 ₄ (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 ₄ (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.



Anexo 1.

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:

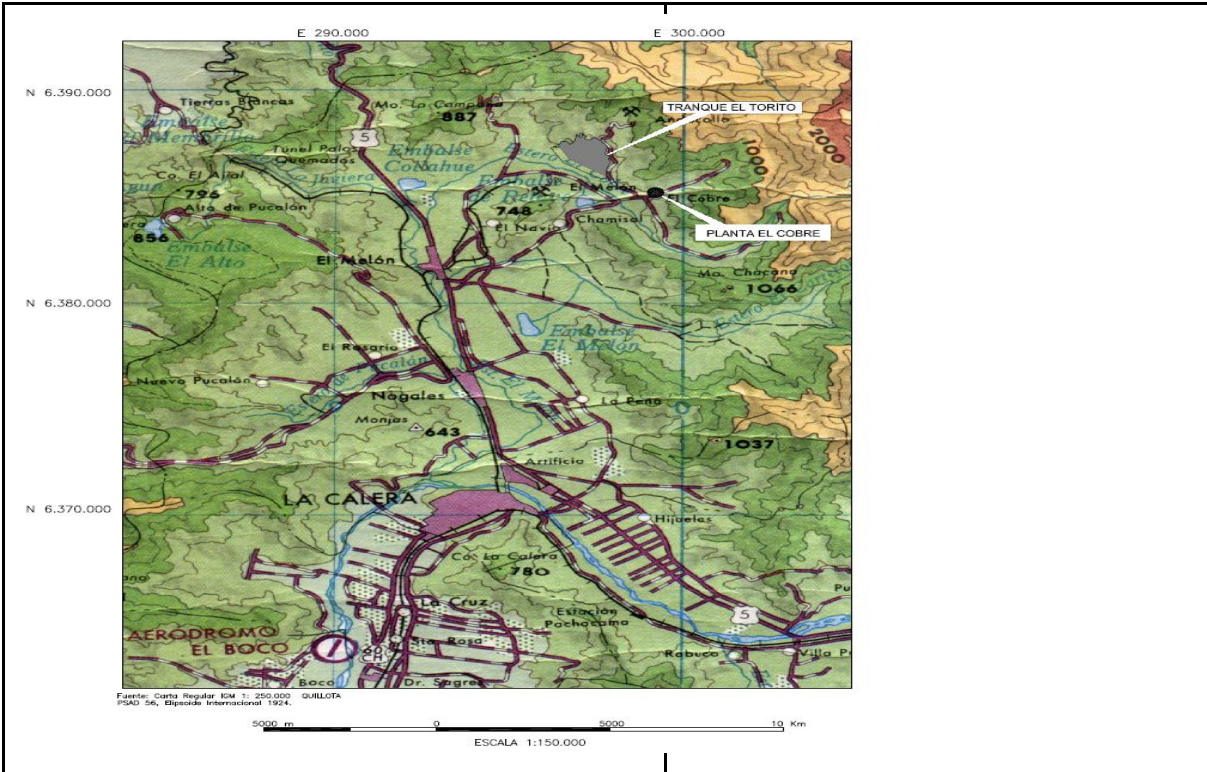
Constituyen datos de muestras puntuales en el Estero El Sauce.

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

Tabla A.1.2: Ficha bibliográfica N°2

<p>Cita bibliográfica: 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>Nombre del estudio: EIA El Torito</p>	<p>Fecha del informe: Agosto de 2004. RCA Fecha del estudio de campo: No indica</p>
<p>Objetivos general y específicos:</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>Ubicación geográfica general:</p>	<p>Matrices ambientales estudiadas:</p> <p>___ Suelo <u> X </u> Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire</p>

Anexo 1.



<p>Puntos de muestreo (coordenadas): No indica</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: Todos los parámetros de la NCh 1.333/78</p>
---	---

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 409/1.2005.

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, presuntamente al compararlos con el límite indicado en la NCh 1.333/78.

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 A.1.3: Ficha bibliográfica N°3

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

Tabla A.1.4: Ficha bibliográfica N° 4

<p>Cita bibliográfica: CADE-IDEPE; DGA: (2004). “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Aconcagua”.</p>															
<p>Nombre del estudio: “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>Fecha del informe: 2004 Fecha del estudio de campo: No indica</p>														
<p>Objetivos general y específicos: Evaluar la calidad de las aguas según objetivos de calidad como apoyo a la norma secundaria de calidad de aguas.</p>															
<p>Ubicación geográfica general: 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>Matrices ambientales estudiadas:</p> <table border="0"> <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>___ Biota</td> </tr> <tr> <td>___ Relaves</td> <td>___ Polvo</td> </tr> <tr> <td>___ Agua residual</td> <td></td> </tr> <tr> <td>___ Aire</td> <td></td> </tr> </table>	___ Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial	___ Agua	___ Flora	___ Sedimento	___ subterránea	___ Agua de lluvia	___ Biota	___ Relaves	___ Polvo	___ Agua residual		___ Aire	
___ Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial														
___ Agua	___ Flora														
___ Sedimento	___ subterránea														
___ Agua de lluvia	___ Biota														
___ Relaves	___ Polvo														
___ Agua residual															
___ Aire															
<p>Puntos de muestreo (coordenadas) No aplica. Se usan estaciones de DGA.</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: No aplica, utilizan datos de la red de calidad de aguas de DGA.</p>														
<p>Resultados obtenidos:</p> <p>El sector del estero Los Litres hasta la junta con el río Aconcagua, se identifica lo siguiente: Factores incidentes en la calidad del agua superficial:</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> <p>Parámetros de calidad de agua que pueden verse afectados por estos factores incidentes: DBO₅, conductividad eléctrica, SO₄, NO₂, Cu, Mn, Fe, Sólidos suspendidos, cianuro, aluminio, coliformes totales.</p> <p>Este sector se caracteriza por ser un valle longitudinal, con presencia de formaciones</p>															

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.

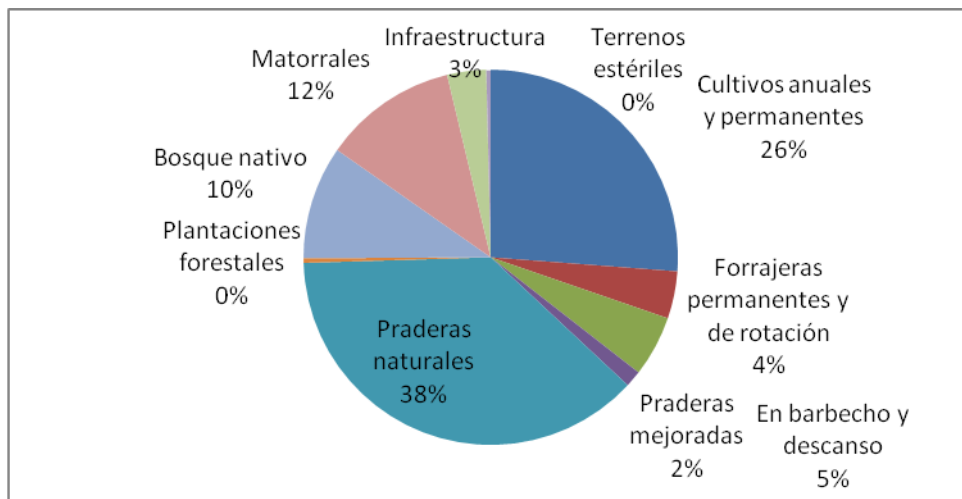
Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

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.

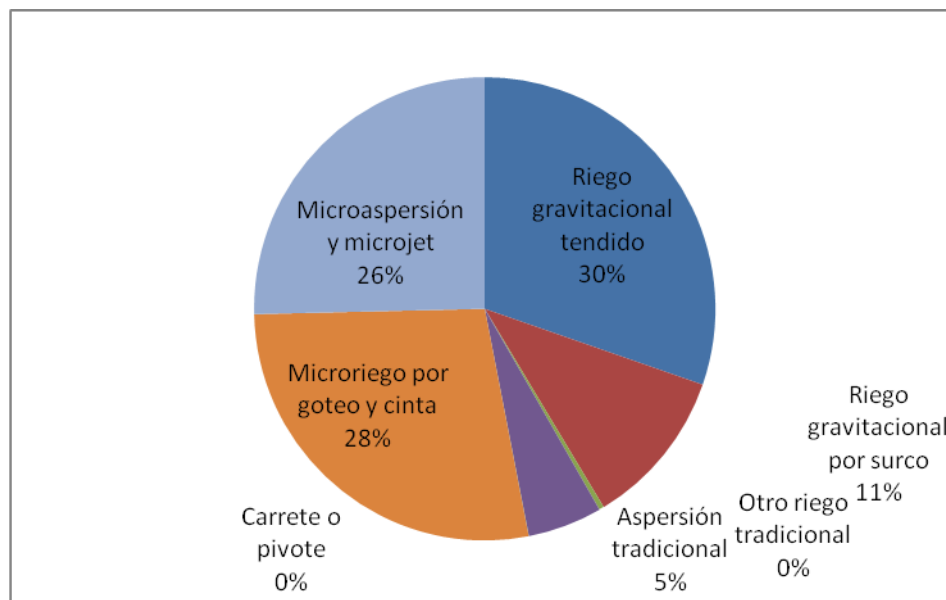
APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS Y SULFATOS EN TODA LA CUENCA DEL RIO ACONCAGUA Y POR CONSIGUIENTE ES DE ESPERAR LA PRESENCIA DE ESTOS PARÁMETROS EN LAS AGUAS DEL ESTERO EL COBRE.

Anexo 1.



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.

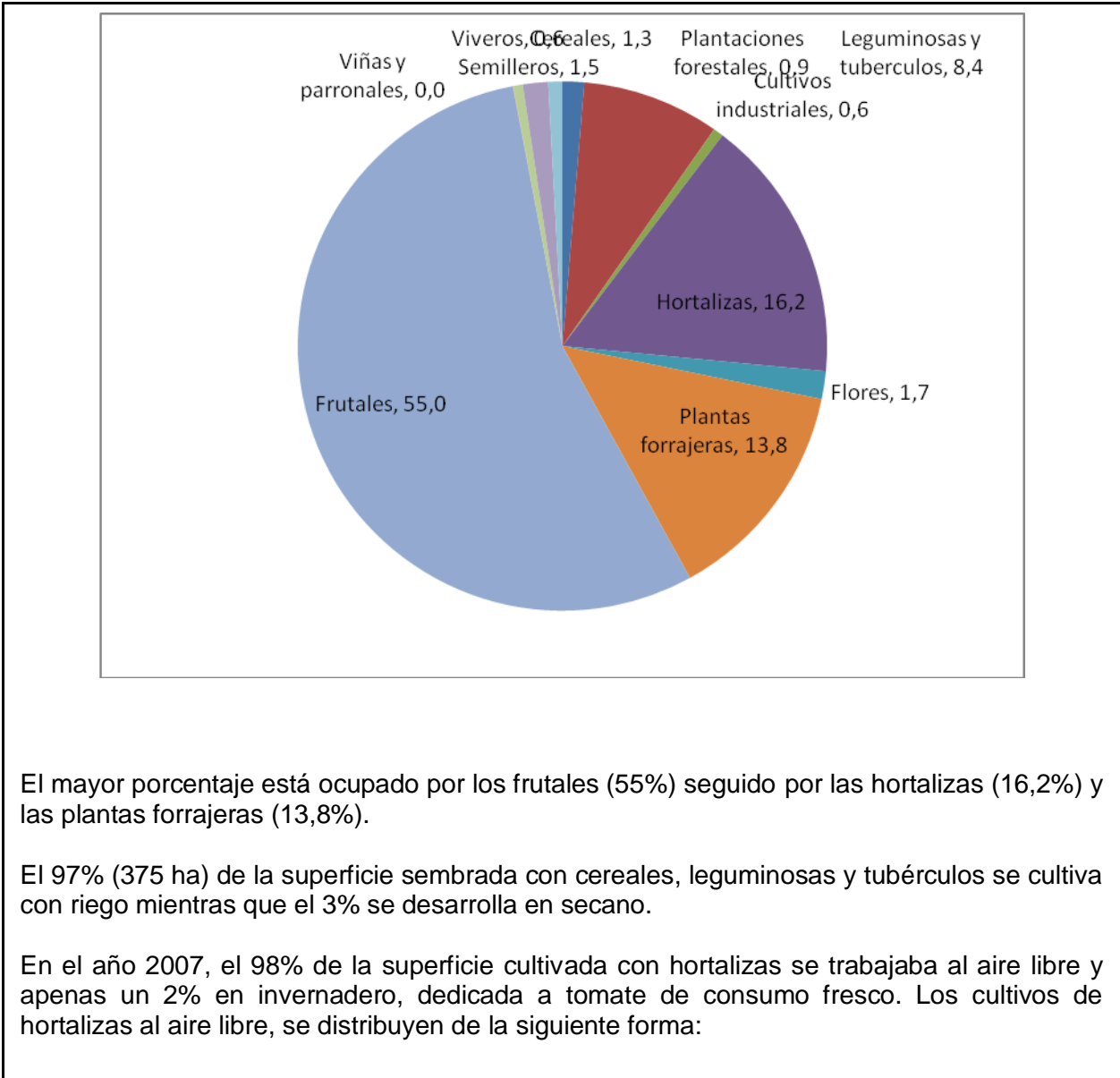
Respecto a los sistemas de riego, la superficie regada ocupa el 0,34% de la superficie nacional, con 3.728,29 ha. La distribución por tipo de sistemas de riego utilizados es:

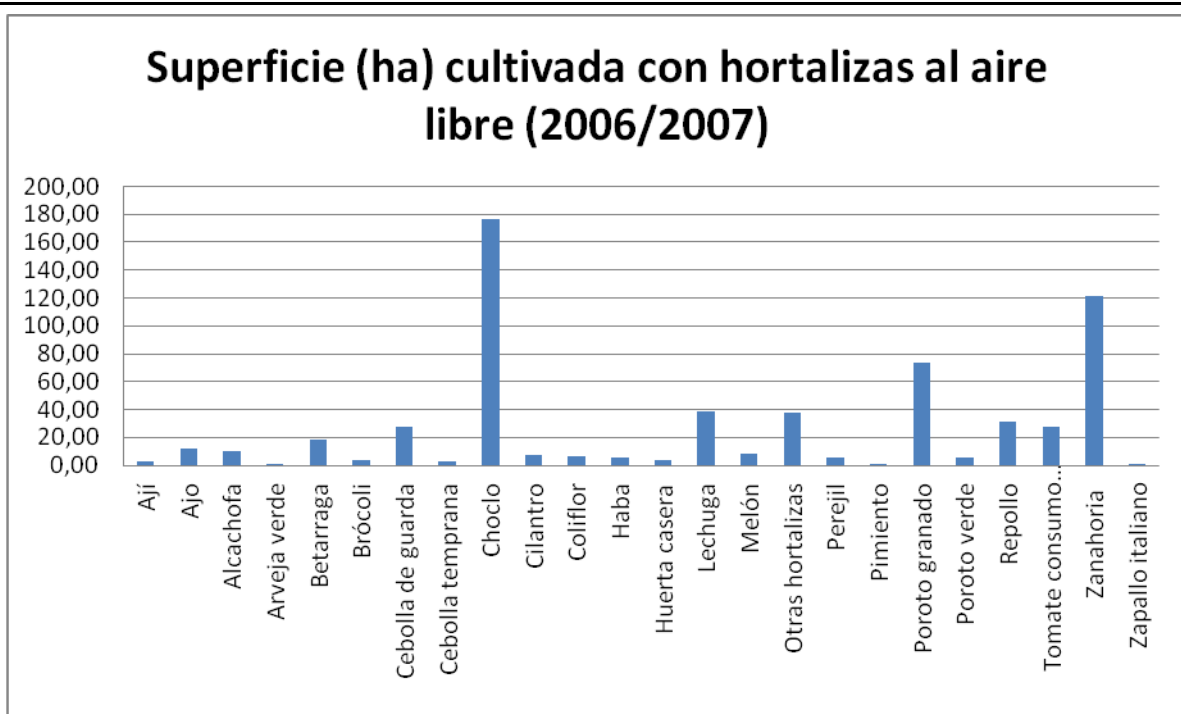


El riego gravitacional tendido ocupa el mayor porcentaje (30%) mientras que en su conjunto, las técnicas de microriego ocupan más del 50% del total de la superficie regada con estas técnicas.

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

Anexo 1.





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
Empleo permanente	1.901	86	321	14	2.222
Empleo ocasional					
Mayo-Julio 2006	260	51	246	49	506
Agosto-Septiembre 2006	424	49	439	51	863
Noviembre/2006-Enero 2007	647	40	982	60	1.629
Febrero-Abril 2007	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 ACERCA DE LOS RECEPTORES AGRICOLAS, SUS PRACTICAS DE CULTIVO QUE APUNTAN A CULTIVOS EN FRUTALES Y HORTALIZAS 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 SUSTANCIAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES HASTA CULTIVOS DE CONSUMO LOCAL.

Tabla A.1.6: Ficha bibliográfica N° 6

<p>Cita bibliográfica: 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>Nombre del estudio: 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>Objetivos general y específicos:</p>	
<p>Ubicación geográfica general:</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>Puntos de muestreo (coordenadas)</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: No aplica</p>
<p>Resultados obtenidos:</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>Conclusiones:</p>	



Anexo 1.

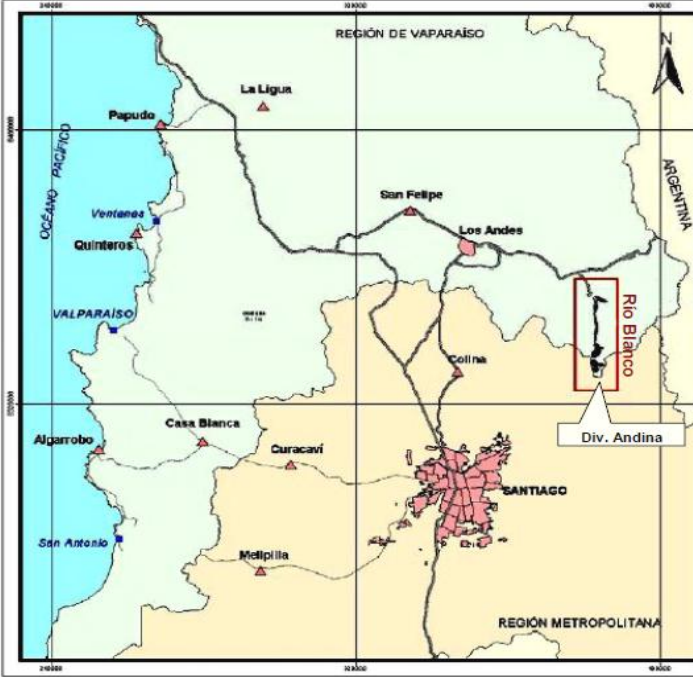
Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:

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 A.1.7: Ficha bibliográfica N° 7

<p>Cita bibliográfica: 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>Nombre del estudio: 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>Fecha del informe: 2008</p> <p>Fecha del estudio de campo: No aplica</p>
<p>Objetivos general y específicos: Modelar la calidad de las aguas superficiales en el río Blanco</p>	
<p>Ubicación geográfica general:</p>  <p>Figura 1.1.2. Mapa Ubicación Río Blanco Fuente: Figura modificada del EIA, Proyecto disposición de lastre y sistema de Manejo de Drenajes. CODELCO-División Andina.</p>	<p>Matrices ambientales estudiadas:</p> <p><input type="checkbox"/> Suelo</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial</p> <p><input type="checkbox"/> Flora</p> <p><input type="checkbox"/> Agua subterránea</p> <p><input type="checkbox"/> Sedimento</p> <p><input type="checkbox"/> Agua de lluvia</p> <p><input type="checkbox"/> Relaves</p> <p><input type="checkbox"/> Agua residual</p> <p><input type="checkbox"/> Polvo</p> <p><input type="checkbox"/> Aire</p> <p><input type="checkbox"/> Biota</p>
<p>Puntos de muestreo (coordenadas) Utilizan datos oficiales de la base de calidad de aguas de DGA</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis:</p>

Resultados obtenidos:

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.

Conclusiones:


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

Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

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 A.1.8: Ficha bibliográfica N° 8

<p>Cita bibliográfica: Servicio Nacional de Geología y Minería. (2010). Actualización Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo. .</p>	
<p>Nombre del estudio: Actualización Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo.</p>	<p>Fecha del informe: 2010 Fecha del estudio de campo: No aplica</p>
<p>Objetivos general y específicos:</p>	
<p>Ubicación geográfica general:</p> 	<p>Matrices ambientales estudiadas:</p> <p>___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire</p>
<p>Pasivos ambientales mineros identificados en la comuna de Nogales (2007 y 2010).</p>	
<p>Puntos de muestreo (coordenadas)</p> <p>No aplica</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis:</p> <p>No aplica</p>
<p>Resultados obtenidos:</p> <p>El catastro consigna la identificación de dos nuevas faenas mineras abandonadas en la comuna de Nogales, respecto del catastro de 2007.</p> <p>Estas faenas son:</p> <p>1.- Planta Veta del Agua, que presenta las siguientes faenas: Planta Veta del Agua, Tranque 1-2-3-4, Tranque 5, Tranque 6.</p>	

Anexo 1.

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.



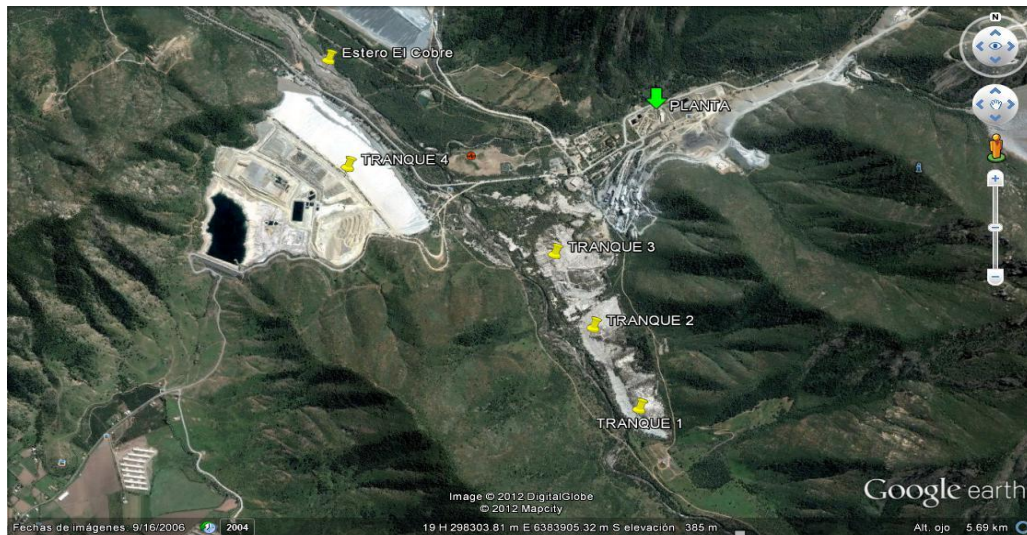
2.- Tranque El Cobre 1,2,3, que presenta las siguientes faenas: Planta El Cobre, Tranque 1, Tranque 2, Tranque 3.

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.

Anexo 1.



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 PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL SECTOR ALTO DE LA CUENCA DEL ESTERO EL COBRE, UNO DE LAS CUALES COLAPSO EN 1965 Y OTRO QUE TIENE AUTORIZACION DE DESCARGAR AL ESTERO EL COBRE.

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 m² del cauce del estero El Sauce, se derramaron 24.000 m³ 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 A.1.10: Ficha bibliográfica N° 10

Cita bibliográfica: Ramírez Jorge. (2010). Denuncia de asociación de canalistas.	
Nombre del estudio: Denuncia de canalistas con fecha 13-07-2010	Fecha del informe: Julio de 2010 Fecha del estudio de campo: No indica
Objetivos general y específicos: Informar que con fecha 27 de junio y 6 de julio (de 2010) el estero El Cobre ... ha sido alterado 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 depósito. Según los antecedentes, se apunta a la división El Soldado como fuente de origen del derrame.	
Ubicación geográfica general: No indica	Matrices ambientales estudiadas: ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
Puntos de muestreo (coordenadas) No indica	Parámetros medidos y métodos de análisis: No indica
Resultados obtenidos: 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.

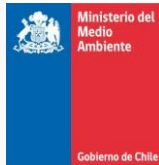
Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

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 A.1.11: Ficha bibliográfica N° 11

Cita bibliográfica: SEREMI de Salud. Región de Valparaíso. (2010). Ordinal 1.152 del 07-09-2010	
Nombre del estudio: Ordinal 1.152 del 07-09-2010 Seremi de Salud Valparaíso	Fecha del informe: Julio de 2010 Fecha del estudio de campo: NO
Objetivos general y específicos: Denuncia de la asociación de canalistas por depósitos de desechos mineros como material de relleno en caminos públicos.	
Ubicación geográfica general: No indica	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
Puntos de muestreo (coordenadas) No indica	Parámetros medidos y métodos de análisis: No indica
Resultados obtenidos: 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.	
Conclusiones: No se presentan conclusiones.	
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 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.	



Anexo 1.

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 A.1.12: Ficha bibliográfica N° 12

Cita bibliográfica: COREMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 56 07-07-2010 a MMA.	
Nombre del estudio: Memo No 56 07-07-2010 a MMA	Fecha del informe: Julio de 2010 Fecha del estudio de campo: No indica
Objetivos general y específicos: 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.	
Ubicación geográfica general: No indica	Matrices ambientales estudiadas: ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
Puntos de muestreo (coordenadas) No aplica	Parámetros medidos y métodos de análisis: No aplica
Resultados obtenidos: No aplica	
Conclusiones: No aplica	
Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio: No aplica	
Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio: 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 A.1.13: Ficha bibliográfica N° 13

Cita bibliográfica: COREMA Región de Valparaíso (2010). Memorandum No 64 18-08-2010 a Dpto Jurídico CONAMA	
Nombre del estudio: Memo No 64 18-08-2010	Fecha del informe: Agosto de 2010 Fecha del estudio de campo: No aplica
Objetivos general y específicos: Rendir información sobre diversas denuncias remitidas a las autoridades.	
Ubicación geográfica general: No indica	Matrices ambientales estudiadas: ___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora ___ Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire
Puntos de muestreo (coordenadas) No indica	Parámetros medidos y métodos de análisis: No indica
Resultados obtenidos: 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.	
Conclusiones: No se indican conclusiones	
Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio: 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 elementos metálicos en la	

Anexo 1.

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 ELEMENTOS METALICOS 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 A.1.14: Ficha bibliográfica N° 14

Cita bibliográfica: Gobernador Provincial de Quillota (2010). Ordinal 1/954 que entrega antecedentes sobre denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.									
Nombre del estudio: Denuncia relleno ruta 5 Mina El Soldado.					Fecha del informe: Agosto de 2010 Fecha del estudio de campo: Mayo 2010 (suelo de camino); Julio 2010 (suelo interior de la parcela)				
Objetivos general y específicos: 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.									
Ubicación geográfica general: Macal 3 Rural, Sitio No 117. El Melón					Matrices ambientales estudiadas: <input checked="" 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				
Puntos de muestreo (coordenadas) No aplica					Parámetros medidos y métodos de análisis: Metales (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Pb, Cr, Al). Métodos de análisis de suelos, INIA				
Resultados obtenidos: Se presenta elaboración propia resumen de los resultados contenidos en el estudio									
(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
Conclusiones: 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.									




Anexo 1.

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 A.1.15: Ficha bibliográfica N° 15

<p>Cita bibliográfica: Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El C Anglo American (2010). Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre.</p>	
<p>Nombre del estudio: Respuesta Ord 709-2010 Denuncia estero El Cobre</p>	<p>Fecha del informe: 30 de agosto de 2010 Fecha del estudio de campo: 29 de Junio de 2010</p>
<p>Objetivos general y específicos: 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>Ubicación geográfica general:</p> 	<p>Matrices ambientales estudiadas:</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>Puntos de muestreo (coordenadas) Estero El Gallo, Estero El Cobre, Estero El Sauce. No indican coordenadas</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: NCh409/1. 2005: Cu, Fe, Mn, Na, SO₄, conductividad, sólidos disueltos. Realizados por SGS. Métodos oficiales para NCh 409/1. 2005 (se infiere).</p>
<p>Resultados obtenidos:</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>Conclusiones:</p> <p>No existe alteración de la calidad de las aguas. 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</p>	

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 ELEMENTOS QUIMICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO, A TRAVES DEL ARRASTRE DE MATERIAL EN SITUACIONES DE INTENSAS LLUVIAS.

Tabla A.1.16: Ficha bibliográfica N° 16

Cita bibliográfica: Dirección General de Aguas (2010). Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010	
Nombre del estudio: Informe Técnico de Fiscalización No 072-2010. DGA	Fecha del informe: 2 de Septiembre de 2010 Fecha del estudio de campo: Agosto de 2010
Objetivos general y específicos: <ul style="list-style-type: none"> - 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. - 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. 	
Ubicación geográfica general: No son legibles en el documento estudiado.	Matrices ambientales estudiadas: <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
Puntos de muestreo (coordenadas) No son legibles en el documento estudiado	Parámetros medidos y métodos de análisis: No son legibles en el documento estudiado
Resultados obtenidos: <p>No se obtuvieron resultados de análisis, sino constatación de evidencia en terreno, la que puede resumirse como sigue, para los dos sectores inspeccionados:</p> <p>1.- Tranque No 5 Veta del Agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. - No fue posible evidenciar faena de retiro de material de relaves sobre el estero El Sauce. - 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. <p>2.- Esteros El Cobre.</p>	

- 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 provisionarias 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 ELEMENTOS METALICOS 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 A.1.17 Fichas bibliográficas N°17

<p>Cita bibliográfica: Anglo American (2009). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado.</p>	
<p>Nombre del estudio: Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado.</p>	<p>Fecha del informe: Octubre de 2010. Aprobación RCA Fecha del estudio de campo: No indica</p>
<p>Objetivos general y específicos: Procedimiento administrativo de aprobación del proyecto Continuidad Operativa Sustentable Mina El Soldado</p>	
<p>Ubicación geográfica general: Quebradas El Sauce, El Carmen y Los Quilos y el Sector de Yervas Buenas – San José</p>	<p>Matrices ambientales estudiadas: <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>Puntos de muestreo (coordenadas) No indica.</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: Cu, Fe, SO₄, Sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, pH, conductividad. No indica metodologías de análisis.</p>
<p>Resultados obtenidos: 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>	

Anexo 1.

Lugar	Fecha	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	SO ₄ (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 abajo, la calidad 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

SO₄: 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 monitoreo, 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 alto potencial neto de neutralización y además un bajo potencial de generación ácida, es decir poseen un mayor capacidad de neutralizar ácido que 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 ₃ /ton)	Net NP: potencial neto de neutralización (ton CaCO ₃ /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 CaCO₃/ton y NP/AP > 3: Bajo potencial de generación ácida.
Si Net NP > 0,02 ton CaCO₃/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 CaCO₃ por tonelada de material y en el documento, se utilizaron unidades de toneladas de CaCO₃ 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 CaCO₃/ton. No obstante lo anterior, en la gran mayoría de las muestras la evaluación fue realizada de manera correcta.

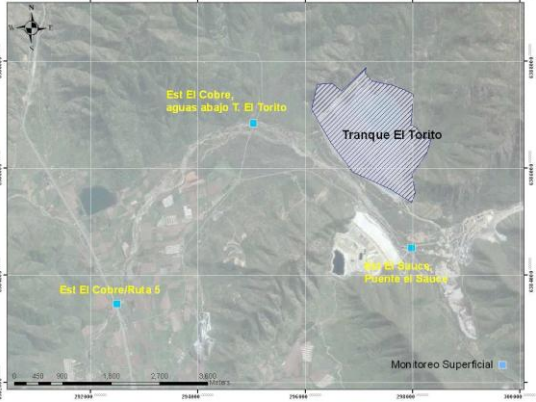
El estudio recoge la siguiente información respecto del impacto esperado en la calidad de las aguas:

Impacto ambiental asociado	Escorrentía de aguas lluvia a través de depósitos de estéril.
Ubicación de puntos de control	50 m aguas arriba y 50 m aguas debajo de depósito El Sauce.
Parámetros de caracterización	Lista Parcial: cobre, hierro, sulfatos, sólidos totales disueltos, conductividad, pH. Lista completa de parámetros de la NCh 1.333/78 y sólidos suspendidos.
Niveles comprometidos	Parámetros sin variación significativa entre los puntos aguas arriba y aguas abajo del depósito.

Anexo 1.

Duración y frecuencia	Lista parcial con frecuencia trimestral y lista completa con frecuencia anual. Ambas listas durante toda la vida útil del proyecto.
Método o procedimiento	Estándar Internacional (Standard Methods for Examination of Water & Wastewater)
Plazo y frecuencia de informes	Informes anuales emitidos dentro del segundo mes siguiente al término de cada año calendario.
Organismo competente	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.
Conclusiones: El proyecto no espera generar alteraciones de calidad de las aguas ni complicaciones respecto de los estériles.	
Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio: No aplica	
Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio: 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 A.1.18: Ficha bibliográfica N° 18

<p>Cita bibliográfica: Anglo American (2010) Informe Análisis histórico de sulfatos aguas abajo del tranque de relaves El Torito</p>	
<p>Nombre del estudio: Nov 2010 Informe Análisis histórico de sulfatos aguas abajo del tranque de relaves El Torito.</p>	<p>Fecha del informe: Noviembre de 2010 Fecha del estudio de campo: 14 de julio de 2010</p>
<p>Objetivos general y específicos: Verificar los contenidos de sulfatos en los sitios de monitoreo y su evolución en el tiempo.</p>	
<p>Ubicación geográfica general:</p> 	<p>Matrices ambientales estudiadas:</p> <p>___ Suelo ___ Agua superficial ___ Flora <input checked="" type="checkbox"/> Agua subterránea ___ Sedimento ___ Agua de lluvia ___ Biota ___ Relaves ___ Agua residual ___ Polvo ___ Aire</p>
<p>Puntos de muestreo (coordenadas) Pozo No 8 Pozo No 3 Torito A (somero) Pozo No 3 Torito B (profundo)</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis: Sulfatos No indica métodos de análisis ni laboratorio que realizó los mismos</p>
<p>Resultados obtenidos:</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 ha disminuido a 26 mg/L.</p>	
<p>Conclusiones:</p> <p>Los niveles de sulfato en las aguas subterráneas fuera del área de influencia del tranque</p>	

Anexo 1.

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:

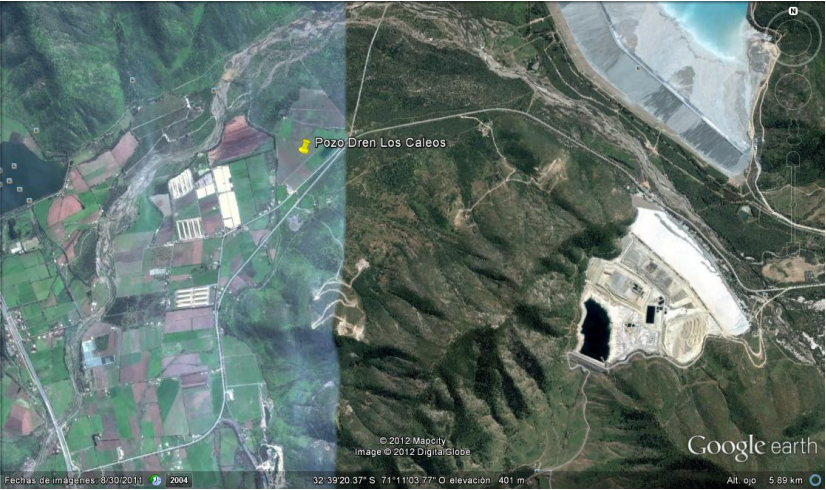
No se indica el método de análisis, por lo que no es posible evaluar su correspondencia con los objetivos y conclusiones del estudio.

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 A.1.19: Ficha bibliográfica N°19

<p>Cita bibliográfica: 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>Nombre del estudio: Evaluación de los datos históricos de DGA en el pozo Dren Los Caleos</p>	<p>Fecha del informe: 2012 Fecha del estudio de campo: No aplica</p>
<p>Objetivos general y específicos: 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>Ubicación geográfica general:</p>  <p>Ubicación del Pozo Dren Los Caleos respecto del tranque El Torito y de los sectores poblados del área de estudio.</p>	<p>Matrices ambientales estudiadas:</p> <p> <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial <input checked="" 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>Puntos de muestreo (coordenadas)</p> <p>No aplica</p>	<p>Parámetros medidos y métodos de análisis:</p> <p>No aplica</p>
<p>Resultados obtenidos:</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 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.</p>	

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

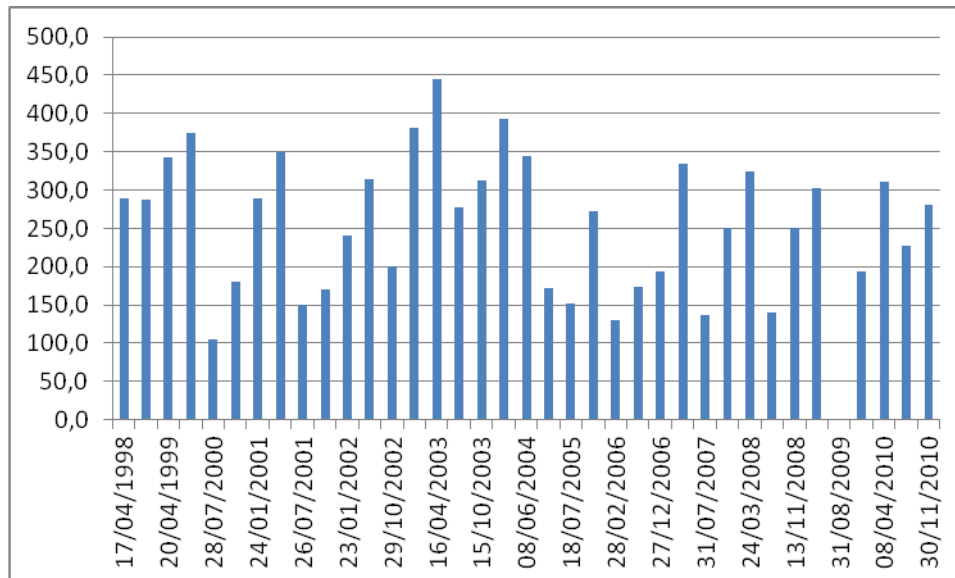
*aparentemente se produjo un cambio en el método analítico empleado, se mejoran las condiciones para la detección de menores concentraciones porque se reportan concentraciones menores al límite de detección empleado en el año 2000: 0,5 mg/L

**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.

Anexo 1.



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.

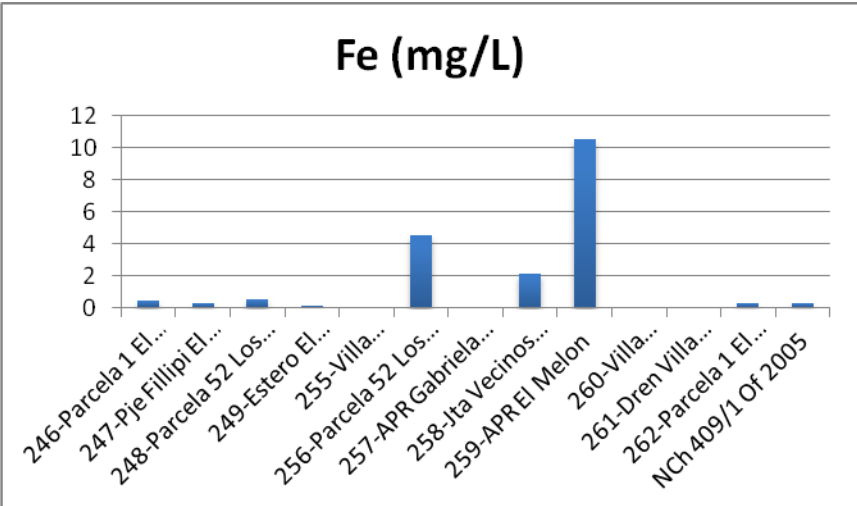
Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:

Es buena, porque se utilizan los datos de DGA.

Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:

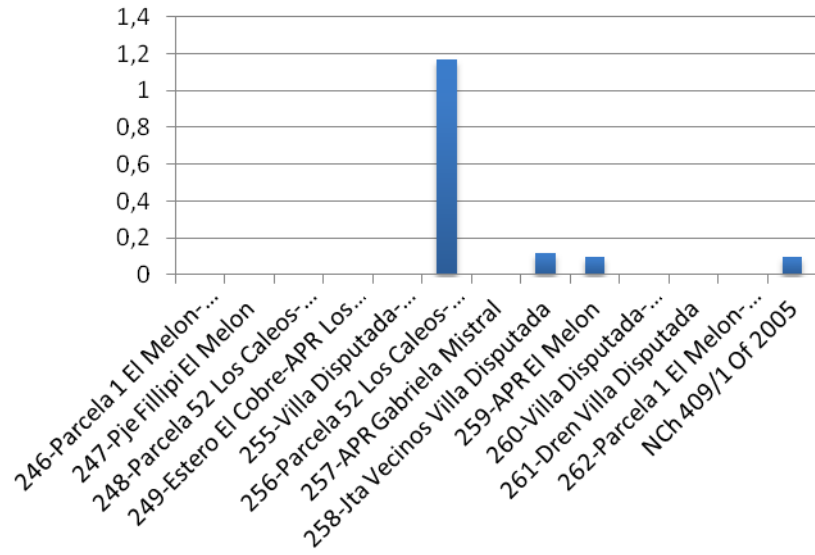
APORTA INFORMACION PARA LA HIPOTESIS ACERCA DE LA PRESENCIA DE ELEMENTOS METALICOS EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS, INDICANDO QUE EN EL POZO DREN LOS CALEOS NO SE HAN REPORTADO ALTAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS, A PARTIR DE DATOS HISTORICOS ENTRE 1999 Y 2010.

Tabla A.1.20: Ficha bibliográfica N°20.

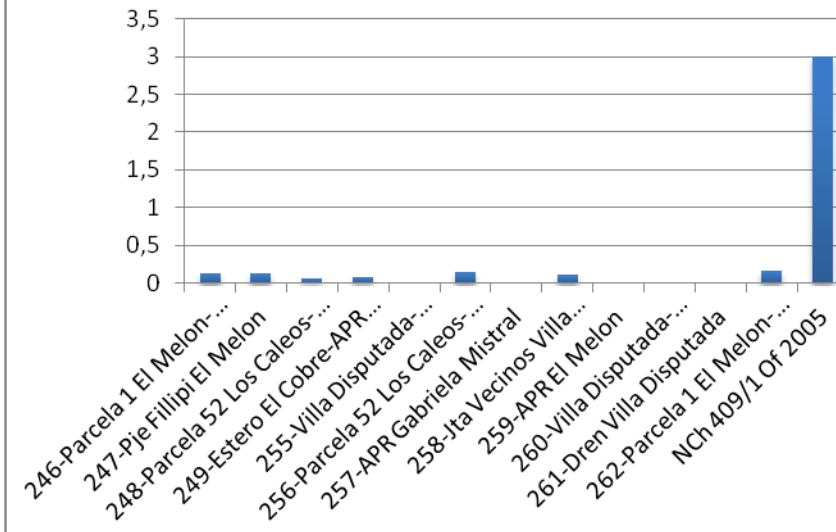
Cita bibliográfica: Correo enviado por Sr Jorge Ramírez recibido con fecha 17 de agosto de 2012																													
Nombre del estudio: Información remitida por el Sr Jorge Ramirez	Fecha del informe: Agosto de 2012 Fecha del estudio de campo: Agosto de 2010																												
Objetivos general y específicos: Informar acerca de muestras analizadas por la SEREMI de Salud, respecto de las concentraciones de metales pesados en agua de pozo de diferentes puntos del sector de la comuna de Nogales.																													
Ubicación geográfica general: Muestras de agua de pozo obtenidas en El Melón, Los Caleos, Villa Disputada. Ubicación se indica en tabla con resultados	Matrices ambientales estudiadas: <input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua superficial <input type="checkbox"/> Flora <input checked="" 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																												
Puntos de muestreo (coordenadas): No indica, solo dirección	Parámetros medidos y métodos de análisis: Absorción atómica con llama																												
Resultados obtenidos: Para los metales Cu, Pb, Cr y Ni se obtuvieron resultados no detectables en todas las muestras. Para los metales Fe, Mn, Zn y Cd se presentan gráficos con los valores obtenidos respecto de los niveles normados según NCh 409/1. Of 2005.																													
 <table border="1"> <caption>Fe (mg/L) Concentrations</caption> <thead> <tr> <th>Punto de Muestreo</th> <th>Concentración (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>246-Parcela 1 El...</td><td>~0.5</td></tr> <tr><td>247-Pje Fillipi El...</td><td>~0.5</td></tr> <tr><td>248-Parcela 52 Los...</td><td>~0.8</td></tr> <tr><td>249-Estero El...</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>255-Villa...</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>256-Parcela 52 Los...</td><td>~4.5</td></tr> <tr><td>257-APR Gabriela...</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>258-Jta Vecinos...</td><td>~2.2</td></tr> <tr><td>259-APR El Melon</td><td>~10.5</td></tr> <tr><td>260-Villa...</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>261-Dren Villa...</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>262-Parcela 1 El...</td><td>~0.5</td></tr> <tr><td>NCh 409/1 Of 2005</td><td>~0.5</td></tr> </tbody> </table>		Punto de Muestreo	Concentración (mg/L)	246-Parcela 1 El...	~0.5	247-Pje Fillipi El...	~0.5	248-Parcela 52 Los...	~0.8	249-Estero El...	~0.2	255-Villa...	~0.2	256-Parcela 52 Los...	~4.5	257-APR Gabriela...	~0.2	258-Jta Vecinos...	~2.2	259-APR El Melon	~10.5	260-Villa...	~0.2	261-Dren Villa...	~0.2	262-Parcela 1 El...	~0.5	NCh 409/1 Of 2005	~0.5
Punto de Muestreo	Concentración (mg/L)																												
246-Parcela 1 El...	~0.5																												
247-Pje Fillipi El...	~0.5																												
248-Parcela 52 Los...	~0.8																												
249-Estero El...	~0.2																												
255-Villa...	~0.2																												
256-Parcela 52 Los...	~4.5																												
257-APR Gabriela...	~0.2																												
258-Jta Vecinos...	~2.2																												
259-APR El Melon	~10.5																												
260-Villa...	~0.2																												
261-Dren Villa...	~0.2																												
262-Parcela 1 El...	~0.5																												
NCh 409/1 Of 2005	~0.5																												

Anexo 1.

Mn (mg/L)



Zn (mg/L)



Cd (mg/L)																											
<table border="1"> <caption>Data from Cd (mg/L) Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Sample ID</th> <th>Cd Concentration (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>246-Parcela 1 El Melon-...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>247-Pje Fillipi El Melon</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>248-Parcela 52 Los...</td><td>1.15</td></tr> <tr><td>249-Estero El Cobre-APR...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>255-Villa Disputada-...</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>256-Parcela 52 Los...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>257-APR Gabriela Mistral</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>258-Jta Vecinos Villa...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>259-APREl Melon</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>261-Dren Villa Disputada-...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>262-Parcela 1 El Melon-...</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>NCh 409/1 Of 2005</td><td>0.00</td></tr> </tbody> </table>	Sample ID	Cd Concentration (mg/L)	246-Parcela 1 El Melon-...	0.00	247-Pje Fillipi El Melon	0.00	248-Parcela 52 Los...	1.15	249-Estero El Cobre-APR...	0.00	255-Villa Disputada-...	0.05	256-Parcela 52 Los...	0.00	257-APR Gabriela Mistral	0.00	258-Jta Vecinos Villa...	0.00	259-APREl Melon	0.00	261-Dren Villa Disputada-...	0.00	262-Parcela 1 El Melon-...	0.00	NCh 409/1 Of 2005	0.00	
Sample ID	Cd Concentration (mg/L)																										
246-Parcela 1 El Melon-...	0.00																										
247-Pje Fillipi El Melon	0.00																										
248-Parcela 52 Los...	1.15																										
249-Estero El Cobre-APR...	0.00																										
255-Villa Disputada-...	0.05																										
256-Parcela 52 Los...	0.00																										
257-APR Gabriela Mistral	0.00																										
258-Jta Vecinos Villa...	0.00																										
259-APREl Melon	0.00																										
261-Dren Villa Disputada-...	0.00																										
262-Parcela 1 El Melon-...	0.00																										
NCh 409/1 Of 2005	0.00																										
<p>Conclusiones:</p> <p>Estos resultados indican superaciones puntuales de los valores normados para Fe, Mn y Cd en las aguas de pozo para uso como agua potable, comparado con los límites máximos establecidos por la NCh 409/1 Of 2005.</p>																											
<p>Evaluación de la correspondencia entre los métodos de análisis, los objetivos y las conclusiones del estudio:</p> <p>Corresponde.</p>																											
<p>Comentario crítico de su utilidad para el presente estudio:</p> <p>LA INFORMACIÓN MÁS RELEVANTE PARA ESTE ESTUDIO ES LA PRESENCIA EN NIVELES SUPERIORES A LOS NORMADOS PARA LOS METALES FE, MN Y CD EN MUESTRAS DE AGUA CON USO EN AGUA POTABLE.</p>																											

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA USEPA PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD

Se han descrito metodologías de evaluación de riesgo con diferentes alcances y aplicaciones; algunas son específicas para faenas mineras abandonadas, algunas consideran un enfoque ecosistémico, otras netamente toxicológicas y otras, una caracterización del sitio como un diagnóstico del problema.

En general, el proceso de evaluación de riesgos se desarrolla en cuatro etapas:

1. la caracterización del peligro representado por la presencia de contaminantes en el ambiente,
2. la caracterización de la exposición humana,
3. la caracterización de la toxicidad de los contaminantes, y
4. la caracterización del riesgo en la salud.

La relación entre estas etapas se ilustra en el siguiente diagrama:

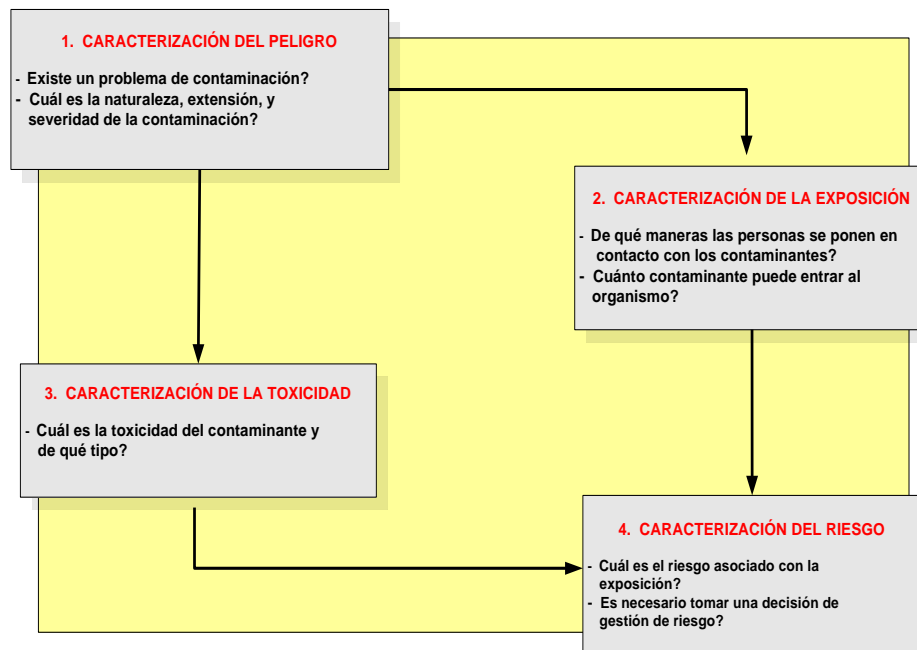


Figura A.2.1: Componentes genéricos de la evaluación de riesgos en la salud.

La **caracterización del peligro** consiste en corroborar la presencia de elementos potencialmente contaminantes en cuanto a su presencia evidente (detectable por mediciones), extensión y localización en el sitio o zona de estudio.

En la fase de **caracterización de la toxicidad**, se identifica la información relacionada con la toxicidad de los contaminantes efectivamente identificados en la etapa anterior; esta información se obtiene fundamentalmente a partir de referencias aceptadas sobre los criterios de toxicidad (es decir los factores de dosis-respuesta) de cada uno de ellos.

En la **caracterización de la exposición** se determina de qué manera las personas en general o los grupos humanos específicos podrían estar en contacto con los contaminantes existentes, y cuánto de cada uno de ellos puede entrar al organismo considerando la vías de mayor toxicidad, tales como inhalación, ingesta de agua, ingesta accidental de suelo.

En la fase de **caracterización del riesgo**, se integra toda la información previa, calculando la probabilidad de riesgo crónico ó de riesgo extra (adicional de por vida) de contraer cáncer asociados con los contaminantes y sus respectivas vías de exposición, para cada uno de los receptores en estudio.

Los valores finales indican las magnitudes relativas de cada uno de los riesgos, por receptores específicos, lo que permite establecer las bases para proponer acciones de gestión de riesgo tales como remediación del terreno, las acciones específicas de remediación, los usos futuros del sitio entre otras alternativas.

En este proyecto, la metodología empleada para la evaluación de riesgo refleja los principios y prácticas usadas y recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, U.S.EPA por sus siglas en inglés), considerando que han sido de amplia aplicación.

Los fundamentos de la metodología de evaluación de riesgos en la salud, vinculada con situaciones de presencia de contaminantes peligrosos en sitios diversos, se encuentran descritos en una amplia colección de documentos que comienza con el documento titulado Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1 – Human Health Evaluation Manual, Part A – Baseline Risk Assessment (U.S.EPA, 1989).

Según la metodología de la U.S.EPA, un estudio de evaluación de los riesgos en la salud asociado con sustancias ambientales peligrosas, puede llevarse a cabo siguiendo uno de tres enfoques, los que a continuación se explicitan.

Nivel 1: Exploratorio. Típicamente, un análisis de riesgo comienza con una evaluación inicial (conocida como “screening”) con el fin de tener una aproximación de los valores de exposición y riesgo. En este caso se seleccionan sólo algunos contaminantes representativos, se usan valores conservadores genéricos, se usan concentraciones máximas, y solo se consideran dos o tres vías de exposición. Esto se hace cuando existe falta o limitación de la evidencia respecto a la caracterización de los contaminantes. El propósito es determinar si evidencia limitada pero conservadora, puede significar riesgos significativos a la salud.

Nivel 2: Detallado. En este nivel se desarrolla un análisis detallado donde el nivel de complejidad aumenta significativamente, y la información que se usa es más específica a la situación en estudio. En este caso se usa un mayor número de contaminantes, las vías de exposición son más específicas al problema y el enfoque matemático es determinístico, en el cual se usan valores fijos y discretos de los factores de exposición.

Nivel 3: Probabilístico. En el nivel superior de complejidad, se usa un análisis probabilístico. Aquí se analiza la incertidumbre asociada a la variabilidad natural de los factores de exposición humana, o la incertidumbre real asociada con el modelo matemático, u otra información considerada limitada en los niveles precedentes. El análisis probabilístico puede ser útil cuando los resultados del análisis determinístico del Nivel 2 indican que hay preocupación por una exposición potencial alta, pero la incertidumbre asociada no justifica los gastos inmediatos en remediación. Además el análisis probabilístico es útil cuando se estiman los beneficios potenciales de enfocar los recursos destinados a intervenciones varias, p.ej., cuando se dispone de más de una estrategia para la remediación, pero una considera la vía oral (p.ej., cadena alimenticia o ingestión accidental de suelos) y la otra considera mejorar la calidad del aire (p.ej., inhalación de material particulado en suspensión aérea).

Para este estudio, se ha seguido un enfoque de análisis determinístico (Nivel 2) como se explica detalladamente en el informe.

Desarrollo de modelo conceptual a utilizar.

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 elementos y compuestos potencialmente contaminantes, los mecanismos de liberación, migración y destino ambiental de los mismos, 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 6.2; la cual ha sido obtenida a partir de combinar los antecedentes estudiados y las visitas a terreno.

Modelo conceptual de fuentes, migración, y exposición de contaminación ambiental en estero El Cobre

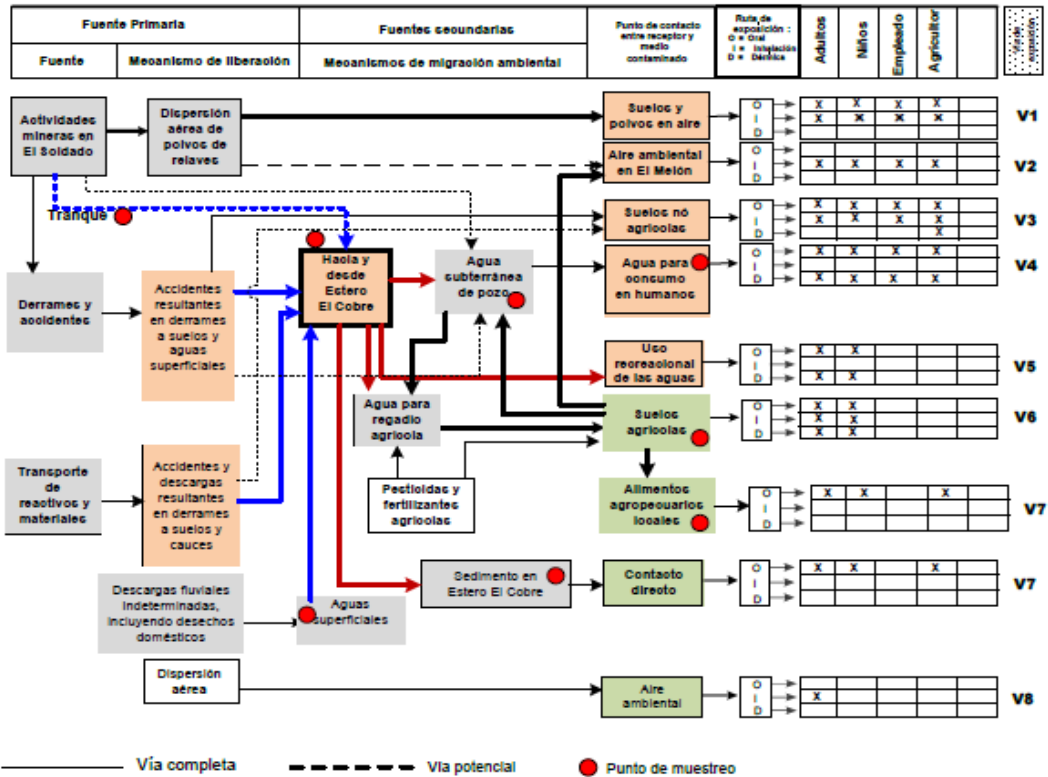


Figura A.2.2: Modelo conceptual del problema de estudio, para el tramo inferior de la cuenca desde el cono de deyección hasta el pueblo El Melón.

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.

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, inhalación), y dadas las condiciones de la exposición (duración, magnitud, biodisponibilidad, absorción), los elementos potencialmente contaminantes identificados 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 elementos potencialmente 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, 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 elementos potencialmente contaminantes provenientes de las actividades minera y/o agrícola y que resulte en exposición dérmica.

Como primera hipótesis se supone que las vías anteriormente identificadas son **completas**.

Las vías y puntos de contacto identificados en el modelo conceptual deben confirmarse durante el desarrollo de la investigación, lo que se recoge en este Informe Final.

Evaluación de riesgo.

El estudio de evaluación de riesgo comienza con la identificación de los mecanismos **potenciales** de liberación, migración y destino ambiental de los elementos potencialmente contaminantes de interés originados en la fuente.

Fuentes: Como se describió en el modelo conceptual, para el caso de estudio, la fuente primaria es la actividad minera en la parte superior de la cuenca, que origina material sólido no consolidado que se mueve en forma de polvos; de este modo se consideran fuentes secundarias otras actividades relacionadas con la minería, la actividad agrícola y ganadera que se desarrolla en la zona inferior de la cuenca. La dispersión aérea de los polvos de desechos mineros puede haber afectado las zonas colindantes, incluyendo el pueblo El Melón.

Mecanismos de liberación

Algunos metales como Al, Fe, Cu y As presentes en la cuenca del Estero El Cobre son de origen natural, lo que ha hecho que esta zona sea atractiva para la explotación minera, que con su desarrollo ha permitido la traslocación de los mismos.

Mecanismos de migración y transporte ambiental

Los mecanismos de migración y transporte ambiental tiene relación con la capacidad de los contaminantes potenciales de movilizarse y transportarse entre las diferentes matrices ambientales. Por ejemplo, el arsénico puede transformarse en diferentes especies químicas y dependiendo de las características de los suelos puede sufrir migración, transformación y acumulación. El arsénico sufre *weathering* es decir, se descompone desde los minerales y gradualmente es enriquecido en la superficie de materiales, en particular es fuertemente adsorbido por $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (hidróxidos férricos), propiedad que es útil en la remediación de la contaminación por arsénico. El As y el Fe pueden ser liberados por efecto de una resorción desde los sedimentos y pasar a la fase acuosa, permitiendo el transporte. Las concentraciones en agua son relativamente bajas debido a la baja solubilidad. Los sedimentos superficiales se reconocen por su color negro oscuro. La concentración en sedimento superficial es mayor que en sedimento profundo.

Mecanismos de destino ambiental.

Los mecanismos de destino ambiental incluyen las transformaciones físico-químicas de un contaminante en el medio ambiente. Todos estos mecanismos conllevan a cambios en la concentración y/o la naturaleza del contaminante en estudio. Los mecanismos más importantes de destino ambiental, considerados para el caso de estudio, son:

Atenuación: consiste en la degradación química en presencia de otras sustancias químicas, microorganismos o plantas. En el caso presente, el problema de contaminación por metales contenidos en los desechos mineros no manifiesta evidencias de atenuación. Por ejemplo para el arsénico se conoce que la mayoría de los compuestos orgánicos de arsénico (tales como metilos y dimetilos) son menos tóxicos que las formas inorgánicas, aunque en altas dosis los compuestos orgánicos de arsénico también pueden producir toxicidad. Esta situación de atenuación del arsénico por la presencia de compuestos orgánicos sucede fundamentalmente en la acumulación de metales en los organismos marinos como ostiones y moluscos bivalvos, los que no son de amplio consumo en la zona de estudio.

Activación: el contaminante sufre cambios químicos que aumentan la toxicidad. Como ejemplo ilustrativo del mecanismo de activación se considera el caso de la activación del cromo (III), no cancerígeno, a cromo (VI), que es considerado cancerígeno. Para que ello ocurra, es necesario la presencia de un oxidante fuerte y las condiciones físico-químicas apropiadas (suelos y/o aguas muy básicas), y por lo tanto la activación de cromo (III) es poco probable en las circunstancias presentes en la zona del Estero El Cobre.

Partición del contaminante entre medios ambientales o entre compartimentos dentro de la matriz. Este mecanismo es más frecuente en sustancias como los pesticidas, que preferentemente se adhieren a la materia orgánica del suelo en lugar de permanecer disueltos en el agua y movilizarse como compuestos solubles. Los suelos y desechos mineros en la zona de estudio constituyen una matriz ambiental con niveles de humedad variables entre las estaciones de invierno y verano no perceptibles, y por lo tanto existen las condiciones que permiten la partición de los contaminantes.

Bioacumulación en biota y en la cadena alimenticia. Este proceso puede ocurrir en alguna magnitud en plantas u organismos vivos que estén expuestos a los metales presentes en los desechos mineros o suelos con potencial presencia de contaminantes. La presencia de vegetación en estos es relativamente importante según se pudo constatar en terreno, por lo que también es posible considerar este mecanismo de destino ambiental.

Vías de exposición

Las vías de exposición corresponden a los caminos ambientales por los cuales los contaminantes migran en el medio ambiente y llegan a lugares donde puede haber contacto con los receptores humanos. Las vías de exposición consisten en fuentes y mecanismos de liberación ambiental, mecanismos de transporte ambiental, matriz ambiental contaminada, y

Anexo 2.

punto de contacto con el receptor humano. Los matrices ambientales de preocupación potencial son el agua, suelo, aire, y alimentos. Las vías pueden ser completas, potencialmente completas, o improbables.

Las vías de exposición identificadas como más significativas al problema de la parte inferior de la cuenca del Estero El Cobre son la dispersión atmosférica de las emisiones que producen las actividades mineras, y la traslocación de elementos metálicos como resultado de accidentes industriales y eventos como terremotos o intensas lluvias. Otras vías potenciales pueden ser los alimentos agropecuarios locales que pueden estar afectados por la sedimentación de polvos aéreos y por las aguas de regadío potencialmente contaminadas. Las aguas subterráneas en las zonas altas de la cuenca representan una vía de exposición potencial de agua potable, debido a la lixiviación de metales hacia las aguas subterráneas.

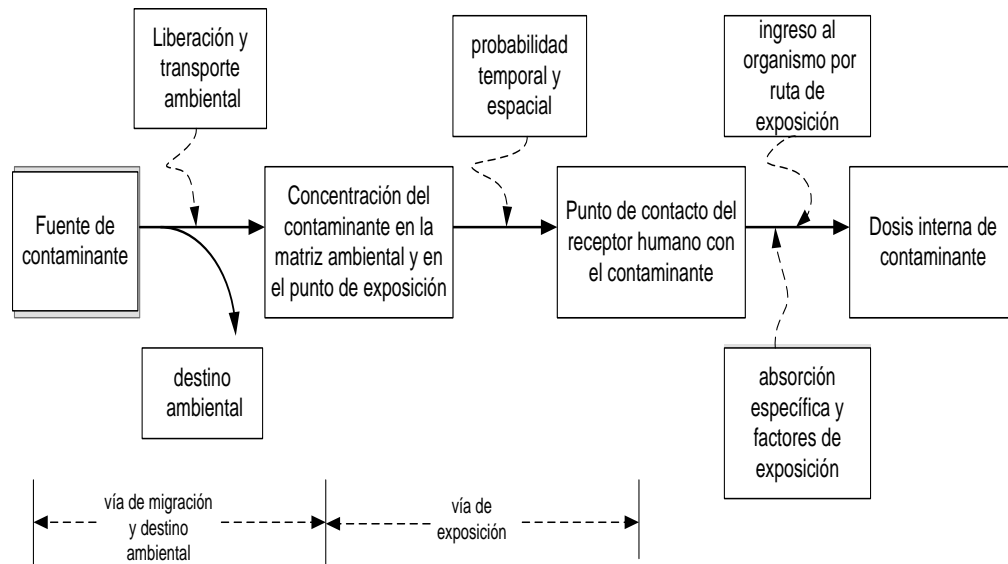


Figura A.2.3 Componentes y procesos de una vía de exposición ilustrando que los componentes están afectados por los procesos. Por ejemplo, la concentración de un contaminante en el punto de contacto depende de una o más fuentes de contaminante, de los mecanismos de liberación y transporte ambiental, del destino ambiental del(los) contaminantes, y de la probabilidad temporal y espacial del contacto con el receptor.

Los elementos de las vías de exposición son identificados durante el desarrollo del modelo conceptual y son parte de las hipótesis planteadas.

Una vía de exposición está constituida por varios *componentes* unidos por *procesos*, y la forma como se integran se presenta en la figura 6.13. Los *componentes* son: (a) la fuente de potenciales contaminantes, (b) la concentración de contaminantes en la matriz ambiental y en el punto de exposición, y (c) el punto de exposición del receptor humano con el contaminante. Los *procesos* son: (a) la liberación ambiental, el transporte ambiental, y el destino ambiental de los potenciales contaminantes, y (b) la probabilidad temporal y espacial. Las vías de exposición pueden ser completa, potencial o incompleta, dependiendo del tipo de evidencia disponible para su sustentar cada alternativa.

Vía completa de exposición: Una vía de exposición se considera completa y el receptor se considera expuesto, si hay evidencia de que todos los elementos de la vía de exposición existen, han existido, o van a existir (en un tiempo cercano); todos los elementos de la vía de exposición están *conectados*, los contaminantes están presentes en el medio ambiental de contacto, y están presentes en el punto de exposición. Todas las vías de exposición completas deben ser incluidas en una estimación de riesgo.

En este estudio, existe evidencia para considerar que la inhalación de partículas resuspendidas por el viento, el contacto dérmico directo con el material de los suelos y la ingestión accidental del material de los desechos mineros o suelos, constituyen vías de exposición completa, pero de severidad variable. El proceso de resuspensión de polvos de suelos muy finos causados por el viento puede ser relativamente limitado, ya que la capa superficial de suelos ha estado sometida a la acción de los vientos por largo tiempo.

Dada la presencia de polvos en techos y suelos, es razonable esperar que las personas sean objeto de vías de exposición no consideradas en el presente estudio, tal como la ingestión de material particulado depositado en la cocina y en alimentos que han estado en contacto con potenciales contaminantes durante su preparación.

Vía de exposición potencial: (incompleta pero probable). El receptor puede ser considerado como expuesto en el pasado o en el futuro, si existe evidencia de que uno o más elementos de la vía de exposición no están presentes, *pero éstos pueden estar ocurriendo y han ocurrido en el pasado pero no han sido identificados, o puede que existan en un futuro cercano*. La contaminación puede existir en el presente en un medio ambiental y en una localidad que es probable que llegue a ser un punto de contacto dentro de un tiempo de migración discreto. Por ejemplo, es probable que ciertos metales lixivien hacia aguas profundas como resultado de precipitación durante el período de lluvias. En el presente, en la zona de estudio, no hay evidencia de ello, más aún, considerando que los desechos mineros han permanecido en el mismo lugar por muy largo tiempo. Las vías de exposición potencial deben ser analizadas separadamente, y la contribución relativa a la exposición total debe ser estimada. En este estudio, ninguna vía de exposición fue considerada potencial.

Vía de exposición incompleta e improbable: Esta existe y el receptor puede ser considerado libre de exposición, si hay evidencia robusta de que faltan uno o más elementos

de la vía de exposición, no existen, o no van a existir, y uno o más elementos de la vía de exposición no están conectados.

Cuando se sospecha que una vía es incompleta, es importante establecer si ha ocurrido en el pasado, está ocurriendo en el presente, o si se espera ocurrirá en el futuro. Es posible que uno o más elementos de una vía de exposición no existan, o no se logren identificar en el problema estudiado. Por ejemplo, es posible que la migración de contaminantes a las aguas subterráneas (de existir) aún no alcanza el punto en el cual son extraídas para ser distribuidas a la ciudad. Otro ejemplo podría ser el consumo de frutas y verduras contaminadas que son solo estacionales y por lo tanto la exposición (de ocurrir) sucede durante una parte del año. Para ciertos contaminantes tales como el plomo, puede no quedar en claro si una eventual presencia de plomo en agua potable municipal, puede provenir de las cañerías del hogar, del sistema de distribución, o del agua del pozo, lo cual requeriría de un estudio más extenso.

Concentración representativa de cada contaminante en el punto de contacto

Una vez que ocurre el contacto, el potencial contaminante puede ingresar al organismo por una ruta de exposición y es absorbido a través de una membrana de intercambio. La exposición solo ocurre cuando el potencial contaminante ha sido absorbido y pasa a ser una dosis interna en el organismo.

Un problema fundamental en la estimación de la exposición es determinar la concentración representativa de cada potencial contaminante en cada matriz ambiental para cada punto de exposición. La determinación de la concentración del potencial contaminante en el punto de contacto se puede llevar a cabo mediante toma de muestras y análisis químico en los puntos de contacto hipotéticos, o mediante modelos matemáticos que describen el movimiento de los mismos en el medio ambiente. Estas metodologías fueron consideradas para uso en la situación presente. Las ventajas y desventajas de cada una se pueden resumir como sigue.

Muestreo y análisis químico: Esta metodología está indicada para situaciones presentes o de un pasado o un futuro cercano, ya que los potenciales contaminantes pueden sufrir cambios de concentración debido a la migración ambiental. Es una metodología cara y consume recursos (tiempo, personal, instrumentación, equipo, etc.). El muestreo y análisis químico además presenta múltiples requerimientos relacionados con la calidad de la evidencia proveniente de la matriz ambiental, lo cual a menudo dificulta el procedimiento.

Mediante modelos matemáticos: Esta metodología es indicada para situaciones pasadas o futuras, permitiendo hacer predicciones. Se recomienda cuando el análisis no es práctico o es demasiado caro. Por ser de costo menor y flexible, el modelo puede repetirse según sea necesario. Sin embargo los modelos deben estar validados y ser específicos para la situación, y a menudo se corre el riesgo de usar un modelo inapropiado. El equipo técnico que conduce el estudio debe conocer las suposiciones y limitaciones del modelo. Los resultados de la modelación están afectados por incertidumbre asociada con inexactitudes del modelo

matemático. La información disponible, si existiera, acerca de la presencia actual de contaminantes también puede ser usada para modelar una futura migración ambiental.

Mediante biomarcadores de exposición o efectos. Una tercera alternativa para estimar la concentración en el punto de exposición, es (a) determinar la concentración del contaminante(s) en sangre, tejidos grasos o hígado, hueso, aire expirado, orina, o leche materna, o, (b) medir biomarcadores de efectos, tales como cambios en la actividad enzimática, cambios en los niveles de metabolitos intermediarios, etc. Esta alternativa, sin embargo, tiene las dificultades de la interpretación de los efectos clínicos de los potenciales contaminantes, son procedimientos invasivos al organismo, son caros, consumen tiempo y requieren personal técnico experimentado, lo que excede las condiciones de realización de este proyecto.

Tratamiento de los datos experimentales para el análisis de riesgo.

El análisis estadístico de los resultados se limita a la tabulación de datos, y a determinar valores de concentración representativa de contaminantes.

Informe de contaminantes no detectados (NDs)

Los análisis químicos cuantitativos de contaminantes ocasionalmente incluyen resultados informados como “bajo el límite de detección, (<LD), lo cual es inevitable en estudios ambientales. Hasta hace unos años atrás, estos resultados se informaban como “cero”, y se los referían como “valores censurados a la izquierda.” Valores censurados a la izquierda no pueden ser utilizados como tal, puesto que introducen error negativo por prejuicio (*sesgo*). El límite de detección depende de factores tales como la metodología de análisis y de los instrumentos usados en la medición, y la falta de certeza de la ausencia total de la sustancia analizada se traduce en una incertidumbre agregada.

Se han propuesto tres métodos para el tratamiento de datos censurados. Un método es aceptar un valor numérico cero, y la consecuencia es que se puede subestimar la concentración verdadera y agregar *sesgo* negativo a los resultados. Un segundo método es remplazar el valor censurado por el valor límite de detección, y ocasionalmente se utiliza como enfoque conservador.

En el presente estudio, se ha aplicado un tercer método para el tratamiento de datos censurados fue el **método aproximado del ½ límite de detección (LD)**. Para los efectos de un análisis de riesgo, y como una medida conservadora de precaución, la U.S.EPA recomienda que *datos censurados a la izquierda* sean remplazados por un valor equivalente a la *mitad del límite de detección del método analítico* usado. El error que se comete puede ser por exceso, pero la concentración promedio y por lo tanto los riesgos asociados no son subestimados, significando un margen adicional de seguridad en la estimación del riesgo.

Estimación del 95% nivel superior de confianza del promedio (95% NSC)

Para estimar exposición, es necesario determinar la **concentración promedio en el punto de contacto que represente una estimación razonable de las concentraciones probablemente contactadas a lo largo del tiempo de exposición**. Debido a la incertidumbre asociada con la estimación del verdadero promedio para un sitio ó fuente de contaminantes, se recomienda el uso del 95% nivel superior de confianza del promedio (en adelante el “**95% NSC**”). El 95% NSC significa que el *valor verdadero* del promedio está con una certeza del 95% por debajo del valor del 95% NSC, y es confiable, conservador, y estable. La U.S.EPA recomienda que no se usen valores máximos observados como valor estimado de la concentración del punto de exposición (CPE).

Para facilitar e introducir consistencia en los cálculos, la U.S. EPA desarrolló el software ProUCL. El software fue desarrollado específicamente para calcular el 95% NSC y otras estadísticas de poblaciones de datos relacionados con estimación de exposición, estimación de concentración promedio de contaminantes, ó niveles promedios de background.

El programa ProUCL *no procesa valores censurados a la izquierda*, sino que el usuario debe organizar previamente los datos censurados, según alguno de los tres métodos anteriormente descritos. Todas las recomendaciones paramétricas y no paramétricas para calcular el promedio, desviación estándar, y 95% NSC calculados por el programa ProUCL están basadas en grupos de valores completos, sin valores censurados. El programa analiza los datos para determinar el tipo de distribución (normal, lognormal, ó gamma) que mejor describe la distribución de los datos, y luego provee recomendaciones resumidas para grupos de datos: 1) distribuidos normalmente, 2) con distribución gamma, 3) distribuidos lognormalmente, y 4) grupos de datos no paramétricos y que no siguen ninguna de las tres distribuciones mencionadas anteriormente incluidas en ProUCL.

En el software se ingresan la serie de datos disponible, y este realiza un tratamiento estadístico asumiendo distintos tipos de distribuciones, dependiendo de la data empleada. En forma instantánea, entrega resultados de la desviación estándar, numero de datos y el valor máximo, entre otros. Además el software sugiere al usuario la selección del 95% NSC más apropiado (ver Figura 6.14).

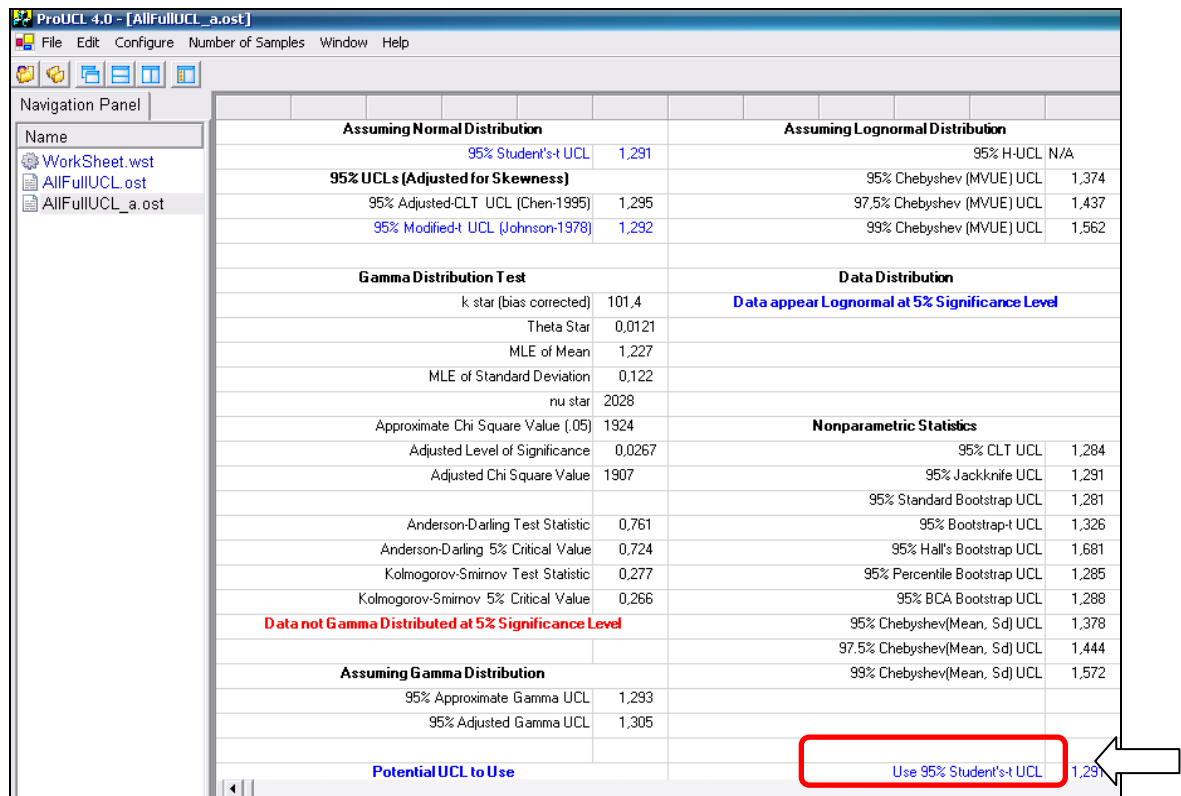


Figura A.2.4. Ejemplo de 95% NSC del promedio calculado con el software ProUCL

Antes de proceder a un análisis estadístico, los resultados fueron tabulados por grupos afines y ocasionalmente, analizados gráficamente por distribución de funciones de densidad. Sin embargo la distribución de datos usada fue la recomendada por el programa ProUCL.

Tratamiento para valores atípicos (outliers)

Estos son datos que pueden indicar errores o que son anómalos y que pueden no ser representativos del grupo de datos en su conjunto. Sin embargo es común que la distribución de datos de concentraciones en un sitio se encuentre fuertemente desviada, de modo que contiene un número menor de valores de alta concentración. Un receptor puede estar expuesto a estos focos de alta concentración, y por lo tanto es importante tomar en cuenta estos valores y estimar correctamente la concentración en el punto de contacto.

El investigador debe tener cuidado de no excluir valores simplemente porque son muy altos respecto del resto del grupo de datos (USEPA, 2002), ya que los valores extremos en un grupo de datos pueden representar una verdadera variación espacial en concentraciones. La

eliminación de datos considerados *a priori* anómalos o por encima de un rango descrito como *normal* no es recomendable.

Selección de los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRPs)

En los análisis químicos de metales utilizando metodologías analíticas multielementales como las empleadas en este estudio, es común encontrar un número de analitos mayor que los esperados. Por esta razón los contaminantes positivamente identificados (CPIs) en los análisis químicos son reducidos en número a contaminantes de riesgo potencial (CRPs) de acuerdo con los procedimientos recomendados por la U.S.EPA. Estos CRPs serán incorporados en el análisis de exposición y riesgo. La metodología para la selección de los CPIs, CRPs y últimamente los contaminantes de riesgo significativo (CRSs), sigue las pautas recomendadas por la U.S.EPA en el documento Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS). Se consideran contaminantes de riesgo potencial aquellos que por razones de toxicidad y concentraciones, puedan afectar a la población expuesta.

Una vez seleccionados los CRPs, se calculan las concentraciones consideradas representativas en la matriz ambiental. La U.S. EPA recomienda que en vez de un promedio aritmético, sea el 95%NSC del promedio, para lo cual se requieren por lo menos 6 muestras.

Concentraciones representativas de los contaminantes.

Para el escenario de exposición exploratorio, se seleccionaron las concentraciones máximas identificadas en cada matriz ambiental. Para los escenarios de adultos residentes y de niños residentes se seleccionaron valores del 95%NSC para cada contaminante en cada matriz ambiental analizada.

La concentración de cada contaminante definida como representativa para cada matriz ambiental analizada es independiente del tipo de receptor, u otras consideraciones asociadas con los factores de exposición humana.

Generalidades de la caracterización de la exposición.

La caracterización de la exposición consiste en estimar la *dosis interna*, esto es calcular la magnitud de contaminante que ingresa al interior del organismo a partir de la matriz ambiental contaminada durante el contacto con el límite exterior del organismo y por la ruta de exposición correspondiente.

La caracterización de la exposición tiene por objeto:

- Determinar si los contaminantes de riesgo potencial pueden estar en contacto con personas
- Calcular la cantidad de contaminantes que ingresan al organismo
- Determinar la ruta de entrada de contaminantes al organismo

Anexo 2.

- Determinar la frecuencia y duración del contacto contaminante-receptor
- Determinar la tendencia central y el nivel alto de la exposición
- Identificar los receptores potenciales y el número de receptores potenciales
- Evaluar la incertidumbre asociada con la exposición

La exposición se define como el proceso de ingreso de un potencial contaminante al interior de un receptor humano, como resultado del contacto físico por un determinado tiempo entre el mismo y el receptor, bajo condiciones específicas. La exposición se describe mediante la concentración de un contaminante, en el medio de transporte, en el punto de contacto con el organismo, y por la duración del contacto. En el caso de las exposiciones de larga duración (meses, años), la exposición generalmente se representa por una concentración promedio.

La *dosis absorbida* se calcula para todas las sustancias y rutas de interés. Se expresa en términos de la cantidad de la sustancia que ingresa al organismo por unidad de masa corporal y por unidad de tiempo (mg/kg·día).

Las actividades relacionadas con la estimación de exposición incluyen:

- identificación de mecanismos de migración, transporte, y destino ambiental de los potenciales contaminantes,
- identificación de los posibles puntos de contacto físico de los potenciales contaminantes (que puede estar en un medio ambiental, tal como aire, agua, suelo, ó alimento) y el receptor humano;
- identificación de los *escenarios de exposición* y los receptores humanos de interés (incluyendo receptores de alta exposición), lo cual incluye identificar:
 - las rutas de exposición al organismo (oral, dérmica, respiración);
 - un proceso de absorción a través de una membrana de intercambio de la ruta de exposición (membrana basal de la piel, epitelio alveolar en pulmones, ó epitelio gastrointestinal);
 - un tiempo, frecuencia y duración del contacto para que la absorción tenga lugar;
 - la concentración del contaminante en la matriz ambiental;
 - la probabilidad espacial y temporal para que la exposición tenga lugar; un punto de contacto definible;
 - la identificación de los *factores de exposición humanos* para cada receptor y ruta de exposición.

Con esta información se desarrolla un Modelo Conceptual del Problema de Contaminación, que describe el camino ambiental:

FUENTE → LIBERACIÓN → MIGRACIÓN → PUNTO DE CONTACTO → RECEPTOR

Un aspecto crítico en la estimación de la exposición es la determinación de la concentración representativa de cada potencial contaminante en cada punto de contacto, con la que se

estima una o varias dosis internas utilizando algoritmos recomendados para las diferentes vías y rutas.

Escenarios de exposición

En el presente estudio se identificaron cuatro escenarios de exposición hipotéticos relacionados con los receptores de interés, los que incluyen las condiciones más generales de la población residente en la zona.

Estos escenarios hipotéticos se refieren a las circunstancias, lugar físico, y temporalidad durante las cuales se supone que ocurre el contacto del potencial contaminante con el receptor. Para el presente estudio se identificaron los siguientes escenarios, como consecuencia del modelo conceptual.

- a. **Exposición en adultos residentes de >18 a 60 años.** De acuerdo con esta hipótesis, se supone que adultos (hombres y mujeres) están expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar. Estos receptores viven y trabajan aleatoriamente en cualquier lugar de la cuenca baja del Estero El Cobre. En este escenario se supone una exposición de 24 h/día, 250 días/año, por 30 años, y no usan equipos de protección personal (respiradores, guantes, botas). Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido por el sistema escalar al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y con aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas.
- b. **Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan en labores agropecuarias (“agricultor”)** en la cuenca del Estero El Cobre, fuera del pueblo de El Melón. Se suponen expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar. Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición específicos para adultos agricultores se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas.
- c. **Exposición en niños y adolescentes que atienden colegio (“escolares”) entre 5 a <18 años residentes** en El Melón, en la zona poniente de la Ruta 5 Norte. Los adolescentes (jóvenes hombres y mujeres) están expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados que han sido calculados

en etapas previas. Los receptores se suponen expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero devuelto vía sistema ciliar escalar al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos así como la ingestión de frutas y verduras. Los factores de exposición específicos para adolescentes se muestran en las tablas de análisis de riesgos respectivas. El propósito de este escenario es determinar si la exposición crónica en niños puede alcanzar niveles significativos y estar asociado con efectos negativos en la salud.

- d. **Exposición en adultos >18 años que viven y trabajan en labores al aire libre (“empleado”)** en El Melón. Se suponen expuestos a concentraciones representativas (95% NSC del promedio) de metales pesados identificados positivamente en el lugar, pero los factores de exposición son representativos de estos receptores. Los adultos estarían expuestos por inhalación de material particulado fino con retención en los pulmones, ingestión de material particulado que es inhalado pero transferido al sistema gastrointestinal, contacto dérmico directo de la piel con suelos y aguas, y finalmente ingestión accidental de suelos y polvos.

Rutas de exposición. Las rutas de exposición son los puntos de ingreso de los contaminantes al interior del organismo, y están asociados principalmente con tres funciones corpóreas. Las rutas típicas de exposición o de entrada al organismo son analizadas por separado, e incluyen:

- **Por la vía respiratoria:** en el tracto respiratorio (nariz, boca, pulmones) la sustancia o el contaminante, penetra la membrana que recubre los bronquios, entrando a la sangre. Para el caso estudiado, por la vía respiratoria pueden ingresar compuestos volátiles, y aerosoles suspendidos en el aire. Las partículas de material particulado, con tamaño mayor al intervalo entre 5 y 10 μm son retenidas en la porción superior de la vía respiratoria y son redirigidas al tracto gastrointestinal.
- **Por la vía oral:** la sustancia atraviesa la pared gastrointestinal (boca, esófago, estomago e intestinos) desde el lumen al sistema porta. Mientras la sustancia se encuentre en el lumen del tracto gastrointestinal sin ser absorbido, no hay exposición. Por la vía oral puede ingresar suelo o material no consolidado movilizado como polvo, ingeridos de modo accidental. La ingestión de aguas contaminadas y la ingestión de productos agrícolas contaminadas también fueron consideradas.
- **Por la piel:** la exposición por la superficie externa del organismo ocurre cuando la sustancia penetra la piel e ingresa a la circulación. En el caso presente, la piel se estimó que podría ser afectada por contacto directo con el material no consolidado del suelo presente en la zona.

Punto de contacto entre contaminante y receptor

Un punto de contacto corresponde a cada uno de los puntos espaciales y temporales hipotéticos donde tiene lugar el contacto entre el contaminante ambiental y el límite externo del organismo humano. La exposición sigue al contacto. A continuación se describe el procedimiento para estimar la exposición del receptor en el punto de contacto con cada matriz ambiental y con cada contaminante de interés.

El **punto de contacto** (a veces denominado punto de exposición) es un componente crítico en la caracterización de la exposición. La exposición puede ocurrir solamente cuando en el punto de contacto concurren simultáneamente el contaminante *en una concentración cuantificable*, en una matriz ambiental identificable (aire, agua, suelo, o alimento), y un receptor humano. Además debe haber una probabilidad cierta de ocurrencia temporal y espacial de los eventos.

Un punto de contacto entre una persona y los potenciales contaminantes es el lugar geográfico o la situación durante el cual se establece un contacto físico directo entre el receptor y el potencial contaminante. Ejemplos de punto de contacto son la localidad donde una persona respira aire con contenidos de elementos potencialmente contaminantes, el lugar donde bebió agua contaminada, el lugar donde ingirió un alimento conteniendo elementos potencialmente contaminantes.

La *exposición* ocurre cuando el contaminante ingresa por una ruta de exposición y penetra a través de una membrana de intercambio y pasa a ser una *dosis interna* en el organismo. El punto de contacto es el último paso de una vía de exposición. Si no hay un contacto físico entre receptor y contaminante, o si no hay un mecanismo de ingreso a través de una membrana de intercambio, entonces se considera que no existe exposición y por ende, no existen riesgos en la salud. Para el presente estudio, los posibles puntos de exposición identificados se describen en Tabla 6.47 a continuación.

Tabla A.2.1 Puntos de contacto hipotéticos identificados para receptores humanos.

Puntos de contacto hipotéticos receptor-contaminante	Vías de exposición	Ruta de exposición
Consumo de agua de pozo en altos del estero o en zona baja del estero (en hogares de El Melón)	Ingestión de aguas contaminadas	ingestión
Consumo de frutas o verduras en cultivos en el hogar o de producción agrícola	Ingestión de alimentos provenientes de suelos regados con aguas contaminadas	ingestión
Respiración al aire libre	Material particulado resuspendido en el aire	inhalación

	ambiental	
Contacto dérmico con suelos y/o aguas agrícolas	Contacto dérmico directo con aguas y/o suelos	dérmico

Receptores humanos de preocupación potencial. Se seleccionaron receptores humanos hipotéticos de interés, incluyendo receptores conocidos y potenciales, presentes y futuros, residentes y trabajadores, adultos y niños. Una vez definida la unidad geográfica de exposición, los receptores humanos fueron considerados estar bajo la misma influencia de los potenciales contaminantes.

En este estudio se consideraron como receptores humanos de preocupación aquellos que presentan mayor susceptibilidad, mayor exposición, o que presentan alguna característica que los hacen más vulnerable a la exposición de los contaminantes bajo estudio.

Estimación de la Exposición Humana.

Los algoritmos de exposición humana a contaminantes ambientales expresados como *dosis interna* fueron desarrollados y recomendados por la U.S. EPA y adoptados por la OECD y WHO. La exposición a estimar ha sido definida de acuerdo con edad, sexo, actividad física, y matriz ambiental contaminada en estudio. Los algoritmos son específicos para cada vía de exposición, ruta de exposición, escenario de exposición, y contaminante ambiental. Los algoritmos fueron preparados en tablas Microsoft Excel y los resultados tabulados, discutidos, e interpretados.

Dosis interna de contaminante. Los resultados de la fase de caracterización de exposición se expresan como Dosis Diaria Promedio de por Vida (DDPV) para contaminantes cancerígenos y como Dosis Diaria Promedio Anual (DDPA) para contaminantes no cancerígenos, ambas en forma separada para niños y adultos.

Probabilidad temporal y espacial de ocurrencia de la exposición

Conceptualmente se refiere al grado de certeza respecto a la probabilidad de que exista un contacto físico entre un contaminante y un receptor humano, dado que ésta situación depende de factores tales como la migración ambiental, de la incertidumbre en la identificación del lugar preciso del contacto, y de la incertidumbre temporal de la simultaneidad de la presencia de todos los componentes en el punto de exposición.

A fin de controlar la incertidumbre asociada con modelos y extrapolaciones espaciales, se decidió hacer uso de evidencia directa de naturaleza, severidad y extensión de los contaminantes, es decir, la exposición se estimó haciendo uso de resultados de análisis positivamente cuantificados en muestras ambientales de los puntos de contacto hipotéticos.

Suposiciones generales de la exposición. Las suposiciones críticas han sido identificadas y explicadas en cuanto a cómo pueden afectar la magnitud y validez de los resultados del análisis de exposición y riesgos en la salud.

Toda exposición a sustancias químicas consiste en un proceso ambiental que comienza en las fuentes del contaminante, mecanismos de migración ambiental, y puntos de contacto donde ocurre el contacto entre el contaminante y el receptor humano.

Para que ocurra exposición, una sustancia química debe *ingresar* al organismo. La presencia de elementos potencialmente contaminantes en el suelo, el agua, el aire, o los alimentos no significa necesariamente exposición, razón por la cual se requiere estimar el ingreso de estos elementos por cada ruta de exposición (oral, inhalación, dérmica).

Como ejemplo del proceso de exposición, se mencionan las fuentes y vías de exposición del plomo en la población general. En general, las fuentes ambientales de plomo incluyen suelos con altos contenidos abiertos a la intemperie, emisiones industriales (reciclado de baterías), pedazos de pintura con restos de plomo, campos de tiro privados o militares, vinos y cerámicas, relaves mineros de la extracción de metales, plomería antigua en sistema de distribución de agua potable, tabaco, y aguas y plantas comestibles contaminadas. Idealmente, todas estas fuentes deben ser estimadas ya que contribuyen a la exposición total de plomo, incluyendo fuentes que no se encuentren activas al momento del estudio pero que hayan sucedido en el pasado como el uso del plomo en pinturas. Este procedimiento debe ser aplicado a cada uno de los potenciales contaminantes, para luego incluirlos en un modelo conceptual de las fuentes, migración ambiental, y exposición de los receptores humanos.

La exposición a elementos potencialmente contaminantes presentes en el suelo es, en general mayor en niños que en adultos. Esto se debe a la alta actividad de los niños de llevar sus manos y objetos a la boca, favoreciendo la exposición por la vía oral.

Algoritmos para estimar dosis de exposición

Los algoritmos son expresiones matemáticas usados para estimar la cantidad de cualquier potencial contaminante presente en la matriz ambiental que puede ingresar al interior del organismo; estas cantidades se expresan como **dosis**. Para el cálculo de las dosis correspondientes a cada ruta de exposición, se consideran los algoritmos que se señalan en la tabla A.2.2.

Tabla A.2.2 Resumen de la información usada para estimar la dosis interna de contaminante por diversas vías y rutas de exposición.

Dosis Diaria Promedia Anual (DDPA) para contaminantes crónicos no cancerígenos	
Ingestión incidental de suelo	= $Ccs \times IIS \times ABSo \times FCkm \times FE \times DE / (PC \times PTnc)$
Ingestión de PM10 inhalado	= $Ccpm \times Cpa \times VR \times fPTI \times FCkm \times ABSo \times FE \times DE / (PC \times PTnc)$
Inhalación de PM10 en aire	= $Ccpm \times Cpa \times VR \times fPRP \times FCkm \times ABSi \times FE \times DE / (PC \times PTnc)$
Contacto directo piel con suelo	= $Ccs \times SDT \times fDE \times FAD \times NE \times ABSd \times FCkm \times FE \times DE / (PC \times PTnc)$
Ingestión de agua de bebida	= $Cw \times IDA \times ABSo \times fAC \times FE \times DE / (PC \times PTnc)$
Dosis Diaria Promedia de por Vida (DDPV) para contaminantes cancerígenos	
Ingestión incidental de suelo	= $Ccs \times IIS \times ABSo \times FCkm \times FE \times DE / (PC \times PTc)$
Ingestión de PM10 inhalado	= $Ccpm \times VR \times (1 - FRP) \times ABSo \times FE \times DE / (PC \times PTc)$
Inhalación de PM10 en aire	= $Ccpm \times Cpa \times VR \times FRP \times ABSi \times FCkm \times FE \times DE / (PC \times PTc)$
Contacto directo piel con suelo	= $Ccpm \times SDT \times SDE \times FAD \times NE \times ABSd \times FCkm \times FE \times DE / (PC \times PTc)$
Ingestión de agua de bebida	= $Ccap \times IDA \times ABSo \times fAC \times FE \times DE / (PC \times PTc)$
donde:	
Ccpm	Concentración del contaminante en partículas respirables PM10 resuspendidas en aire
Ccs	Concentración del contaminante en suelos
Cpa	Concentración de partículas en el aire
fPRP	Fracción de partículas retenidas en pulmón, %
fPTI	Fracción de partículas inhaladas transferidas a ingestión = $(1 - fPRP)$
VR	Volumen respiratorio diario, m ³ /d
ABSi	Fracción de PM10 retenido en alveolos que es absorbido, %
ABSo	Fracción de material ingerido que es absorbido en GI tract, %
ABSd	Fracción de material en contacto con piel que es absorbido, %
fAC	Fracción de agua contaminada
IIS	Ingestión involuntaria de suelo
TE	Tiempo de exposición, h/d
FE	Frecuencia de exposición, d/y
DE	Duración de la exposición, años
DRfr	Dosis de referencia para la ruta de exposición r
FPCr	Factor de potencia cancerígena para la ruta de exposición r
ATc	Ponderación temporal para contaminantes cancerígenos
PTnc	Ponderación temporal para contaminantes crónicos no cancerígenos = DE
SDT	Superficie dérmica total del receptor
fDE	Fracción de dermis expuesta, %
FAD	Factor de adherencia del polvo con la piel, mg/cm ²
PC	Peso corporal
FCum	Factor de conversión ug a mg
FCmk	Factor de conversión mg a kg

Según se trate de un contaminante cancerígeno o un contaminante crónico no cancerígeno, las dosis de contaminante se definen separadamente como:

Dosis contaminante cancerígena = Dosis Diaria Promedio de por Vida = DDPV

La DDPV se calcula usando una ponderación temporal promedio PTc.

Dosis de un contaminante no cancerígeno = Dosis Diaria Promedio Anual = DDPA

La DDPA se calcula usando una ponderación temporal promedio PTnc

En las secciones siguientes se describen las ecuaciones específicas usadas para estimar las dosis por las vías de exposición indicadas.

Dosis de contaminante presente en partículas de polvo finas resuspendidas en aire de respiración y que son retenidas en los pulmones.

$$D1c = C_c \cdot \left(\frac{1}{PEF} \right) \cdot FDP \cdot ABSi \cdot \frac{TE_e \cdot FE_e \cdot DE_e}{TE_t \cdot FE_t \cdot DE_t}$$

donde:

$D1_c$ = Estimación de la cantidad promedio de contaminante c presente en el aire de respiración que ingresa al organismo por la vía respiratoria, expresada en (mg_c/kg_{PC}·día)

C_c = Concentración de contaminante c en el material sólido no consolidado del suelo, (mg/kg)

PEF = Factor de emisión de partículas respirables del suelo al aire, m³/kg

FDP = Fracción de partículas depositadas en el pulmón, %

$$FTG + FDP + FPE = 1$$

donde FPE = Fracción partículas expiradas y no retenidas en el organismo

ABSi = Factor de absorción por la vía de inhalación

TE_e = Tiempo efectivo de exposición, (horas/día)

FE_e = Frecuencia efectiva de exposición (días/año)

DE_e = Duración efectiva de la exposición (años)

TE_t = Tiempo total en que ocurre la exposición, (horas/día)

FE_t = Frecuencia en que ocurre la exposición (días/año)

DE_t = Duración en que ocurre la exposición (años)

Dosis de contaminante presente en material particulado que es inhalado pero es transferido al sistema gastrointestinal

$$D2_c = C_c \cdot \left(\frac{1}{PEF} \right) \cdot FTG \cdot \frac{TE_e \cdot FE_e \cdot DE_e}{TE_t \cdot FE_t \cdot DE_t}$$

Donde:

$D2_c$ = Estimación de la cantidad promedio de contaminante c presente en el aire de respiración que ingresa al organismo por la vía respiratoria, expresada en (mg_c/kg_{PC}·día)

C_c = Concentración de contaminante c en el material sólido no consolidado del suelo, (mg/kg)

PEF = Factor de emisión de partículas respirables, m³/kg

FTG = Fracción de partículas transferidas desde el sistema respiratorio al gastrointestinal, %
FTG + FDP + FPE = 1

donde FPE = Fracción partículas expiradas y no retenidas en el organismo

ABSo = Factor de absorción gastrointestinal

TEe = Tiempo efectivo de exposición, (horas/día)

FEe = Frecuencia efectiva de exposición (días/año)

DEe = Duración efectiva de la exposición (años)

TEt = Tiempo total en que ocurre la exposición, (horas/día)

FEt = Frecuencia en que ocurre la exposición (días/año)

DEt = Duración en que ocurre la exposición (años)

Dosis de contaminante por contacto dérmico directo con suelos

$$D3_c = C_c \cdot SDT \cdot SDE \cdot FAD \cdot ABSd \cdot FC \cdot \frac{FE \cdot DE}{PC \cdot PT}$$

donde:

$D3_c$ = Cantidad promedio de contaminante c que ingresa al organismo por la piel, expresada en (mg_c/kg_{PC}·día)

C_c = Concentración de contaminante c en el suelo o material sólido no consolidado, que puede estar en contacto con la piel (mg/kg)

SDT = Superficie dérmica total, (cm² piel para el receptor)

SDE = Fracción de superficie dérmica expuesta (%)

FAD = Factor de adherencia del suelo a la piel, (mg/cm² piel)

ABSd = Fracción de contaminante biodisponible que es absorbido por la piel, (%)

FC = Factor de conversión de unidades, 1E-06 Kg/mg

FE = Frecuencia de exposición (días/año)

DE = Duración de la exposición (años)

PC = Peso corpóreo, usado para referir la exposición en unidades de peso corporal;

PT = Ponderación temporal. Dependencia temporal de las variables, es el tiempo sobre el cual se promedia la dosis, y se usa para expresar la dosis como una dosis promedio diaria en días:

para contaminantes cancerígenos:

$$PT_C = (70 \text{ años}) \cdot \left(365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \right) = 25550 \text{ días}$$

para contaminantes crónicos:

$$PT_{NC} = (DE, \text{ años}) \cdot \left(365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \right)$$

Dosis de contaminante presente en suelo ingerido involuntariamente

$$D4_C = C_C \cdot IIS \cdot FC_{km} \cdot ABS_o \cdot \frac{FE \cdot DE}{PC \cdot PT}$$

donde:

$D4_C$ = Estimación de la cantidad promedio de contaminante c presente en polvos o suelos, que ingresa al organismo por la vía oral, expresada en $(mg_C/kg_{PC} \cdot \text{día})$

C_C = Concentración de contaminante c en el material sólido no consolidado del suelo, (mg/kg) el cual puede ser ingerido involuntariamente

IIS = Cantidad de suelo involuntariamente ingerida por día $(mg_S/\text{día})$

ABS_o = Absorción del contaminante en el tracto gastrointestinal (%)

FC_{km} = Factor de conversión kg a $mg = 1 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg}$

FE = Frecuencia de exposición (días/año)

DE = Duración de la exposición (años)

PC = Peso corpóreo, usado para referir la exposición en unidades de peso corporal;

PT = Ponderación temporal. Dependencia temporal de las variables, es el tiempo sobre el cual se promedia la dosis, y se usa para expresar la dosis como una dosis promedio diaria en días:

para contaminantes cancerígenos = 25.550 días

para contaminantes crónicos = $(DE, \text{ años}) (365 \text{ d/año})$

Dosis de contaminante por ingestión de aguas

$$D5_C = C_C \cdot IDA \cdot ABS_o \cdot fAC \cdot FC_{um} \cdot \frac{FE \cdot DE}{PC \cdot PT}$$

donde

$D5_C$ = Estimación de la cantidad promedio de contaminante c presente en agua contaminada ingerida, expresada en $(mg_C/kg_{PC} \cdot \text{día})$

C_C = Concentración de contaminante c en el agua ingerida, $(\mu g/L)$

IDA = Ingesta diaria de agua (L/día)

ABSo = Absorción del contaminante en el tracto gastrointestinal (%)

fAC = Fracción de agua contaminada, %

FCum = Factor de conversión mg a kg

FE = Frecuencia de exposición (días/año)

DE = Duración de la exposición (años)

PC = Peso corpóreo, usado para referir la exposición en unidades de peso corporal;

PT = Ponderación temporal. Dependencia temporal de las variables, es el tiempo sobre el cual se promedia la dosis, y se usa para expresar la dosis como una dosis promedio diaria en días:

para contaminantes cancerígenos = 25.550 días

para contaminantes crónicos = (DE, años) (365 d/año)

Dosis de contaminante por contacto dérmico directo con aguas contaminadas

$$D6_C = C_C \cdot SDT \cdot SDE \cdot K_p \cdot FClc \cdot TE \cdot FAD \cdot \frac{FE \cdot DE}{PC \cdot PT}$$

donde

D6_C = Estimación de la cantidad promedio de contaminante c que ingresa al organismo por la vía dérmica (mg_C/kg_{PC}·día)

C_C = Concentración de contaminante c en el agua (µg/L)

SDT = Superficie dérmica total, (cm² piel para el receptor)

SDE = Fracción de superficie dérmica expuesta (%)

FClc = Factor de conversión de unidades, 1E-3 L/cm³

FE = Frecuencia de exposición (días/año)

DE = Duración de la exposición (años)

PC = Peso corpóreo, usado para referir la exposición en unidades de peso corporal;

PT = Ponderación temporal. Dependencia temporal de las variables, es el tiempo sobre el cual se promedia la dosis, y se usa para expresar la dosis como una dosis promedio diaria en días:

para contaminantes cancerígenos = 25.550 días

para contaminantes crónicos = (DE, años) (365 d/año)

Dosis por ingestión de frutas y verduras contaminadas

La exposición a potenciales contaminantes presentes en vegetales y frutas puede ser importante en determinadas situaciones, tales como cultivos que se encuentran bajo la influencia de emisiones industriales que son resuspendidas en el aire, partículas de suelo resuspendidas por el viento, faenas mineras donde hay gran movimiento de tierras, o cultivos regados con aguas contaminadas.

La dosis por ingestión de frutas y verduras se estima usando la expresión:

$$D7c = CCV \cdot IDV \cdot ABSo \cdot fVC \frac{FE \cdot DE}{PC \cdot PT}$$

donde:

D7c = Cantidad promedio de contaminante c presente en productos vegetales (frutas y verduras) ingeridos diariamente ($mg_C/kg_{PC} \cdot día$)

CCV = Concentración de contaminante en el producto vegetal consumido (mg_C/kg_V)

IDV = Ingesta diaria promedio del producto vegetal ($kg_V/día$)

ABSo = Fracción de contaminante biodisponible que es absorbido en el tracto gastrointestinal, (%). En el caso presente, se supone que el factor de absorción es 100% para contaminantes provenientes de una matriz orgánica.

fVC = Fracción de producto vegetal ingerido que está contaminado (%); en el caso presente se supone que 100% de los productos están potencialmente contaminados

FE = Frecuencia de exposición (días/año)

DE = Duración de la exposición (años)

PC = Peso corpóreo, usado para referir la exposición en unidades de peso corporal (kg_{pc})

PT = Ponderación temporal. Tiempo sobre el cual se promedia la dosis, se usa para expresar la dosis como una dosis promedio diaria durante el total de días de exposición:

- para contaminantes cancerígenos: $PT = [70 \text{ años}] \times [365 \text{ días/año}] = 25.550 \text{ días}$
- para contaminantes crónicos: $PT = [DE, \text{ años}] \times [365 \text{ días/año}]$

Respecto de esta vía es conveniente destacar que se han seguido las siguientes suposiciones:

- El factor de absorción relativo para un potencial contaminante en particular es 100% e idéntico, cualquiera que sea el tipo del producto vegetal comestible.
- Los factores de exposición EF y ED son comunes para los cuatro tipos de productos vegetales cuando el consume está expresado como promedio anual en g/día.
- Una vez que el producto es seleccionado para consumo, no hay mayores cambios en concentración de contaminante debido a operaciones tales como lavado, pelado, o cocinado. Lo que es equivalente a asumir que los frutos y vegetales se consumen sin lavar, tal cual se recogieron en terreno.

Clasificación de los productos vegetales

El análisis de exposición por ingesta de productos vegetales puede incluir un detalle del tipo de hortalizas consumidas, en particular si éstas son cultivadas en un sitio que ha sido identificado como contaminado. Habitualmente, la metodología de la U..EPA estima la exposición a potenciales contaminantes, considerando cuatro “tipos” de hortalizas:

- **Hortalizas con hojas comestibles (vh)** = Hortalizas de hojas grandes y verde oscuro que crecen sobre el nivel del suelo, tales como lechuga, espinaca, brócoli, repollo.
- **Hortalizas con raíz comestible (vr)** = Hortalizas que crecen bajo tierra, tales como papas, cebollas, zanahorias, espárragos, rabanitos.
- **Frutas y verduras sin cáscara (vs)** = Hortalizas y frutas sin cáscara que se producen sobre el nivel del suelo, como por ejemplo tomates, uva de mesa, frutillas, pimiento, pepinos, manzanas, duraznos, peras.
- **Hortalizas y frutas con cáscara (vc)** = Hortalizas y frutas que crecen sobre el nivel del suelo cuyos frutos se producen encerrados en una vaina o cáscara que no es comestible, como por ejemplo los porotos, arvejas, limones, melones.

Cada una de estos productos alimenticios está asociado con tasas de consumo específicas. En Chile no se dispone de datos de ingesta específica de frutas y verduras. Como aproximación, para este estudio se han utilizado los datos de ingesta de frutas y verduras de la población estadounidense, lo cual introduce una desviación importante en los resultados obtenidos, por cuanto el consumo real a nivel nacional y a nivel local puede ser muy diferente de estas suposiciones.

Consumo diario. Los resultados indican que en la población de U.S.A., el consumo promedio diario de productos vegetales es 310 g/d, de los cuales 35,2% es de frutas y verduras sin cáscara (vs), 45,5% de frutas y verduras con cáscara, 3,2% es de frutas y verduras con hojas comestibles (vh), y 16,1% es de hortalizas con raíces comestibles.

Origen de los productos. Parte de este consumo puede ser de producción local o que los productos tengan distinto origen. Por ejemplo, una persona puede consumir 100% de los tomates cultivados en su propio patio, pero 100% de las frutas provienen del supermercado.

En la tabla 6.49 se presentan los valores de consumo diario de hortalizas por cada grupo de estos alimentos, para la población de los Estados Unidos.

Debido a que en Chile no existe información actualizada del consumo de productos vegetales, y debido al escaso número de muestras de cada tipo de hortaliza o fruta, en este estudio se ha utilizado el consumo promedio diario total, 310 g/d, sin distinguir por los diferentes tipos de vegetales lo cual introduce desviaciones en los resultados finales que podrían estar sobreestimados. En 2005, informaciones no oficiales de prensa (<http://www.portalfruticola.com/2011/01/28/chile-region-lidera-consumo-de-frutas-y-verduras/?pais=chile>) estimaban en 217g/d el consumo de frutas y verduras en Chile por lo que al seguir los criterios de la metodología de la U.S.EPA por falta de información oficial al respecto, los resultados pueden estar sobreestimados ya que estos valores han sido alcanzados apenas en los últimos cinco años.

Tabla A.2.3. Consumo promedio total de cuatro “tipos” de hortalizas en los EE.UU, utilizado para este estudio¹.

ID	Ingesta diaria por “tipos” de hortalizas	Consumo diario promedio	Porcentaje	Ejemplo de hortalizas y vegetales considerados
IDvs	Ingesta diaria de hortalizas sin cáscara	109 g/d	35,2%	Tomates, uva de mesa, frutillas, pimientos, pepinos, manzanas, duraznos, peras
IDvc	Ingesta diaria de hortalizas con cáscara	141 g/d	45,5%	Porotos, arvejas, limones, melones
IDvh	Ingesta diaria de hortalizas de hoja	9,9 g/d	3,2%	Lechuga, espinaca, brócoli, repollo
IDvr	Ingesta diaria de hortalizas de raíz	49,9 g/d	16,1%	Papas, zanahorias, cebollas, espárragos, rabanitos
Consumo promedio diario total		310 g/d	100%	

Selección de los Factores de Exposición Humana (FEHs)

Los factores de exposición humana son variables que describen características biológicas y fisiológicas del receptor humano, que están relacionadas con el ingreso de sustancias químicas contaminantes al organismo. Se consideran en esta sección factores tales como el volumen de aire inspirado por hora o por día, la cantidad de agua ingerida por día, la tasa diaria de alimento ingerido, la superficie dérmica de cada parte del cuerpo, la absorción dérmica por día, el peso corpóreo. Existe amplia información respecto a los valores máximos, mínimos, medianos y variables que definen los factores de exposición.

La información necesaria para conducir análisis de exposición se encuentra en el documento *Exposure Factors Handbook*, en tres volúmenes, *Volume 1: General Factors*, *Volume II: Food Ingestion Factors*, y *Volume III: Activity Factors*, colección publicada originalmente por U.S.EPA en 1988 y recientemente revisada en 2009.

La duración y frecuencia del contacto se refieren al tiempo durante el cual la sustancia contaminante está en contacto con el límite exterior del organismo. Para sustancias que ingresan al organismo por vías respiratoria y dérmica, se supone que la penetración (*exposición*) es inmediata y por lo tanto el tiempo de contacto es igual a la duración de la exposición. Típicamente el tiempo de exposición se expresa en horas/día, y la frecuencia en días/año.

¹ Estos valores pueden ser usados en otros países, con el entendimiento que las prácticas alimenticias pueden ser diferentes.

Anexo 2.

El valor numérico de los factores de exposición FEH, los factores temporales, y el peso corpóreo dependen de las circunstancias que ocurren durante la exposición. Por ejemplo, si la exposición considera niños en un colegio, entonces los volúmenes de respiración por hora, superficie dérmica expuesta, e ingestión de agua son valores específicos para una determinada edad de niños (ambos sexos) y dependen del horario y calendario de actividades escolares.

La absorción del contaminante depende de la liberación previa del contaminante desde la matriz ambiental y de la biodisponibilidad. Por lo tanto la absorción neta de contaminante depende de la matriz y de la naturaleza del contaminante, y es un valor específico.

Para los cálculos de la exposición en este estudio, fueron empleados los valores que se muestran en Tabla A.2.4, los cuales corresponden al escenario de exposición para los receptores hipotéticos en cuestión (niños y adultos) residentes de la zona en estudio. Los factores de exposición humanos usados son valores centrales y seleccionados como **mediana de cada distribución** (percentil 50) de manera que reflejan valores típicos más probables para los receptores hipotéticos considerados.

Tabla A.2.4 Factores de exposición utilizados para estimar la exposición en los receptores y escenarios de exposición considerados en este estudio.

	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3							
	Escenario 4			unidades										
	Adultos; conc máxima			Agricultor; 95%NSC conc.			Escolar; 95%NSC conc.			Empleado; 95%NSC				
VR =	20			20			10			20			m3/d	
IIS =	50			50			50			50			mg/d	soil+polvo
FAD =	1			1			0.5			1			mg/cm2.d	
TE =	8	24		8	24		8	24		8	24		h/d	
FE =	200	365	100	250	365	100	250	365	100	250	365	100	d/año	
DE =	30	30	70	30	30	70	13	30	70	30	30	70	años	
SDT =	19400			19400			14490			19400			cm2	mediana, ♂+♀
SDE =	0.15	0.25		0.20	0.25		0.15	0.25		0.15	0.25		%	
IDA =	2			2			1			2			L/d	
fAC =	0.5			0.5			0.5			0.5			%	
PITG =	0.50			0.50			0.50			0.50			%	
PIRP =	0.25			0.25			0.25			0.25			%	
PEF =	1.40E+09			1.40E+09			1.40E+09			1.40E+09			m3/kg	USEPA default
PC =	70			70			41.45			70			kg	mediana, ♂+♀
TEagua	2			4			1			1			horas/día	

Tabla A.2.5 Factores empleados para el cálculo de la dosis de exposición.

Elemento	PEF	ABS dermal (*)	ABS oral (*)	ABS inhal
Arsénico	1,36E+09	0,03	1	1
Aluminio	1,36E+09	0,01	1	1
Bario	1,36E+09	0,01	0,07	1
Berilio	1,36E+09	0,01	1	1
Boro	1,36E+09	0,01	1	1
Cadmio	1,36E+09	0,001	0,05	1
Cobalto	1,36E+09	0,01	1	1
Cobre	1,36E+09	0,01	1	1
Cromo VI	1,36E+09	0,002	0,025	1
Cromo III	1,36E+09	0,01	0,013	1
Hierro	1,36E+09	0,01	1	1
Manganeso	1,36E+09	0,01	0,04	1
Mercurio inorg.	1,36E+09	0,001	0,07	1
Molibdeno	1,36E+09	0,01		
Nickel	1,36E+09	0,0002	0,04	1
Plata	1,36E+09	0,0006	0,04	1
Selenio	1,36E+09	0,001	1	1
Vanadio	1,36E+09	0,001	1	1
Zinc	1,36E+09	0,0006	1	1

Fuente: USEPA, 2011. Regional Screening Levels, Resident Soil Table.

(*) Valores recomendados por la USEPA

Donde:

PEF (m³/kg): Factor de emisión de partículas

ABSdermal: Fracción del contaminante absorbido por la piel desde un material en contacto con la piel (adimensional)

ABSoral: Fracción del contaminante absorbido por el tracto gastrointestinal (adimensional).

ABSinhal: Fracción del contaminante absorbido por la vía respiratoria (adimensional).

Los factores de absorción oral (ABSoral) reconocidos por USEPA varían entre 0,013 y 1, pero son valores sujetos a la naturaleza de la matriz ambiental (agua, suelo, alimentos) en que se encuentran los potenciales contaminantes.

Perfiles de toxicidad de los contaminantes de interés

Caracterización de la toxicidad

La toxicidad es la *habilidad intrínseca* de las sustancias químicas de producir un efecto biológico dañino ó indeseable, y depende principalmente de las propiedades químicas, físicas y de los mecanismos de acción de cada sustancia particular.

Esta etapa del estudio también se conoce como la *caracterización de la dosis-respuesta*. En la misma se identifica la toxicidad del contaminante ó de los contaminantes a los cuales la persona está o puede estar expuesta. Esta fase consiste en la identificación y selección de las fuentes de información, identificación del perfil toxicológico relevante a la situación en estudio, y la identificación de los criterios de toxicidad de cada contaminante de riesgo potencial.

Fuentes de información

USEPA recomienda una jerarquía de datos toxicológicos como guía para seleccionar los valores de toxicidad adecuados. Para este estudio se han utilizado las siguientes fuentes de información:

- Tier 1. USEPA **IRIS (Integrated Risk Information System)** es la fuente de información acerca de criterios de toxicidad, es decir, dosis de referencia, concentración de referencia, factores de potencia cancerígena y unidades de riesgo, para todos los contaminantes de los cuales existe información oficial desarrollada por la USEPA. La información en IRIS se renueva regularmente, y se accede en URL a través del enlace: <http://www.epa.gov/iris/>
- Tier 2. Este incluye la USEPA PPRTV, USEPA (1997). *Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). FY-1997 Update*. Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA-540-R-97-036. La base HEAST es una lista que contiene información establecida acerca de evidencia de toxicidad, dosis, rutas, especies, efecto crítico, referencia y criterio de toxicidad para contaminantes peligrosos. La base se renueva mensualmente.
- USEPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table. November 2010. Base de datos de criterios de toxicidad, y valores exploratorios para niveles de contaminantes asociados con niveles aceptables de riesgo, en suelo residencial e industrial, aire residencial e industrial, y agua potable.

La U.S.EPA RAGS recomienda que sólo los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRPs) sean incluidos en el análisis de exposición y riesgos a la salud. Con el fin de aumentar el grado de conservatismo del enfoque de riesgo, se han incluido todos los metales y sustancias peligrosas para los cuales existe un criterio de toxicidad.

Perfil toxicológico de los contaminantes de riesgo potencial

Para estimar exposición y riesgo, es necesario recolectar información completa acerca de la toxicidad cualitativa y cuantitativa para cada contaminante en estudio, incluyendo la

Anexo 2.

identificación del largo de la exposición. El toxicólogo debe establecer la relevancia de la información de la literatura y la información obtenida del problema de contaminación.

Los siguientes perfiles de toxicidad han sido preparados para los contaminantes de tipo metales pesados, esperados en la cuenca del Estero El Cobre.

Arsénico

Numerosos estudios muestran que el arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer del pulmón, la piel, la vejiga, el hígado, el riñón y la próstata. WHO, DHHS y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es un carcinógeno en seres humanos.

El efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel tales como la hiperpigmentación y keratosis. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. Un número pequeño de callos puede a la larga transformarse en cáncer de la piel. La exposición más prolongada a niveles más bajos puede producir efectos de la piel y también desórdenes circulatorios y de los nervios periféricos. Si la piel entra en contacto directo con compuestos inorgánicos de arsénico, la piel puede sufrir irritación, enrojecimiento e hinchazón. Exposición crónica al arsénico, un reconocido cancerígeno en humanos, está asociada a un aumento en los riesgos de enfermedad cardiovascular, y carcinoma (cáncer) de la piel, vejiga, pulmonar, renal, y neurológico. Exposición en niños también aumenta el riesgo de déficit intelectual y desórdenes respiratorios.

Los efectos críticos para la toxicidad del arsénico son la hiperpigmentación, keratosis y posibles complicaciones vasculares. Sin bien la EPA adscribe estos efectos a la vía de inhalación, hay evidencia reciente que indica que exposición al arsénico tanto por la vía de inhalación como la vía oral resultan en los mismos efectos negativos.

La dosis de referencia por la vía oral es $3E-4$ mg/kg·día. Por lo tanto al exceder esta dosis interna se aumenta la probabilidad de efectos negativos en la salud.

El arsénico es un cancerígeno humano clase A, con factor de potencia oral = $1,5E+0$ (mg/kg)/día y Factor Unitario de Riesgo = $4,3E-3$ por $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

Biomarcadores de efectos biológicos *tempranos* al arsénico incluyen niveles sanguíneos de oxidantes reactivos y capacidad anti-oxidante, expresión genética de moléculas antiinflamatorias, como también cambios citogenéticos incluyendo intercambio de cromátidas hermanas, micronúcleos, y aberraciones cromosomales de linfocitos periféricos. Indicadores de exposición *crónica* (varios años) a arsénico incluyen hiperpigmentación dérmica, e hiperkeratosis palmoplantar.

El arsénico urinario es un indicador de exposición reciente, ya que el arsénico inorgánico tiene una vida media de alrededor de 4 días. La concentración de arsénico urinario está relacionada principalmente con la concentración en el agua de bebida, y del consumo

Anexo 2.

diario de agua. Se recomienda medir en orina recolectada por 24 horas, y reportar resultados respecto a creatinina o sin creatinina. El arsénico total urinario es un biomarcador menos útil de exposición a arsénico inorgánico, a menos que se pueda excluir la ingestión de productos marinos. Los metabolitos ácido monometilarsónico (MMA) y ácido dimetilarsínico (DMA) en la orina pueden ser afectados por consumo de pescados, mariscos (mejillón), y algas marinas, que pueden contener DMA. El porcentaje de MMA en metabolitos totales de arsénico inorgánico en orina puede ser usado como marcador de exposición de dosis biológicamente efectiva.

Cadmio

El cadmio puede producir daño renal, daño óseo, cardiovascular, hematológico, hepático, neurológico, y testicular. Estudios recientes muestran relación entre cadmio urinario y aumento de riesgo prediabético y diabético, hipertensión, función pulmonar, y degeneración macular dependiente de la edad. Además, hay evidencia de una asociación cadmio-cáncer para los pulmones, páncreas, senos, endometrio, próstata, y vejiga urinaria.

El daño tubular renal en forma de proteinuria es considerado el efecto crítico. Detección de daño temprano se hace por medición de niveles urinarios aumentados de beta₂-microglobulina (β MG), la enzima N-acetilglucosaminidasa, y la proteína HC. Un exceso en la excreción de β MG (>1 mg/g creatinina) o reabsorción tubular disminuida de fosfato son biomarcadores de daño tubular.

El efecto crítico para la toxicidad del cadmio es proteinuria y la dosis de referencia es $5E-4$ mg/kg-día en agua de consumo; para cadmio en alimentos es $DR_f = 1E-3$ mg/kg-día.

El cadmio tiene una clasificación B1; es un probable cancerígeno humano. El FUR_{inh} es $1,8E-03$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹

Cromo

El cromo se encuentra en la naturaleza principalmente en forma de Cr (0), trivalente (Cr (III)), y hexavalente (Cr (VI)). En estado metálico es muy resistente a los agentes atmosféricos por formación de una capa de óxido de cromo en su superficie. En medio ácido, las sales de cromo (VI) son oxidantes energéticos, y a medida que el pH aumenta, el cromo (VI) se hace menos oxidante. En medio alcalino, el cromo (III) se oxida fácilmente a cromo (VI).

El cromo (III) es un elemento esencial que ayuda al organismo a promover la acción de la insulina en los tejidos a utilizar azúcar, proteínas y grasa. Respirar niveles altos de cromo (VI) puede causar irritación de la nariz, hemorragias nasales y úlceras así como perforaciones en el tabique nasal. Ingerir grandes cantidades de cromo (VI) puede producir malestar estomacal y úlceras, convulsiones, daño en el hígado y en el riñón y puede causar la muerte. El contacto de la piel con ciertos compuestos de cromo (VI) puede causar ulceración de la piel. Ciertas personas pueden ser extremadamente

Anexo 2.

sensibles al cromo (VI) o al cromo (III). Se han descrito reacciones alérgicas consistentes en enrojecimiento e hinchazón grave de la piel.

Como evidencia de exposición de corto plazo, la USEPA ha encontrado que el Cr puede producir irritación de la piel o ulceración después de una exposición por encima del MCL por períodos de tiempo relativamente cortos.

La exposición de Cr a largo plazo a niveles por sobre el MCL tiene el potencial de causar daño hepático, renal, circulatorio, terminaciones nerviosas e irritación de la piel.

Respirar altos niveles (mayores que $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de cromo (VI) en forma de ácido crómico o trióxido de cromo (VI), puede producir irritación de la nariz, estornudos, comezón, hemorragias nasales, úlceras y perforaciones en el tabique nasal. Estos efectos han ocurrido principalmente en trabajadores que manufacturan o usan cromo (VI) durante meses o años. La exposición prolongada al cromo ha sido asociada con cáncer del pulmón en trabajadores expuestos a niveles en el aire 100 a 1000 veces más altos que los que se encuentran naturalmente en el ambiente. El cáncer del pulmón puede ocurrir mucho después que la exposición ha terminado. Los trabajadores que tuvieron contacto con líquidos o sólidos que contenían cromo (VI) desarrollaron úlceras en la piel.

Clasificación cancerígena: Debido a que los compuestos de cromo (VI) han sido asociados con cáncer del pulmón en trabajadores y han causado cáncer en animales, DHHS ha determinado que ciertos compuestos de cromo (VI), tales como cromato de calcio, trióxido de cromo, cromato de plomo, cromato de estroncio y cromato de zinc, son carcinogénicos en seres humanos. IARC ha determinado que el cromo (VI) es carcinogénico en seres humanos en base a suficiente evidencia en seres humanos expuestos al cromo (VI) en las industrias de producción de cromatos, de colorantes de cromato y de cromado de metales. La USEPA ha establecido un límite de $100 \mu\text{g}$ de cromo (III) y cromo (VI) por litro de agua potable. OSHA ha establecido límites de $500 \mu\text{g}$ de compuestos de cromo (III) solubles por metro cúbico de aire ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en el área de trabajo, $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de cromo metálico (0), y $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de compuestos de cromo (VI) durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.

El cromo (VI) es un potente cancerígeno por la vía respiratoria, puede causar reacciones irritativas y alérgicas de la piel. La DRf oral es $3\text{E}-03 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{día}$, y la CRfinh = $1\text{E}-04 \text{ mg}/\text{m}^3$. El FPC oral es $5\text{E}-01 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ y el FUR inh $8,4\text{E}-02 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

Mercurio

El daño tubular renal es considerado un efecto crítico. Detección de daño temprano se hace por medición de niveles urinarios aumentados de beta₂-microglobulina (βMG), la enzima N-acetilglucosaminidasa, y la proteína HC. Un exceso en la excreción de βMG ($>1 \text{ mg}/\text{g}$ creatinina) o reabsorción tubular disminuida de fosfato son biomarcadores de daño tubular. Estos no han sido usados en los habitantes en Estero El Cobre, y por lo tanto no hay evidencia disponible acerca de efectos negativos tempranos en la salud causados por el cadmio.

Anexo 2.

El sistema nervioso es muy susceptible a todas formas de mercurio. El metilmercurio y los vapores de mercurio metálico son más nocivos que otras formas, ya que una mayor cantidad de estas formas de mercurio llega al cerebro. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico, u orgánico puede dañar en forma permanente a los riñones, el cerebro, y al feto. Los efectos sobre la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, timidez, temblores, alteraciones a la vista o la audición y problemas de la memoria. La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos.

El mercurio en el cuerpo de la madre puede traspasar las barreras cerebrales y de la placenta, pudiendo acumularse en el feto y en el cerebro. También puede pasar al niño a través de la leche materna. No obstante, los beneficios de amamantar pueden ser mayores que los posibles efectos nocivos del mercurio en la leche materna.

Efectos nocivos del mercurio que puede pasar de la madre al feto incluyen daño cerebral, retardo mental, incoordinación, ceguera, convulsiones e incapacidad para hablar. Niños con envenenamiento de mercurio pueden desarrollar problemas al sistema nervioso y sistema digestivo y lesiones al riñón.

EPA ha establecido un límite de 2 partes de mercurio por mil millones de partes de agua potable (2 ppm). La FDA ha establecido un nivel permisible máximo de 1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de mariscos (1 ppm). OSHA ha establecido límites de 0,1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire ($0,1 \text{ mg/m}^3$) en el aire del trabajo y $0,05 \text{ mg/m}^3$ para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.

Clasificación cancerígena: Hay datos disponibles, aunque inadecuados, acerca de todas las formas del mercurio y cáncer en seres humanos. El cloruro mercúrico produjo un aumento en varios tipos de tumores en ratas y ratones, y el metilmercurio produjo tumores del riñón en ratones machos. La EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos. Clasificación es C; posible cancerígeno para humanos.

El mercurio puede causar severo daño neurológico, congénito, retardo sicomotor del niño, problemas gastrointestinales, problemas de la piel, nefritis glomerular, problemas inmunitarios, efectos tóxicos en el sistema cardiovascular e hígado. La DRf oral es $3,0\text{E}-04$ (mg/kg·día), la CRf inh = $3,0\text{E}-05 \text{ mg/m}^3$. No tiene FPC ya que no es un cancerígeno.

Plomo

Exposición al plomo puede resultar en diversos efectos adversos en humanos. Exposición crónica a bajos niveles es de mayor preocupación en niños de corta edad que en adolescentes o adultos. El plomo puede causar daño neurológico, hematológico, cardiovascular, renal y testicular, dependiendo de la cantidad que ingresa a diario al organismo (dosis), y de la duración de la exposición. Hay evidencia que exposición al plomo también causa déficit intelectual y daño cognitivo. Niños que ingieren de manera

Anexo 2.

repetida (“pica”) pedazos de pinturas con plomo a veces pueden padecer de adultos de una enfermedad renal (enfermedad renal túbulointersticial crónica). No hay evidencia de que el plomo sea un cancerígeno. El plomo no tiene un criterio de toxicidad, sino que se evalúa mediante el modelo PBTK.

Los niveles de plomo sanguíneo reflejan una combinación de exposición durante los últimos meses y durante los últimos años. Los efectos negativos en el metabolismo humano se observan cuando los niveles de plomo están alrededor por sobre los 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Alrededor de un nivel crónico de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ se han observado efectos negativos tales como inhibición de la deshidratasa δ -aminolevulínica (del inglés *δ -aminolevulinic acid dehydratase*, ALA-D), inhibición de la actividad de la pirimidina-5'-nucleotidasa, cambios en potenciales evocados en un electroencefalograma del sistema nervioso central, interferencia en el metabolismo de la vitamina D, y un desarrollo postnatal y desarrollo neurológico más lento. También tiene efectos negativos en el embarazo y desarrollo fetal.

Cobre

El cobre es esencial para mantener buena salud, pero altas dosis pueden ser dañinas. La exposición prolongada a polvo de cobre puede irritar la nariz, la boca y los ojos y producir dolores de cabeza, mareos, náusea y diarrea. Tomar agua con niveles de cobre mayores que lo normal puede causar vómitos, diarreas, calambres estomacales y náusea. La ingestión de altos niveles de cobre puede producir daño al hígado y al riñón y puede llegar a causar la muerte. La intoxicación aguda se produce por la ingestión de sulfato de cobre en altas cantidades (en el orden de los gramos); se manifiesta en forma de náuseas, vómitos, calambres estomacales, diarreas, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; en raras ocasiones se producen convulsiones, coma y muerte. La ingestión intencional de niveles altos de cobre puede producir daño del hígado y los riñones y puede causar la muerte. La ingestión de agua en contacto con recipientes de cobre puede producir irritación del tracto gastrointestinal. La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de Cu puede causar congestión nasal y de las mucosas y ulceración con perforación del tabique nasal. Los efectos tóxicos de una exposición a largo plazo (intoxicación crónica) solo parecen existir en personas que padecen la enfermedad de Wilson² manifestando en casos de intoxicación lesiones en hígado, riñones, sistema nervioso central, huesos y ojos.

USEPA ha determinado que el agua potable no debe contener más de 1,3 miligramos de cobre por litro de agua (1,3 mg/L; 1,3 ppm). OSHA ha establecido un límite para vapores de cobre en el aire de 0,1 miligramos por metro cúbico (0,1 mg/m³) y 1 mg/m³ para polvos de cobre y aerosoles de cobre soluble en el aire del trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. El Consejo para Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de los EE.UU. recomienda cantidades diarias (RDAs) de 340 microgramos (340

² La **enfermedad de Wilson** es una enfermedad genética, hereditaria, que se manifiesta como una alteración en el metabolismo del cobre que provoca la acumulación no normal de cobre en los tejidos, ocasionando pérdida de memoria, dificultad de coordinación, temblores, enfermedades hepáticas y otros trastornos. Afecta indistintamente a hombre y mujeres de cualquier raza.

Anexo 2.

µg) de cobre para niños de 1-3 años, 440 µg/día para niños de 4-8 años, 700 µg/día para niños de 9-13 años, 890 µg/día para niños de 14-18 años y 900 µg/día para adultos.

Clasificación cancerígena: USEPA considera al cobre como Clasificación D, es decir, no hay evidencia de que sea un cancerígeno para los humanos.

Hierro

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la naturaleza. Es un elemento que participa en los procesos de respiración de casi todos los organismos aeróbicos, y también está involucrado en la formación de radicales que pueden dañar células y tejidos. El hierro es un elemento esencial y la derivación de un valor para la estimación de riesgo presenta el problema especial que la curva de dosis-adversidad tiene la forma de una U. Así, el valor del riesgo debe ser protector contra una deficiencia como también de la toxicidad. La exposición a un exceso de hierro puede llevar a numerosas consecuencias patológicas, y una deficiencia severa puede tener serias consecuencias en la salud.

En el organismo existen procesos de adquisición, transporte y depósito (como ferritina) de hierro soluble no tóxico. Aunque hay numerosos mecanismos homeostáticos para el hierro, los organismos están sujetos a los riesgos de una deficiencia o una sobrecarga de hierro. El organismo tiene una capacidad limitada para excretar el exceso de hierro, y una administración excesiva de hierro parenteral (como en las transfusiones sanguíneas) puede llevar a una sobrecarga de hierro. Existe una muy rara predisposición genética a la acumulación por ingesta de hierro. Por otra parte, la hemocromatosis hereditaria³ es una enfermedad autosómica recesiva del metabolismo del hierro que es relativamente común en descendientes de noreuropeos, aunque es una enfermedad tratable.

Una sobrecarga aguda de hierro resultado de sobredosis intencional o no intencional, es potencialmente una amenaza a la vida. Una sobreexposición crónica lleva lentamente a un daño (hasta letal) a órganos tales como el hígado (cirrosis, hepatoma, hemocromatosis primaria), corazón (acumulación de hierro en el epicardio y falla cardíaca secundaria a la hemocromatosis) y células pancreáticas beta (desarrollo de diabetes). La siderosis, resultado de exposición ocupacional por inhalación, es una condición benigna diagnosticable por rayos X.

La inhalación de óxidos de hierro puede llevar a depósitos en los pulmones, que se parecen a una neumoconiosis similar a la silicosis, pero que no lleva a fibrosis y es una condición benigna.

³ La **hemocromatosis** es una enfermedad hereditaria con afectación del metabolismo del hierro, provocando una acumulación excesiva e incorrecta del hierro en los órganos y sistemas del organismo, lo que ocasiona perjuicio a los órganos donde se acumula, especialmente el hígado. La variante hereditaria de la hemocromatosis es frecuente en Europa. Los estudios han demostrado que la mayor prevalencia se encuentra en individuos de raza blanca, de origen caucásico y céltico. Los hombres la padecen más que las mujeres.

Anexo 2.

La deficiencia de hierro es una deficiencia nutricional común, que en niños causa atraso del desarrollo, disturbios conductuales, anemia y aumento en la susceptibilidad a la toxicidad del plomo. En la mujer embarazada, la deficiencia de hierro aumenta el riesgo de un parto temprano y de bajo peso del recién nacido.

Los síntomas de sobrecarga de hierro (una dosis de 10-20 mg/kg) más frecuentemente observados incluyen dolor epigástrico, náuseas, vómitos, constipación y diarrea, los cuales parecen estar asociados con efectos irritantes del hierro libre en la mucosa gástrica. Los efectos sistémicos consisten en daño tisular y disfunción de los órganos, con dosis de por lo menos 40 mg/kg pero típicamente superiores a 60 mg/kg de hierro elemental. La dosis letal se estima en 200-250 mg/kg, sin embargo han ocurrido muertes con dosis tan bajas como 75-125 mg/kg. La toxicidad es consecuencia de los radicales libres generados por la catálisis férrea. Está acompañada por necrosis y hemorragia, estenosis pilórica, y toxicidad del corazón e hígado (hipertransaminasemia).

La dosis de referencia crónica provisional para el hierro por la vía oral fue estimada en 0,7 mg/kg·día. No hay evidencia apropiada para la derivación de una dosis de referencia por inhalación de hierro.

Clasificación cancerígena: no hay evidencia de que el hierro tenga propiedades cancerígenas.

Manganeso

Ciertos individuos expuestos a niveles de manganeso muy altos por largo tiempo en el trabajo sufrieron perturbaciones mentales y emocionales y exhibieron movimientos lentos y faltos de coordinación. Esta combinación de síntomas constituye una enfermedad llamada "manganismo". Los trabajadores generalmente no exhiben síntomas de manganismo a menos que hayan estado expuestos a manganeso por meses o años. El manganismo ocurre debido a que demasiado manganeso daña una parte del cerebro que ayuda a controlar los movimientos. La exposición a altos niveles de manganeso en el aire, como puede ocurrir en una fundición de manganeso o una planta de baterías, puede afectar la habilidad motora tal como mantener una mano inmóvil, la ejecución de rápidos movimientos manuales y mantener el equilibrio. La exposición a altos niveles del metal también puede causar problemas respiratorios y alteración en la función sexual.

La USEPA ha establecido una norma voluntaria para el nivel de manganeso en agua potable de 0,05 miligramos por litro (0,05 mg/L). OSHA ha establecido un límite de 5 miligramos de manganeso por metro cúbico de aire (5 mg/m³) en el aire de trabajo como promedio durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. NRC ha recomendado una ingesta diaria segura y adecuada de manganeso que fluctúa de 0,3 a 1 mg al día para niños de hasta 1 año, 1 a 2 mg al día para niños de hasta 10 años, y 2 a 5 mg al día para niños de 10 años y mayores.

Clasificación cancerígena: No hay información disponible acerca del manganeso y cáncer en seres humanos. La exposición a altos niveles de manganeso en los alimentos produjo un pequeño aumento en la tasa de tumores del páncreas en ratas machos y de tumores de la tiroides en ratones machos y hembras. La USEPA ha determinado que el manganeso no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.

Zinc

La inhalación de grandes cantidades de zinc (como polvo de zinc o humos de fundición o soldaduras) puede causar una enfermedad de corto plazo llamada fiebre por humos metálicos. Sin embargo poco se sabe acerca de los efectos de largo plazo resultado de respirar polvo o humos de zinc. Una ingesta muy alta de zinc en los alimentos, agua, o suplementos dietarios también puede afectar la salud.

La National Academy of Sciences (NAS) ha estimado una Dosis Diaria Recomendada (Recommended Daily Allowance, en inglés RDA) de 11 mg/día en hombres, equivalente a 0,16 mg/kg·día para un hombre adulto promedio (70 kg) y 8 mg/día, equivalente a 0,13 mg/kg·día para una mujer adulta promedio (60 kg). Las dosis de zinc que producen efectos adversos en la salud son mucho mayores que la RDA. De acuerdo con USEPA, el agua potable no debe contener más de 5 mg/L de zinc debido al sabor.

Para niños pequeños NAS recomienda 2–3 mg/día, y para niños preadolescentes 5–9 mg/día. El RDA provee un nivel de estado nutricional para la gran parte de la población. Se recomiendan niveles dietarios extra en mujeres durante el embarazo y la lactancia. Para mujeres durante el embarazo se recomienda un RDA de 11–12 mg/día, y durante la lactancia se recomienda 12–13 mg/día.

La ingestión de dosis de zinc 10-15 veces más que la RDA en un tiempo breve, puede producir calambres estomacales, náuseas y vómitos. La ingestión de altos niveles de zinc por varios meses puede causar anemia, daño al páncreas, y disminución de lipoproteínas de alta densidad. El consumo, durante varios meses, de alimentos conteniendo cantidades muy altas de zinc (1000 veces más que el RDA) ha mostrado efectos en ratas, ratones y hurones, incluyendo anemia y daño hepático y renal. El consumo de cantidades muy altas de zinc en ratas produce infertilidad, y la exposición durante preñez produjo crías más pequeñas. La aplicación de dosis pequeñas de ciertos compuestos de zinc, tales como acetato de zinc y cloruro de zinc en la piel de conejos, conejillos de India, y ratones causa irritación de la piel. Puede ser que en humanos se produzca irritación por exposición a estos compuestos de zinc en la piel.

Para proteger a los obreros, la U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ha establecido un límite promedio legal de 1 mg/m³ para humos de cloruro de zinc y 5 mg/m³ para polvos y humos de óxido de zinc en el lugar de trabajo durante una jornada de trabajo de 8 horas diarias y 40-horas por semana. Esta reglamentación significa que el aire en el ambiente de trabajo debe contener un promedio de no más de 1 mg/m³ cloruro de zinc durante un turno laboral de 8-horas en una semana de trabajo de 40 horas. El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) similarmente recomienda que el nivel de óxido de zinc en el aire ocupacional no debe exceder un promedio de 1 mg/m³ en un período de 10-horas de una semana de 40-horas de trabajo.

El consumo de cantidades insuficientes de zinc es un problema de salud tan importante como consumir en exceso. Sin suficiente zinc en la dieta, las personas experimentan pérdida de apetito, disminución del sentido de sabor y olor, disminución de las funciones inmunitarias, retardo en la cicatrización de heridas y ulceraciones dérmicas. El déficit de zinc también puede causar un pobre desarrollo de los órganos sexuales y crecimiento

Anexo 2.

retardado en hombres jóvenes. En la mujer embarazada, el déficit puede producir defectos de nacimiento.

Clasificación cancerígena: La USEPA ha determinado que no hay suficiente información para concluir un potencial cancerígeno del zinc.

Interacción entre metales pesados

Existe evidencia de que el arsénico, cadmio, cromo y plomo, interactúan entre ellos para producir una toxicidad combinada diferente a la toxicidad de por sí solos. Un número de órganos son blancos de acción de dos o más metales. El efecto crítico para el plomo es neurológico, en particular en niños y criaturas menores. El efecto crítico para el arsénico es el dérmico, y para el cadmio es el renal. El efecto crítico del cromo VI es incierto. Los efectos más sensibles en común para dos o más metales incluyen neurológico, renal, cardiovascular, y efectos hematológicos. Aunque menos sensibles, se han observado efectos sinérgicos entre plomo y cadmio por efectos testiculares, en el cual el cromo VI también tiene efectos.

Los efectos más documentados son el resultado de **la interacción plomo-arsénico**, y plomo-cadmio, relevantes con la contaminación en Estero El Cobre. . El cadmio exagera los efectos neurológicos y testiculares del plomo, pero son menores para los efectos renales y hematológicos y cardiovasculares.

Efectos neurológicos. La evidencia es mejor para los **efectos aditivos del plomo sobre el arsénico**, y **arsénico sobre el plomo**, que para las otras combinaciones de metales. De manera que el Índice de Peligrosidad (IP) puede ser algo mayor que el estimado para el efecto crítico, en particular para **sitios contaminados con relativamente altos Cocientes de Peligrosidad (CP) para plomo y arsénico**. Esta evidencia es particularmente importante para los desechos mineros de Estero El Cobre, que podrían tener altos contenidos de arsénico y plomo, lo que puede generar que los riesgos actuales pueden ser diferentes a los estimados.

Efectos renales. La evidencia sugiere que las interacciones son menos que aditivos.

Efectos cardiovasculares. Los efectos del cadmio y plomo son aditivos, pero no hay evidencia sólida respecto de los otros metales.

Efectos hematológicos. Los efectos parecen ser menores que aditivos.

Efectos testiculares. Los efectos cadmio-plomo son mayores que aditivos.

Efectos dérmicos. Evidencia no es conclusiva.

Efectos carcinogénicos. No hay evidencia acerca de los efectos de los otros metales sobre las propiedades cancerígenas del arsénico.

Anexo 2.

En resumen, hay evidencia de que los efectos para la combinación **plomo-arsénico** son mayores que aditivos para los efectos neurológicos, y los efectos testiculares parecen ser mayores que aditivos para la combinación **cadmio-plomo**.

Criterios de toxicidad de los contaminantes de riesgo potencial

Los criterios de toxicidad son expresiones numéricas y narrativas basados en salud humana que describen las propiedades toxicas potenciales de una sustancia química. La gran mayoría de los criterios de toxicidad han sido desarrollados por U.S.EPA, y otros organismos internacionales recomiendan estos valores.

Los criterios de toxicidad (e.g., dosis de referencia, concentración de referencia, factor de potencia cancerígena, factor de riesgo unitario) de cada contaminante debe corresponder con la ruta de exposición, la duración de la exposición (crónico, subcrónico), y la biodisponibilidad del contaminante en la matriz en estudio. Los valores de criterios de toxicidad se encuentran tabulados en la base de datos IRIS de la USEPA, en: www.epa.gov/iris/.

La clasificación de cáncer de la USEPA para cada contaminante cancerígeno se indica en la Tabla A.2.6. La U.S.EPA recomienda la inclusión en el análisis de riesgo de toda sustancia con clasificación de cáncer A y B. En el caso presente, esto significa que de haberse detectado positivamente, el arsénico (oral, inhalación), berilio (inhalación), cadmio (inhalación), y cromo VI (inhalación), deben ser incluidos como CRPs. Si bien plomo también ha sido clasificado como B2, en la actualidad USEPA recomienda considerar el plomo sólo como un cancerígeno en animales.

Tabla A.2.6: Criterios de toxicidad de los contaminantes identificados^(a)

	Efectos cancerígenos			Efectos crónicos	
	FPC _{oral} , (mg/kg.d) ⁻¹	IUR _{nh} , (ug/m ³) ⁻¹	Clasificación n evidencia cáncer	DR _{oral} , (mg/kg.d)	CR _{inhal} , (mg/m ³)
Arsénico	1,50E+00	4,3E-03	A	3,0E-04	1,5E-05
Aluminio				1,0E+00	5,0E-03
Bario				2,0E-01	5,0E-04
Berilio				2,0E-03	2,0E05
Boro				2,0E-01	2,0E-02
Cadmio		1,8E-03	B1	1,0E-03	2,0E-05
Cobalto		9,0E-03		3,0E-04	6,0E-06
Cobre				4,0E-02	
Cromo VI	5,0E-01	8,4E-02	A	3,0E-03	1,0E-04
Cromo III			D	1,5E+00	
Hierro (c)				7,0E-01	
Manganeso			D	2,40E-02	5,0E-05
Mercurio			D	3,0E-04	3,0E-05
Molibdeno				5,0E-03	

Anexo 2.

Níquel		2,6E-04		2,0E-02	9,0E-05
Plata				5,0E-03	
Plomo (b)			B2		
Selenio				5,0E-03	2,0E-02
Vanadio				5,0E-03	
Zinc				3,0E-01	

Ref: (a) USEPA RSL, Nov 2010

(b) USEPA recomienda evaluar el plomo usando un modelo cinético (ver texto)

(c) PPRTV = USEPA Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values.

Criterios de toxicidad de contaminantes crónicos.

Valores de toxicidad crónica no cancerígena se muestran en las tablas 6.50a y 6.50b, y se definen a continuación.

Dosis de referencia oral (DRf_o). Una estimación (con una incertidumbre que puede llegar a un orden de magnitud) de la exposición diaria oral en la población humana (*incluyendo subgrupos susceptibles*) que es probable estén libres de riesgos apreciables de efectos dañinos durante toda la vida. Las unidades son [mg/kg·día]

Dosis de referencia dérmica. Se usa la oral corregida por absorción dérmica.

Concentración de referencia (CRf_i). Una estimación (con una incertidumbre que puede llegar a un orden de magnitud) de la exposición por inhalación continua en la población humana (*incluyendo subgrupos susceptibles*) que es probable estén libres de riesgos apreciables de efectos dañinos crónicos de salud durante toda la vida. Las unidades son [mg/m³].

Criterios de toxicidad de contaminantes cancerígenos.

Valores de toxicidad cancerígena se muestran en las tabla 6.50a y 6.50b, y se definen a continuación.

Factor de Potencia (ó Pendiente) Cancerígena Oral (FPC_o). Pendiente del 95% límite de confianza superior de la regresión lineal de la respuesta cancerígena (ΔR) a dosis bajas (ΔD). Las unidades son [mg/kg·día]⁻¹

Factor de Potencia Cancerígena Dérmica (FPC_d). Se usa la oral corregida por absorción dérmica.

Factor de Unidad de Riesgo (FUR_i). Riesgo asociado con exposición por la vía respiratoria a una unidad de masa de contaminante cancerígeno por unidad de volumen. Unidades en [mg/m³]⁻¹.

Métodos de estudio de los efectos negativos en la salud por metales pesados

Uso de modelos toxicocinéticos basados en fisiología (PBTK) para el plomo

Los niveles sanguíneos de plomo se pueden estudiar mediante modelos de exposición y metabolismo biocinético en niños o adultos, descritos en la literatura como modelos tóxico-cinéticos basados en fisiología (del inglés *physiologically-based toxicokinetic*, PBTK). La ventaja del modelo PBTK es que permite tomar en cuenta todos los aportes de plomo al organismo (suelo, agua, aire, alimentos) y permite *predecir* el nivel sanguíneo que resulta de todas las contribuciones para el rango de edad. Es el método más apropiado para estudiar poblaciones en lugar de individuos. El modelo biocinético predictivo es recomendado en EEUU, pero la confirmación se hace con análisis sanguíneo. Por otra parte, el modelo PBTK sólo predice niveles sanguíneos pero no un Índice de Peligrosidad. El modelo PBTK recomendado actualmente para analizar los niveles sanguíneos asociados con exposición al plomo es el IEUBKwin, desarrollado por la USEPA y extensamente validado.

Los modelos PBTK para el plomo son programas de simulación por computadora, que comenzaron a ser desarrollados por varios autores y organizaciones desde 1985. Estos permiten estimar, para niños o adultos, la distribución estadística más probable de la concentración de plomo en la sangre, a partir de información acerca de la exposición del receptor al plomo. En los EE.UU., los efectos de preocupación en la salud han sido determinados por la U.S.EPA, y Center of Disease Control (CDC), y están asociados con concentraciones de plomo sanguíneo en niños alrededor o por sobre 10µg/dL.

Uso de marcadores bioquímicos de exposición y efectos

Marcadores bioquímicos, o biomarcadores, son indicadores que señalan una condición o evento en un sistema biológico, permitiendo una medición de *exposición, efecto, o susceptibilidad*. Los biomarcadores son los efectos biológicos más tempranos que cualquier evidencia clínica y patológica, y su uso es recomendado como parte de un *programa preventivo de salud*. Los biomarcadores de efecto para el cadmio y plomo se conocen desde largo tiempo y han sido razonablemente bien validados.

Plomo. Los efectos adversos en el sistema nervioso central, en particular en los niños, son considerados el efecto crítico. El plomo interactúa con enzimas en la médula ósea, que pueden ser monitoreadas por mediciones en la sangre. Inhibición de la actividad de la deshidratasa δ-aminolevulínica (ALA-D) en eritrocitos ocurre a muy bajos ingresos de plomo. El plomo causa acumulación en los niveles de ácido δ-aminolevulínico (ALA) en suero y orina, y acumulación de protoporfirina eritroporfirina libre o ligada a zinc (FEP, ZPP) en eritrocitos, y por lo tanto se usan como marcadores bioquímicos sensibles de exposición crónica al plomo. Los niveles de plomo sanguíneo son indicadores de exposición de corto plazo, pero los niveles de plomo en el hueso tibial son indicativos de una exposición de largo plazo. Los niveles de plomo en el hueso tibial y rótula se miden por fluorescencia de rayos x. La acumulación de plomo óseo es un factor de riesgo en el desarrollo de la catarata ocular.

Anexo 2.

Arsénico. El arsénico urinario es un indicador de exposición reciente, ya que el arsénico inorgánico tiene una vida media de alrededor de 4 días. La concentración de arsénico urinario está relacionada principalmente con la concentración en el agua de bebida, y del consumo diario de agua. Se recomienda medir en orina recolectada por 24 horas, y reportar resultados respecto a creatinina y sin creatinina. El arsénico total urinario es un biomarcador menos útil de exposición a arsénico inorgánico, a menos que se pueda excluir la ingestión de productos marinos. Los metabolitos ácido monometilarsónico (MMA) y ácido dimetilarsínico (DMA) en la orina pueden ser afectados por consumo de pescados, mariscos (p.ej., mejillones), y algas marinas, que pueden contener DMA. El porcentaje de MMA en metabolitos totales de arsénico inorgánico en orina puede ser usado como marcador de exposición de dosis biológicamente efectiva.

El arsénico sanguíneo no es un biomarcador sensible de exposición a arsénico inorgánico. Si la exposición es larga y continua, el arsénico sanguíneo alcanza un steady-state (estado de equilibrio estable) y refleja el grado de exposición. Por otra parte, los resultados se expresan como arsénico total, el cual puede estar afectado por consumo de pescado y mariscos, que contienen arsénico orgánico.

Biomarcadores de *efectos biológicos tempranos* al arsénico incluyen niveles sanguíneos de oxidantes reactivos y capacidad anti-oxidante, expresión genética de moléculas antiinflamatorias, como también cambios citogenéticos incluyendo intercambio de cromátidas hermanas, micronúcleos, y aberraciones cromosomales de linfocitos periféricos.

Indicadores de *exposición crónica* (varios años) a arsénico incluyen hiperpigmentación dérmica, e hiperkeratosis palmoplantar.

Cadmio. El daño tubular renal es considerado un efecto crítico. Detección de daño temprano se hace por medición de niveles urinarios aumentados de beta₂-microglobulina (βMG), la enzima N-acetilglucosaminidasa, y la proteína HC. Un exceso en la excreción de βMG (>1 mg/g creatinina) o reabsorción tubular disminuida de fosfato son biomarcadores de daño tubular.

Mercurio. El mercurio urinario (expresado por gramo de creatinina) y mercurio sanguíneo son indicadores de exposición reciente, pero a niveles de exposición muy bajos, la correlación con niveles de mercurio en orina o sanguíneos es baja. De acuerdo con un número de autores en la literatura científica, es razonable suponer que los niveles de exposición que dan lugar a efectos detectables en la salud están entre 10 y 30 μg/L mercurio en la orina. El nivel sanguíneo de mercurio en personas que no consumen pescado es 2μg/L (ICOH, IUPAC), y en comunidades con alto consumo de pescados puede llegar hasta 200 μg/L. Mercurio urinario es un apropiado marcador de exposición a mercurio inorgánico. Concentración en aire (8-h TWA) de 0,1 mg/m³ se asocian con niveles sanguíneos de 6 μg/dL, y niveles urinarios de 220 μg/L.

Estimación de riesgos.

En esta etapa se integran los resultados de la identificación del peligro, la evaluación de la exposición, y la evaluación de la relación dosis-respuesta, con el fin de estimar la probabilidad de efectos negativos crónicos ó cancerígenos.

La caracterización del riesgo obedece a preguntas tales como:

- Hay algún riesgo significativo en la salud en el presente y/ó en el futuro?
- Cuáles son los contaminantes o las vías de exposición que contribuyen significativamente a los riesgos?
- Qué significan los números?
- Requiere el problema de contaminación de una gestión de riesgo?

Los riesgos en la salud pueden estimarse (a) por comparación con valores de referencia, (b) por estimación usando modelos basados en fisiología, o (c) por estimación usando la metodología USEPA. Estos enfoques se describen a continuación.

Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo

Intuitivamente, se puede suponer que hay un nivel de contaminación en una matriz ambiental determinada, bajo el cual una exposición no va a producir efectos biológicos indeseables. Alternativamente, si la presencia de contaminantes peligrosos es muy alto, una exposición puede significar efectos biológicos negativos. La U.S.EPA ha estimado estas concentraciones, basadas en información de exposición humana y de la toxicidad de las sustancias peligrosas, a los cuales nos referimos como Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo (NPCBRs).

Los NPCBRs son valores genéricos derivados de ecuaciones que combinan valores de exposición y valores de toxicidad específicas de cada contaminante, y que representan condiciones de Exposición Máxima Razonable para exposiciones crónicas de largo plazo basadas en metodología de estimación de riesgos de la U.S.EPA y para riesgos en la salud considerados como aceptables.

Los NPCBRs son concentraciones de referencia de numerosos contaminantes en suelo, agua, y aire en sectores residenciales e industriales, que consideran la toxicidad de las sustancias químicas, varias vías de exposición y que son calculados para niveles de riesgo considerados aceptables (riesgo extra cancerígeno de por vida = 1×10^{-6} e índice de peligrosidad crónico = 1), con el objeto de una evaluación y remediación preliminar rápida de una contaminación química.

Los NPCBRs son **concentraciones máximas de sustancias químicas en una matriz ambiental (suelo, agua, aire) asociadas con riesgos considerados estadísticamente no significativos y biológicamente aceptables**. Un exceso de la concentración de la sustancia química sobre el valor del NPCBR no define automáticamente al sitio como “CONTAMINADO” o que requiere actividades de remediación, sino indica que es apropiado una evaluación más profunda de los riesgos potenciales de los contaminantes. Los NPCBRs son concentraciones específicas de un contaminante en suelo, aire y agua

Anexo 2.

potable, que pueden requerir una mayor investigación o restauración del lugar. Los NPCBRs han sido actualizados y publicados como *Regional Screening Levels (RSLs) for Chemical Contaminants at Superfund Sites* (USEPA, 2010), y corresponden a los *Preliminary Remediation Goals (PRGs)* desarrollados por USEPA hace casi 20 años.

Los NPCBRs fueron desarrollados sobre la base de exposición al contaminante por varias posibles vías de exposición, y tomando en cuenta la toxicidad del contaminante.

Valores numéricos de NPCBRs para los metales pesados identificados en el caso de contaminantes identificados en la zona del Estero El Cobre se muestran en Tabla 6.51.

Se debe explicar que las concentraciones que se muestran en tabla 6.51, están asociadas con un riesgo cancerígeno = $1E-06$ ("riesgo de minimis"), ó con un índice de peligrosidad =1. Para Chile, hemos propuesto que el riesgo de minimis se defina como $=1E-05$, y el índice de peligrosidad sea el mismo =1.

Una comparación de las concentraciones de contaminantes en suelos agrícolas, indica que el riesgo $1E-05$ está excedido: para el arsénico (10,9 vs 0,39), Cr VI (suponiendo que el Cr total está en forma de VI en 50%, 11,25 vs 0,29).

Tabla A.2.7 Niveles Preliminares de Contaminantes Basados en Riesgo (USEPA NPCBRs) para suelos residenciales asociados con un $RECV=1E-06$ y $IP=1$.

	Suelo residencial Efectos cancerígenos mg/kg	Suelo residencial Efectos crónicos mg/kg
Arsénico inorgánico	3,9E-01	2,2E+01
Aluminio		7,7E+04
Bario		1,5E+04
Berilio	1,4E+03	1,6E+02
Boro		1,6E+04
Cadmio (dietario y agua)	1,8E+03	7,0E+01
Cobalto	3,7E+02	2,3E+01
Cobre		3,1E+03
Cromo III (sales insolubles)		1,2E+05
Cromo VI	2,9E-01	2,3E+02
Hierro		5,5E+4
Mercurio (inorgánico)		2,3E+01
Manganeso		1,8E+03
Molibdeno		
Nickel	1.3E+04	1.5E+03
Plata		3.9E+02
Plomo		4,0E+02
Selenio		3.9E+02

Anexo 2.

Vanadio		3.9E+02
Zinc		2.3E+04

Estos resultados se confirman como primera aproximación, al observar los resultados del análisis de riesgo.

Riesgos por exposición al plomo

La caracterización del riesgo por exposición al plomo se lleva a cabo separadamente a los otros contaminantes. En este caso el riesgo se estima como nivel de plomo en la sangre asociado con una exposición al plomo que ingresa al organismo simultáneamente por las vía oral, inhalación y dérmica. La USEPA recomienda el uso del modelo *Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (IEUBKwin)*, v.1.1 (2010) en vez de usar estimaciones de exposición o mediciones de plomo sanguíneo.

IEUBKwin fue desarrollado por la U.S.EPA y se presta para las necesidades y requerimientos del presente proyecto. El modelo consiste en cuatro módulos interrelacionados (exposición, ingreso, biocinético, y distribución de probabilidad) para estimar los niveles de plomo sanguíneo en niños expuestos a plomo medio ambiental. El modelo permite estimar el riesgo que un niño o una población de niños pueden exceder al **nivel de preocupación de 10 µg/dl**. El modelo IEUBKwin no tiene por objetivo remplazar las mediciones de Pb sanguíneo y la evaluación médica de un niño específico en riesgo. IEUBKwin requiere de datos de concentración de Pb en matrices ambientales tales como suelos, aire, agua, y dieta.

El modelo IEUBK no estima riesgos sino la concentración de plomo sanguíneo en receptores de 0 hasta ≤7 años de edad. El modelo permite estimar dichos niveles haciendo uso de suposiciones por defecto, o entrando valores para concentración de plomo en aire, alimentos, y agua potable, que contribuyen a la exposición total.

Los valores típicos de plomo en polvos en techos y en suelos del sector no sobrepasan los 100 mg/kg. El modelo IEUBKwin indica que el grueso de la población de niños presentaría niveles sanguíneos muy por debajo del nivel de referencia, 10 µg/dL, y que sólo 0,004% de la población podría exceder el valor de referencia.

Anexo 2.

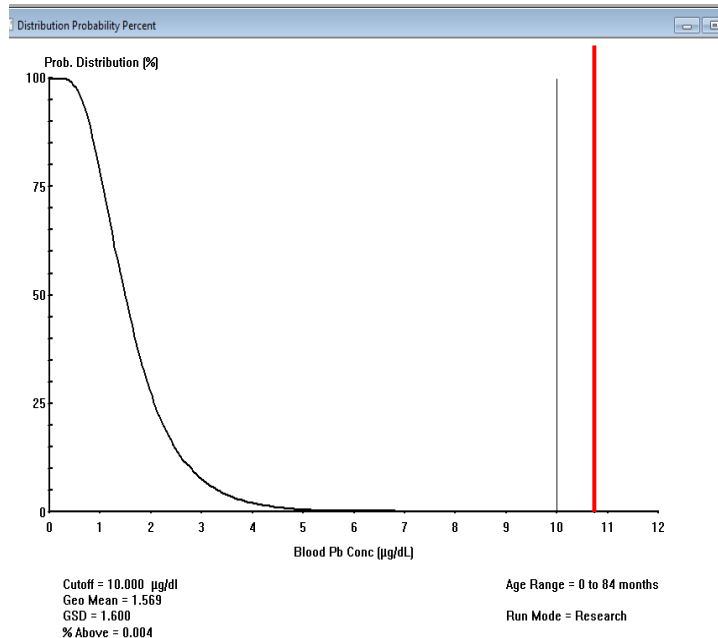


Figura A.2.5. Niveles de plomo sanguíneo asociados con exposición de niños a suelos hipotéticos conteniendo 100 mg/kg de plomo. Es muy poco probable (0,004) que los niveles alcancen el valor de referencia de 10 µg/dL.

En conclusión, ninguna muestra ambiental de sólidos alcanzó los 400 mg/kg, valor de referencia de la USEPA para el plomo en suelos residenciales, y por lo tanto se espera que ningún suelo en el Estero El Cobre presente riesgos a la salud por presencia de plomo. .

Estimación de riesgos crónicos y cancerígenos de acuerdo con la metodología USEPA.

Se prepararon algoritmos para la estimación de riesgos para todos los contaminantes en estudio, vías de exposición, rutas de exposición, poblaciones estudiadas, y para cada escenario de exposición. Los resultados del análisis especialmente tabulados muestran los índices de peligrosidad crónico (IPC) y los riesgos extra de cáncer de por vida (RECV).

Los resultados se presentan en forma tabular, con las contribuciones por cada contaminante y vía de exposición, para cada receptor y escenario de exposición. Si un IP excede el valor unitario, se discute si se procede a analizar las contribuciones por efecto crítico biológico, tal como es recomendado por la U.S.EPA.

Índice de Peligrosidad asociado con contaminantes crónicos no cancerígenos

El riesgo asociado con contaminantes crónicos no cancerígenos, también conocidos como contaminantes con umbral tóxico, se llevó a cabo usando los procedimientos descritos en las secciones siguientes.

Anexo 2.

La Dosis Diaria Promedio Anual (DDPA) se divide por la Dosis de Referencia oral del contaminante para la ruta oral o dérmica. Esto se hace para determinar si la dosis “inocua” de referencia DRf es excedida por la dosis de contaminante DDPA. El resultado es el Cociente de Peligrosidad (CP) para el contaminante en particular y para la vía de exposición respectiva:

$$\text{Cociente de Peligrosidad (CP)} = \text{DDPA} / \text{DRf} \quad (\text{para las rutas oral y dérmica})$$

Luego los CPs de los diferentes contaminantes se suman dentro de cada vía de exposición, para generar el Índice de Peligrosidad de la Vía de Exposición:

$$\text{Índice de Peligrosidad}_{\text{VÍA DE EXPOSICIÓN V}} = \text{CP}_{\text{CONT A}} + \text{CP}_{\text{CONT B}} + \text{CP}_{\text{CONT C}} + \text{etc.}$$

Por otra parte los CP de las diferentes vías de exposición se suman dentro de cada contaminante, para generar un Índice de Peligro para cada Contaminante:

$$\text{Índice de Peligrosidad}_{\text{CONTAMINANTE C}} = \text{CP}_{\text{VIA 1}} + \text{CP}_{\text{VIA 2}} + \text{CP}_{\text{VIA 3}} + \text{etc.}$$

Finalmente el Índice de Peligro Total (IPT) para el problema de contaminación en estudio se obtiene sumando todos los CP para todos los contaminantes y vías de exposición. El proceso se resume en el siguiente tabla:

Tabla A.2.8 Cálculo y presentación de resultados de Índice de Peligrosidad Total

Índice de Peligrosidad para Niños						
Contaminant e	Vía de exposición 1	Vía de exposición 2	Vía de exposición 3	Vía de exposición 4	\sum IP por contaminant e	%
Contam. a	CPa1	CPa2	CPa3	CPa4...	$IP_{c1} = \sum CP_{CA}$	% Contam. a
Contam. b	CPb1	CPb2	CPb3	...	$IP_{c1} = \sum CP_{CB}$	% Contam. b
Contam. c	CPc1	CPc2	$IP_{c1} = \sum CP_{CC}$	% Contam. c
...		
\sum IP por via	$IP_{V1} = \sum CP_{V1}$	$IP_{V2} = \sum CP_{V2}$	$IP_{V3} = \sum CP_{V3}$	$IP_{V4} = \sum CP_{V4}$	$IPT_{C+V} = \sum \sum (CP)_{C,V}$	
%	% vía 1	% vía 2	% vía 3	% vía 4		

Donde el total es:

$$\text{Índice de Peligrosidad Total (IPT)}_{C+V} = \sum_{\text{cont}} \sum_{\text{vías}} (\text{CP})_{C,V}$$

Un Índice de Peligrosidad Total (IP) es la suma de más de un cociente de peligrosidad (CPT) para múltiple sustancias y/o múltiple vías de exposición. El CP es el cociente del

Anexo 2.

nivel de exposición de una sola sustancia por un período de tiempo especificado (por ejemplo, crónico), y la dosis de referencia para la misma sustancia derivada de un período de exposición similar.

El IPT es una estimación del índice de peligro para contaminantes crónicos no cancerígenos en las personas expuestas asociadas con el problema de contaminación en estudio.

Los procesos de estimación de índice de peligrosidad para contaminantes crónicos no cancerígenos y para la estimación del riesgo extra de cáncer de por vida, se muestran en las Tablas a continuación. Las tablas muestran los tres escenarios de exposición analizados: (1) exposición en residentes adultos, expuestos a la concentración máxima de contaminantes en suelos; (2) exposición en niños de 5 a <18 años expuestos a valores promedios ambientales observados; y (3) exposición en adultos que trabajan en actividades agropecuarias y expuestos a valores promedios de contaminantes en distintas matrices ambientales. Cada grupo de tres escenarios de exposición reflejan el rango de exposición desde el máximo a los más probables en la zona del sector bajo del Estero El Cobre.

Estimación del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

La estimación del riesgo asociado con contaminantes cancerígenos, también conocidos como contaminantes sin umbral tóxico, se lleva a cabo usando los procedimientos similares a la del índice de peligrosidad.

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida se estima usando la Dosis Diaria Promedio de por Vida (DDPV) estimada para cada contaminante cancerígeno y por cada vía de exposición, y multiplicada por el respectivo criterio de toxicidad:

Para sustancias cancerígenas por la vía oral ó dérmica se usa el Factor de Potencia Cancerígena (FPC), también denominado Factor de Pendiente. Para sustancias cancerígenas por la vía de inhalación la USEPA recientemente ha recomendado que para estimar el riesgo se use la concentración aérea del cancerígeno, y el Factor de Riesgo Unitario (FRU).

Es decir,

$$\begin{aligned} \text{Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV)} &= \text{DDPV} \times \text{FPC} \\ &= C_{\text{AIR}} \times \text{FRU} \end{aligned}$$

Los riesgos de cáncer se estiman para cada contaminante, los cuales luego se suman para obtener la contribución total del contaminante a través de las vías de exposición. Por otra parte, los riesgos de cáncer también se estiman para cada vía de exposición a través de todos los contaminantes. Las siguientes expresiones resumen el proceso:

$$\text{RECV}_{\text{VIA DE EXPOSICIÓN}} = \Sigma (\text{todos los RECV}_c \text{ para cada vía de exposición})$$

$$\text{RECV}_{\text{CONTAMINANTE}} = \Sigma (\text{todos los RECV}_v \text{ para cada contaminante})$$

Finalmente la suma de todos los RECV para todos los contaminantes y vías de exposición resulta en el Riesgo Extra Total de Cáncer de por Vida (RETCV) para el problema de contaminación en estudio. El proceso se resume en una tabla como sigue:

Tabla A.2.9 Cálculo y presentación de resultados de Riesgo Extra Cancerígeno de por Vida

Riesgo Extra Total de Cáncer de por Vida						
Contaminante	Vía de exposición 1	Vía de exposición 2	Vía de exposición 3	Vía de exposición 4	Σ IP por contaminante	%
Contam. a	RECV _{a,v1}	RECV _{a,v2}	RECV _{a,v3}	RECV _{a,v4}	$\Sigma = \text{RECV}_{c1}$	% Contam. a
Contam. b	RECV _{b,v1}			...	$\Sigma = \text{RECV}_{c2}$	% Contam. b
Contam. c	RECV _{c,v1}			...	$\Sigma = \text{RECV}_{c3}$	% Contam. c
...			
...			
...			
...			
Σ IP por vía	$\Sigma = \text{RECV}_{v1}$	$\Sigma = \text{RECV}_{v2}$	$\Sigma = \text{RECV}_{v3}$	$\Sigma = \text{RECV}_{v4}$	RETCV_{c+v} = $\Sigma \Sigma (\text{RECV})_{c,v}$	
%	% vía 1	% vía 2	% vía 3	% vía 4		

Donde el total es:

$$\text{Riesgo Extra Total de Cáncer de por Vida (RETCV)}_{c+v} = \sum_{\text{cont}} \sum_{\text{vías}} (\text{RECV})_{c,v}$$

Este RETCV integra la magnitud de los riesgos cancerígenos en las personas asociadas con el problema de contaminación en estudio.

Significado e interpretación del riesgo de cáncer

El significado e interpretación del riesgo de cáncer es diferente al del Índice de Peligrosidad, y obedece a los conceptos descritos a continuación.

Riesgo basal (ó background) de cáncer. Es aquel que se atribuye a una serie de *causas acumulativas indeterminadas* (radiación, genéticas, ambientales, etc.). Por ejemplo, en la población de los EE.UU. se estima que aproximadamente una de cada cuatro personas contrae algún tipo de cáncer en su vida, incluyendo que sea cáncer tratable, reversible, o letal. Es decir,

$$\text{Riesgo normal de cáncer} \approx 1 \text{ in } 4 \text{ personas} \approx 0,25$$

Niveles acumulativos de riesgo background de cáncer en Chile son similares a los observados en los EE.UU., pero podrían ser levemente superiores.

Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV). También llamado *riesgo adicional* de cáncer, en inglés corresponde a la expresión “*lifetime extra cancer risk.*”

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV) es el límite superior de la probabilidad de que una persona va a contraer cáncer (ya sea tratable ó letal) durante su vida entera, entre todas las personas expuestas de por vida a una concentración promedio del contaminante, y por encima de la probabilidad basal normal de contraer cáncer.

El riesgo extra se atribuye a una causa específica. Se denomina riesgo “extra” de cáncer porque es un riesgo asociado al problema de contaminación, y por lo tanto es “extra” ó “adicional” al riesgo normal basal de cáncer que tiene cada persona determinada o específica.

Debido a las precauciones incluidas en el proceso de estimación, el riesgo verdadero de cáncer puede ser inferior al calculado, pero no hay evidencia científica para esperar que fuese mayor.

Riesgo de minimis. Un riesgo *de minimis* es aquel que se juzga como insignificante como para ser de preocupación social, ó como para justificar el uso de recursos de gestión de riesgo para su control. Riesgo de cáncer considerado sin significado biológico ó sin significado estadístico, y tiene un valor de uno en un millón, ó 1×10^{-6} ó menos.

Para los propósitos de reglamentación ambiental y su cumplimiento, como también para consideraciones políticas generales, en los EE.UU. un RECV de uno en un millón ($1:1.000.000 = 1E-6$) ó menos es en general considerado estar *por debajo de un nivel de riesgo significativo (“de minimis”)*. Un nivel de RECV de uno en diez mil ($1:10.000 = 1E-04 = 1 \times 10^{-4}$) o más es en general considerado un riesgo inaceptable (***de manifestis***). El rango de riesgo entre $1E-06$ y $1E-04$ corresponde al “rango de toma de decisiones de riesgo” para remediaciones de sitios con desechos peligrosos definido por ley en los EE.UU. (U.S.A. National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, 40 CFR 300.430).

El nivel de riesgo *de minimis* de $1E-06$ es el aumento de riesgo extra de un efecto adverso cancerígeno que ocurra durante un período de por vida de 70 años en una población extensa. El nivel de riesgo de $1E-06$ usado para reglamentar un gran número de riesgos, es muy inferior a los riesgos que el público en general enfrenta cada día. El riesgo *de minimis* está basado en el principio *De minimis non curat lex* – la ley no se preocupa de bagatelas. Este es el concepto de ignorar los peligros demasiado pequeños, y es el nivel bajo el cual una agencia del gobierno de EE.UU. no se espera que reglamente, ya que no todos los riesgos se pueden eliminar por ley.

Riesgo residual. Es el riesgo que queda después de que se hayan completado las medidas protectoras ó de remediación de un sitio contaminado. El riesgo residual debe ser igual a un riesgo considerado no significativo.

Niveles Regulatorios de Riesgo

Se discutirán los niveles target regulatorios a ser usados en la gestión de riesgos para los puntos finales crónicos y cancerígenos, con una justificación para cada caso.

Se propone hacer uso de un nivel de riesgo de **1E-05** (1×10^{-5}) como nivel de riesgo *de minimis*, es decir, el valor bajo el cual no es biológicamente y estadísticamente significativo. En los EE.UU. este valor es 1E-06. También se propone un nivel de riesgo de 1E-04 (1×10^{-4}) para definir los riesgos considerados biológicamente significativos e inaceptables. Para los riesgos crónicos, se recomienda usar un nivel de índice de peligrosidad igual a 1 como referencia. Idealmente, estos niveles regulatorios son determinados por la autoridad de gobierno antes de obtener los resultados del análisis de riesgos.

El riesgo de minimis propuesto se basa en consideraciones tales como:

- a. El riesgo de minimis considera intrínsecamente la población de los EE.UU., 313.000.000 de habitantes. Este nivel de riesgo de minimis significa 313 habitantes con posibilidad adicional de contraer cáncer a partir de una exposición de por vida. Chile tiene 17.000.000 habitantes, es decir 1/18 de los habitantes de los EE.UU.
- b. Debido a la larga geografía de Chile, no se puede postular una incidencia de cáncer que sea homogénea para el país entero. Se deberían esperar variaciones regionales.



ANEXO 3: CAMPAÑAS DE MUESTREO, METODOLOGÍAS ANALÍTICAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Anexo 3.1- Campañas de muestreo.

Anexo 3.2- Plan de Muestreo

Anexo 3.3- Metodologías analíticas.

Anexo 3.4- Resultados experimentales y comparación con estándares de referencia.



Anexo 3.

Anexo 3.1- Campañas de muestreo.

Para la toma de muestras se organizaron tres campañas: una visita preliminar exploratorio para conocer la zona de estudio; una campaña de tres días en el mes de diciembre de 2011 y otra campaña de tres días en mayo de 2012.

Para cada campaña se preparó un Plan de Muestreo, que es el documento que describe las actividades para la toma de muestras representativas al problema de estudio, basado en el Modelo conceptual de fuentes, migración y exposición de elementos potencialmente contaminantes ambientales en la zona de estudio en la cuenca del Estero El Cobre, descrito en la figura 2.2.

El diseño se basó en obtener muestras puntuales, en puntos designados por criterio especializado de los expertos a cargo del estudio, de manera de obtener información diversa en terreno y las muestras requeridas para realizar análisis en laboratorio; de este modo toda la información obtenida por ambas vías, se utiliza para confirmar o descartar vías de exposición sobre la base de la evidencia encontrada.

Cada una de las muestras fue debidamente identificada y conservada hasta su análisis según los protocolos establecidos en el Laboratorio de Química Ambiental de CENMA.

La selección de los puntos específicos a muestrear dentro de la zona de estudio se realizó según criterio de los expertos a cargo del proyecto, combinando la factibilidad de obtener información de la exposición que finalmente puede estar recibiendo la población de la cuenca del estero del Cobre, con las condiciones del terreno, la seguridad para el personal en terreno y el acceso al lugar, según los objetivos del estudio. Se siguieron protocolos de Cadena de Custodia estandarizados que permiten asegurar la trazabilidad de la información obtenida en cada campaña.

Anexo 3.2- Plan de Muestreo

Principios generales de la toma de muestras.

Para el desarrollo de este proyecto se obtuvieron muestras puntuales de agua potable, agua superficial, agua de pozo, suelos, sedimentos, polvo de techo, alimentos procedentes de plantaciones ubicadas en la zona de estudio y consumidos crudos; todas ellas para caracterizar la zona de estudio. Cada muestra fue debidamente identificada y custodiada en su integridad hasta su entrega en el Laboratorio de Química Ambiental de CENMA según protocolos estandarizados. Todos los puntos de toma de muestra fueron georeferenciados según coordenadas UTM Datum WGS 84, Huso 19J.

Toma de muestras según objetivos del estudio.

A continuación se presentan las características generales de la toma de muestras para análisis, según las diferentes matrices, indicando en cada caso las coordenadas de los puntos y la información que permite la identificación inequívoca de cada muestra así como el número del informe donde se reportan los resultados.

- Muestreo de aguas (superficial, subterránea y potable).

Para la toma de muestras de agua potable, superficial y subterránea (pozo) se utilizaron los protocolos establecidos en el Laboratorio de Química Ambiental de CENMA que están referidos a los principios generales descritos en las Normas Chilenas 411.



Figura A.3.1: Ejemplificación de la toma de muestra de agua de pozo, de agua superficial y potable.

Anexo 3.

A continuación se presentan las coordenadas de los puntos de obtención de muestras de agua potable, ubicados en cuatro fuentes de captación de diferentes zonas del pueblo el Melón abastecidas por aguas de pozo, las que se ilustran en la figura 6.4.

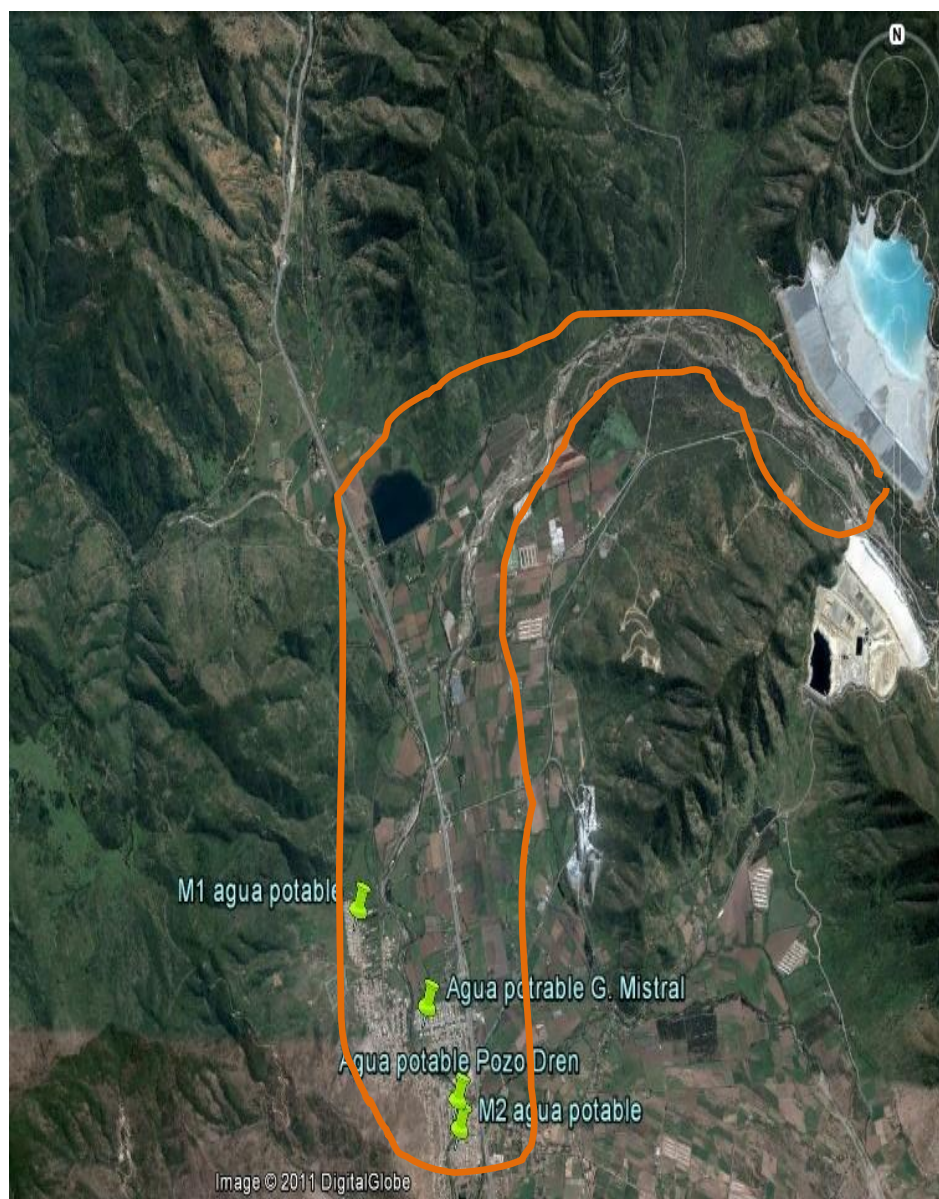


Figura A.3.2: Ubicación general de los puntos de muestreo de agua potable, donde se destaca la zona de estudio, basada en la influencia de las aguas del Estero El Cobre.

Tabla A.3.1: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de muestras de agua potable.

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe de análisis
1	M1 agua potable (Villa J. Fernández)	Agua potable	291487	6382087	22.12.2011	42582	021-2012
2	M2 agua potable (Villa Disputada)	Agua potable	292645	6380489	22.12.2011	42581	021-2012
3	Agua potable Pozo Dren	Agua potable	292621	6380701	26.12.2011	42597	014-2012 ¹
4	Agua potable G. Mistral	Agua potable	292266	6381382	26.12.2011	42616	024-2012

En la figura A.3.3 se presentan las coordenadas de los puntos de obtención de muestras de agua superficial.

¹ Informe 014-2012 ha sido reemplazado por el Informe 014-2013 para adicionar los contenidos de metales en frutas expresados en Base Materia Húmeda.



Figura A.3.3: Ubicación general de los puntos de muestreo de aguas superficiales

Tabla A.3.2: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de muestras de agua superficial

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe de Análisis
1	Agua superficial M1	Agua superficial	294819	6386666	12.11.2011	42191	049-2012
2	Agua superficial M2	Agua superficial	292399	6383368	12.11.2011	42192	049-2012
3	M1 agua Estero Cu	Agua superficial	292713	6380833	28.12.2011	42613	024-2012
4	M2 agua Estero Cu	Agua superficial	292269	6383268	28.12.2011	42627	024-2012
5	M4 agua Estero Cu	Agua superficial	294996	6386674	28.12.2011	42622	024-2012
6	Charco agua boca toma	Agua superficial	295934	6386427	09.05.2012	45185	229-2012 ²

Respecto de la obtención de muestras de agua subterránea, se recolectaron 12 muestras provenientes de pozos ubicados dentro de la zona de estudio (Figura 6.6 y tabla 6.5). De estos pozos, cinco se utilizan para captación de agua potable, identificados como Pozo Gabriela Mistral, Pozo Dren, Agua pozo (Villa Disputada), APR Los Caleos y Agua pozo Parcela 14. Otros cinco pozos se emplean para el riego de predios agrícolas, los que han sido identificados como Agua regadío Soc. San Joaquín, Agua pozo población Los Caleos, Agua pozo Parcela 67 A, Agua pozo parcela 5 y Agua pozo parcela 4. Se obtuvo una muestra en la parcela 14 desde el reservorio utilizado para la bebida de animales. También se obtuvo una muestra en uno de los pozos de la red de monitoreo de la minera Anglo American (Agua pozo monitoreo N°12 CMD).

² El Informe 229-2012 ha sido reemplazado por el Informe 015-2013 para adicionar los contenidos de metales en frutas y hortalizas expresadas en Base Materia Húmeda.

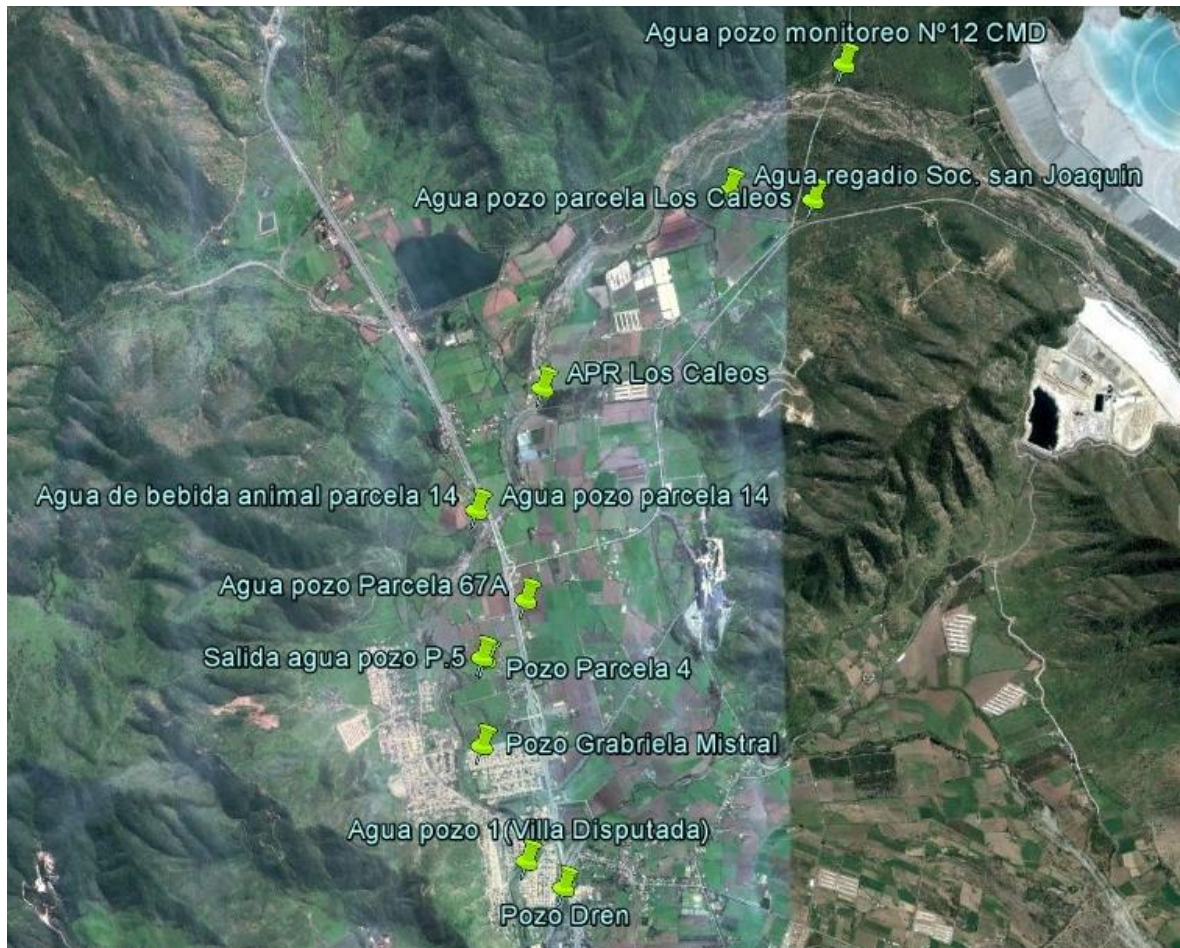


Figura A.3.4: Ubicación de los puntos de muestreo de aguas subterráneas.

Tabla A.3.3: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de agua subterránea.

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe de Análisis
1	Agua pozo 1 (Pozo V. Disputada)	agua subterránea	292643	6380508	22.11.2011	42580	021-2012
2	Pozo Dren	agua subterránea	292933	6380306	26.12.2011	42593	014-2012
3	Pozo Gabriela Mistral	agua subterránea	292277	6381400	26.12.2011	42594	014-2012
4	Agua pozo monitoreo N°12 CMD	agua subterránea	294964	6386745	28.12.2011	42620	024-2012
5	Agua regadío Soc. san Joaquín	agua subterránea	294165	6385815	28.12.2011	42619	024-2012
6	Agua de bebida animal parcela 14	agua subterránea	292202	6383233	10.05.2012	45183	229-2012
7	Agua pozo parcela 14	agua subterránea	292201	6383233	10.05.2012	45190	229-2012
8	Agua pozo población Los Caleos	agua subterránea	292692	6384194	10.05.2012	45191	229-2012
9	APR Los Caleos	agua subterránea	292690	6384194	09.05.2012	45184	229-2012
10	Agua pozo Parcela 67A	agua subterránea	292595	6382544	09.05.2012	45186	229-2012
11	Agua pozo parcela 5	agua subterránea	292265	6382078	10.05.2012	45187	229-2012
12	Agua pozo parcela 4	agua subterránea	292271	6382884	10.05.2012	45188	229-2012

- Muestreo de suelos y sedimentos.

El muestreo de suelos y sedimentos se llevó a cabo de acuerdo a protocolos del Laboratorio de Química Ambiental, considerando la utilización de implementos plásticos para no alterar las muestras, las que se identifican en terreno. Se obtuvieron y analizaron muestras puntuales, midiendo el contenido de humedad de cada una para reportar los resultados como Base Materia Seca.



Figura A.3.5: Toma de muestra de suelo a nivel superficial

Se recolectaron 21 muestras de suelo de la zona de estudio. Tres de ellas (**Suelo valor base M1, Suelo valor base M2 y Suelo valor base (T.Collahue)**) corresponden a muestras las cuales representan, aproximadamente, el nivel natural de elementos de la zona, por cuanto son muestras obtenidas en puntos sin actividad humana aparente y podrían ser asimilables a valores naturales; siendo consideradas como referencia para los efectos de este proyecto. Las otras 18 muestras de suelo provienen de diferentes puntos del área de estudio, los cuales podrían reflejar aportes antropogénicos de contaminantes inorgánicos en los suelos de la zona de estudio. El detalle de la ubicación de cada punto se presentan a continuación.

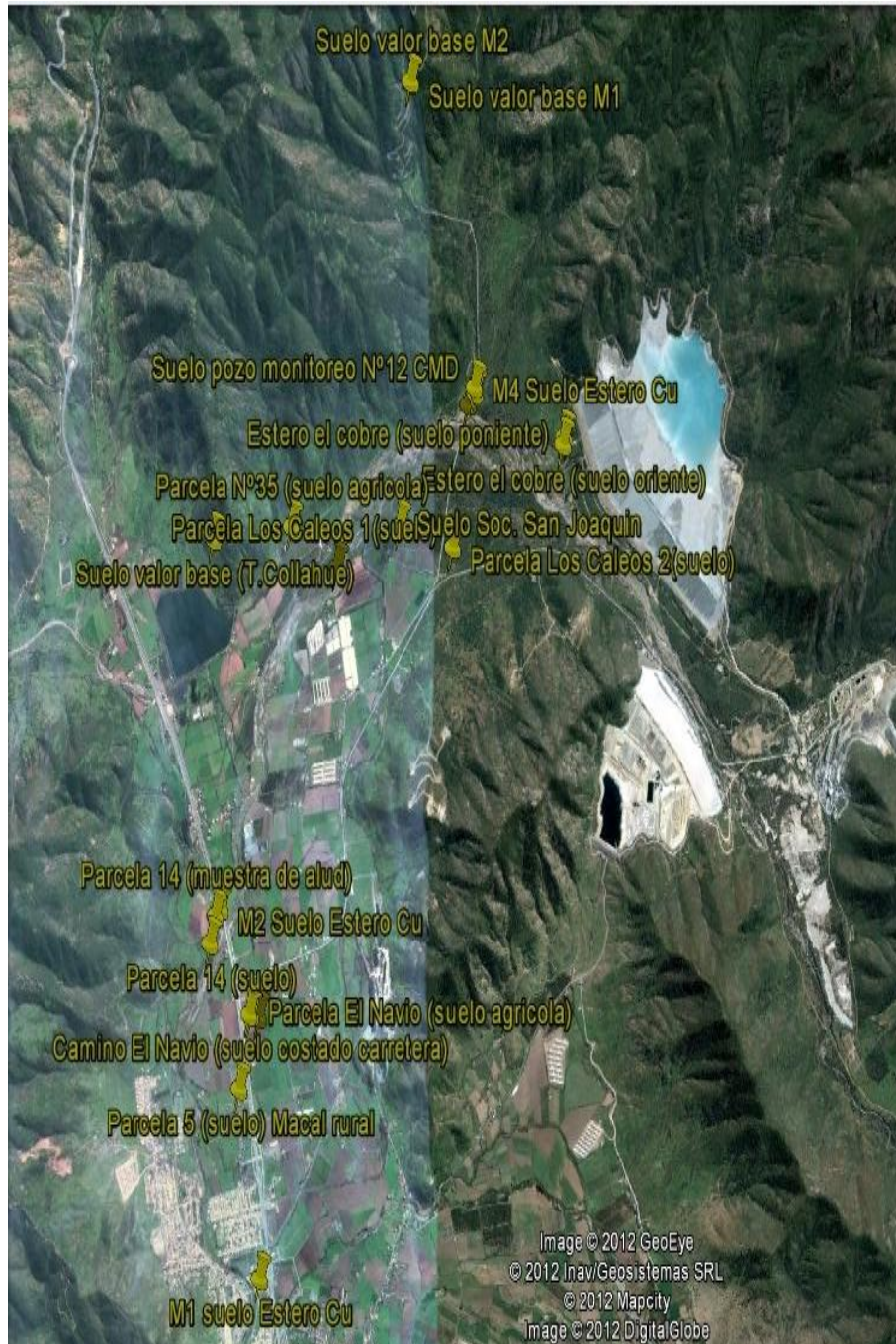
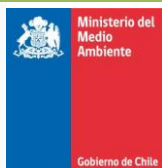


Figura A.3.6: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos

Tabla A.3.4: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de suelos.

N°	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe de Análisis
			X	Y			
1	Suelo valor base M1	Suelo	294273	6388643	12.11.2011	42189	049-2012
2	Suelo valor base M2	Suelo	294273	6388652	12.11.2011	42193	049-2012
3	M1 suelo Estero Cu	Suelo	292725	6380839	28.12.2011	42615	024-2012
4	M2 Suelo Estero Cu	Suelo	292254	6383266	28.12.2011	42629	024-2012
5	M3 suelo Estero Cu	Suelo	293485	6385531	28.12.2011	42626	024-2012
6	M4 Suelo Estero Cu	Suelo	294969	6386707	28.12.2011	42624	024-2012
7	Suelo pozo Angloamerican	Suelo	294894	6386629	12.11.2011	42190	049-2012
8	Suelo pozo monitoreo N°12 CMD	Suelo	294962	6386745	28.12.2011	42621	024-2012
9	Suelo Soc. San Joaquin	Suelo	294165	6385815	28.12.2011	42617	024-2012
10	Suelo valor base (T.Collahue)	Suelo	292110	6385542	09.05.2012	45158	229-2012
11	Camino El Navio (suelo costado carretera)	Suelo	292578	6382579	10.05.2012	45143	229-2012
12	Parcela El Navio (suelo agrícola)	Suelo	292596	6382575	10.05.2012	45144	229-2012
13	Parcela N°35 (suelo agrícola)	Suelo	292982	6385791	10.05.2012	45163	229-2012
14	Estero el cobre (suelo oriente)	Suelo	295933	6386387	09.05.2012	45169	229-2012
15	Estero el cobre (suelo poniente)	Suelo	295944	6386436	09.05.2012	45173	229-2012
16	Parcela 14 (muestra de alud)	Suelo	292197	6383220	10.05.2012	45174	229-2012
17	Parcela 67-A (suelo agrícola)	Suelo	292680	6382564	10.05.2012	45142	229-2012
18	Parcela 5 (suelo Macal rural)	Suelo	292478	6382085	10.05.2012	45145	229-2012
19	Parcela 14 (suelo)	Suelo	292142	6383034	10.05.2012	45146	229-2012
20	Parcela Los Caleos 1(suelo)	Suelo	294747	6385689	09.05.2012	45147	229-2012
21	Parcela Los Caleos 2(suelo)	Suelo	294748	6385689	09.05.2012	45148	229-2012



Anexo 3.

Adicionalmente, se obtuvieron dos muestras puntuales provenientes del botadero de estériles y del relave derramado en la parcela 67-A, cuya ubicación se indica en la siguiente tabla.

Tabla A.3.5: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de estériles y relaves.

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe Cenma
3	Botadero de Estériles	Estériles mineros	293961	6382618	12.11.2011	42188	049-2011
4 (S10)	Parcela 67-A (Relave)	relave	-	-	10.05.2012	45141	229-2012

Respecto de los sedimentos, se obtuvieron 35 muestras de sedimentos, 26 de ellas provenientes de distintas ubicaciones del lecho de **estero El Cobre** (marcas rojas). 3 obtenidas del cauce del lecho del **estero La Javiera** (marcas amarillas), 1 del **canal El Melón** (marca verde), 3 del centro del **Tranque Collahue** y 2 muestras del lecho del **Despiche emergencia del tranque El Torito** (marca salmón), detalladas a continuación.



Figura A.3.7:Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos del Estero El Cobre.

Tabla A.3.6: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de sedimentos.

Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe Cenma	
1	Lodo estero del Cu	sedimento	292391	6383369	12.11.2011	42194	049-2012
2	M1 sedimento Estero Cu	sedimento	292713	6380832	28.12.2011	42614	024-2012
3	M4 sedimento Estero Cu	sedimento	294994	6386672	28.12.2011	42623	024-2012
4	M3 Sedimento Estero Cu	sedimento	293494	6385507	28.12.2011	42625	024-2012
5	M2 Sedimento Estero Cu	sedimento	292271	6383259	28.12.2011	42628	024-2012
6	E. Cobre (lecho) A.C.	sedimento	292368	6383328	10.05.2012	45132	229-2012
7	E. Cobre (Estr.1) P.C.	sedimento	292233	6383024	10.05.2012	45133	229-2012
8	E. Cobre (Estr.2) P.C.	sedimento	292233	6383024	10.05.2012	45134	229-2012
9	E. Cobre (lecho) P.C.	sedimento	292227	6383024	10.05.2012	45135	229-2012
10	E. Cobre (costra) P.C.	sedimento	292227	6383024	10.05.2012	45136	229-2012
11	E. Cobre (costra 2) P.C.	sedimento	292205	6383040	10.05.2012	45137	229-2012
12	Estero el cobre (talud oriente)	sedimento	295935	6386392	10.05.2012	45170	229-2012
13	Estero el Cobre (Lecho oriente)	sedimento	295930	6386410	10.05.2012	45171	229-2012
14	Estero el Cobre (Lecho poniente)	sedimento	295938	6386431	10.05.2012	45172	229-2012
15	E. Cobre (Estr.1)	sedimento	292766	6384280	09.05.2012	45149	229-2012
16	E. Cobre (Estr.2)	sedimento	292766	6384280	09.05.2012	45150	229-2012
17	E. Cobre (Estr.3)	sedimento	292766	6384280	09.05.2012	45151	229-2012
18	E. Cobre (Estr.4)	sedimento	292766	6384280	09.05.2012	45152	229-2012
19	E. Cobre (lecho)	sedimento	292767	6384281	09.05.2012	45153	229-2012
20	E. Cobre (lecho)	sedimento	292764	6384284	09.05.2012	45154	229-2012
21	E. Cobre (lecho)	sedimento	292760	6384287	09.05.2012	45155	229-2012
22	E. Cobre (lecho)	sedimento	292757	6384290	09.05.2012	45156	229-2012
23	E. Cobre (talud poniente)	sedimento	292745	6384300	09.05.2012	45157	229-2012
24	Boca toma (arcilla)	sedimento	293737	6386200	09.05.2012	45166	229-2012
25	Boca toma (arcilla)	sedimento	293737	6386200	09.05.2012	45167	229-2012

26	Boca toma (arcilla)	sedimento	293737	6386200	09.05.2012	45168	229-2012
27	E. Javiera (talud oriente)	sedimento	291509	6384763	10.05.2012	45138	229-2012
28	E. Javiera (lecho)	sedimento	291517	6384776	10.05.2012	45139	229-2012
29	E. Javiera (talud poniente)	sedimento	291496	6384794	10.05.2012	45140	229-2012
30	Canal El Melón	sedimento	292389	6385424	09.05.2012	45159	229-2012
31	Tranque Collahue (central prof. 20cm)	sedimento	292126	6385193	09.05.2012	45160	229-2012
32	Tranque Collahue (central prof. 0cm)	sedimento	292126	6385193	09.05.2012	45161	229-2012
33	Tranque Collahue (salida del canal)	sedimento	292139	6385008	09.05.2012	45162	229-2012
34	Despiche emergencia T. Torito (lecho)	sedimento	296011	6386404	09.05.2012	45164	229-2012
35	Despiche emergencia T. Torito (orilla)	sedimento	296011	6386406	09.05.2012	45165	229-2012

- **Muestreo de polvo de techo.**

Se obtuvieron muestras de polvo desde techos y canaletas de casas ubicadas en el pueblo El Melón, con el fin de evidenciar la posible contaminación por material particulado depositado en techos y patios (Figura A.3.8). Estas muestras fueron obtenidas mediante escobillado con brocha plástica y recogida directa en bolsa plástica.



Figura A.3.8: Muestreo de polvo de techo.

Tabla A.3.7: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de polvo de techo.

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe Cenma
1	Muestra techo Villa JF(P)	polvo de techo	291492	6382098	22.12.2011	42590	012-2012
2	Muestra techo Villa JF(2)	polvo de techo	291492	6382098	22.12.2011	42591	012-2012
3	Muestra techo Villa JF. (Z)	polvo de techo	291520	6382069	22.12.2011	42592	012-2012

- **Muestreo de productos vegetales comestibles y no comestibles.**

Se obtuvieron muestras de varios frutos que se consumen de manera directa, sin cocción como ciruelas y damascos. Además se obtuvieron muestras de hojas de árboles de naranja y otros materiales vegetales.



Figura A.3.9: Obtención de muestras de frutos y material vegetal.

Se recolectaron 15 muestras de vegetales provenientes de la zona de estudio. 5 de las muestras corresponden a frutos comestibles; 4 a hortalizas y 6 a otro tipo de vegetal como hojas y frutos no comestibles. El muestreo de vegetales fue un muestreo aleatorio simple, basado en criterio de los expertos que ejecutaron este proyecto. Se tomaron porciones aleatorias de frutos y vegetales, las que fueron conformadas en una muestra compuesta por cada tipo de producto.

Anexo 3.

La ubicación de los puntos de muestreo se presenta en la figura A.3.10, cuyo detalle de ubicación se presenta en la tabla A.3.8.

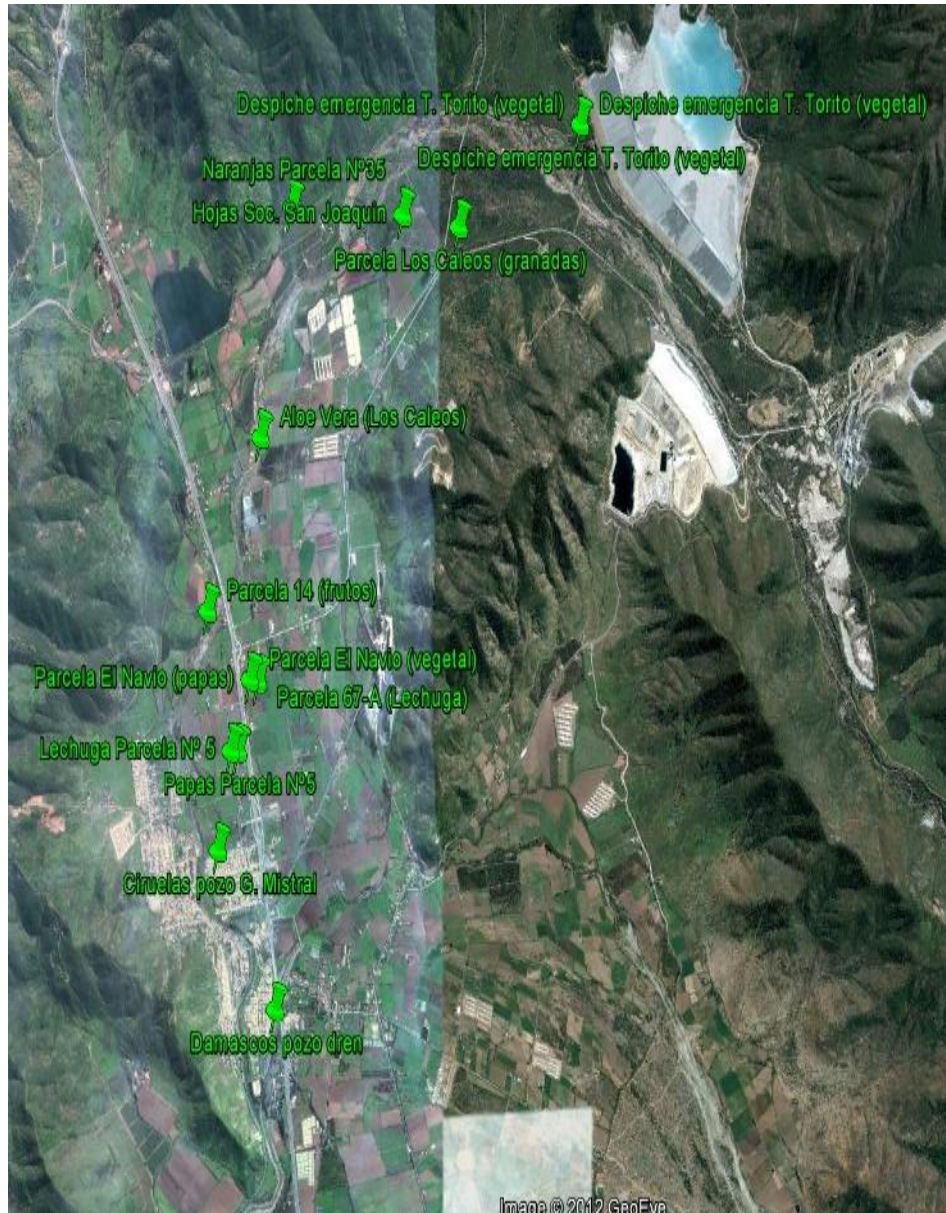


Figura A.3.10: Ubicación general de los puntos de muestreo de frutos, hojas y hortalizas en el sector del Estero El Cobre.

Tabla A.3.8: Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J de los puntos de muestreo de frutos, hojas y hortalizas en el sector del estero El Cobre

	Identificación de la muestra	Matriz	Coordenadas en proyección UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha de muestreo	No Cenma	Informe Cenma
1	Ciruelas pozo G. Mistral	Ciruelas	292283	6381402	26.12.2012	42596	014-2012
2	Damascos pozo Dren	Damascos	292904	6380329	26.12.2012	42595	014-2012
3	Parcela N°35	Naranjas	292982	6385791	09.05.2012	45204	229-2012
4	Parcela Los Caleos	Granadas	294747	6385689	09.05.2012	45193	229-2012
5	Parcela N°14	Naranja, membrillos	292142	6383034	10.05.2012	45194	229-2012
6	Parcela N°5	Lechuga	292478	6382085	10.05.2012	45199	229-2012
7	Parcela 67-A	Lechuga	292680	6382564	09.05.2012	45201	229-2012
8	Parcela N°5	Papas	292478	6382085	10.05.2012	45202	229-2012
9	Parcela El Navío	Papas	292596	6382575	10.05.2012	45195	229-2012
10	Parcela Los Caleos	Aloe Vera	292678	6384225	09.05.2012	45196	229-2012
11	Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	296011	6386404	09.05.2012	45197	229-2012
12	Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	296011	6386404	09.05.2012	45198	229-2012
13	Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	296011	6386404	09.05.2012	45203	229-2012
14	Camino El Navío (vegetal)	Vegetal	292596	6382575	10.05.2012	45200	229-2012
15	Hojas Soc. San Joaquín	Vegetal	294152	6385763	28.12.2012	42618	024-2012

Nota: Las muestras de vegetal, corresponden a vegetales no comestibles.

Anexo 3.3- Metodologías analíticas.

Metodologías de análisis in situ y resultados obtenidos.

En este estudio, se entiende por “evaluación in situ” a la medición en terreno de los parámetros para los cuales se dispone de tecnología analítica apta para dichas mediciones y que corresponden a parámetros de interés para el estudio. Las mediciones realizadas en terreno fueron:

- pH en aguas potable, superficial y subterránea, utilizando sonda marca Multi 340i modelo WTW, con calibración verificada diariamente.
- Oxígeno disuelto en aguas superficial y subterránea, utilizando sonda marca Multi 340i modelo WTW, con calibración verificada diariamente.
- Nitratos en aguas potable, superficial y subterránea. Método colorimétrico test Nitratos Microquant®.
- Fosfatos en aguas potable, superficial y subterránea. Test Fosfatos Aquamerck®, Método colorimétrico.
- Nitritos en aguas potable, superficial y subterránea. Test Nitritos Aquamerck®. Método colorimétrico.
- Metales en suelo superficial usando un medidor portátil de fluorescencia de rayos X, modelo S1TURBO, marca Bruker en modo Trace Analysis. Este instrumento permite medir los metales Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, Mn, V, Co, Mo, Fe y Hg, considerando límites de detección instrumental.

Resultados de la determinación de pH y oxígeno disuelto, utilizando Sonda marca Multi 340i modelo WTW.

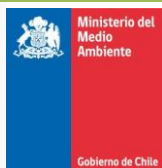
Los resultados de la medición de pH y oxígeno en agua superficial se presentan en las tablas que contienen todos los resultados para los analitos medidos en estas muestras.

Determinación de aniones con kits de terreno.

En terreno se midieron las concentraciones de nitratos (test Nitratos Microquant®), nitritos (test Nitritos Aquamerck®) y fosfatos (Test Fosfatos Aquamerck®) utilizando métodos colorimétricos semicuantitativos que permiten una estimación rápida de las concentraciones. Los resultados se presentan en las tablas que contienen todos los resultados.

Determinación de metales por fluorescencia de rayos X (FRX).

Para este análisis se utilizó un analizador portátil de fluorescencia de rayos X, modelo S1TURBO, marca Bruker en modo Trace Analysis, operado en condiciones de laboratorio,



Anexo 3.

para disminuir la variabilidad por tamaño de partículas en muestras de suelo en condiciones de terreno. Los límites de detección instrumental se presentan en la siguiente tabla.

Tabla A.3.9: Límites de detección para elementos de interés en el analizador portátil de fluorescencia de rayos X marca Bruker, modelo S1TURBO, modo Trace Analysis.

Elemento	Símbolo químico	Límite de Detección	Unidad
Cadmio	Cd	27	mg/kg
Zinc	Zn	5	mg/kg
Cromo	Cr	45	mg/kg
Arsénico	As	5	mg/kg
Cobre	Cu	6	mg/kg
Níquel	Ni	12	mg/kg
Plomo	Pb	11	mg/kg
Selenio	Se	3	mg/kg
Manganeso	Mn	20	mg/kg
Vanadio	V	84	mg/kg
Cobalto	Co	22	mg/kg
Molibdeno	Mo	7	mg/kg
Hierro	Fe	17	mg/kg
Mercurio	Hg	13	mg/kg

El instrumento cuenta con calibraciones ajustadas de origen y las verificaciones en laboratorio fueron efectuadas con Material de Referencia Certificado MRC-SQ001 Lot 013214. El protocolo analítico empleado está basado en el método EPA METHOD 6200 Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment.

Anexo 3.4- Resultados experimentales y comparación con estándares de referencia.

Respecto de los resultados de los análisis, la totalidad de los mismos se presenta en los informes de análisis 012-2012; 014-2012 (actualizado en el informe 014-2013); 021-2012; 024-2012; 049-2012 y 229-2012 (actualizado en el informe 015-2013), que se adjuntan íntegramente al final de este epígrafe.

Análisis comparativo de los resultados analíticos con valores establecidos en la normativa nacional aplicable y con valores de referencia internacionales, considerando las vías de exposición priorizadas para humanos.

A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos con los valores máximos establecidos en normativas nacionales y con criterios de comparación diversos.

Agua potable.

Según la NCh 409/1 Of 2005, el agua potable es aquella que cumple con requisitos microbiológicos, de turbiedad, químicos, radiactivos, organolépticos y desinfección que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano. El agua potable no debe contener elementos o sustancias químicas consideradas esenciales para la salud (cobre, cromo, fluor, hierro, manganeso, magnesio, selenio, zinc) en concentraciones totales mayores que las indicadas como límite máximo para cada una de ellas. Del mismo modo, se establecen límites máximos permitidos para un conjunto de sustancias químicas consideradas no esenciales para la salud humana: arsénico, cadmio, cianuro, mercurio, nitrato, nitrito, razón de nitrito + nitrato, plomo). De estas consideraciones, se aprecia que todos los elementos químicamente considerados como metales pesados no se encuentran normados.

En las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos en muestras de agua potable de la zona de estudio, comparados con los valores máximos permitidos por la NCh 409/1. Of 2005 según los parámetros estudiados.

Tabla A.3.10 Resultados de la determinación de metales totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	<1,08	37,17	<0,96	<6,36	19,28	9,35
M2 agua potable (Villa Disputada)	<1,08	27,26	<0,96	<6,36	60,67	10,46
Agua Potable Pozo Dren	<1,08	62,3	<0,96	<6,36	50,16	5,03
Agua potable G. Mistral	<1,08	26,63	1,01	<6,36	22,64	23,40
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005³	10	3000	50	10	2000	-

Para los metales Cd, Zn, Cr, As y Cu, todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los respectivos valores máximos permitidos. No existe valor normado para el níquel.

Tabla A.3.11. Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	4,06	< 8,04	< 4,92	< 0,93	12,14	< 1,49	58,53
M2 agua potable (Villa Disputada)	8,49	< 8,04	< 4,92	1,08	10,10	< 1,49	36,68
Agua Potable Pozo Dren	< 3,93	< 8,04	< 4,92	< 0,93	8,75	4,43	17,01
Agua potable G. Mistral	< 3,93	< 8,04	< 4,92	< 0,93	10,53	< 1,49	55,58
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005²	50	-	10	100	-	-	-

Para los metales Pb, Se y Mn, todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos mientras que no existen normas para Al, Ag, V y Ba.

³ Las unidades de los parámetros de la norma NCh 409/1 Of. 2005 han sido expresadas en µg/L para facilitar la comprensión del texto. Sin embargo, debe considerarse que la misma considera los valores en mg/L.

Tabla A.3.12. Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 1,28	15,16	1,52	33,25	< 4,20	<0,393
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 1,28	15,05	1,46	30,96	4,36	<0,393
Agua Potable Pozo Dren	< 1,28	4,63	<0,86	49,41	< 4,20	<0,393
Agua potable G. Mistral	< 1,28	14,42	<0,86	7,73	< 4,20	<0,393
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005²	-	-	-	-	300	1

Para el caso de Fe y Hg, todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos mientras que no existen normas para Co, Mo, Be y B.

Respecto de los compuestos orgánicos, se incluyen en la NCh 409/1 Of. 2005, límites máximos para cuatro representantes de la familia de los halometanos, considerados los productos secundarios de la desinfección que con mayor facilidad se forman durante esta etapa de la potabilización del agua. En la tabla 6.14 se presentan los resultados obtenidos para las concentraciones de Bromodiclorometano, Dibromoclorometano, Tribromometano y Triclorometano en muestras de agua potable de la zona de estudio, comparados con sus respectivos valores máximos permitidos. Se observa que las concentraciones son menores al límite de detección para todos los compuestos halometanos analizados.

Tabla A.3.13. Resultados de la determinación de Compuestos Orgánicos. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)			
	Bromodicloro- metano	Dibromocloro- metano	Tribromo- metano	Triclorometano
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Agua Potable G. Mistral	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,06	0,1	0,1	0,2

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

En las tablas A.3.14 y A.3.15 se presentan los resultados para la determinación de la concentración de compuestos orgánicos aromáticos (benceno, tolueno, xilenos, tetracloroetileno), comparados con el límite máximo permitido por la NCh 409/1 Of. 2005. Para todas las muestras se obtuvieron resultados no detectables lo que evidencia la ausencia de estos compuestos en la zona de estudio.

Tabla A.3.14. Resultados de la determinación de Benceno, Tolueno, Xileno. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)			
	Benceno	Tolueno	p/m-Xileno	o-Xileno
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Agua Potable G. Mistral	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,010	0,700	0,500	0,500

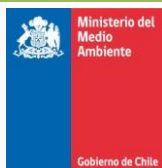
*Análisis externalizado a ALS Environmental.

Tabla A.3.15. Resultados de la Determinación de Tetracloroetileno. Method E5CLF-CRO539 TTCE. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,002
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Agua Potable G. Mistral	< 0,002
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,040

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

Respecto de las concentraciones de pesticidas, herbicidas y otros tóxicos orgánicos como los fenoles, los resultados obtenidos y su correspondiente comparación con los límites máximos permitidos por la NCh 409/1 Of. 2005, se presentan en las tablas A.3.16 a A.3.19. En todos los casos, se obtuvieron niveles no detectables de estos compuestos lo que permite descartar su presencia en la zona de estudio.



Anexo 3.

Tabla A.3.16. Resultados de la determinación de Pentaclorofenol. Method E5CLF-CRO539. Pesticidas Organoclorados. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPASW-846. Adaptación Método 8081,3510.v2, 1997*.

Muestra	Concentración (mg/L)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,001
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,009

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

Tabla A.3.17. Resultados de la determinación de Pesticidas Organoclorados. Method EMA-CRO526 4,4 DDD, EMA-CRO526 4,4 DDE, EMA-CRO526 4,4 DDT, EMA-CRO526 Lindano, EMA-CRO526 Metox. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8081,3510, v2.1997.*

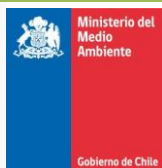
Muestra	Concentración (mg/L)				
	4,4 DDD	4,4 DDE	4,4 DDT	Lindano	Metoxicloro
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Agua Potable G. Mistral	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,002			0,030	0,020

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

Tabla A.3.18. Resultados de la determinación de Herbicida 2,4 -D. Method EHER-CRO540 2,4-D. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPA SW-846, Adaptación método 8081,3510.v2,1997*

Muestra	Concentración (mg/L)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,001
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,030

*Análisis externalizado a ALS Environmental



Anexo 3.

Tabla A.3.19. Resultados de la determinación de Fenoles. Method EFEN-COL107. Cloroform Extraction Method, APHA 5530-C, pages 5-45 to 5-46, 21st ed. 2005*

Muestra	Concentración (mg/L)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,001
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	0,002

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

Se determinaron los niveles de coliformes fecales en las aguas potables de la zona de estudio, considerando que las coliformes constituyen un buen indicador de la calidad de las aguas. Según la autoridad chilena, las aguas potables deben ser exentas de coliformes fecales. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla A.3.20 que evidencia la calidad microbiológica de las aguas estudiadas.

Tabla A.3.20. Resultados de la determinación de Coliformes Fecales. Method ESUBC-513, Fecal Coliform Procedure. APHA 9221-E, pages 9-56 to 9-57, 21st ed. 2005*

Muestra	Concentración (NMP/100mL)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 1,8
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 1,8
Agua Potable Pozo Dren	< 1,8
Agua Potable G. Mistral	< 1,8
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	<1,8 NMP/100 mL

*Análisis externalizado a AS Environmental.

Los resultados de las concentraciones de aniones en las muestras de agua potable obtenidas en la zona de estudio, presentados en la tabla A.3.21, evidencian que todas las muestras contienen concentraciones inferiores a los respectivos límites máximos permitidos.

Tabla A.3.21. Resultados de la Determinación de Fluoruro (F^-), Cloruro (Cl^-), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Fosfatos (PO_4^{3-}) y Bromuros (Br^-) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Br^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
M1 agua potable (Villa J. Fernández)	< 0,06	39,26	< 0,02	247,52	< 0,09	43,51	< 0,02
M2 agua potable (Villa Disputada)	< 0,06	32,51	< 0,02	247,38	< 0,09	23,55	< 0,02
Agua Potable Pozo Dren	0,06	29,44	< 0,02	243,82	< 0,09	11,87	< 0,02
Agua Potable G. Mistral	0,07	24,36	< 0,02	191,42	< 0,09	13,06	< 0,02
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	1,5	400	3	500	-	50	-

A modo de resumen, todas las muestras de agua potable obtenidas en la zona de estudio, procedentes de diferentes sectores poblados de la misma, cumplen con los requisitos de calidad establecidos en la NCh 409/1 Of 2005 y, en consecuencia, no representan un riesgo para la salud de las personas de estas localidades.

Agua superficial.

Respecto de las aguas superficiales del Estero El Cobre y de la zona de estudio, en las tablas A.3.22 a A.3.24 se comparan las concentraciones de metales pesados analizados respecto de los criterios respecto de la NCh 1333/1978, que estipula que para el uso de bebida en animales deberán cumplirse los estándares de la NCh 409/1 Of 2005, mientras que establece estándares específicos para el uso como agua de riego. La comparación respecto de estos dos criterios se justifica por la ausencia de normativa que regule la calidad natural de las aguas del Estero El Cobre en particular y del río Aconcagua en general, y asumiendo los escenarios más probables de uso de las aguas del estero.

Tabla A.3.22 Resultados de la determinación de metales totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Agua superficial M1	6,06	24,40	<0,96	<6,36	16,41	<2,64
Agua superficial M2	5,36	19,39	<0,96	<6,36	23,84	3,76
M1 agua Estero Cu	<1,08	24,06	1,20	<6,36	5,25	29,19
M2 agua Estero Cu	<1,08	24,01	1,00	<6,36	33,88	25,90
M4 agua Estero Cu	<1,08	31,74	<0,96	<6,36	90,73	17,21
Charco agua boca toma	<1,08	36,20	<0,96	33,10	13,80	<2,64
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005⁴	10	3000	50	10	2000	-
Valor máximo permitido NCh 1333/1978⁵. Estándar para agua de riego	10	2000	10	100	200	200

Tabla A.3.23 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Agua superficial M1	21,23	18,10	<4,92	27,82	25,90	<1,49	35,73
Agua superficial M2	21,95	71,14	<4,92	22,90	12,87	<1,49	31,93
M1 agua Estero Cu	<3,93	< 8,04	<4,92	35,61	10,00	<1,49	40,98
M2 agua Estero Cu	4,16	289,6	<4,92	100,10	10,41	2,15	55,21
M4 agua Estero Cu	5,53	193,50	<4,92	37,28	29,29	3,21	29,55
Charco agua boca toma	<3,93	40,50	118,60	327,00	<1,91	<1,49	38,9
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	50	-	10	100	-	-	-
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	5000	5000	20	200	200	100	4000

⁴ Las unidades de los parámetros de la norma NCh 409/1 Of. 2005 han sido expresadas en µg/L para facilitar la comprensión del texto. Sin embargo, debe considerarse que la misma considera los valores en mg/L.

⁵ Las unidades de los parámetros de la norma NCh 1333/1978 han sido expresadas en µg/L para facilitar la comprensión del texto. Sin embargo, debe considerarse que la misma reporta valores en mg/L.

Tabla A.3.24 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Agua superficial M1	<1,28	17,30	<0,86	114,0	32,51	<0,393
Agua superficial M2	<1,28	14,46	<0,86	84,31	131,5	<0,393
M1 agua Estero Cu	<1,28	15,90	<0,86	15,30	5,38	<0,393
M2 agua Estero Cu	<1,28	14,16	<0,86	44,59	426,50	<0,393
M4 agua Estero Cu	<1,28	19,04	<0,86	114,50	403,40	<0,393
Charco agua boca toma	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	87,30	-
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	-	-	-	-	300	1
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	50	10	100	750	5000	1

Respecto de las concentraciones de metales, para el caso del manganeso en la muestra denominada Charco agua boca toma se sobrepasa el límite establecido; esta muestra fue tomada en el sector que corresponde al inicio del cono de deyección, debajo de la faena de la minera El Soldado, con presencia de charcos de agua y pisadas de animales. En general, esta zona se usa como abrevadero animal. Según el perfil de toxicidad del manganeso, descrito por ASTDR (2008), en animales machos que recibieron cantidades altas de manganeso en la comida se observaron daños de los espermatozoides y alteraciones de la función reproductiva mientras que hembras de roedores tratadas con manganeso oral sufrieron alteraciones de la fertilidad.

Los resultados de Mo, superan levemente el valor máximo permitido para el estándar de riego, sin embargo, estos valores pueden considerarse prácticamente dentro de la variabilidad experimental. Para el caso del Fe, las muestras M2 y M4 superan ligeramente el estándar para agua de bebida de animales mientras que son notablemente inferiores que el valor máximo del estándar de agua para riego.

En la tabla A.3.25 se presentan los resultados de las concentraciones de aniones en las muestras de agua potable, comparados con los criterios descritos. Se evidencia que para sulfatos, todas las muestras exceden el valor máximo permitido para riego y las dos últimas exceden también el valor máximo permitido para agua de bebida. Estas dos muestras, presentan influencia de las aguas del tranque de relaves El Torito, que contienen concentraciones de sulfatos del orden de 1.500 mg/L, según información presentada por la empresa minera El Soldado (comunicación personal en presentación día 10 de agosto de 2012).

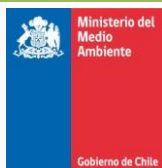
Tabla A.3.25. Resultados de la determinación de Fluoruro (F^-), Cloruro (Cl^-), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Fosfatos (PO_4^{3-}) y Bromuros (Br^-) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Br^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Agua superficial M1	-	-	-	-	-	-	-
Agua superficial M2	-	-	-	-	-	-	-
M1 agua Estero Cu	0,070	34,82	< LD	289,16	< LD	10,18	< LD
M2 agua Estero Cu	0,073	36,06	< LD	331,03	< LD	9,90	< LD
M4 agua Estero Cu	0,061	93,78	< LD	1669,73	0,22	0,17	< LD
Charco agua boca toma	0,13	128,51	7,32	1993,97	1,36	0,61	0,60
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	1,5	400	3	500	-	50	-
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	1,0	200	-	250	-	-	-

Agua subterránea.

Respecto de los resultados en muestras de agua subterránea, estos se presentan en dos bloques considerando que algunas muestras fueron tomadas en sectores donde su principal uso es como agua de riego (los que serán comparados con el estándar de calidad de agua para riego establecido en la NCh 1333/1978) y otras muestras provienen de sectores donde su principal aplicación es como agua de bebida, por lo que serán comparados con los valores máximos permitidos según la NCh 409/1 Of 2005.

En las tablas A.3.26 a la A.3.29 se presentan los resultados de metales y aniones para las muestras de agua subterránea que tienen uso en riego.



Anexo 3.

Tabla A.3.26 Resultados de la determinación de metales totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Agua de Regadío Soc. San Joaquín (riego)	<1,08	26,66	<0,96	<6,36	3,29	23,40
Agua pozo población Los Caleos (riego)	3,00	27,80	<0,96	109,80	7,70	6,10
Agua pozo Parcela 67 (riego)	<1,08	27,60	<0,96	70,80	<1,72	2,70
Agua pozo parcela 5 (riego)	<1,08	16,00	<0,96	37,70	<1,72	11,80
Agua pozo parcela 4 (riego)	3,80	17,30	<0,96	14,90	<1,72	3,90
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	10	2000	10	100	200	200

Tabla A.3.27 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Agua de Regadío Soc. San Joaquín (riego)	7,70	<8,04	<4,92	9,84	28,04	<1,49	42,38
Agua pozo población Los Caleos (riego)	<3,93	30,80	37,50	7,70	<0,93	1,50	56,6
Agua pozo Parcela 67 (riego)	<3,93	17,90	<4,92	5,40	<0,93	<1,49	36,4
Agua pozo parcela 5 (riego)	<3,93	<8,04	<4,92	2,40	<0,93	<1,49	47,40
Agua pozo parcela 4 (riego)	<3,93	16,90	16,30	11,20	<0,93	<1,49	44,10
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	5000	5000	20	200	200	100	4000

Tabla A.3.28. Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Agua de Regadío Soc. San Joaquín (riego)	<1,28	22,86	<0,86	48,32	< LD	<ld
Agua pozo población Los Caleos (riego)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	49,50	-
Agua pozo Parcela 67 (riego)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	9,00	-
Agua pozo parcela 5 (riego)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	22,80	-
Agua pozo parcela 4 (riego)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	5,80	-
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	50	10	100	750	5000	1

Tabla A.3.29 Resultados de la determinación de Fluoruro (F⁻), Cloruro (Cl⁻), Nitritos (NO₂⁻), Nitratos (NO₃⁻), Sulfatos (SO₄²⁻), Fosfatos (PO₄³⁻) y Bromuros (Br⁻). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMMA-002).

Muestra	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Agua de Regadío Soc. San Joaquín (riego)	0,040	86,071	<0,02	1391,70	0,158	2,035	<0,02
Agua pozo población Los Caleos (riego)	0,07	49,64	6,56	713,10	0,54	7,79	<0,02
Agua pozo Parcela 67 (riego)	0,14	36,86	4,89	374,46	0,40	12,34	<0,02
Agua pozo parcela 5 (riego)	0,06	24,51	4,86	168,47	0,31	17,95	<0,02
Agua pozo parcela 4 (riego)	0,08	27,00	4,67	189,97	0,38	12,57	<0,02
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	1,0	200	-	250	-	-	-

La muestra de pozo proveniente de la población Los Caleos sobrepasa los valores máximos permitidos para arsénico, selenio y sulfatos. Por su parte, la muestra proveniente de la Sociedad San Joaquín sobrepasa los valores máximos permitidos para molibdeno y sulfato, posiblemente por la influencia de las aguas del tranque de relaves El Torito, considerando la alta concentración de sulfatos.

Tabla A.3.30. Resultados de la determinación de Litio (Li^+), Sodio (Na^+), Amonio (NH_4^+), Potasio (K^+), Magnesio (Mg^{2+}) y Calcio (Ca^{2+}). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	Li^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)
Agua de Regadío Soc. San Joaquín (riego)	<0,02	130,75	4,90	3,28	53,67	268,40
Agua pozo población Los Caleos (riego)	<0,02	88,01	<0,01	1,65	82,29	326,72
Agua pozo Parcela 67 (riego)	<0,02	50,52	<0,01	0,69	47,34	148,78
Agua pozo parcela 5 (riego)	<0,02	47,20	<0,01	1,16	25,14	103,41
Agua pozo parcela 4 (riego)	<0,02	28,81	<0,01	1,11	26,08	103,79
Valor máximo permitido NCh 1333/1978. Estándar para agua de riego	2,5	35% (equivalente a 35000 mg/L)	-	-	-	-

Respecto del uso del agua de pozo como fuente de agua potable, los resultados obtenidos y su respectiva comparación con los valores máximos permitidos para la NCh 409/1 Of 2005, se presentan en las tablas A.3.31 a A.3.34.

Tabla A.3.31. Resultados de la determinación de metales totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración ($\mu\text{g/L}$)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Agua Pozo 1 (Agua potable)	<1,08	45,570	<0,96	<6,36	27,44	9,535
Pozo Dren (Agua potable)	<1,08	17,84	<0,96	<6,36	2,82	5,004
Pozo Gabriela Mistral (agua potable)	<1,08	24,42	<0,96	<6,36	5,23	<2,64
Agua de bebida animal parcela 14 (bebida animal)	<1,08	11,40	<0,96	35,00	8,50	<2,64
Agua pozo parcela 14 (agua potable)	2,60	24,60	<0,96	74,70	6,00	12,20
APR Los Caleos (agua potable)	<1,08	34,70	<0,96	83,90	2,50	49,80
Valor máximo permitido NCh 409/1 Of. 2005	10	3000	50	10	2000	-

Tabla A.3.32 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Agua Pozo 1 (Agua potable)	10,27	<8,04	<4,92	0,99	11,85	<1,49	39,21
Pozo Dren (Agua potable)	<3,93	27,51	<4,92	20,73	9,00	3,66	17,24
Pozo Gabriela Mistral (agua potable)	<3,93	<8,04	<4,92	<0,93	9,53	<1,49	61,61
Agua de bebida animal parcela 14 (bebida animal)	<3,93	10,70	21,80	4,20	<1,91	<1,49	54,10
Agua pozo parcela 14 (agua potable)	<3,93	9,50	<4,92	2,90	<1,91	<1,49	57,4
APR Los Caleos (agua potable)	<3,93	18,20	43,90	4,20	<1,91	<1,49	44,1
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	50	-	10	100	-	-	-

Tabla A.3.33 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Agua Pozo 1 (Agua potable)	<1,28	18,55	1,52	32,18	4,83	
Pozo Dren (Agua potable)	<1,28	3,82	<0,86	60,21	165,9	<0,39
Pozo Gabriela Mistral (agua potable)	<1,28	4,96	<0,86	30,29	<4,20	<0,39
Agua de bebida animal parcela 14 (bebida animal)	<1,28	10,70	21,80	<5,11	<4,20	-
Agua pozo parcela 14 (agua potable)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	6,80	-
APR Los Caleos (agua potable)	<1,28	<2,12	<0,86	<5,11	13,50	-
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	-	-	-	-	300	1

Tabla A.3.34 Resultados de la determinación de Fluoruro (F^-), Cloruro (Cl^-), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Fosfatos (PO_4^{3-}) y Bromuros (Br^-). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Br^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Agua Pozo 1 (Agua potable)	<0,06	33,179	<0,02	251,00	<0,09	48,427	<0,02
Pozo Dren (Agua potable)	0,063	27,43	<0,02	212,09	<0,09	17,24	<0,02
Pozo Gabriela Mistral (agua potable)	<0,06	29,28	<0,02	276,55	<0,09	12,44	<0,02
Agua de bebida animal parcela 14 (bebida animal)	0,09	25,70	1,43	158,57	0,33	8,51	<0,02
Agua pozo parcela 14 (agua potable)	0,11	25,37	4,98	160,29	0,27	16,35	0,24
APR Los Caleos (agua potable)	0,06	71,75	0,29	486,82	<0,09	30,19	<0,02
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	1,5	400	3	500	-	50	-

Respecto de las aguas de pozo con uso en agua potable, para las muestras provenientes de la parcela 14, tanto en uso de bebida animal como en agua potable, y para el agua del APR Los Caleos se sobrepasa el valor máximo permitido para arsénico y el valor máximo permitido para selenio en la primera y en la última muestra. Las concentraciones de sulfato, no sobrepasan el valor máximo permitido de 500 mg/L en ninguna de las muestras.

Tabla A.3.35 Resultados de la determinación de Litio (Li^+), Sodio (Na^+), Amonio (NH_4^+), Potasio (K^+), Magnesio (Mg^{2+}) y Calcio (Ca^{2+}). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	Li^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)
Agua Pozo 1 (Agua potable)	<0,02	27,73	2,25	2,52	28,36	102,06
Pozo Dren (Agua potable)	<0,02	28,74	1,88	2,02	32,97	93,84
Pozo Gabriela Mistral (agua potable)	<0,02	25,79	0,86	0,77	25,03	87,01
Agua de bebida animal parcela 14 (bebida animal)	<0,02	40,56	1,04	2,36	25,51	88,27
Agua pozo parcela 14 (agua potable)	<0,02	48,91	0,54	1,93	28,44	90,92
APR Los Caleos (agua potable)	<0,02	50,23	<0,01	1,20	52,00	170,11
Valor máximo permitido NCh 409/1. Of 2005.	-	-	-	-	125	-

Polvo de techo.

Las tablas A.3.36 a A.3.38 contienen los resultados de las concentraciones de metales en muestras de polvo de techo.

Tabla A.3.36 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

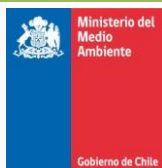
Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Muestra Techo (P)	2,45	4462,82	33,83	18,90	1067,53	1,16
Muestra Techo (2)	2,76	6935,08	29,44	22,47	496,04	<0,382
Muestra Techo Pizarreño	1,26	264,43	6,94	14,27	380,22	<0,382

Tabla A.3.37 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V
Muestra Techo (P)	117,58	6882,67	<1,8	907,23	<0,047	132,59
Muestra Techo (2)	78,58	8155,14	<1,8	668,80	<0,047	112,23
Muestra Techo Pizarreño	6,14	4725,81	6,38	599,92	0,20	91,00

Tabla A.3.38 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Muestra Techo (P)	41,96	23,49	<0,31	<0,018	147,77	27020,80	0,218
Muestra Techo (2)	46,00	18,21	<0,31	<0,018	149,92	31408,09	<0,108
Muestra Techo Pizarreño	15,04	9,16	<0,31	<0,018	311,04	6198,64	0,253



Anexo 3.

Suelo.

En las tablas A.3.39 y A.3.40 se presentan las concentraciones de metales en suelos de la zona de estudio, comparados con los valores de referencia para uso agrícola y residencial en México, Brasil y España. En estas legislaciones se observa que en las tres normas no se regulan los mismos metales, tampoco tienen valores semejantes para un mismo metal, por lo que esta comparación es poco provechosa desde el punto de vista de la evaluación de riesgos a la salud.

Tabla A.3.39 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Suelo valor base M1	1,01	105,5	8,97	68,63	46,77	4,21
Suelo valor base M2	1,54	133,4	19,81	48,27	55,93	6,05
M1 suelo Estero Cu	1,40	109,72	23,33	22,26	647,86	7,05
M2 Suelo Estero Cu	1,46	78,29	28,92	20,74	220,26	7,56
M3 suelo Estero Cu	1,45	141,43	24,66	29,68	1678,17	5,39
M4 Suelo Estero Cu	1,14	98,49	12,96	20,29	2813,46	4,16
Suelo pozo Angloamerican	1,31	94,93	11,83	11,91	2214,00	6,13
Suelo pozo monitoreo N°12 CMD	1,20	149,37	15,96	18,45	174,80	5,95
Suelo Soc. San Joaquin	1,23	157,72	15,17	16,33	152,62	5,53
Suelo valor base (T.Collahue)*	<27	84,75	<45	11,33	119,33	<12
Camino El Navio (suelo costado carretera)*	<27	152,50	<45	67,50	2895,00	<12
Parcela El Navio (suelo agrícola)*	<27	204,00	<45	12,60	327,60	<12
Parcela N°35 (suelo agrícola)*	<27	152,60	<45	14,50	442,00	<12
Estero el cobre (suelo oriente)*	<27	225,80	<45	12,20	436,60	<12
Estero el cobre (suelo poniente)*	35,00	177,20	66,60	15,60	2582,50	<12
Parcela 14 (muestra de alud)*	<27	64,00	<45	7,25	5200,00	<12
Parcela 67-A (suelo agrícola)*	<27	154,80	<45	8,00	190,20	<12
Parcela 5 (suelo) Macal rural*	<27	187,20	<45	10,33	224,00	<12
Parcela 14 (suelo)*	<27	157,40	<45	6,00	165,25	<12
Parcela Los Caleos 1(suelo)*	<27	176,75	<45	8,25	181,20	<12
Parcela Los Caleos 2(suelo)*	<27	181,80	<45	5,50	202,80	<12
Concentración de referencia total para uso agrícola/residencial (México)	37	-	280*	22	-	1600
Concentración de referencia uso agrícola/residencial, Brasil	1,3/3	450/1000	150/300	35/55	200/400	70/100
Valores indicativos de evaluación (País Vasco, España)	0,8	50	25	23	10	12

*Mediciones realizadas por FRX según protocolo interno basado en método EPA 6200.

Tabla A.3.40 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Pb	Mn	V	Ba	Co	Fe	Hg
Suelo valor base M1	10,08	790,60	71,40	29,70	14,94	12334	0,02
Suelo valor base M2	11,99	410,8	70,81	4,55	16,23	17620	0,03
M1 suelo Estero Cu	9,87	1058,4	140,47	19,64	19,13	32756	<LD
M2 Suelo Estero Cu	9,56	835,2	98,46	23,17	15,54	21054	<LD
M3 suelo Estero Cu	10,65	1181,3	198,82	21,99	18,97	39286	<LD
M4 Suelo Estero Cu	8,64	1092,2	101,29	32,56	14,77	23710	<LD
Suelo pozo Angloamerican	18,23	870,8	120,5	21,92	16,38	24480	0,03
Suelo pozo monitoreo N°12 CMD	8,62	1071,0	125,20	27,20	16,45	25411	<LD
Suelo Soc. San Joaquín	10,31	412,4	86,34	43,89	13,85	28876	<LD
Suelo valor base (T.Collahue)*	<11	927	<84	409,25	<22	301250	< 13
Camino El Navío (suelo costado carretera)*	<11	1090	<84	423,25	28,50	390750	< 13
Parcela El Navío (suelo agrícola)*	31,00	1602	129,75	461,20	43,17	451000	< 13
Parcela N°35 (suelo agrícola)*	<11	1423	145,40	457,00	42,67	461600	< 13
Estero el cobre (suelo oriente)*	42,00	1240	135,20	562,80	36,00	417400	< 13
Estero el cobre (suelo poniente)*	28,80	1672	169,00	495,80	48,40	491500	< 13
Parcela 14 (muestra de alud)*	<11	1580	84,20	293,00	25,00	367000	< 13
Parcela 67-A (suelo agrícola)*	<11	1098	<84	381,00	23,67	342200	< 13
Parcela 5 (suelo) Macal rural*	24,00	1384	124,00	559,20	37,67	411500	< 13
Parcela 14 (suelo)*	<11	1062	87,80	471,80	22,60	336200	< 13
Parcela Los Caleos 1(suelo)*	<11	1322	151,40	710,20	46,33	445400	< 13
Parcela Los Caleos 2(suelo)*	19,67	1260	154,20	469,20	37,33	423600	< 13
Concent. Ref. uso agrícola/residencial (México)	400	-	78	5400	-	-	23
Concent. uso agrícola/residencial, Brasil	180/300	-	-	150/300	35/65	-	12/36
Valores indicativos de evaluación (País Vasco, España)	16	-	-	80	6	-	0,3

*Mediciones realizadas por FRX según protocolo interno basado en método EPA 6200.

Sedimentos.

Respecto de los sedimentos, se presentan en las tablas A.3.41 y A.3.42, las concentraciones de metales pesados medidas en diferentes puntos de la zona de estudio. Para la comparación se consideraron los valores obtenidos por el estudio “Análisis de la composición físico química de los sedimentos fluviales y su relación con la disponibilidad de metales en agua”, desarrollado por CENMA para la DGA en 2009. De la totalidad de los datos reportados en ese informe, se seleccionaron los correspondientes a la estación Romeral, que es la estación de la DGA que se ubica en el sector más próximo a la zona de estudio, además, se seleccionaron los valores de la campaña de verano por corresponder con la época en que se realizó el presente estudio.

Tabla A.3.41 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Lodo estero del Cu	1,47	153,5	13,11	49,22	1790	9,86
M1 sedimento Estero Cu	1,54	157,65	21,48	18,11	687,52	13,71
M4 sedimento Estero Cu	0,68	94,04	6,46	10,56	747,11	29,04
M3 Sedimento Estero Cu	2,43	165,69	15,61	51,79	2404,14	9,23
M2 Sedimento Estero Cu	0,35	32,47	3,29	4,12	373,30	2,75
S-1: E. Cobre (lecho) antes de confluencia	<27	267,67	49,50	20,50	1980,0	<12
S-2: E. Cobre (Estr.1) postconfluencia	<27	228,00	96,80	11,40	339,0	<12
S-3: E. Cobre (Estr.2) postconfluencia	<27	140,75	<45	11,00	3814,0	<12
S-4: E. Cobre (lecho) postconfluencia.	<27	206,00	<45	20,60	1332,0	<12
S-5: E. Cobre (costra) postconfluencia	<27	215,80	<45	10,40	1402,5	<12
S-6: E. Cobre (costra 2) postconfluencia	<27	152,50	77,40	9,40	1313,3	<12
S-39: Estero el cobre (talud oriente)	<27	215,60	<45	12,40	348,2	<12
S-40: Estero el Cobre (Lecho oriente)	<27	110,67	<45	6,67	4490,0	<12
S-41: Estero el Cobre (Lecho poniente)	<27	161,80	<45	8,40	3056,0	<12
S-18: E. Cobre (Estr.1)	<27	252,40	78,80	9,00	646,6	<12
S-19: E. Cobre (Estr.2)	<27	262,80	86,40	18,00	1457,5	<12
S-20: E. Cobre (Estr.3)	<27	203,40	56,00	18,50	782,2	<12
S-21: E. Cobre (Estr.4)	27,40	233,20	75,80	17,00	1160,0	<12
S-22: E. Cobre (lecho)	<27	282,60	65,20	24,80	1714,0	<12
S-23: E. Cobre (lecho)	<27	242,20	<45	23,33	1820,0	<12
S-24: E. Cobre (lecho)	<27	257,40	53,40	20,25	1560,0	<12
S-25: E. Cobre (lecho)	40,60	204,20	50,60	13,00	1600,0	<12

Tabla A.3.41 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
S-26: E. Cobre (talud poniente)	<27	130,00	<45	13,60	3704,0	<12
S-35: Boca toma (arcilla)	<27	251,80	86,00	63,20	5166,0	<12
S-36: Boca toma (arcilla)	<27	258,80	82,40	70,25	5446,0	<12
S-37: Boca toma (arcilla)	<27	263,00	45,20	47,40	3277,5	<12
S-7: E. Javiera (talud oriente)	<27	99,00	<45	11,00	72,25	<12
S-8: E. Javiera (lecho)	<27	109,00	55,00	11,80	342,6	<12
S-9: E. Javiera (talud poniente)	31,00	104,40	<45	6,80	79,80	<12
S-28: Canal El Melón	<27	158,25	<45	15,80	1422,5	<12
S-29: Tranque Collahue (central prof. 20cm)	<27	134,60	<45	10,20	572,8	<12
S-30: Tranque Collahue (central prof. 0cm)	<27	187,67	<45	22,33	1658,0	<12
S-31: Tranque Collahue (salida del canal)	<27	167,50	<45	13,40	597,4	<12
S-33: Despiche emergencia T. Torito (lecho)	<27	182,00	46,2	14,40	1618,0	<12
S-34: Despiche emergencia T. Torito (orilla)	<27	222,25	55,4	15,00	781,5	<12
Estación Romeral en verano*	2,6	148,5	20,0	251,7	1848,9	22

*valores obtenidos en la estación Romeral de la Red de Vigilancia de la Cuenca del Río Aconcagua, CENMA-2009.

Tabla A.3.42 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/kg)					
	Pb	Mn	V	Co	Fe	Hg
Lodo estero del Cu	21,90	708,6	118,9	16,87	22954	0,19
M1 sedimento Estero Cu	11,13	1583,58	95,71	19,53	32311	<13
M4 sedimento Estero Cu	10,12	260,35	54,87	9,51	28168	0,223
M3 Sedimento Estero Cu	25,23	1373,67	120,04	21,07	31083	0,296
M2 Sedimento Estero Cu	3,78	72,05	39,94	6,41	2091,8	<13
S-1: E. Cobre (lecho) antes de confluencia	43,00	1936	139,17	45,00	472167	<13
S-2: E. Cobre (Estr.1) postconfluencia	25,00	1988	278,00	72,83	634600	<13
S-3: E. Cobre (Estr.2) postconfluencia	< 11	1642	118,20	33,67	416000	<13

S-4: E. Cobre (lecho) postconfluencia.	23,00	1358	136,20	37,67	445000	<13
S-5: E. Cobre (costra) postconfluencia	44,80	1362	<LD	<22	332000	<13
S-6: E. Cobre (costra 2) postconfluencia	21,67	1570	206,40	48,83	498000	<13
S-39: Estero el cobre (talud oriente)	35,80	1246	161,40	36,33	419800	<13
S-40: Estero el Cobre (Lecho oriente)	< 11	1655	<LD	<22	208833	<13
S-41: Estero el Cobre (Lecho poniente)	21,75	7302	99,40	<22	245200	<13
S-18: E. Cobre (Estr.1)	35,00	1642	244,60	66,00	605800	<13
S-19: E. Cobre (Estr.2)	35,80	2415	228,60	68,33	601250	<13
S-20: E. Cobre (Estr.3)	24,20	2017	180,50	50,83	538500	<13
S-21: E. Cobre (Estr.4)	32,00	1790	241,40	62,00	574600	<13
S-22: E. Cobre (lecho)	33,75	1458	157,20	46,50	483200	<13
S-23: E. Cobre (lecho)	32,20	1788	193,40	53,67	521200	<13
S-24: E. Cobre (lecho)	31,20	2390	179,00	51,50	514600	<13
S-25: E. Cobre (lecho)	32,80	2108	191,60	44,50	476500	<13
S-26: E. Cobre (talud poniente)	21,00	1700	145,00	35,50	434000	<13
S-35: Boca toma (arcilla)	69,40	2440	211,40	67,80	607000	<13
S-36: Boca toma (arcilla)	79,20	2203	230,00	72,50	615000	<13
S-37: Boca toma (arcilla)	73,50	2180	171,60	72,50	623600	<13
S-7: E. Javiera (talud oriente)	< 11	857	152,00	25,33	377600	<13
S-8: E. Javiera (lecho)	< 11	1062	131,40	25,20	371200	<13
S-9: E. Javiera (talud poniente)	< 11	791	123,20	23,80	364400	<13
S-28: Canal El Melón	23,50	1218	84,40	35,00	415200	<13
S-29: Tranque Collahue (central prof. 20cm)	19,00	864	107,60	35,17	411200	<13
S-30: Tranque Collahue (central prof. 0cm)	22,40	1438	90,33	32,14	406500	<13
S-31: Tranque Collahue (salida del canal)	25,00	1078	185,00	44,33	452200	<13
S-33: Despiche emergencia T. Torito (lecho)	28,75	1586	135,60	33,50	411000	<13
S-34: Despiche emergencia T. Torito (orilla)	58,60	1488	158,40	49,60	493200	<13
Estación Romeral en verano*	15,5	1683,7	-	-	42999,2	-

Productos vegetales comestibles y no comestibles.

Respecto de las muestras de vegetales comestibles y no comestibles, las concentraciones medidas son las que se presentan en las tablas a continuación.

Tabla A.3.43 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS⁶.

Muestra		Concentración (mg/kg)					
		Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Ciruelas pozo G. Mistral	Ciruelas	<0,064	9,45	84,31	<2,33	7,93	339,06
Damascos pozo Dren	Damascos	<0,064	18,73	23,08	<2,33	15,86	81,57
Parcela N°35	Naranjas	0,123	10,68	<0,45	<2,33	2,68	1,34
Parcela Los Caleos	Granadas	0,091	5,32	0,49	<2,33	2,63	<0,38
Parcela N°14	Naranja, membrillos	<0,064	5,50	<0,45	<2,33	2,10	<0,38
Parcela N°5	Lechuga	0,508	19,25	1,39	<2,33	14,75	<0,38
Parcela 67-A	Lechuga	0,945	45,12	1,39	<2,33	25,90	<0,38
Parcela N°5	Papas	0,305	26,67	2,11	<2,33	15,81	7,28
Parcela El Navío	Papas	0,547	49,87	3,35	<2,33	65,68	2,01
Parcela Los Caleos	Aloe Vera	<0,064	241,18	5,42	<2,33	149,19	<0,38
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	0,083	14,12	1,14	<2,33	35,086	2,86
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	0,125	11,60	0,96	<2,33	19,09	<0,38
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	<0,064	16,66	<0,45	<2,33	7,52	2,40
Camino El Navío (vegetal)	Vegetal	0,115	12,12	2,95	<2,33	9,30	9,81
Hojas Soc. San Joaquín	Vegetal	<0,064	21,18	2,58	<2,33	22,18	7,08
Valor máximo CODEX Alimentario en vegetales y alimentos similares⁷		0,2	-	-	-	-	-

⁶ BMS: Base Materia Seca.

⁷ El Codex Alimentarius es una entidad con el auspicio de la FAO y la OMS desde los años 60 del siglo XX, para elaborar normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias internacionales armonizadas destinadas a proteger la salud de los consumidores y garantizar la aplicación de prácticas leales en el comercio de alimentos. Asimismo promueve la coordinación de todos los

Tabla A.3.44 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

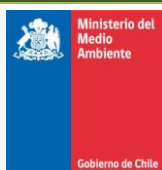
Muestra		Concentración (mg/kg)						
		Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Ciruelas pozo G. Mistral	Ciruelas	1,02	<0,002	12,43	9,28	<0,047	<0,031	1,10
Damascos pozo Dren	Damascos	1,98	286,69	<1,8	11,07	<0,047	0,330	3,80
Parcela Nº35	Naranjas	<0,265	15,59	<1,8	2,30	0,115	<0,031	0,99
Parcela Los Caleos	Granadas	<0,265	19,22	<1,8	14,46	0,083	<0,031	1,06
Parcela Nº14	Naranja, membrillos	<0,265	29,13	<1,8	1,46	<0,047	0,066	1,54
Parcela Nº5	Lechuga	<0,265	206,83	<1,8	94,82	<0,047	2,542	0,68
Parcela 67-A	Lechuga	1,76	878,14	<1,8	122,84	0,562	7,731	20,76
Parcela Nº5	Papas	1,21	2187,91	<1,8	83,42	<0,047	7,856	23,81
Parcela El Navío	Papas	2,87	1088,47	<1,8	137,26	<0,047	10,802	25,53
Parcela Los Caleos	Aloe Vera	<0,265	116,75	<1,8	200,24	<0,047	1,861	12,14
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	0,59	292,46	<1,8	35,23	<0,047	1,246	1,19
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	<0,265	259,91	2,75	17,04	0,058	0,595	1,29
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	<0,265	95,18	2,90	5,22	0,099	0,050	0,84
Camino El Navío (vegetal)	Vegetal	0,34	891,45	2,66	37,79	<0,047	3,258	8,76
Hojas Soc. San Joaquín	Vegetal	<0,265	48,16	<1,8	32,33	<0,047	1,001	4,69
Valor máximo CODEX Alimentario en vegetales y alimentos similares		0,3	-	-	-	-	-	-

trabajos sobre normas alimentarias emprendidos por las organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales.

Tabla A.3.45 Resultados de la determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra		Concentración (mg/kg)					
		Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Ciruelas pozo G. Mistral	Ciruelas	0,33	76,01	<0,018	4,58	147,73	<0,103
Damascos pozo Dren	Damascos	<0,11	16,96	<0,018	12,01	372,72	<0,103
Parcela N°35	Naranjas	<0,11	<0,31	<0,018	29,20	33,55	<0,103
Parcela Los Caleos	Granadas	<0,11	<0,31	<0,018	<0,46	13,29	<0,103
Parcela N°14	Naranja, membrillos	<0,11	0,56	<0,018	<0,46	23,68	<0,103
Parcela N°5	Lechuga	0,36	<0,31	<0,018	19,47	675,11	<0,103
Parcela 67-A	Lechuga	1,49	0,39	<0,018	28,33	1569,73	<0,103
Parcela N°5	Papas	1,26	0,33	<0,018	27,13	2287,55	<0,103
Parcela El Navío	Papas	2,10	<0,31	<0,018	9,51	2757,62	<0,103
Parcela Los Caleos	Aloe Vera	<0,11	<0,31	<0,018	<0,46	547,17	<0,103
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	0,19	<0,31	<0,018	18,74	410,44	<0,103
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	0,15	<0,31	<0,018	<0,46	230,79	<0,103
Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Vegetal	<0,11	1,00	<0,018	21,97	75,39	<0,103
Camino El Navío (vegetal)	Vegetal	0,70	1,77	<0,018	<0,46	952,85	<0,103
Hojas Soc. San Joaquín	Vegetal	0,43	<0,31	<0,018	106,66	274,11	<0,103

Se destaca el hecho de que para ninguno de los productos vegetales analizados se detectaron concentraciones de As, Be y Hg. Por otra parte, el análisis de las papas reveló las mayores concentraciones de Ni, Pb, V, Ba, Co, y Fe, comparados a los otros frutos y verduras, lo que podría estar relacionado con el hecho de que es una raíz que puede asimilar metales disueltos de manera fácil.



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 012-2012



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 9275570 Fax : (56-2) 2751688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 06.02.2012

INFORME DE ANÁLISIS N° 012 - 2012

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
Nombre	Laboratorio de Química Ambiental, CENMA
Dirección	Avda. Larraín 9975, La Reina
Teléfono	(56-2)-927 5573
Fax	(56-2)-275 1668
Contacto	Dra Isel Cortés
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5172

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQA	
Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) - 9275570
Fax	(56-2) - 2751688
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
Muestra Techo (P)	42590	Polvo	Cliente	22.12.2011	27.12.2011
Muestra Techo (2)	42591	Polvo	Cliente	22.12.2011	27.12.2011
Muestra Techo Pizarreño	42592	Polvo	Cliente	22.12.2011	27.12.2011

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQA, TIENE ACREDITACIÓN NCh/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LQA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LQA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LQA TENDRÁN EL CARÁCTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores TCO

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Muestra Techo (P)	2,45	4462,82	33,83	18,90	1067,53	1,16
Muestra Techo (2)	2,76	6935,08	29,44	22,47	496,04	<LD
Muestra Techo Pizarreño	1,26	264,43	6,94	14,27	380,22	<LD
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	29.12.2011					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores TCO

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V
Muestra Techo (P)	117,58	6882,67	<LD	907,23	<LD	132,59
Muestra Techo (2)	78,58	8155,14	<LD	668,80	<LD	112,23
Muestra Techo Pizarreño	6,14	4725,81	6,38	599,92	0,20	91,00
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹
Fecha de análisis	29.12.2011					

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores TCO

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
Muestra Techo (P)	41,96	23,49	<LD	<LD	147,77	27020,80	0,218
Muestra Techo (2)	46,00	18,21	<LD	<LD	149,92	31408,09	<LD
Muestra Techo Pizarreño	15,04	9,16	<LD	<LD	311,04	6198,64	0,253
Límite de Detección	1,0·10⁻²	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	0,108
Límite de Cuantificación	3,3·10⁻²	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	0,306
Fecha de análisis	29.12.2011						26.01.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

5. OBSERVACIONES

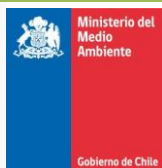
Los valores de las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se reportan en Tal Como Ofrecido (TCO), es decir, sin corregir por contenido de humedad.

Cadena de Custodia N° 1322.

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 014-2014, corregido y reemplazado por INFORME DE ANALISIS 014-2013



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 29275570 Fax : (56-2) 22751688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 24.01.2013

INFORME DE ANÁLISIS N° 014 - 2013

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
Nombre	Laboratorio de Química Ambiental, CENMA
Dirección	Avda. Larraín 9975, La Reina
Teléfono	(56-2)-927 5573
Fax	(56-2)-275 1668
Contacto	Dra Isel Cortés
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5173

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQA	
Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) - 9275570
Fax	(56-2) - 2751688
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
Pozo Dren	42593	Agua	CENMA	26.12.2011	27.12.2011
Pozo Gabriela Mistral	42594	Agua	CENMA	26.12.2011	27.12.2011
Damasco Pozo Dren	42595	Fruto	CENMA	26.12.2011	27.12.2011
Ciruella Pozo Gabriela Mistral	42596	Fruto	CENMA	26.12.2011	27.12.2011
Agua Potable Pozo Dren	42597	Agua	CENMA	26.12.2011	27.12.2011

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQA, TIENE ACREDITACIÓN Nch/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LQA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LQA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LQA TENDRÁN EL CARÁCTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Seca.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Damasco Pozo Dren	<LD	18,727	23,078	<LD	15,863	81,57
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	9,446	84,31	<LD	7,933	339,06
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	03.01.2012					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Húmeda.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Damasco Pozo Dren	<LD	2,747	3,386	<LD	2,327	11,97
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	1,889	16,86	<LD	1,587	67,81
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	03.01.2012					

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Seca.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Damasco Pozo Dren	1,9829	286,69	<LD	11,071	<LD	0,3305	3,8005
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	<LD	12,430	9,282	<LD	<LD	1,1040
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis	03.01.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.4 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Húmeda.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Damasco Pozo Dren	0,291	42,06	<LD	1,624	<LD	0,049	0,558
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	<LD	2,49	1,856	<LD	<LD	0,221
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis	03.01.2012						

4.5 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Seca.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Damasco Pozo Dren	<LD	16,964	<LD	12,007	372,72	997,5	<LD
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	76,01	<LD	4,580	147,73	712,3	<LD
Límite de Detección	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	--	0,108
Límite de Cuantificación	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	--	0,306
Fecha de análisis	03.01.2012						26.01.2012

4.6 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Resultados en Base Materia Húmeda.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Damasco Pozo Dren	<LD	2,49	<LD	1,76	54,68	146,3	<LD
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	<LD	15,20	<LD	0,92	29,55	142,5	<LD
Límite de Detección	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	--	0,108
Límite de Cuantificación	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	--	0,306
Fecha de análisis	03.01.2012						26.01.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4.7 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Pozo Dren	<LD	17,84	<LD	<LD	2,815	5,004
Pozo Gabriela Mistral	<LD	24,42	<LD	<LD	5,232	<LD
Agua Potable Pozo Dren	<LD	62,25	<LD	<LD	50,16	5,026
Límite de Detección	1,08	3,69	0,96	6,36	1,72	2,64
Límite de Cuantificación	3,60	12,30	3,20	21,18	5,73	8,80
Fecha de análisis	25.01.2012					

4.8 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Pozo Dren	<LD	27,51	<LD	20,73	9,003	3,659	17,24
Pozo Gabriela Mistral	<LD	<LD	<LD	<LD	9,532	<LD	61,61
Agua Potable Pozo Dren	<LD	<LD	<LD	<LD	8,754	4,426	17,01
Límite de Detección	3,93	8,04	4,92	0,93	1,91	1,49	2,86
Límite de Cuantificación	13,10	26,80	16,39	3,10	6,37	4,97	9,53
Fecha de análisis	25.01.2012						

4.9 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Pozo Dren	<LD	3,815	<LD	60,21	165,9	58110	<LD
Pozo Gabriela Mistral	<LD	4,960	<LD	30,29	<LD	68150	<LD
Agua Potable Pozo Dren	<LD	4,630	<LD	49,41	<LD	59490	<LD
Límite de Detección	1,28	2,12	0,86	5,11	4,20	-	0,393
Límite de Cuantificación	4,27	7,07	2,87	17,03	14,00	-	0,795
Fecha de análisis	25.01.2012						31.01.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.10 Determinación de % de humedad (Código interno ILMAS-013).

Muestra	% de humedad
Damasco Pozo Dren	85,33
Ciruela Pozo Gabriela Mistral	80,00
Fecha de Análisis	04.01.2012

4.11 Determinación de Bromodichlorometano. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.12 Determinación de Dibromoclorometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.13 Determinación de Tribromometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.14 Determinación de Triclorometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.15 Determinación de Sólidos Disueltos Totales. Method ESTD-GRA203 Total Dissolved Solids Dried at 180°C. APHA 2540-C, page 2-57, 21st ed.

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	501
Pozo Gabriela Mistral	486
Agua Potable Pozo Dren	513
Fecha de Análisis	11.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.16 Determinación de Pentaclorofenol. Method E5CLF-CRO539. Pesticidas Organoclorados. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPASW-846. Adaptación Método 8081,3510.v2, 1997.

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,001
Pozo Gabriela Mistral	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	26.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.17 Determinación de Benceno, Tolueno, Xileno. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)			
	Benceno	Tolueno	p/m-Xileno	o-Xileno
Pozo Dren	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Pozo Gabriela Mistral	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Límite de Detección	0,001	0,002	0,002	0,001
Fecha de análisis	02.01.2012			

*Análisis externalizado a ALS Environmental

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.18 Determinación de Tetracloroetileno. Method E5CLF-CRO539 TTCE. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.19 Determinación de Pesticidas Organoclorados. Method EMA-CRO526 4,4 DDD, EMA-CRO526 4,4 DDE, EMA-CRO526 4,4 DDT, EMA-CRO526 Lindano, EMA-CRO526 Metox .Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8081,3510, v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)				
	4,4 DDD	4,4 DDE	4,4 DDT	Lindano	Metoxicloro
Pozo Dren	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Límite de Detección	0,00005	0,00005	0,0001	0,00005	0,0002
Fecha de análisis	31.12.2011				

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.20 Determinación de Herbicida 2,4 -D. Method EHER-CRO540 2,4-D. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPA SW-846, Adaptación método 8081,3510.v2,1997*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,001
Pozo Gabriela Mistral	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	30.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.21 Determinación de Fenoles. Method EFEN-COL107. Cloroform Extraction Method, APHA 5530-C, pages 5-45 to 5-46, 21st ed. 2005*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,001
Pozo Gabriela Mistral	< 0,001
Agua Potable Pozo Dren	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	09.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.22 Determinación de Cianuro. Method ECNT-COL144. Total Cyanide after Distillation. APHA 4500-CN, pages 4-39 to 4-40, 21st ed. Colorimetric Method, APHA 4500-CN-E, pages 4-41 to 4-43, 21st ed. 2005, Cianuro Total. APHA 4500 CN-N, PAGES 4-53 TO 4-54, 21ST ed. 2005. APHA 4500-CN-C; Preliminary Distillation Step.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	< 0,002
Pozo Gabriela Mistral	< 0,002
Agua Potable Pozo Dren	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	12.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.23 Determinación de Amoniac. Method ENH3-COL143, Nitrógeno Amoniacal. APHA 4500-NH3-H, pages 4-116 to 4-117, 21st ed. 2005.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Pozo Dren	0,04
Pozo Gabriela Mistral	0,12
Agua Potable Pozo Dren	0,06
Límite de Detección	0,01
Fecha de Análisis	06.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqрма> e-mail: lqрма@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.24 Determinación de Color Verdadero. Method ECOLV-COL124. Metodo Platino Cobalto.SISS ME-24-2007, pág. 193-197, 2º versión 2007. Determinación de Olor. Method EOLOR-CUA752.Metodo organoléptico, SISS ME-25-2007, pág. 198-201, 2º versión 2007.*

Muestra	Concentración (Pt-Co)	Concentración (TON)
	Color Verdadero	Olor
Agua Pozo 1	<5	Inodora
M2 Agua Potable	<5	Inodora
M1 Agua Potable	<5	Inodora
Límite de Detección	5	Inodora
Fecha de análisis	26.12.2011	26.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.25 Determinación de Coliformes Fecales. Method ESUBC-513, Fecal Coliform Procedure. APHA 9221-E, pages 9-56 to 9-57, 21st ed.2005

Muestra	Concentración (NMP/100mL)
Pozo Dren	<1,8
Pozo Gabriela Mistral	<1,8
Agua Potable Pozo Dren	<1,8
Límite de Detección	1,8
Fecha de Análisis	31.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental

4.26 Determinación de Flúor (F), Cloruro (Cl), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃), Sulfatos (SO₄), Fosfatos (PO₄) y Bromuros (Br) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F (mg/l)	Cl (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
Pozo Dren	0,063	27,43	< LD	212,09	< LD	17,24	< LD
Pozo Gabriela Mistral	< LD	29,28	< LD	276,55	< LD	12,44	< LD
Agua Potable Pozo Dren	0,066	24,36	< LD	191,42	< LD	13,06	< LD
Límite de Detección	0,06	0,22	0,02	0,05	0,09	0,07	0,02
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.27 Determinación de Litio (Li), Sodio (Na), Amonio (NH₄), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).						
Muestra	Li (mg/l)	Na (mg/l)	NH₄ (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)
Pozo Dren	< LD	28,74	1,876	2,022	32,97	93,84
Pozo Gabriela Mistral	< LD	25,79	0,856	0,771	25,03	87,01
Agua Potable Pozo Dren	< LD	27,88	1,030	1,122	31,77	86,28
Límite de Detección	0,02	0,16	0,01	0,09	0,03	0,21
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012					

5. OBSERVACIONES

Este informe **reemplaza al IA 014/2012.**

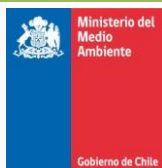
Los valores de las tablas 4.1, 4.3 y 4.5 se reportan en Base a Materia Seca. Se adicionan tablas 4.2, 4.4 y 4.6 con valores en Base Materia Húmeda a petición del cliente.

Se anexa Cadena de Custodia N° 01322.

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 229-2012, corregido y reemplazado por INFORME DE ANALISIS 015-2013



LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 9275570 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 24.01.2013

INFORME DE ANÁLISIS N° 015-2013

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nombre	Laboratorio de Química Ambiental
Dirección	Avenida Larrain 9975. La Reina
Teléfono	(56+2) 927 5570
Fax	(56+2) 789 9368
Contacto	Dra. Isel Cortés N.
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5331

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQA

Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) - 9275570
Fax	(56-2) - 2751688
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQA, TIENE ACREDITACIÓN NCh/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LQA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LQA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LQA TENDRÁN EL CARÁCTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
			ESTE	NORTE			
S 1	45132	Sedimento	292368	6383328	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 2	45133	Sedimento	292233	6383024	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 3	45134	Sedimento	292233	6383024	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 4	45135	Sedimento	292227	6383024	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 5	45136	Sedimento	292227	6383024	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 6	45137	Sedimento	292205	6383040	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 7	45138	Sedimento	291509	6384763	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 8	45139	Sedimento	291517	6384776	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 9	45140	Sedimento	291496	6384794	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 10	45141	Relave	-	-	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 11	45142	Suelo	292680	6382564	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 12	45143	Suelo	292578	6382579	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 13	45144	Suelo	292596	6382575	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 14	45145	Suelo	292478	6382085	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 15	45146	Suelo	292142	6383034	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 16	45147	Suelo	294747	6385689	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 17	45148	Suelo	294748	6385689	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 18	45149	Sedimento	292766	6384280	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 19	45150	Sedimento	292766	6384280	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
S 20	45151	Sedimento	292766	6384280	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 21	45152	Sedimento	292766	6384280	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 22	45153	Sedimento	292767	6384281	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 23	45154	Sedimento	292764	6384284	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 24	45155	Sedimento	292760	6384287	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 25	45156	Sedimento	292757	6384290	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 26	45157	Sedimento	292745	6384300	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 27	45158	Suelo	292110	6385542	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 28	45159	Sedimento	292389	6385424	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 29	45160	Sedimento	292126	6385193	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 30	45161	Sedimento	292126	6385193	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 31	45162	Sedimento	292139	6385008	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 32	45163	Suelo	292982	6385791	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 33	45164	Sedimento	296011	6386404	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 34	45165	Sedimento	296011	6386406	CENMA	10.05.2012	14.05.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
			ESTE	NORTE			
S 35	45166	Sedimento	293737	6386200	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 36	45167	Sedimento	293737	6386200	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 37	45168	Sedimento	293737	6386200	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 38	45169	Suelo	295933	6386387	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 39	45170	Sedimento	295935	6386392	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 40	45171	Sedimento	295930	6386410	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 41	45172	Sedimento	295938	6386431	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 42	45173	Suelo	295944	6386436	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
S 43	45174	Suelo	292197	6383220	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
5	45183	Agua subterránea	292202	6383233	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
2	45184	Agua subterránea	292690	6384194	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
3	45185	Agua superficial	295934	6386427	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
4	45186	Agua subterránea	292595	6382544	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
7	45187	Agua subterránea	292265	6382078	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
8	45188	Agua subterránea	292271	6382884	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
6	45190	Agua subterránea	292201	6383233	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
1	45191	Agua subterránea	292692	6384194	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
E. Cobre	45193	Granadas	294747	6385689	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
P.14	45194	Naranja, membrillos	292142	6383034	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
C.Navio	45195	Papas	292596	6382575	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
Pozos los Caleos	45196	Aloe Vera	294747	6385689	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
Vertedero emergencia Tranque T	45197	Vegetal	296011	6386404	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
Vertedero emergencia Tranque T-A	45198	Vegetal	296011	6386404	CENMA	10.05.2012	14.05.2012
P.5	45199	Lechuga	292478	6382085	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
C.Navio A	45200	Vegetal	292596	6382575	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
P 67-A	45201	Lechuga	292680	6382564	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
P.5-A	45202	Papas	292478	6382085	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
Muestra Espino	45203	Vegetal	296011	6386404	CENMA	09.05.2012	14.05.2012
P.35	45204	Naranjas	292982	6385791	CENMA	10.05.2012	14.05.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores expresados BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
E-CobreVegetal	0,091	5,315	0,495	<LD	2,625	<LD
P.14-Vegetal	<LD	5,502	<LD	<LD	2,099	<LD
C-Navio	0,547	49,867	3,347	<LD	65,681	2,005
Pozo Los Caleos	<LD	241,181	5,421	<LD	149,191	<LD
Vertedero Tranque-T	0,083	14,116	1,138	<LD	35,086	2,858
Vertedero Tranque -T-A	0,125	11,599	0,960	<LD	19,085	<LD
P.5 Vegetal	0,508	19,246	1,388	<LD	14,751	<LD
C-Navio-A	0,115	12,115	2,947	<LD	9,299	9,807
P-67-A	0,945	45,121	1,385	<LD	25,896	<LD
P.5-A Vegetal	0,305	26,672	2,108	<LD	15,810	7,279
Muestra Espino	<LD	16,656	<LD	0,388	7,518	2,404
P.35	0,123	10,682	<LD	2,267	2,682	1,343
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	30.05.2012 - 06.06.2012					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra		Concentración (mg/Kg)					
		Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
E-CobreVegetal	Granadas	0,023	1,31	0,12	<LD	0,66	<LD
P.14-Vegetal	Naranja, membrillos	<LD	1,44	<LD	<LD	0,56	<LD
C-Navio	Papas	0,060	5,48	0,37	0,38	7,22	0,22
Pozo Los Caleos	Aloe Vera	<LD	4,36	0,10	<LD	2,70	<LD
Vertedero Tranque-T	Vegetal	0,055	9,30	0,77	<LD	23,09	1,86
Vertedero Tranque -T-A	Vegetal	0,058	6,78	0,41	<LD	12,19	<LD
P.5 Vegetal	Lechuga	0,096	3,65	0,26	<LD	2,79	<LD
C-Navio-A	Vegetal	0,006	0,67	0,16	<LD	0,52	0,54
P-67-A	Lechuga	0,193	9,23	0,28	<LD	5,30	<LD
P.5-A Vegetal	Papas	0,276	24,21	1,91	3,81	14,35	6,58
Muestra Espino	Vegetal	<LD	15,11	<LD	<LD	6,82	2,18
P.35	Naranjas	0,021	2,31	<LD	<LD	0,47	0,34

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	30.05.2012 – 06.06.2012					

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores expresados BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
E-CobreVegetal	<LD	19,223	<LD	14,460	0,083	<LD	1,065
P.14-Vegetal	<LD	29,133	<LD	1,459	<LD	0,066	1,517
C-Navio	2,866	1088,469	<LD	137,260	<LD	10,802	25,530
Pozo Los Caleos	<LD	116,748	<LD	200,243	<LD	1,861	12,136
Vertedero Tranque-T	0,590	292,456	<LD	35,228	<LD	1,246	1,188
Vertedero Tranque -T-A	<LD	259,913	2,748	17,040	0,058	0,595	1,293
P.5 Vegetal	<LD	206,827	<LD	94,819	<LD	2,542	0,678
C-Navio-A	0,344	891,454	2,660	37,787	<LD	3,258	8,759
P-67-A	1,760	878,136	<LD	122,841	0,562	7,731	20,756
P.5-A Vegetal	1,210	2187,912	<LD	83,416	<LD	7,856	23,814
Muestra Espino	<LD	95,175	2,900	5,221	0,099	0,050	0,843
P.35	<LD	15,590	<LD	2,300	0,115	<LD	0,994
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis	30.05.2012 – 06.06.2012						

4.4 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra		Concentración (mg/Kg)						
		Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
E-CobreVegetal	Granadas	<LD	4,79	<LD	3,70	0,021	<LD	0,27
P.14-Vegetal	Naranja, membrillos	<LD	7,85	<LD	0,43	<LD	0,02	0,40
C-Navio	Papas	0,31	119,59	<LD	15,08	<LD	1,19	2,80
Pozo Los Caleos	Aloe Vera	<LD	2,11	<LD	3,62	<LD	0,03	0,22
Vertedero Tranque-T	Vegetal	0,39	192,48	<LD	23,18	<LD	0,82	0,77
Vertedero Tranque -T-A	Vegetal	<LD	189,30	1,912	11,14	<LD	0,43	0,75
P.5 Vegetal	Lechuga	<LD	39,16	<LD	17,95	<LD	0,48	0,12
C-Navio-A	Vegetal	0,02	49,49	0,136	2,10	<LD	0,18	0,49

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.4 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra		Concentración (mg/Kg)						
		Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
P-67-A	Lechuga	0,36	179,59	<LD	25,12	0,117	1,58	4,25
P.5-A Vegetal	Papas	1,12	1985,44	<LD	75,70	<LD	7,13	21,60
Muestra Espino	Vegetal	<LD	86,37	2,632	4,74	0,090	0,04	0,76
P.35	Naranjas	<LD	3,18	<LD	0,46	<LD	<LD	0,18
Límite de Detección		0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación		0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis		30.05.2012 – 06.06.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4.5 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Determinación de Mercurio. Mercuriómetro. ASTM Valores expresados BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
E-CobreVegetal	<LD	<LD	<LD	<LD	13,288	< LD
P.14-Vegetal	<LD	0,558	<LD	<LD	23,680	< LD
C-Navio	2,104	<LD	<LD	9,510	2757,621	< LD
Pozo Los Caleos	<LD	<LD	<LD	<LD	547,168	< LD
Vertedero Tranque-T	0,191	<LD	<LD	18,735	410,435	< LD
Vertedero Tranque -T-A	0,150	<LD	<LD	<LD	230,789	< LD
P.5 Vegetal	0,363	<LD	<LD	19,472	675,113	< LD
C-Navio-A	0,696	1,768	<LD	<LD	952,849	< LD
P-67-A	1,491	0,391	<LD	28,332	1569,730	< LD
P.5-A Vegetal	1,260	0,329	<LD	27,133	2287,549	< LD
Muestra Espino	<LD	1,000	<LD	21,968	75,388	< LD
P.35	<LD	<LD	<LD	29,202	33,554	< LD
Límite de Detección	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	0,108
Límite de Cuantificación	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	0,306
Fecha de análisis	30.05.2012 - 06.06.2012					04.06.2012

4.6 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Determinación de Mercurio. Mercuriómetro. ASTM Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra		Concentración (mg/Kg)					
		Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
E-CobreVegetal	Granadas	<LD	<LD	<LD	<LD	3,31	< LD
P.14-Vegetal	Naranja, membrillos	<LD	0,15	<LD	<LD	6,21	< LD
C-Navio	Papas	0,23	<LD	<LD	1,04	302,98	< LD
Pozo Los Caleos	Aloe Vera	<LD	<LD	<LD	<LD	9,89	< LD
Vertedero Tranque-T	Vegetal	0,13	<LD	<LD	12,33	270,12	< LD
Vertedero Tranque -T-A	Vegetal	<LD	<LD	<LD	<LD	161,08	< LD
P.5 Vegetal	Lechuga	0,07	<LD	<LD	3,69	127,83	< LD

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



4.6 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Determinación de Mercurio. Mercuriómetro. ASTM Valores recalculados en Base Materia Húmeda.

Muestra		Concentración (mg/Kg)					
		Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
C-Navio-A	Vegetal	0,04	0,10	<LD	<LD	52,90	< LD
P-67-A	Lechuga	0,30	0,08	<LD	5,79	321,03	< LD
P.5-A Vegetal	Papas	1,12	0,30	<LD	24,62	2075,86	< LD
Muestra Espino	Vegetal	<LD	0,91	<LD	19,94	68,41	< LD
P.35	Naranjas	<LD	<LD	<LD	5,03	6,68	< LD
Límite de Detección		$1,1 \cdot 10^{-1}$	0,31	$1,8 \cdot 10^{-2}$	0,46	$8,8 \cdot 10^{-2}$	0,108
Límite de Cuantificación		$3,5 \cdot 10^{-1}$	1,0	$6,0 \cdot 10^{-2}$	1,5	$2,9 \cdot 10^{-1}$	0,306
Fecha de análisis		30.05.2012 – 06.06.2012					04.06.2012



4.7 Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAL-019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra		Concentración (µg/L)					
		Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
5	Agua subterránea	<LD	11,40	<LD	35,00	8,50	<LD
2	Agua subterránea	<LD	34,70	<LD	83,90	2,50	49,80
3	Agua superficial	<LD	36,20	<LD	33,10	13,80	<LD
4	Agua subterránea	<LD	27,60	<LD	70,80	<LD	2,70
7	Agua subterránea	<LD	16,00	<LD	37,70	<LD	11,80
8	Agua subterránea	3,80	17,30	<LD	14,90	<LD	3,90
6	Agua subterránea	2,60	24,60	<LD	74,70	6,00	12,20
1	Agua subterránea	3,00	27,80	<LD	109,80	7,70	6,10
Límite de Detección		1,08	3,69	0,96	6,355	1,72	2,64
Límite de Cuantificación		3,60	12,3	3,20	21,2	5,73	8,80
Fecha de análisis		23.05.2012				- 25.05.2012	

4.8 Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAL-019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra		Concentración (µg/L)					
		Pb	Al	Se	Mn	Ag	V
5	Agua subterránea	<LD	10,70	21,80	4,20	<LD	<LD
2	Agua subterránea	<LD	18,20	43,90	4,20	<LD	<LD
3	Agua superficial	<LD	40,50	118,60	327,00	<LD	<LD
4	Agua subterránea	<LD	17,90	<LD	5,40	<LD	<LD
7	Agua subterránea	<LD	<LD	<LD	2,40	<LD	<LD
8	Agua subterránea	<LD	16,90	16,30	11,20	<LD	<LD
6	Agua subterránea	<LD	9,50	<LD	2,90	<LD	<LD
1	Agua subterránea	<LD	30,80	37,50	7,70	<LD	1,50
Límite de Detección		3,93	8,04	4,92	0,930	1,91	1,49
Límite de Cuantificación		13,1	26,8	16,4	3,10	6,37	4,97
Fecha de análisis		23.05.2012				- 25.05.2012	

4.9 Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAL-019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra		Concentración (µg/L)					
		Ba	Co	Mo	Be	B	Fe
5	Agua subterránea	54,10	<LD	<LD	<LD	<LD	42,70
2	Agua subterránea	44,10	<LD	<LD	<LD	<LD	13,50
3	Agua superficial	38,90	<LD	<LD	<LD	<LD	87,30
4	Agua subterránea	36,40	<LD	<LD	<LD	<LD	9,00
7	Agua subterránea	47,40	<LD	<LD	<LD	<LD	22,80
8	Agua subterránea	44,10	<LD	<LD	<LD	<LD	5,80
6	Agua subterránea	57,40	<LD	<LD	<LD	<LD	6,80
1	Agua subterránea	56,60	<LD	<LD	<LD	<LD	49,50
Límite de Detección		2,86	1,28	2,12	0,86	5,11	4,20
Límite de Cuantificación		9,53	4,27	7,07	2,87	17,0	14,0
Fecha de análisis		23.05.2012				- 25.05.2012	



4.10 Determinación de Sulfatos (SO_4^{2-}) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra		SO_4^{2-} (mg/l)
5	Agua subterránea	158,568
2	Agua subterránea	486,817
3	Agua superficial	1993,967
4	Agua subterránea	374,462
7	Agua subterránea	168,471
8	Agua subterránea	189,966
6	Agua subterránea	160,290
1	Agua subterránea	675,749
Límite de Detección		0,05
Fecha de análisis		25.05.2012

4.11 Determinación de % de humedad (Código interno ILMAS-013).

Muestra	% de humedad	
E-CobreVegetal	75,106	
P.14-Vegetal	73,758	
C-Navio	89,013	
Pozo Los Caleos	81,923	
Vertedero Tranque-T	34,186	
Vertedero Tranque -T-A	30,421	
P.5 Vegetal	92,226	
C-Navio-A	81,066	
P-67-A	94,448	
P.5-A Vegetal	79,549	
Muestra Espino	9,254	
P.35	82,848	
Fecha de Análisis	15.05.2012	- 29.05.2012



4.12 Determinación de Metales Totales. Método EPA 6200. (promedio de cinco lecturas), Valores BMS.

Muestra		Concentración (mg/Kg)				
		Cd	Zn	Cr	As	Cu
S-1	Sedimento	<LD	267,67	49,50	20,50	1980,00
S-2	Sedimento	<LD	228,00	96,80	11,40	339,00
S-3	Sedimento	<LD	140,75	<LD	11,00	3814,00
S-4	Sedimento	< LD	206,00	<LD	20,60	1332,00
S-5	Sedimento	< LD	215,80	<LD	10,40	1402,50
S-6	Sedimento	<LD	152,50	77,40	9,40	1313,33
S-7	Sedimento	<LD	99,00	<LD	11,00	72,25
S-8	Sedimento	<LD	109,00	55,00	11,80	342,60
S-9	Sedimento	31,00	104,40	<LD	6,80	79,80
S-10	Relave	30,00	121,40	< LD	112,20	2386,00
S-11	Suelo	< LD	154,80	< LD	8,00	190,20
S-12	Suelo	<LD	152,50	< LD	67,50	2895,00
S-13	Suelo	<LD	204,00	<LD	12,60	327,60
S-14	Suelo	<LD	187,20	<LD	10,33	224,00
S-15	Suelo	< LD	157,40	< LD	6,00	165,25
S-16	Suelo	<LD	176,75	<LD	8,25	181,20
S-17	Suelo	<LD	181,80	<LD	5,50	202,80
S-18	Sedimento	<LD	252,40	78,80	9,00	646,60
S-19	Sedimento	<LD	262,80	86,40	18,00	1457,50
S-20	Sedimento	<LD	203,40	56,00	18,50	782,17
S-21	Sedimento	27,40	233,20	75,80	17,00	1160,00
S-22	Sedimento	<LD	282,60	65,20	24,80	1714,00
S-23	Sedimento	<LD	242,20	<LD	23,33	1820,00
S-24	Sedimento	<LD	257,40	53,40	20,25	1560,00
S-25	Sedimento	40,60	204,20	50,60	13,00	1600,00
S-26	Sedimento	<LD	130,00	<LD	13,60	3704,00
S-27	Suelo	<LD	84,75	<LD	11,33	119,33
S-28	Sedimento	<LD	158,25	<LD	15,80	1422,50
S-29	Sedimento	<LD	134,60	<LD	10,20	572,80
S-30	Sedimento	<LD	187,67	<LD	22,33	1658,00
S-31	Sedimento	<LD	167,50	<LD	13,40	597,40
S-32	Suelo	<LD	152,60	<LD	14,50	442,00
S-33	Sedimento	<LD	182,00	46,20	14,40	1618,00
S-34	Sedimento	<LD	222,25	55,40	15,00	781,50
S-35	Sedimento	<LD	251,80	86,00	63,20	5166,00
S-36	Sedimento	<LD	258,80	82,40	70,25	5446,00
S-37	Sedimento	<LD	263,00	45,20	47,40	3277,50
S-38	Suelo	<LD	225,80	<LD	12,20	436,60
S-39	Sedimento	<LD	215,60	<LD	12,40	348,20
S-40	Sedimento	< LD	110,67	< LD	6,67	4490,00
S-41	Sedimento	< LD	161,80	<LD	8,40	3056,00
S-42	Suelo	35,00	177,20	66,60	15,60	2582,50
S-43	Suelo	<LD	64,00	<LD	7,25	5200,00
Límite de Detección		27	5	45	5	6
Fecha de análisis		08.06.2012 - 15.06.2012				

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4.13 Determinación de Metales Totales. Método EPA 6200. (promedio de cinco lecturas), Valores BMS.

Muestra		Concentración (mg/Kg)				
		Ni	Pb	Se	Mn	V
S-1	Sedimento	< LD	43,00	< LD	1936	139,17
S-2	Sedimento	< LD	25,00	< LD	1988	278,00
S-3	Sedimento	< LD	< LD	< LD	1642	118,20
S-4	Sedimento	< LD	23,00	< LD	1358	136,20
S-5	Sedimento	< LD	44,80	< LD	1362	<LD
S-6	Sedimento	< LD	21,67	< LD	1570	206,40
S-7	Sedimento	< LD	< LD	< LD	857	152,00
S-8	Sedimento	< LD	< LD	< LD	1062	131,40
S-9	Sedimento	< LD	< LD	< LD	791	123,20
S-10	Relave	< LD	50,40	< LD	936	<LD
S-11	Suelo	< LD	< LD	< LD	1098	<LD
S-12	Suelo	< LD	< LD	< LD	1090	<LD
S-13	Suelo	< LD	31,00	< LD	1602	129,75
S-14	Suelo	< LD	24,00	< LD	1384	124,00
S-15	Suelo	< LD	< LD	< LD	1062	87,80
S-16	Suelo	< LD	< LD	< LD	1322	151,40
S-17	Suelo	< LD	19,67	< LD	1260	154,20
S-18	Sedimento	< LD	35,00	< LD	1642	244,60
S-19	Sedimento	< LD	35,80	< LD	2415	228,60
S-20	Sedimento	< LD	24,20	< LD	2017	180,50
S-21	Sedimento	< LD	32,00	< LD	1790	241,40
S-22	Sedimento	< LD	33,75	< LD	1458	157,20
S-23	Sedimento	< LD	32,20	< LD	1788	193,40
S-24	Sedimento	< LD	31,20	< LD	2390	179,00
S-25	Sedimento	< LD	32,80	< LD	2108	191,60
S-26	Sedimento	< LD	21,00	< LD	1700	145,00
S-27	Suelo	< LD	< LD	< LD	927	<LD
S-28	Sedimento	< LD	23,50	< LD	1218	84,40
S-29	Sedimento	< LD	19,00	< LD	864	107,60
S-30	Sedimento	< LD	22,40	< LD	1438	90,33
S-31	Sedimento	< LD	25,00	< LD	1078	185,00
S-32	Suelo	< LD	< LD	< LD	1423	145,40
S-33	Sedimento	< LD	28,75	< LD	1586	135,60
S-34	Sedimento	< LD	58,60	< LD	1488	158,40
S-35	Sedimento	< LD	69,40	< LD	2440	211,40
S-36	Sedimento	< LD	79,20	< LD	2203	230,00
S-37	Sedimento	< LD	73,50	< LD	2180	171,60
S-38	Suelo	< LD	42,00	< LD	1240	135,20
S-39	Sedimento	< LD	35,80	< LD	1246	161,40
S-40	Sedimento	< LD	< LD	< LD	1655	<LD
S-41	Sedimento	< LD	21,75	< LD	7302	99,40
S-42	Suelo	< LD	28,80	< LD	1672	169,00
S-43	Suelo	< LD	< LD	< LD	1580	84,20
Límite de Detección		12	11	3	20	84
Fecha de análisis		08.06.2012 - 15.06.2012				

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

4.14 Determinación de Metales Totales. Método EPA 6200. (promedio de cinco lecturas), Valores BMS.

Muestra		Concentración (mg/Kg)				
		Ba	Co	Mo	Fe	Hg
S-1	Sedimento	584,83	45,00	< LD	472167	< LD
S-2	Sedimento	640,40	72,83	< LD	634600	< LD
S-3	Sedimento	463,60	33,67	< LD	416000	< LD
S-4	Sedimento	598,20	37,67	< LD	445000	< LD
S-5	Sedimento	337,00	<LD	< LD	332000	< LD
S-6	Sedimento	721,00	48,83	< LD	498000	< LD
S-7	Sedimento	780,40	25,33	< LD	377600	< LD
S-8	Sedimento	509,60	25,20	< LD	371200	< LD
S-9	Sedimento	744,20	23,80	< LD	364400	< LD
S-10	Relave	353,40	24,00	< LD	351600	< LD
S-11	Suelo	381,00	23,67	< LD	342200	< LD
S-12	Suelo	423,25	28,50	< LD	390750	< LD
S-13	Suelo	461,20	43,17	< LD	451000	< LD
S-14	Suelo	559,20	37,67	< LD	411500	< LD
S-15	Suelo	471,80	22,60	< LD	336200	< LD
S-16	Suelo	710,20	46,33	< LD	445400	< LD
S-17	Suelo	469,20	37,33	< LD	423600	< LD
S-18	Sedimento	509,20	66,00	< LD	605800	< LD
S-19	Sedimento	563,80	68,33	< LD	601250	< LD
S-20	Sedimento	641,50	50,83	< LD	538500	< LD
S-21	Sedimento	772,40	62,00	< LD	574600	< LD
S-22	Sedimento	520,60	46,50	< LD	483200	< LD
S-23	Sedimento	717,60	53,67	< LD	521200	< LD
S-24	Sedimento	613,60	51,50	< LD	514600	< LD
S-25	Sedimento	732,60	44,50	< LD	476500	< LD
S-26	Sedimento	485,20	35,50	< LD	434000	< LD
S-27	Suelo	409,25	<LD	< LD	301250	< LD
S-28	Sedimento	458,40	35,00	< LD	415200	< LD
S-29	Sedimento	415,80	35,17	< LD	411200	< LD
S-30	Sedimento	288,17	32,14	< LD	406500	< LD
S-31	Sedimento	498,20	44,33	< LD	452200	< LD
S-32	Suelo	457,00	42,67	< LD	461600	< LD
S-33	Sedimento	522,80	33,50	< LD	411000	< LD
S-34	Sedimento	532,20	49,60	< LD	493200	< LD
S-35	Sedimento	542,00	67,80	< LD	607000	< LD
S-36	Sedimento	422,00	72,50	< LD	615000	< LD
S-37	Sedimento	606,80	72,50	< LD	623600	< LD
S-38	Suelo	562,80	36,00	< LD	417400	< LD
S-39	Sedimento	601,00	36,33	< LD	419800	< LD
S-40	Sedimento	130,17	<LD	< LD	208833	< LD
S-41	Sedimento	422,40	<LD	< LD	245200	< LD
S-42	Suelo	495,80	48,40	< LD	491500	< LD
S-43	Suelo	293,00	25,00	< LD	367000	< LD
Límite de Detección		No Determinado	22	7	17	13
Fecha de análisis		08.06.2012 – 15.06.2012				



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

5. Observaciones:

Este informe **reemplaza al IA No 229-2012**. Se incorporan en tablas 4.2, 4.4 y 4.6 se incluyen resultados recalculados en Base Materia Húmeda a petición del cliente.

Se anexan Cadenas de Custodia N^{os} 1443, 1444, 1450 y 1451.

Se anexa tabla con descripción

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

ANEXO I: Mapa de ubicación de puntos de muestreo.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

Mapa de ubicación de puntos de muestreo.

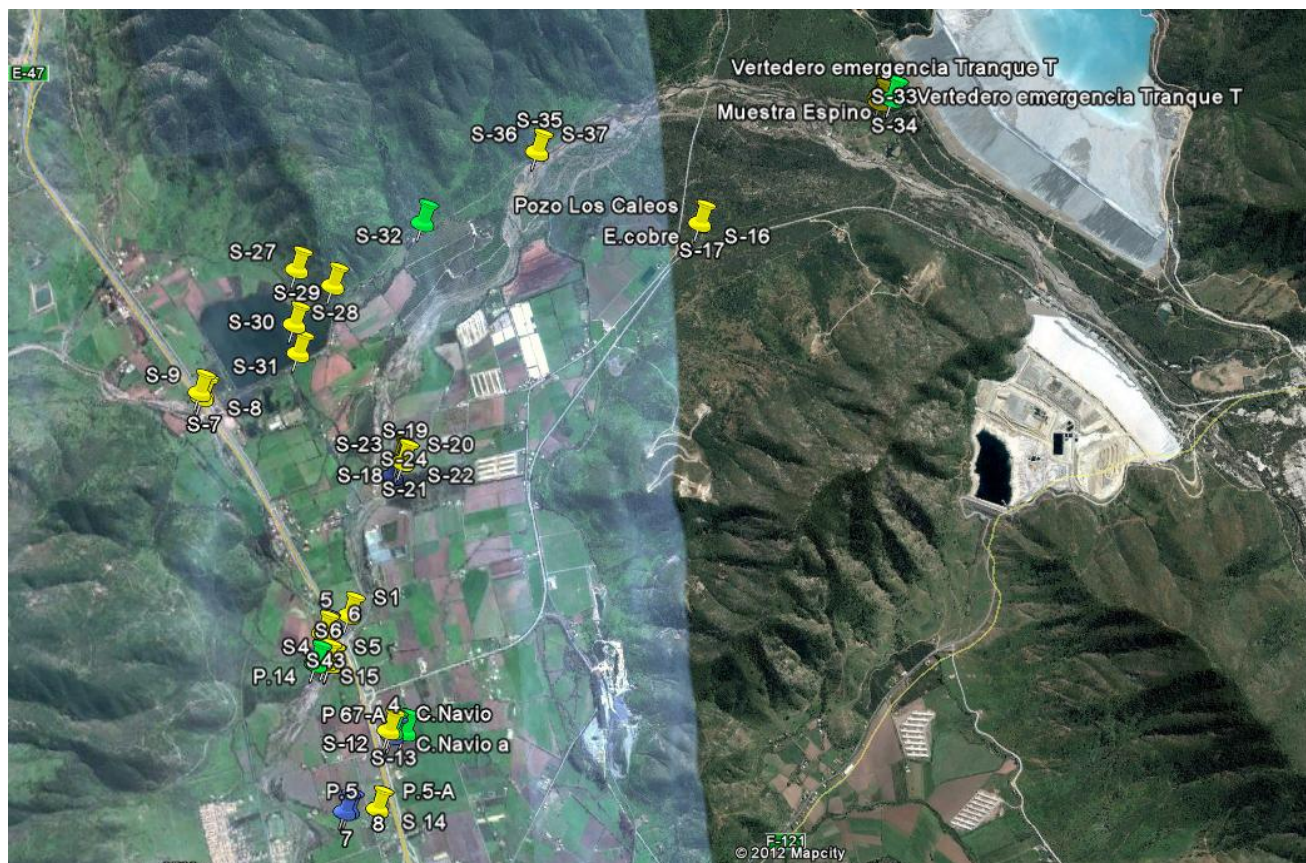


Imagen generada a partir de programa Google Hearth.



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

ANEXO II: Información Complementaria. Ubicación y descripción de muestras.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



Identificación	Nº CENMA	Matriz	Identificación	Zona	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Observaciones
S 16	45147	Suelo	Parcela Los Caleos 1(Suelo)	Parcela los caleos	294747	6385689	09/05/2012	11:37	Predio agrícola mayor a 1 hectárea. Cultivo de frutas y hortalizas a través de un sistema de riego alimentado por pozo propio. Muestras de suelo presentan 5 % de erosión, sin presencia de cárcavas. Sin humedad perceptible.
S 17	45148	Suelo	Parcela Los Caleos 2(Suelo)		294748	6385689			
Pozos los Caleos	45196	Aloe Vera	Parcela Los Caleos		294747	6385689			
E. Cobre	45193	Granadas	Parcela Los Caleos		294747	6385689			
1	45191	Agua subterránea	Agua pozo población Los Caleos		292692	6384194			
2	45184	Agua subterránea	APR (Sistema de Agua Potable Rural) Los Caleos		292690	6384194			
S 18	45149	Sedimento	E. Cobre (Estr.1)	Estero El Cobre I	292766	6384280	09/05/2012	12:32	Sector APR (sistema de Agua Potable Rural), Los Caleos. Muestra S18 (Estr1) corresponde al Horizonte C del suelo con 3.50 m de grosor. S19 (Estr2) corresponde a estrato de discontinuidad litológica(presencia de musgos),con 40 cm de grosor. S20 (Estr 3) corresponde a Estrato pedregoso (Lítico),con 60 cm de grosor. Muestra S21 (Estr4) corresponde a muestra de lodo "lecho cause" con 60 cm de grosor. Muestras correspondiente a E.Cobre "lecho" (S22-S26), fueron extraídas del lecho a 5 metros de distancia una de otra, teniendo como referencia la distancia del talud oriente del estero.
S 19	45150	Sedimento	E. Cobre (Estr.2)		292766	6384280			
S 20	45151	Sedimento	E. Cobre (Estr.3)		292766	6384280			
S 21	45152	Sedimento	E. Cobre (Estr.4)		292766	6384280			
S 22	45153	Sedimento	E. Cobre (lecho)		292767	6384281			
S 23	45154	Sedimento	E. Cobre (lecho)		292764	6384284			
S 24	45155	Sedimento	E. Cobre (lecho)		292760	6384287			
S 25	45156	Sedimento	E. Cobre (lecho)		292757	6384290			
S 26	45157	Sedimento	E. Cobre (talud poniente)		292745	6384300			
S 27	45158	Suelo	Tranque Collahue (background)	Tranque Collague	292110	6385542	09/05/2012	14:16	Muestra S 27 corresponde a muestras de pie de monte, extraída en una zona de pastoreo, con presencia de arbustos. Muestra S 28 corresponde a muestra a la altura de la compuerta de descarga al embalse el melón. Esta emplazadas en una sección natural, no revestida. S29 y S30 corresponde a muestras extraídas en medio del Tranque (aprox.).S 31 corresponde a muestra emplazada en una sección tierra sin revestimiento
S 28	45159	Sedimento	Canal el melón		292389	6385424			
S 29	45160	Sedimento	Tranque Collahue (central prof.20cm)		292126	6385193			
S 30	45161	Sedimento	Tranque Collahue (central prof.0cm)		292126	6385193			
S 31	45162	Sedimento	Tranque Collahue (salida del canal)		292139	6385008			

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Identificación	N° CENMA	Matriz	Identificación	Zona	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Observaciones
S 33	45164	Sedimento	Despiche emergencia T. Torito (lecho)	Tranque Torito	296011	6386404	15:40	Muestras S33 y S34 extraídas a aproximadamente 16 mts de pozo 16 (limite con propiedad de Angloamerican), emplazada en un cause natural. El suelos es natural, formación de bosque y de musgos con exposición a pie de monte hojarasca con piedras a nivel superficial.	
S 34	45165	Sedimento	Despiche emergencia T. Torito (orilla)		296011	6386406			
Vertedero emergencia Tranque T	45197	Vegetal	Despiche emergencia T. Torito (lecho)		296011	6386404			
Vertedero emergencia Tranque T-A	45198	Vegetal	Despiche emergencia T. Torito (lecho)		296011	6386404			
Muestra Espino	45203	Vegetal	Despiche emergencia T. Torito (lecho)		296011	6386404			
S 38	45169	Suelo	Estero el cobre (Suelo oriente)	Estero El Cobre II	295933	6386387	16:02	Muestras extraídas en el inicio del cono de inyección de Angloamerican. Suelo Natural y con presencia de charcos de agua y pisadas animales. Zona usada como abrevadero animal	
S 39	45170	Sedimento	Estero el cobre (talud oriente)		295935	6386392			
S 40	45171	Sedimento	Estero el Cobre (Lecho oriente)		295930	6386410			
S 41	45172	Sedimento	Estero el Cobre (Lecho poniente)		295938	6386431			
S 42	45173	Suelo	Estero el cobre (Suelo poniente)		295944	6386436			
3	45185	Agua superficial	Charco Agua boca toma		295934	6386427			
S 35	45166	Sedimento	Boca toma (arcilla)	Boca toma	293737	6386200	No Registrada	Muestras extraídas de boca toma canal el melón de estero el cobre. Zona de meandros, con sedimentos estratificados, cause con depósitos de arcillas y limos. Sedimentos con 25 cm de grosor.	
S 36	45167	Sedimento	Boca toma (arcilla)		293737	6386200			
S 37	45168	Sedimento	Boca toma (arcilla)		293737	6386200			
S 32	45163	Suelo	Parcela N°35 (naranjas)	Parcela 35	292982	6385791	No Registrada	Muestras extraídas en predio particular . Parcela 35, Collague . Plantación de Naranjas	
P.35	45204	Naranjas	Parcela N°35		292982	6385791			
S 12	45143	Suelo	Camino El Navío	Parcela	292578	6382579	10/05/2012	11:18	Predio particular (67-A) ubicado en camino

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Identificación	Nº CENMA	Matriz	Identificación	Zona	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Observaciones
			(Suelo costado carretera)	67-A					alternativo "el Navío", lado oriente de ruta 5 norte, suelo de uso agrícola con cultivo de hortalizas, papas, lechugas y porotos alimentados por un sistema de riego extraídas de pozo propio. Propietario indica como camino alternativo transitado por camiones una fuente de contaminación
S 13	45144	Suelo	Parcela El Navío (Suelo)		292596	6382575			
S 10	45141	Relave	Parcela 67-A (Relave)		-	-			
S 11	45142	Suelo	Parcela 67-A (Suelo agrícola)		292680	6382564			
C.Navio	45195	Papas	Parcela El Navío		292596	6382575			
C.Navio A	45200	Vegetal	Camino El Navío (Suelo costado carretera)		292596	6382575			
P 67-A	45201	Lechuga	Parcela 67-A		292680	6382564			
4	45186	Agua subterránea	Agua pozo Parcela 67A		292595	6382544			
S 7	45138	Sedimento	E, Javiera (talud oriente)	Estero Javiera	291509	6384763	13:04	Muestras extraídas del estero Javiera, presencia de piedras en superficie. Arenas y gravas, vegetación seca y normal con rasgos de pastoreo. Formación de matorral con especies introducidas. Intervención humana (quema y basura). Zona poniente presencia de vegetación degradada. Evidencia de pastoreo a 15 mts de la ruta 5 norte	
S 8	45139	Sedimento	E, Javiera (lecho)		291517	6384776			
S 9	45140	Sedimento	E, Javiera (talud poniente)		291496	6384794			
S 1	45132	Sedimento	E. Cobre (lecho) A.C.(Antes de Confluencia)	Estero El Cobre	292368	6383328	13:32	Muestra S1 extraída a 20 mts del lado oriente y de bajo de la carretera 5 norte (Estero el cobre con cruce Panamericana antes de confluencia con estero La Javiera), Lecho natural pero intervenida con presencia de piedras y residuos domiciliarios de distinta naturaleza (metálicos y no metálicos) y huellas de Vehículos de mediano tonelaje. Presencia de vegetación seca (matorral de lecho de cause). Sector heterogéneo. Muestras S2-S6 extraídas al lado poniente de la carretera 5 norte (post confluencia con estero Javiera). S2	
S 2	45133	Sedimento	E. Cobre (Estr.1) P.C.(Post Confluencia)		292233	6383024			
S 3	45134	Sedimento	E. Cobre (Estr.2) P.C. (Post Confluencia)		292233	6383024			
S 4	45135	Sedimento	E. Cobre (lecho) P.C.(Post Confluencia)		292227	6383024			
S 5	45136	Sedimento	E. Cobre (costra)		292227	6383024			

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

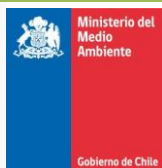


**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 789 9368
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Identificación	Nº CENMA	Matriz	Identificación	Zona	Coordenadas en UTM Datum WGS 84, Huso 19J		Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Observaciones
			P.C. (Post Confluencia)						corresponde a capa arable 30 cm de grosor, con presencia de musgos. corresponde a terraza pluvial reciente(lado oriente del estero el cobre. Muestra s3 80 cm de grosor y corresponde a muestra de horizonte C, también con presencia de musgos. Muestra S4 y S5 corresponden a punto medio del estero, y en profundidad de 10-20 cm y superficial (costra). este ultimo con presencia de musgos secos. S6 corresponde a costra superficial lado poniente del estero. emplazada como terraza aluvial erosionada, con presencia de matorrales y eucaliptus en los alrededores. presencia de musgos y piedras. huellas de remoción de tierra, con presencia de huellas y caminos.
S 6	45137	Sedimento	E. Cobre (costra 2) P.C. (Post Confluencia)		292205	6383040			
S 43	45174	Suelo	Parcela 14 (muestra de alud)	Parcela 14	292197	6383220	14:20	Muestras extraídas en predio privado parcela 14. zona de ganadería y cultivos pequeños las cercanías del Cerro Las perdices. Sector Confluencia el cobre con Javiera. Muestra 43 Presunto fragmento de relave del derrumbe de 1965 (material aluvial con arrastre de población el cobre). Área de plantaciones donde fueron extraídas las muestras biológicas existía presencia de basura metálicas (pilas), piedras, plástico y papel. Estas son alimentadas por sistema de regadío con manguera de pozo	
S 15	45146	Suelo	Parcela 14 (Suelo)		292142	6383034			
5	45183	Agua subterránea	Agua de bebida animal Parcela 14		292202	6383233			
6	45190	Agua subterránea	Agua pozo Parcela 14		292201	6383233			
P.14	45194	Naranja, membrillos	Parcela Nº14		292142	6383034			
S 14	45145	Suelo	Parcela 5 (Suelo) Macal rural	Macal Rural	292478	6382085	No Registrada	Muestras extraídas de predio particular cuya actividad es la agrícola, con plantaciones de lechugas y papas. Pozo parcela 4 posee una profundidad de 9 m.	
P.5	45199	Lechuga	Parcela Nº5		292478	6382085			
P.5-A	45202	Papas	Parcela Nº5		292478	6382085			
7	45187	Agua subterránea	Agua pozo Parcela 5		292265	6382078			
8	45188	Agua subterránea	Agua pozo Parcela 4		292271	6382884			
									No Registrada

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 021-2012



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LOA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 9275570 Fax : (56-2) 2751688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 08.02.2012

INFORME DE ANÁLISIS N° 021 - 2012

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
Nombre	Laboratorio de Química Ambiental, CENMA
Dirección	Avda. Larrain 9975, La Reina
Teléfono	(56-2)-927 5573
Fax	(56-2)-275 1668
Contacto	Dra Isel Cortés
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5170

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LOA	
Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) – 9275570
Fax	(56-2) – 2751688
E-Mail	@cenma.cl

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
Agua Pozo 1	42580	Agua	Cliente	22.12.11	26.12.2011
M2 Agua Potable	42581	Agua	Cliente	22.12.11	26.12.2011
M1 Agua Potable	42582	Agua	Cliente	22.12.11	26.12.2011

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LOA, TIENE ACREDITACIÓN NCh/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LOA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LOA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LOA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LOA TENDRÁN EL CARACTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Agua Pozo 1	< LD	45,570	< LD	< LD	27,440	9,535
M2 Agua Potable	< LD	27,260	< LD	< LD	60,670	10,460
M1 Agua Potable	< LD	37,710	< LD	< LD	19,280	9,346
Límite de Detección	1,08	3,69	0,96	6,36	1,72	2,64
Límite de Cuantificación	3,60	12,30	3,20	21,18	5,73	8,80
Fecha de análisis	12.01.2012					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Agua Pozo 1	10,270	< LD	< LD	0,992	11,850	< LD	39,210
M2 Agua Potable	8,488	< LD	< LD	1,080	10,100	< LD	36,680
M1 Agua Potable	4,061	< LD	< LD	< LD	12,140	< LD	58,530
Límite de Detección	3,93	8,04	4,92	0,93	1,91	1,49	2,86
Límite de Cuantificación	13,10	26,80	16,39	3,10	6,37	4,97	9,53
Fecha de análisis	12.01.2012						

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Agua Pozo 1	< LD	18,550	1,521	32,180	4,830	25060	< LD
M2 Agua Potable	< LD	15,050	1,458	30,960	4,362	23850	< LD
M1 Agua Potable	< LD	15,160	1,517	33,250	< LD	24700	< LD
Límite de Detección	1,28	2,12	0,86	5,11	4,20	---	0,393
Límite de Cuantificación	4,27	7,07	2,87	17,03	14,00	---	0,795
Fecha de análisis	12.01.2012						31.01.2012



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LOA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.4 Determinación de Bromodiclorometano. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Limite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.5 Determinación de Dibromoclorometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Limite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.6 Determinación de Tribromometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Limite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.7 Determinación de Triclorometano. Method EMA-CRO510. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Limite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



4.8 Determinación de Sólidos Disueltos Totales. Method ESTD-GRA203 Total Dissolved Solids Dried at 180°C. APHA 2540-C, page 2-57, 21st ed.*	
Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	536
M2 Agua Potable	546
M1 Agua Potable	482
Fecha de Análisis	11.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.9 Determinación de Pentaclorofenol. Method E5CLF-CRO539. Pesticidas Organoclorados. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPASW-846. Adaptación Método 8081,3510.v2, 1997.*	
Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,001
M2 Agua Potable	< 0,001
M1 Agua Potable	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	26.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.10 Determinación de Benceno, Tolueno, Xileno. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*				
Muestra	Concentración (mg/L)			
	Benceno	Tolueno	p/m-Xileno	o-Xileno
Agua Pozo 1	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
M2 Agua Potable	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
M1 Agua Potable	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Límite de Detección	0,001	0,002	0,002	0,001
Fecha de análisis	02.01.2012			

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.11 Determinación de Tetracloroetileno. Method E5CLF-CRO539 TTCE. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*	
Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LOA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.12 Determinación de Pesticidas Organoclorados. Method EMA-CRO526 4,4 DDD, EMA-CRO526 4,4 DDE, EMA-CRO526 4,4 DDT, EMA-CRO526 Lindano, EMA-CRO526 Metox .Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8081,3510, v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)				
	4,4 DDD	4,4 DDE	4,4 DDT	Lindano	Metoxicloro
Agua Pozo 1	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
M2 Agua Potable	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
M1 Agua Potable	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Límite de Detección	0,00005	0,00005	0,0001	0,00005	0,0002
Fecha de análisis	31.12.2011				

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.13 Determinación de Herbicida 2,4 -D. Method EHER-CRO540 2,4-D. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPA SW-846, Adaptación método 8081,3510.v2,1997*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,001
M2 Agua Potable	< 0,001
M1 Agua Potable	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	26.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.14 Determinación de Fenoles. Method EFEN-COL107.Cloroform Extraction Method, APHA 5530-C, pages 5-45 to 5-46,21st ed.2005*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,001
M2 Agua Potable	< 0,001
M1 Agua Potable	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	09.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.15 Determinación de Cianuro. Method ECNT-COL144.Total Cyanide after Distillation. APHA 4500-CN, pages 4-39 to 4-40, 21st ed. Colorimetric Method, APHA 4500-CN-E, pages 4-41 to 4-43, 21st ed.2005, Cianuro Total. APHA 4500 CN-N, PAGES 4-53 TO 4-54, 21ST ed.2005. APHA 4500-CN-C; Preliminary Distillation Step.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	< 0,002
M2 Agua Potable	< 0,002
M1 Agua Potable	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	12.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LOA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.16 Determinación de Amoníaco. Method ENH3-COL143, Nitrógeno Amoniacal. APHA 4500-NH3-H, pages 4-116 to 4-117, 21st ed.2005.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Pozo 1	<1,8
M2 Agua Potable	<1,8
M1 Agua Potable	<1,8
Límite de Detección	<1,8
Fecha de Análisis	06.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.17 Determinación de Color Verdadero. Method ECOLV-COL124. Metodo Platino Cobalto. SISS ME-24-2007, pág. 193-197, 2º versión 2007. Determinación de Olor. Method EOLOR-CUA752. Metodo organoléptico, SISS ME-25-2007, pág. 198-201, 2º versión 2007.*

Muestra	Concentración (Pt-Co)	Concentración (TON)
	Color Verdadero	Olor
Agua Pozo 1	<5	Inodora
M2 Agua Potable	<5	Inodora
M1 Agua Potable	<5	Inodora
Límite de Detección	5	Inodora
Fecha de análisis	26.12.2011	26.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.18 Determinación de Coliformes Fecales. Method ESUBC-513, Fecal Coliform Procedure. APHA 9221-E, pages 9-56 to 9-57, 21st ed.2005*

Muestra	Concentración (NMP/100 mL)
Agua Pozo 1	<1,8
M2 Agua Potable	<1,8
M1 Agua Potable	<1,8
Límite de Detección	<1,8
Fecha de Análisis	31.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.19 Determinación de Flúor (F), Cloruro (Cl), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃), Sulfatos (SO₄), Fosfatos (PO₄) y Bromuros (Br) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F (mg/l)	Cl (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
Agua Pozo 1	< LD	33,179	< LD	251,003	< LD	48,427	< LD
M2 Agua Potable	< LD	32,508	< LD	247,380	< LD	23,552	< LD
M1 Agua Potable	< LD	39,255	< LD	247,520	< LD	43,511	< LD
Límite de Detección	0,06	0,22	0,02	0,05	0,09	0,07	0,02
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LOA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**
Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.20 Determinación de Litio (Li), Sodio (Na), Amonio (NH₄), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).						
Muestra	Li (mg/l)	Na (mg/l)	NH₄ (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)
Agua Pozo 1	< LD	27,734	2,249	2,523	28,356	102,060
M2 Agua Potable	< LD	26,666	1,117	1,686	24,403	87,839
M1 Agua Potable	< LD	27,666	1,603	3,172	24,413	84,546
Límite de Detección	0,02	0,16	0,01	0,09	0,03	0,21
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012					

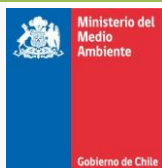
5. OBSERVACIONES

Se anexa cadena de custodia 1322.
Análisis externalizados a ALS Environmental para evaluación de NCh 409/1.

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 024-2012



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 9275570 Fax : (56-2) 2751688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 06.02.2012

INFORME DE ANÁLISIS N° 024 - 2012

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nombre	Laboratorio de Química Ambiental, CENMA
Dirección	Avda. Larraín 9975, La Reina
Teléfono	(56-2)-927 5573
Fax	(56-2)-275 1668
Contacto	Dra Isel Cortés
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5176

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQA

Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) - 9275570
Fax	(56-2) - 2751688
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQA, TIENE ACREDITACIÓN NCh/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LQA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LQA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LQA TENDRÁN EL CARÁCTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
M1 Agua estero Cobre	42613	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M1 Sedimento estero Cobre	42614	Sedimento	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M1 Suelo estero Cobre	42615	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Agua Potable G. Mistral	42616	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Suelo Soc. San Joaquín	42617	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Hojas Soc. San Joaquín	42618	Material foliar	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	42619	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Agua Pozo Monitoreo N° 12	42620	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
Suelo Pozo monitoreo	42621	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M4 Agua estero Cobre	42622	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M4 Sedimento estero Cobre	42623	Sedimento	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M4 Suelo estero Cobre	42624	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M3 Sedimento estero Cobre	42625	Sedimento	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M3 Suelo estero Cobre	42626	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M2 Agua estero Cobre	42627	Agua	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M2 Sedimento estero Cobre	42628	Sedimento	Cenma	28.12.2011	29.12.2011
M2 Suelo estero Cobre	42629	Suelo	Cenma	28.12.2011	29.12.2011

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
M1 Sedimento estero Cobre	1,537	157,652	21,477	18,112	687,521	13,709
M1 Suelo estero Cobre	1,402	109,723	23,330	22,257	647,862	7,045
Suelo Soc. San Joaquín	1,232	157,721	15,169	16,333	152,622	5,532
Hojas Soc. San Joaquín	<LD	21,180	2,578	<LD	22,181	7,085
Suelo Pozo monitoreo	1,204	149,367	15,955	18,448	174,795	5,953
M4 Sedimento estero Cobre	0,676	94,036	6,463	10,560	747,113	29,039
M4 Suelo estero Cobre	1,139	98,488	12,961	20,292	2813,460	4,161
M3 Sedimento estero Cobre	2,426	165,686	15,613	51,794	2404,139	9,231
M3 Suelo estero Cobre	1,449	141,426	24,657	29,684	1678,173	5,387
M2 Sedimento estero Cobre	0,351	32,472	3,293	4,122	373,298	2,745
M2 Suelo estero Cobre	1,461	78,290	28,916	20,739	220,257	7,563
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	09.01.2012					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
M1 Sedimento estero Cobre	11,133	19574,610	<LD	1583,583	<LD	95,713	113,617
M1 Suelo estero Cobre	9,866	6286,036	<LD	1058,372	<LD	140,469	19,639
Suelo Soc. San Joaquín	10,308	5979,967	<LD	412,403	<LD	86,339	43,892
Hojas Soc. San Joaquín	<LD	48,164	<LD	32,326	<LD	1,001	4,692
Suelo Pozo monitoreo	8,622	3585,141	<LD	1070,996	<LD	125,202	27,196
M4 Sedimento estero Cobre	10,118	2630,826	<LD	260,352	<LD	54,866	7,179
M4 Suelo estero Cobre	8,643	4592,511	<LD	1092,197	<LD	101,294	32,560
M3 Sedimento estero Cobre	25,233	10025,698	<LD	1373,673	<LD	120,038	43,383
M3 Suelo estero Cobre	10,649	4442,173	<LD	1181,340	<LD	198,817	21,993
M2 Sedimento estero Cobre	3,780	386,041	<LD	72,051	<LD	39,938	3,096
M2 Suelo estero Cobre	9,564	4514,723	<LD	835,199	<LD	98,464	23,171
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis	09.01.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores BMS.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
M1 Sedimento estero Cobre	19,525	<LD	<LD	76,105	32311,399	2791,210	<LD
M1 Suelo estero Cobre	19,132	<LD	<LD	75,057	32756,310	331,026	<LD
Suelo Soc. San Joaquín	13,852	<LD	<LD	65,663	28875,839	422,345	<LD
Hojas Soc. San Joaquín	0,427	<LD	<LD	106,658	274,110	3547,851	<LD
Suelo Pozo monitoreo	16,452	<LD	<LD	87,145	25410,885	781,103	<LD
M4 Sedimento estero Cobre	9,506	<LD	<LD	30,340	28167,915	957,007	0,223
M4 Suelo estero Cobre	14,769	<LD	<LD	90,810	23709,672	811,016	<LD
M3 Sedimento estero Cobre	21,074	<LD	<LD	70,704	31083,046	2176,743	0,296
M3 Suelo estero Cobre	18,968	<LD	<LD	83,171	39285,834	473,876	<LD
M2 Sedimento estero Cobre	6,414	<LD	<LD	12,700	2091,838	643,031	<LD
M2 Suelo estero Cobre	15,542	<LD	<LD	50,162	21054,316	154,171	<LD
Límite de Detección	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	--	0,108
Límite de Cuantificación	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	--	0,306
Fecha de análisis	09.01.2012						26.01.2012

4.4 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
M1 Agua estero Cobre	< LD	24,06	1,20	< LD	5,25	29,19
Agua Potable G. Mistral	< LD	26,63	1,01	< LD	22,64	23,40
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	< LD	26,66	< LD	< LD	3,29	23,40
Agua Pozo Monitoreo N° 12	< LD	180,10	2,83	< LD	36,89	82,72
M4 Agua estero Cobre	< LD	31,74	< LD	< LD	90,73	17,21
M2 Agua estero Cobre	< LD	24,01	0,996	< LD	33,88	25,90
Límite de Detección	1,08	3,69	0,96	6,36	1,72	2,64
Límite de Cuantificación	3,60	12,30	3,20	21,18	5,73	8,80
Fecha de análisis	03.01.2012					

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.5 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
M1 Agua estero Cobre	< LD	< LD	< LD	35,61	10,00	< LD	40,98
Agua Potable G. Mistral	< LD	< LD	< LD	< LD	10,53	< LD	55,58
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	7,70	< LD	< LD	9,84	28,04	< LD	42,38
Agua Pozo Monitoreo N° 12	13,90	81,06	< LD	39,90	11,52	< LD	23,30
M4 Agua estero Cobre	5,53	193,50	< LD	37,28	29,29	3,21	29,55
M2 Agua estero Cobre	4,16	289,6	< LD	100,10	10,41	2,15	55,21
Límite de Detección	3,93	8,04	4,92	0,93	1,91	1,49	2,86
Límite de Cuantificación	13,10	26,80	16,39	3,10	6,37	4,97	9,53
Fecha de análisis	03.01.2012						

4.6 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL – 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/l)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
M1 Agua estero Cobre	< LD	15,90	< LD	15,30	5,38	110900	< LD
Agua Potable G. Mistral	< LD	14,42	< LD	7,73	< LD	93820	< LD
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	< LD	22,86	< LD	48,32	< LD	463500	< LD
Agua Pozo Monitoreo N° 12	< LD	20,94	< LD	38,74	279,60	183500	< LD
M4 Agua estero Cobre	< LD	19,04	< LD	114,50	403,40	516300	< LD
M2 Agua estero Cobre	< LD	14,16	< LD	44,59	426,50	130600	< LD
Límite de Detección	1,28	2,12	0,86	5,11	4,20	-	0,393
Límite de Cuantificación	4,27	7,07	2,87	17,03	14,00	-	0,795
Fecha de análisis	03.01.2012						31.01.2012

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.7 Determinación de % de humedad (Código interno ILMAS-013).	
Muestra	% de humedad
Hojas Soc. San Joaquín	55,67
Fecha de Análisis	04.01.2012

4.8 Determinación de Compuestos Orgánicos. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*				
Muestra	Concentración (mg/L)			
	Bromodichlorometano	Dibromoclorometano	Tribromometano	Triclorometano
Agua Potable G. Mistral	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Límite de Detección	0,002	0,002	0,002	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012	02.01.2012	02.01.2012	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.9 Determinación de Benceno, Tolueno, Xileno. Method EMA-CRO510 BDCM. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*				
Muestra	Concentración (mg/L)			
	Benceno	Tolueno	p/m-Xileno	o-Xileno
Agua Potable G. Mistral	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001
Límite de Detección	0,001	0,002	0,002	0,001
Fecha de análisis	02.01.2012			

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.10 Determinación de Pentaclorofenol. Method E5CLF-CRO539. Pesticidas Organoclorados. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPASW-846. Adaptación Método 8081,3510.v2, 1997.	
Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	30.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.11 Determinación de Tetracloroetileno. Method E5CLF-CRO539 TTCE. Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8260,5035 v2.1997.*	
Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	02.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.12 Determinación de Pesticidas Organoclorados. Method EMA-CRO526 4,4 DDD, EMA-CRO526 4,4 DDE, EMA-CRO526 4,4 DDT, EMA-CRO526 Lindano, EMA-CRO526 Metox .Cromatografía Gaseosa, CG-MS con sistema de purga y trampa. Método US EPA SW-846, Adaptación Método 8081,3510, v2.1997.*

Muestra	Concentración (mg/L)				
	4,4 DDD	4,4 DDE	4,4 DDT	Lindano	Metoxicloro
Agua Potable G. Mistral	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0002
Límite de Detección	0,00005	0,00005	0,0001	0,00005	0,0002
Fecha de análisis	31.12.2011				

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.13 Determinación de Herbicida 2,4 -D. Method EHER-CRO540 2,4-D. Cromatografía Gaseosa, CG-ECD.US EPA SW-846, Adaptación método 8081,3510.v2,1997*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	30.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.14 Determinación de Fenoles. Method EFEN-COL107.Cloroform Extraction Method, APHA 5530-C, pages 5-45 to 5-46,21st ed.2005*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,001
Límite de Detección	0,001
Fecha de Análisis	09.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.15 Determinación de Sólidos Disueltos Totales. Method ESTD-GRA203 Total Dissolved Solids Dried at 180°C. APHA 2540-C, page 2-57, 21st ed*.

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	486
Fecha de Análisis	11.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.16 Determinación de Cianuro. Method ECNT-COL144.Total Cyanide after Distillation. APHA 4500-CN, pages 4-39 to 4-40, 21st ed. Colorimetric Method, APHA 4500-CN-E, pages 4-41 to 4-43, 21st ed.2005, Cianuro Total. APHA 4500 CN-N, PAGES 4-53 TO 4-54, 21ST ed.2005. APHA 4500-CN-C; Preliminary Distillation Step.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,002
Límite de Detección	0,002
Fecha de Análisis	12.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.17 Determinación de Amoníaco. Method ENH3-COL143, Nitrógeno Amoniacal. APHA 4500-NH₃-H, pages 4-116 to 4-117, 21st ed.2005.*

Muestra	Concentración (mg/L)
Agua Potable G. Mistral	< 0,01
Límite de Detección	0,01
Fecha de Análisis	06.01.2012

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.18 4.18 Determinación de Color Verdadero. Method ECOLV-COL124. Metodo Platino Cobalto.SISS ME-24-2007, pág. 193-197, 2º versión 2007. Determinación de Olor. Method EOLOR-CUA752.Metodo organoléptico, SISS ME-25-2007, pág. 198-201, 2º versión 2007.*

Muestra	Concentración (Pt-Co)	Concentración (TON)
	Color Verdadero	Olor
Agua Potable G. Mistral	<5	Inodora
Límite de Detección	5	Inodora
Fecha de análisis	30.12.2011	30.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.19 Determinación de Coliformes Fecales. Method ESUBC-513, Fecal Coliform Procedure. APHA 9221-E, pages 9-56 to 9-57, 21st ed.2005

Muestra	Concentración (NMP/100mL)
Agua Potable G. Mistral	<1,8
Límite de Detección	1,8
Fecha de Análisis	31.12.2011

*Análisis externalizado a ALS Environmental.

4.20 Determinación de Flúor (F), Cloruro (Cl), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃), Sulfatos (SO₄), Fosfatos (PO₄) y Bromuros (Br) .Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).

Muestra	F (mg/l)	Cl (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
M1 Agua estero Cobre	0,070	34,822	< LD	289,163	< LD	10,182	< LD
Agua Potable G. Mistral	0,059	29,440	< LD	243,821	< LD	11,868	< LD
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	0,040	86,071	< LD	1391,700	0,158	2,035	< LD
Agua Pozo Monitoreo N° 12	0,065	37,896	< LD	468,754	0,124	6,191	0,930
M4 Agua estero Cobre	0,061	93,779	< LD	1669,73	0,216	0,172	< LD
M2 Agua estero Cobre	0,073	36,059	< LD	331,034	< LD	9,896	< LD
Límite de Detección	0,06	0,22	0,02	0,05	0,09	0,07	0,02
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.21 Determinación de Litio (Li), Sodio (Na), Amonio (NH₄), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Método Cromatografía Iónica. (Código interno ILMAA-002).						
Muestra	Li (mg/l)	Na (mg/l)	NH₄ (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)
M1 Agua estero Cobre	< LD	37,495	4,588	15,709	15,065	96,233
Agua Potable G. Mistral	< LD	29,496	2,319	2,625	13,234	70,005
Agua de Regadío Soc. San Joaquín	< LD	130,752	4,904	3,283	53,672	268,404
Agua Pozo Monitoreo Nº 12	< LD	65,085	2,691	3,018	13,042	91,005
M4 Agua estero Cobre	< LD	162,299	3,156	12,559	33,105	260,434
M2 Agua estero Cobre	< LD	24,749	1,237	0,869	8,769	61,325
Límite de Detección	0,02	0,16	0,01	0,09	0,03	0,21
Fecha de análisis	06.01.2012 – 12.01.2012					

5. OBSERVACIONES

Valores de tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se encuentran expresados en Base Materia Seca (BMS).

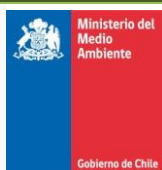
Se anexa Cadena de Custodia Nº 01321.

Análisis externalizado a ALS Environmental para evaluación de NCh 409/1

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



Anexo 3.

INFORME DE ANALISIS 049-2012



**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 9275570 Fax : (56-2) 2751688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

Fecha: 07.03.2012

INFORME DE ANÁLISIS N° 049 - 2012

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nombre	Laboratorio de Química Ambiental, CENMA
Dirección	Avda. Larraín 9975, La Reina
Teléfono	(56-2)-927 5573
Fax	(56-2)-275 1668
Contacto	Dra Isel Cortés
Número Cliente	56
Número Proyecto	51
Número Solicitud	5142

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQA

Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor de Laboratorio
Teléfono	(56-2) - 9275570
Fax	(56-2) - 2751688
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
Botadero de Estériles	42188	Solido Estéril	Cenma	12.11.2011	18.11.2011
Suelo Valor Base M1	42189	Suelo	Cenma	12.11.2011	18.11.2011
Suelo Pozo AngloAmérica	42190	Suelo	Cenma	12.11.2011	18.11.2011
Agua Superficial M1	42191	Agua Superficial	Cenma	12.11.2011	18.11.2011

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQA, TIENE ACREDITACIÓN NCh/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). LOS ALCANCES DE LA ACREDITACION SE INDICAN A CONTINUACION:

INN. Determinación de características de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Pensky-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), aniones y cationes por cromatografía iónica, ozono y óxidos de nitrógeno por técnica de difusión pasiva.

TERMINOS Y CONDICIONES. LA RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL (LQA) DEL CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA) SE RESTRINGE A LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS ANALÍTICOS, GENERACIÓN DE PLANES DE MUESTREO Y/O MUESTREO MEDIO AMBIENTAL CONVENIDOS CON EL CLIENTE - LOS SERVICIOS ANALÍTICOS Y EL MUESTREO SON REALIZADOS TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS DE CALIDAD INTERNACIONALMENTE RECONOCIDOS - EL LQA NO SE RESPONSABILIZA POR LAS CONDICIONES DE PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL CLIENTE - UNA VEZ REALIZADOS LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS, ESTAS SERÁN CONSERVADAS DURANTE UN MES LUEGO DEL CUAL SERÁN DESECHADAS, Y POR ENDE NO PODRÁN SER RECLAMADAS AL IGUAL QUE LOS CONTENEDORES - LAS MUESTRAS QUE SEAN CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS DEBERÁN SER RETIRADAS INELUDIBLEMENTE POR EL CLIENTE O EN SU DEFECTO EL CLIENTE DEBERÁ CUBRIR LOS COSTOS PARA SU DISPOSICIÓN FINAL - LOS RESULTADOS INFORMADOS POR EL LQA SON VÁLIDOS SOLO PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS - LOS RESULTADOS ENVIADOS DE MANERA ELECTRÓNICA POR EL LQA TENDRÁN EL CARÁCTER DE PROVISIONAL Y PODRÁN ESTAR SUJETOS A CAMBIOS BASADOS EN EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO - SE ENTENDERÁ COMO CERTIFICADO O INFORME DE ANÁLISIS VALIDAMENTE EMITIDO AL DOCUMENTO EN ORIGINAL, DEBIDAMENTE TIMBRADO Y FIRMADO POR EL SUPERVISOR DE LABORATORIO Y POR EL JEFE DEL LABORATORIO.

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 927-5570 Fax : (56-2) 275-1688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
Agua Superficial M2	42192	Agua Superficial	Cenma	12.11.2011	18.11.2011
Suelo Valor Base M2	42193	Suelo	Cenma	12.11.2011	18.11.2011
Lodo Estero del Cobre	42194	Lodo	Cenma	12.11.2011	18.11.2011

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores expresados TCO.

Muestra	Concentración (mg/Kg)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Botadero de Estériles	0,595	62,30	15,70	48,74	66,88	11,12
Suelo Valor Base M1	1,013	105,5	8,970	68,63	46,77	4,211
Suelo Pozo AngloAmérica	1,314	94,93	11,83	11,91	2214	6,130
Suelo Valor Base M2	1,536	133,4	19,81	48,27	55,93	6,047
Lodo Estero del Cobre	1,468	153,5	13,11	49,22	1790	9,865
Límite de Detección	6,40·10⁻²	0,130	4,53·10⁻¹	2,33	0,275	0,382
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27
Fecha de análisis	20.12.2011					

4.2 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Valores expresados TCO.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Botadero de Estériles	5,512	1810	<LD	614,7	0,1983	69,13	39,63
Suelo Valor Base M1	10,08	1845	<LD	790,6	<LD	71,40	29,70
Suelo Pozo AngloAmérica	18,23	4052	<LD	870,8	<LD	120,5	21,92
Suelo Valor Base M2	11,99	1454	<LD	410,8	<LD	70,81	4,551
Lodo Estero del Cobre	21,90	3569	<LD	708,6	<LD	118,9	24,38
Límite de Detección	0,265	2,1·10⁻³	1,8	1,30·10⁻²	4,7·10⁻²	3,1·10⁻²	1,0·10⁻²
Límite de Cuantificación	0,883	0,58	5,9	4,33·10⁻²	1,6·10⁻¹	1,0·10⁻¹	3,3·10⁻²
Fecha de análisis	20.12.2011						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 927-5570 Fax : (56-2) 275-1688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.3 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Determinación de Mercurio. Mercuriómetro. ASTM Valores expresados TCO.

Muestra	Concentración (mg/Kg)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Botadero de Estériles	13,79	4,587	<LD	17,44	4372	4292	0,02
Suelo Valor Base M1	14,94	0,9302	<LD	62,52	12334	13,64	0,02
Suelo Pozo AngloAmérica	16,38	<LD	<LD	52,25	24480	791,5	0,03
Suelo Valor Base M2	16,23	<LD	<LD	84,44	17620	308,6	0,03
Lodo Estero del Cobre	16,87	0,4701	<LD	56,78	22954	3632	0,19
Límite de Detección	1,1·10⁻¹	0,31	1,8·10⁻²	0,46	8,8·10⁻²	-	1,50·10⁻³
Límite de Cuantificación	3,5·10⁻¹	1,0	6,0·10⁻²	1,5	2,9·10⁻¹	-	5,00·10⁻³
Fecha de análisis	20.12.2011						14.12.2011

4.4 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)					
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni
Agua Superficial M1	6,06	24,40	<LD	<LD	16,41	2,185
Agua Superficial M2	5,36	19,39	<LD	<LD	23,84	3,762
Límite de Detección	1,08	3,69	0,96	6,36	1,72	2,64
Límite de Cuantificación	3,60	12,30	3,20	21,18	5,73	8,80
Fecha de análisis	28.11.2011					

4.5 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C.

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba
Agua Superficial M1	21,23	18,10	<LD	27,82	25,90	0,5438	35,73
Agua Superficial M2	21,95	71,14	<LD	22,90	12,87	0,4512	31,93
Límite de Detección	3,93	8,04	4,92	0,93	1,91	1,49	2,86
Límite de Cuantificación	13.10	26.80	16.39	3.10	6.37	4.97	9.53
Fecha de análisis	28.11.2011						

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 927-5570 Fax : (56-2) 275-1688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

4.6 Determinación de Metales Totales. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código interno ILMAL - 019). USEPA, SW 846. Method 6010 C. Determinación de mercurio por espectroscopia de absorción atómica con vapor frío. (Código interno ILMAS-010). Método USEPA- 7470 A, SW-846

Muestra	Concentración (µg/L)						
	Co	Mo	Be	B	Fe	S	Hg
Agua Superficial M1	<LD	17,30	0,0843	114,0	32,51	439400	<LD
Agua Superficial M2	<LD	14,46	0,1710	84,31	131,5	189600	<LD
Límite de Detección	1,28	2,12	0,86	5,11	4,20	-	0,393
Límite de Cuantificación	4,27	7,07	2,87	17,03	14,00	-	0,795
Fecha de análisis	28.11.2011						12.12.2011

4.1 Determinación de mercurio. Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry. ASTM D 6722-01 (2006).

Muestra	Concentración (mg/Kg)
	Hg
Botadero de Estériles	0,01572
Suelo Valor Base M1	0,02294
Suelo Pozo AngloAmérica	0,02903
Suelo Valor Base M2	0,02888
Lodo Estero del Cobre	0,19367
Límite de Detección	1,5·10⁻³
Límite de Cuantificación	5,00·10⁻³
Fecha de análisis	14.12.2011

4.1 Determinación de pH (Código interno ILMAL-01) Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition 2005, método 4500-H⁺ y conductividad (Código interno ILMAL-02). Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998, método 2510 B.

Muestra	pH
Botadero de Estériles	8,16
Suelo Valor Base M1	6,60
Suelo Pozo AngloAmérica	7,91
Agua Superficial M1	8,03
Agua Superficial M2	7,17
Suelo Valor Base M2	6,72
Lodo Estero del Cobre	6,92
Fecha de Análisis	07.11.2011

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 927-5570 Fax : (56-2) 275-1688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

**ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.**



**LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL (LQA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)**

Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
788-0096 LA REINA
Teléfono: (56-2) 927-5570 Fax : (56-2) 275-1688
Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)

5. OBSERVACIONES

Resultados de tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se encuentran informados en Tal Como Ofrecido (TCO).

Se anexa cadena de custodia N° 01136.

Este informe **reemplaza** al IA N° 388-2011. Se corrige resultado de Hg en tabla 4.3 para muestra Suelo pozo

Anglo América. Se corrige expresión de LD para Hg en tabla 4.6.

Dra. Isel Cortés Nodarse
Jefe de Laboratorio

Jorge Muñoz Muñoz
Supervisor de Laboratorio

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

**INSTITUTO NACIONAL
DE NORMALIZACION**

El Instituto Nacional de Normalización, INN, certifica que:

ALS PATAGONIA S.A.

LABORATORIO ALS ENVIRONMENTAL

ubicado en Los Ebanistas N°8521, La Reina, Santiago

ha renovado su acreditación en el Sistema Nacional de Acreditación del INN, como

Laboratorio de Ensayo

según NCh-ISO 17025.Of2005

en el área Físico-química para aguas, con el alcance indicado en anexo.

Primera acreditación: Desde el 31 de Julio de 2003

Vigencia de la Acreditación : hasta el 31 de Julio de 2013

Santiago de Chile, 25 de Mayo de 2010



Eduardo Ceballos Osorio
Jefe de División Acreditación



Sergio Toro Galleguillos
Director Ejecutivo



ACREDITACION LE 224

ALCANCE DE LA ACREDITACION DEL LABORATORIO ALS ENVIRONMENTAL, DE ALS PATAGONIA S.A., SEDE SANTIAGO, COMO LABORATORIO DE ENSAYO

AREA : FISICO-QUIMICA PARA AGUAS
SUBAREA : FISICO-QUIMICA PARA AGUA POTABLE, FUENTES DE CAPTACION, AGUAS RESIDUALES SEGUN CONVENIO INN-SISS

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
2,4 D Pentaclorofenol	ME-21-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable, Método Cromatografía .Gaseosa con detector de captura electrónica	Agua potable y fuentes de captación
Aceites y grasas	NCh2313/6.Of97	Aguas residuales
Benceno (*)	US EPA SW-846. Test methods for Evaluation Solid Waste Physically Chemicals. Methods v2 1997. Adaptación Método USEPA 8260B. Cromatografía Gaseosa	Agua potable y fuentes de captación
Cianuro (*)	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-CN-N. Método Colorimétrico	Agua potable y fuentes de captación
Cloro libre residual	ME-33-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método D.P.D. Titrimétrico Ferroso (F.A.S.)	Agua potable y fuentes de captación
Cloruro	ME-28-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por Método argentométrico	Agua potable y fuentes de captación
Cloruro	NCh2313/32.Of99	Aguas residuales
Color	ME-24-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable:, Método Platino-Cobalto.	Agua potable y fuentes de captación
Compuestos fenólicos	ME-32-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable Espectrofotometría de Absorción Molecular UV-Visible.	Agua potable y fuentes de captación
Demanda bioquímica de oxígeno	NCh2313/5.Of2005	Aguas residuales
Demanda química de oxígeno	NCh2313/24.Of97	Aguas residuales
Fluoruro	ME-06-2007 Superintendencia de Servicios	Agua potable y fuentes de captación

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
	Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable, Método Electrodo específico.	
Fluoruro	NCh2313/33.Of99	Aguas residuales
Fósforo total	NCh2313/15.Of97	Aguas residuales
Hidrocarburos totales	NCh2313/7.Of97	Aguas residuales
Indice de fenol	NCh2313/19.Of2001	Aguas residuales
Lindano, metoxicloro y DDT + DDD + DDE	ME-20-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable, Método Cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica.	Agua potable y fuentes de captación
Nitrato (*)	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-NO3-I. Método Colorimétrico	Agua potable y fuentes de captación
Nitrito (*)	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-NO2-B. Método Colorimétrico	Agua potable y fuentes de captación
Nitrógeno amoníaco (*)	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-NH3-H. Método Colorimétrico.	Agua potable y fuentes de captación
Olor	ME-25-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable, Método Organoléptico.	Agua potable y fuentes de captación
Pentaclorofenol y herbicidas organoclorados: 2,4-D 2,4,5-TP	NCh2313/29.Of99	Aguas residuales
pH	ME-29-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable Método Electrométrico.	Agua potable y fuentes de captación
pH	NCh2313/1.Of95	Aguas residuales
Poder espumógeno	NCh2313/21.Of97	Aguas residuales
Sólidos disueltos	ME-31-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable Método Gravimétrico	Agua potable y fuentes de captación
Sólidos sedimentables	NCh2313/4.Of95	Aguas residuales

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Sólidos suspendidos totales	NCh2313/3.Of95	Aguas residuales
Sulfato	ME-30-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable Método Electrométrico Método Gravimétrico Secado de Residuos.	Agua potable y fuentes de captación
Sulfato	NCh2313/18.Of97	Aguas residuales
Surfactantes aniónicos	NCh2313/27.Of98	Aguas residuales
Temperatura	NCh2313/2.Of95	Aguas residuales
Tolueno (*)	US EPA SW-846. Test methods for Evaluation Solid Waste Physically Chemicals. Methods v2 1997. Adaptación Método USEPA 8260B. Cromatografía Gaseosa	Agua potable y fuentes de captación
Trihalometano (*): Bromodiclorometano Dibromodiclorometano Tetracloroetano Tribromometano Triclorometano	US EPA SW-846. Test methods for Evaluation Solid Waste Physically Chemicals. Methods v2 1997. Adaptación Método USEPA 8260B. Cromatografía Gaseosa	Agua potable y fuentes de captación
Turbiedad	ME-03-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable Método Nefelométrico.	Agua potable y fuentes de captación
Xileno (*)	US EPA SW-846. Test methods for Evaluation Solid Waste Physically Chemicals. Methods v2 1997. Adaptación Método USEPA 8260B. Cromatografía Gaseosa	Agua potable y fuentes de captación

(*) Autorizado por la SISS

SUBAREA : FISICO-QUIMICA PARA AGUA POTABLE, FUENTES DE CAPTACION, AGUAS DE BEBIDA Y AGUAS RESIDUALES

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Aceites grasas	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 5520	Aguas de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Alcalinidad	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 2320-B	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Bifenilos Policlorados (PCB's) Total:	INSLAB-ORG-ANA-07 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Aroclor 1016 Aroclor 1232 Aroclor 1242 Aroclor 1248 Aroclor 1254 Aroclor 1260	Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8082 A, 3510 C Cromatografía Gaseosa con detector ECD (CG-ECD)	
Cianuro	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500 CN-C y N.	Agua de bebida y fuentes de captación, aguas residuales
Cloruro	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-CI-B	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Compuestos fenólicos: Fenol 2 metil fenol 4 metil fenol 3 metil fenol 2,4 dimetil fenol 4 cloro3metilfenol 2,6 diclorofenol 2 nitrofenol 2,3,4,6tetrabromofenol 2-clorofenol 3-clorofenol 4-clorofenol 4-cloro-3-metilfenol 2,3-diclorofenol 2,4-diclorofenol 2,6-diclorofenol 3,5-Diclorofenol 2,3-diclorofenol 3,4-diclorofenol 2,3,6-triclorofenol 2,4,5-triclorofenol 2,4,6-triclorofenol 2,3,5-triclorofenol 2,3,4-triclorofenol 3,4,5-triclorofenol 2,3,5,6-tetralorofenol 2,3,4,5-tetralorofenol 2,3,4,6-tetralorofenol Pentaclorofenol	INSLAB-ORG-ANA-01 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation Solid Waste Physically Chemicals. Methods v2 1997. Adaptación Método USEPA 8270 D, 3510 C. Cromatografía Gaseosa (CG-masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Compuestos orgánicos semivolátiles (COSV's): o-cresol m-Cresol p-cresol 2,4-dinitrotolueno Hexacloroetano	INSLAB-ORG-ANA-05 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8270 D, 3510 C Cromatografía Gaseosa (CG-masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Hexaclorobutadieno Nitrobenzeno Pentaclorofenol Piridina 2,4,5-triclorofenol 2,4,6-triclorofenol		
Compuestos orgánicos volátiles (COV's): Cloruro de vinilo Metil etil cetona 1,2 diclorobenceno 1,3 diclorobenceno Diclorometano 1,1 dicloroetano 1,1 dicloroetano Cloroformo 1,2 dicloroetano 1,2 dicloropropano Cis 1,2 dicloroetileno Trans 1,2 dicloroetileno Tetracloruro de carbono 1,1,1,2 tetracloroetano 1,1,2,2 tetracloroetano Benceno Tricloroetileno 1,1,1 tricloroetano 1,1,2 tricloroetano 1,2,3 trimetilbenceno 1,2,4 trimetilbenceno 1,3,5 trimetilbenceno Diclorobromometano Tolueno Dibromoclorometano Tetracloroetileno Clorobenceno Etilbenceno p,m-xileno bromoformo estireno o-xileno 1,4 diclorobenceno Hexaclorobutadieno Metil Terc-butil éter (MTBE)	INSLAB-ORG-ANA-04 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8260 B, 5035 Cromatografía Gaseosa (CG-masa) y sistema Purga y Trampa	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Conductividad	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 2510-B	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Cromo hexavalente	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 3500-Cr-B	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Detergentes aniónicos	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 5540-A y C.	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Esteres ftalatos: Bencilo-butilo-ftalato Bis-2-etilhexilo-ftalato Di-n-butilo-ftalato Di-n-octilo-ftalato Dietilo-ftalato Dimetilo-ftalato	INSLAB-ORG-ANA-15 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8270 D, 3510 C Cromatografía de Gases con Detector de masa (CG-Masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Fosfato	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500 P-G.	Agua de bebida y fuentes de captación, aguas residuales
Herbicidas: 2,4-D 2,4,5-TP	INSLAB-ORG-ANA-06 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8270 D Cromatografía de Gases con Detector de masa (CG-Masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) Acenapteno Acenaftileno Antraceno Benzo(a)antraceno Benzo(b)fluoranteno Benzo(k)fluoranteno Benzo(a)pireno Benzo(g,h,i)perileno Criseno Dibenzo(a,h)antraceno Fenantreno Fluorantreno Fluoreno Indeno(1,2,3-CD)pireno Naftaleno Pireno	INSLAB-ORG-ANA-02 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8270 D, 3510 C Cromatografía Gaseosa (CG-masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Hidrocarburos fijos	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 5520-F	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Hidrocarburos totales de petróleo (TPH's) (C10 – C36)	INSLAB-ORG-ANA-03 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8015 C,	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
	3510 C Cromatografía Gaseosa con detector FID (CG-FID)	
Hidrocarburos volátiles (C5-C12)	INSLAB-ORG-ANA-04 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8260 B, 5035 Cromatografía Gaseosa (CG-masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Nitrógeno amoníacal	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-NH ₃ -H.	Aguas de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Nitrógeno nitrato	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método -NO ₃ -I	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Nitrógeno nitrito	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-NO ₂ -B	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Nitrógeno nitrito	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500- NO ₃ -I	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
Nitrógeno total kjeldahl	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-Norg-D.	Aguas de bebida, aguas residuales y fuentes de captación
Pesticidas organoclorados: Aldrin Alfa-BHC Beta-BHC Delta-BHC Cis-Clordano Trans-Clordano 2,4-DDD 4,4-DDD 2,4-DDE 4,4-DDE 2,4-DDT 4,4-DDT Dieldrin Endosulfan I Endosulfan II Endosulfan Sulfato Endrin Heptacloro Heptacloro Epóxido Lindano	INSLAB-ORG-ANA-07 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8081 B, 3510 C Cromatografía Gaseosa con detector ECD (CG-ECD)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.

Ensayo	Norma/especificación	Producto a que se aplica
Metoxicloro Mirex Cis-Nonacloro Trans-Nonacloro Oxiclodano Clordano Total Toxafeno Total		
Pesticidas Organofosforados: Azinfós Carbofenontión Clorpirifos Cumafós Diazinón Diclorvós/Naled Dimetoato Disulfotón Etión Fenitrotión Fensulfotión Fentión Fonofós Malatión Mevinfós (total) Paratión Paratión, metilo Forato Fosalón Fosmet Terbufos	INSLAB-ORG-ANA-16 Método basado en US EPA SW-846. Test methods for Evaluation solid Waste Physically Chemicals. Methods V2 1997. Adaptación método US EPA 8270 D, 3510 C Cromatografía de Gases con Detector de masa (CG-Masa)	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación.
pH	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-H-B.	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación
Sólidos disueltos totales	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método ^o , 2540-C.	Aguas de bebida, aguas residuales y fuentes de captación
Sólidos Suspendedos totales	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 2540-D.	Aguas de bebida, aguas residuales y fuentes de captación
Sulfato	Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21st Edition 2005 Método 4500-SO ₄ -E.	Agua de bebida, aguas residuales y fuentes de captación