

Patricia Matus Correa
Dra. en Salud Pública
Magíster en Epidemiología
Especialista en Salud Ambiental
CIAMA Consultores Ingeniera y
Medio Ambiente Ltda.
RUT 76.367.701-K

EVALUACION DE RIESGO EN SALUD POR SULFATOS CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ AÑO 2018

REGIÓN DE ATACAMA, CHILE

PROYECTO CASERONES



CIAMA
CONSULTORES
EN MEDIO AMBIENTE

TABLA DE CONTENIDOS

I. OBJETIVO.....	5
II. METODOLOGIA	6
III. RESULTADOS.....	8
Identificación de Efluentes y Emisiones potenciales al sistema hídrico	8
Identificación del Peligro.....	10
Modelo Conceptual.....	15
Descripción de los medios y mecanismos de transporte y transformación de las emisiones, efluentes o residuos y su destino final.....	16
Identificación de las rutas de exposición potenciales y completas de la población a los contaminantes	17
Valoración del Riesgo	22
Superación de valores de exposición establecidos en normas primarias de calidad ambiental Nacional.....	22
Superación de valores de exposición establecidos en normas primarias de calidad ambiental de los Estados, que señala el Decreto Supremo Nº 40/2012	23
Aumento del riesgo pre-existente	25
Superación de valores referenciales para el caso de los contaminantes no cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición.....	25
Aguas Subterráneas Sector La Brea	26

Aguas Subterráneas Sector Pulido	¡Error! Marcador no definido.
Aguas Superficiales Sector Caserones.....	28
Aguas Superficiales Sector La Brea.....	¡Error! Marcador no definido.
Aguas Superficiales Río Pulido	¡Error! Marcador no definido.
Aguas Superficiales Río Copiapó	¡Error! Marcador no definido.
Superación de valores referenciales para el caso de los contaminantes cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición.....	30
Análisis de incertidumbre	30
IV. CONCLUSIONES	31
V. REFERENCIAS	32

INTRODUCCIÓN

El proyecto Caserones S.A, de SCM Lumina Copper Chile fue calificado como "ambientalmente favorable" mediante la Resolución Exenta Nº013/2010 y considera una explotación a rajo abierto, con una planta para producir concentrados de cobre y molibdeno a partir de sulfuros primarios, y una planta de extracción por solvente y electro obtención (SX-EW) para producir cátodos de cobre mediante el procesamiento de minerales oxidados, mixtos y sulfuros secundarios.

Durante los 28 años de vida útil estimada para Caserones, se calcula una producción total de 3,141 millones de toneladas de cobre fino en concentrados y 86.844 toneladas finas de molibdeno. La operación estimada de 25 años para la lixiviación en botadero calcula una producción total de 411.000 toneladas de cátodos de cobre.

Las obras del Proyecto se localizan a 162 kilómetros al sureste de Copiapó, a 9 km de la frontera con Argentina y a una altura máxima de 4.600 m.s.n.m. El entorno natural de estas obras incluye como ejes principales el río Copiapó, Río Pulido y el río Ramadillas, quebradas principales como Caserones, La Brea y el acuífero Copiapó.

En las obras Deposito de Lamas (en la cuenca de a quebrada La Brea) y Deposito de Arenas (en la cuenca de la quebrada Caserones) se ha constatado infiltración hacia aguas subterráneas, razón que ha llevado a la implementación de medidas para contener la pluma de aguas infiltradas junto a un conjunto de acciones correctivas/preventivas que se han desarrollado para controlar la calidad de las aguas subterráneas aguas abajo de los depósitos antes individualizados, todo esto incluido en el Plan de Remediación en curso. Como parte de este accionar se cuenta con data histórica que da cuenta de la calidad de agua superficial y subterránea con puntos de control e información de calidad del agua actualizada desde el año 2014.

En concordancia con el mencionado Plan de Remediación, Caserones ha decidido evaluar el riesgo en la salud de las personas¹, de las aguas subterráneas y las aguas superficiales ubicadas en el entorno de la faena.

Respeto de los potenciales receptores identificados a lo largo de los ríos Pulido, Ramadilla y Copiapó, se observaron en terreno los siguientes asentamientos humanos consolidados a través de más de 18 localidades del recorrido realizado, interactuando de una u otra forma con los ríos de la Cuenca del Copiapó. También se observaron asentamientos menores (2 casas habitación) en el sector del río Pulido camino a la faena minera de Caserones. Plantaciones vitivinícolas de distinta magnitud y diversidad de cultivos. Cabe destacar que la primera viña identificada colindante al Río Copiapó se ubica a 16 kilómetros del Proyecto Caserones en el Sector del Río Pulido. Se observó, además, la presencia de animales domésticos y animales como cabras y caballos los que pastoreaban libremente, todos en un número reducido. Se identificaron otras

¹ para ello se requieren tres elementos fundamentales, las fuentes de contaminantes, los receptores de estos y la o las rutas de exposición. Entendiéndose esta última como "alguna de las modalidades anatómicas por medio de las cuales un agente patógeno puede atravesar los tegumentos o mucosas e ingresar al organismo, a través de la mucosa ya sea del tracto respiratorio (inhalación), del tracto digestivo (ingestión) y la piel."¹

obras antrópicas como el Tranque Lautaro, Don Alfonso de Energía Solar y diversas inhalaciones de apoyo al desarrollo agrícola de la comuna y región².

Respecto de la composición de las aguas superficiales, existen diversas fuentes que podrían estar aportando a su calidad del agua. Si bien no existen balnearios autorizados en los ríos de la cuenca, las personas podrían acceder a dichas aguas para bañarse y ser esta una vía de exposición directa.

Cabe destacar que Caserones que no tiene ninguna descarga directa a cuerpos de agua superficial, sin embargo tiene interés de conocer el riesgo potencial que existiría en la población de usar en forma esporádica o continua las aguas superficiales, para esto aporta mediciones históricas de modo de permitir su evaluación de riesgo.

Por otro lado, existen receptores humanos de aguas subterráneas tanto internamente en las instalaciones (los trabajadores) como algunas pocas familias (comunidades indígenas) aledañas al río Ramadillas a los cuales Caserones, por años, los ha surtido de agua potable. También es de interés de la empresa estimar el riesgo potencial de dicha exposición. Para ese análisis se utilizaron resultados de mediciones históricas aportados por la empresa.

El análisis de riesgo ambiental para la salud humana es un proceso analítico sistemático, que permite evaluar, gestionar y comunicar el riesgo sobre la salud humana proveniente de la liberación de contaminantes en el entorno o de la presencia de ellos en el ambiente en donde la población vive.

Una definición general del riesgo ampliamente utilizada es “la probabilidad de que una sustancia o una situación produzca peligro bajo condiciones específicas”. Esta definición entiende el riesgo como una combinación entre a) la probabilidad de que un efecto adverso ocurra (tal como lesión, enfermedad, o malestar) y b) las consecuencias del efecto adverso. Otro enfoque, denominado Kaplan –Garrick triple riesgo, reconoce al riesgo como una función de un escenario, la probabilidad del escenario y la consecuencia del escenario.

El escenario representa la condición producida por la presencia del contaminante (químico, físico o biológico), su transporte, y la exposición humana. La probabilidad corresponde a la probabilidad de ocurrencia del escenario y su consecuencia, incluye a los impactos sobre la salud humana, y efectos sobre el medio ambiente.

Los escenarios generalmente comprenden los siguientes elementos: una fuente actual o potencial de contaminantes, mecanismos de liberación del contaminante al medio ambiente, vías por medio de las cuales el contaminante es transportado y transformado, rutas de exposición y la posibilidad de la aparición de un efecto adverso sobre el ser humano o el medio ambiente.

En este análisis usaremos el enfoque de doble riesgo, pues evaluaremos la situación actual, por medio de la comparación del promedio de las concentraciones medidas en el año 2018 con normas vigentes y valores de referencia, y estableceremos también un escenario potencial de exposición. El escenario potencial establecido implica una exposición crónica vía ingestión de agua,

² Para una descripción más detallada del entorno, ver Anexo de Catastro de Receptores y Fuentes.

subterránea o superficial, como si fuera de uso humano, es decir como si fuera la única fuente de agua potable para la población.

La probabilidad de ocurrencia del escenario de exposición se evaluará contemplando los siguientes supuestos:

- La exposición vía hídrica, de agua subterránea y superficial, por parte de la población será considerada permanente (exposición crónica en toda la vida);
- Se considerará una exposición eventual frente a uso de balneario fluvial potencial en los cauces superficiales de la cuenca del Río Copiapó;

Las consecuencias sobre la salud humana se establecerán por medio de la identificación de los efectos descritos en publicaciones de revistas científicas con comité editorial y de organismos competentes en el estudio de los efectos tóxicos y epidemiológicos de los contaminantes medidos en el agua. Especialmente se tendrá a la vista Las sugerencias de la Organización Mundial de la Salud³.

La definición de exposición utilizada corresponde a la establecida por el Programa Internacional de Sustancias Químicas (IPCS, su sigla en inglés) del año 2001. Que dice “exposición es el contacto de un organismo con un agente físico o químico, cuantificado como la cantidad de químico disponible en la barrera de intercambio del organismo y disponible para su absorción”. La dosis de exposición depende de la magnitud, frecuencia y duración de la exposición.

Cabe hacer presente que este documento fue estructurado de acuerdo a los contenidos mínimos establecidos en la letra h) del Artículo 18 del Reglamento del SEIA y tuvo a la vista la Guía de evaluación de impacto ambiental, referida a riesgo para la salud de la población (2012) elaborada por la Dirección Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

De acuerdo a lo señalado, la sola presencia de contaminantes en el ambiente no constituye necesariamente un riesgo para la salud de las personas. Para que se genere o presente riesgo para la salud debe existir **una fuente contaminante, población humana (receptor), y posibilidad de migración del contaminante hasta un punto de contacto con el receptor, “es decir una ruta de exposición completa o potencialmente completa”**. Si no hay posibilidad de contacto entre personas y contaminantes, no hay posibilidad de exposición y no hay riesgo para la salud de las personas.

Si bien, este proyecto se encuentra ubicado en una zona rural, y a priori se pudiera plantear que no existe ruta de exposición entre sus emisiones y la población, a solicitud de la Empresa, y de forma precautoria, se realizará el análisis sistemático de modo de determinar y cuantificar dicho riesgo potencial.

El alcance de esta evaluación no contempla otro tipo de riesgo tales como las remociones en masa o inundaciones, ni el impacto de residuos sólidos sobre el agua. Solo contempla el impacto

³ https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/en/

potencial sobre la salud de las personas que pudiera darse secundario a la presencia de contaminantes en el sistema hídrico del entorno de Caserones.

El documento está organizado siguiendo los criterios establecidos para valorar el riesgo por la regulación actualmente vigente, analizando en primera instancia si la calidad del agua infringe normativa ambiental nacional vigente, posteriormente si se sobrepasan normas establecidas en países de referencia y finalmente evaluando el riesgo, cuando no se dispongan de normas antes señaladas.

Para la evaluación de riesgo se presenta la descripción del modelo conceptual del emplazamiento con la determinación de la fuente potencial de contaminación y una evaluación detallada de las posibles vías de exposición, descripción de los contaminantes presentes en el agua, la identificación del peligro de ellos, y una estimación de las dosis potenciales de exposición con su respectivo análisis de riesgo, para los contaminantes no contemplados en las regulaciones antes señaladas.

I. OBJETIVO

El objetivo de este informe es dar respuesta a la interrogante, ¿Las aguas del entorno de “Caserones” producen riesgo significativo a la salud de la Población?

II. METODOLOGIA

Para efectos del presente estudio se ha seguido la metodología recomendada en la Guía de Evaluación del Riesgo para la Salud de la Población, elaborada por el Servicio de Evaluación Ambiental con la colaboración del Ministerio de Salud⁴.

Dicha Metodología requiere de la identificación sistemática de los contaminantes presentes en el agua; identificación del Peligro; descripción del Modelo Conceptual, es decir la identificación de las rutas completas o potenciales de exposición; y la valorización del riesgo de dicha exposición de modo de establecer si dicho riesgo es o no significativo, si requiere o no medidas de gestión para minimizarlo.

Para la valoración del riesgo se utilizaron los criterios para evaluar la generación o presencia del efecto, característica o circunstancia de la letra a) del Artículo 11 de la Ley Nº 19.300, modificada por la Ley 20.417, señalados en la Guía nombrada. Estos criterios corresponden a:

- a) No supera valores de exposición establecidos en normas primarias de calidad ambiental nacional. En este caso se compararon los valores observados durante el año 2018 en las aguas superficiales, y los valores establecidos para la norma primaria de calidad de aguas continentales superficiales de recreación con contacto directo del DS nº 143/2008.
- b) No supera valores de exposición establecidos en normas primarias de estados de referencia. Los parámetros no regulados de las aguas superficiales, y los parámetros de las aguas subterráneas se compararon con valores de referencia de los países enumerados en el artículo 11 del DS Nº 40/2012. Además, se compararon los niveles con la norma chilena para agua potable vigente (NCH 409).
- c) No aumenta un riesgo pre-existente.
- d) No supera el nivel de riesgo incremental aceptado para los contaminantes cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición.
- e) No supera valores referenciales para el caso de los contaminantes no cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición.

⁴ http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/20121109_GUIA_RIESGO_A_LA_SALUD.pdf

Los valores referenciales señalados en los literales d y e antes mencionados, serán los más recientes publicados por la Agencia de Registro de Sustancias Tóxicas (ATSDR⁵) del Centro de Control de Enfermedades de Estados Unidos.

Para llevar a cabo lo anterior, esta evaluación utilizó la información preparada por terceros expertos dentro del marco de la RCA N° 13/2010. Se tuvieron a la vista los siguientes documentos:

- Informe de Evaluación de Riesgo en Salud por Sulfatos en cuenca del Río Copiapó, GAC, junio 2015
- Informe de Seguimiento Plan de Monitoreo Robusto Calidad, octubre 2017, Caserones, diciembre 2017
- Evolución de la Calidad del agua, sector Proyecto Caserones, 2018 GP-INF-S-566, Rev. 0
- Registro de mediciones PMR Caserones 2015-2018
- Informe Eficacia de las acciones correctivas/preventivas Implementadas, calidad del agua, octubre 2018. GP Consultores Ltda.

Para evaluar la exposición potencial se calcularon los promedios y los percentiles 95 de las mediciones realizadas durante el año 2018.

⁵ MRLs list de agosto 2018 <https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlolist.asp>

III. RESULTADOS

Como se menciona en la introducción la calificación ambiental del Proyecto Caserones obliga al seguimiento del impacto potencial del proyecto sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas del sistema hídrico de su entorno. Este documento tiene por finalidad ilustrar si la condición actual de las aguas superficiales y subterráneas del entorno de la faena minera provocan o no riesgo para la población potencialmente expuesta.

Identificación de Efluentes y Emisiones potenciales al sistema hídrico

El proyecto “Caserones” genera las emisiones y efluentes líquidos que potencialmente pueden afectar al sistema hídrico, señalados en la Tabla N° 1.

Tabla 1: Descripción de los efluentes generados por el Proyecto “Caserones”

Tipificación	Fuente	Composición del potencial efluente	Sector
Residuo Líquido	Depósito de Lixiviación	Sulfato, metales y sólidos suspendidos	Caserones
Residuo Líquido	Depósito de Arenas	Sulfato, metales y sólidos suspendidos	Caserones
Residuo Líquido	Depósito de Lastre	Sulfato, metales y sólidos suspendidos	La Brea
Residuo Líquido	Depósito de Lamas	Sulfato, metales y sólidos suspendidos	La Brea

Estaciones de calidad de aguas consideradas para la evaluación

a.- Las estaciones de calidad de agua utilizadas para la evaluación de riesgo a la población son las presentadas en las Tablas N° 2 y 3:

Tabla N° 2: Estaciones de calidad de aguas subterráneas

Componente ambiental	Nombre de la estación	Descripción del sector de ubicación.	Sector
Aguas subterráneas	WP-01	Pozo que abastece de agua a faena Caserones.	La Brea
	WP-04	(Pozo que abastece de agua potable a Campamento Caserones) y a familias indígenas aledañas río Vizcachas- Ramadillas.)	La Brea

Tabla N° 3: Estaciones de calidad de aguas superficiales.

Componente ambiental	Nombre de la estación	Descripción sector de ubicación.	Sector
	LM-48	(Río Pulido en acceso a faena Caserones).	Pulido

Identificación del Peligro

Para evaluar el riesgo del proyecto es necesario identificar el tipo de compuesto presente en el agua y conocer el tipo de efecto o peligro para la salud que puede producir. En especial si el efecto resulta ser del tipo sistémico o cancerígeno.

La Tabla N° 4, describe los compuestos químicos evaluados por el Plan de Monitoreo Robusto de la Calidad del Agua del Proyecto Caserones y se entrega una breve descripción de sus efectos sobre la salud de la población.

El análisis de sus efectos se realizó haciendo una búsqueda sistemática de antecedentes bibliográficos sobre los efectos toxicológicos y sobre la salud humana de los mismos, la fuente principal de información fue la Guía de Calidad del Agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuarta edición del año 2017. El buscador utilizado para otros antecedentes fue PubMed y las bases de la Agencia de sustancias tóxicas del CDC (ATSDR).

Los sulfatos en el agua de consumo humano, en altas concentraciones (sobre 1000 mg/L) producen un aumento de la motilidad gastrointestinal, es decir favorecen la aparición de deposiciones líquidas. Esta corresponde a una entidad clínica molesta, pero que no lleva a la deshidratación ni otro compromiso sistémico, por lo que no se cataloga como enfermedad. La guía de calidad del agua de la OMS, establece en lo relativo a los sulfatos que: *“Los sulfatos se encuentran en forma natural en el agua y se usan también comercialmente, principalmente en la industria química. Se descargan al agua en los desechos industriales y a través de la deposición atmosférica; sin embargo, los niveles más altos generalmente se observan en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. En general, la ingesta diaria promedio de sulfato del agua potable, el aire y los alimentos son aproximadamente 500 mg, siendo la comida la fuente principal. Sin*

embargo, en áreas con suministros de agua potable que contienen altos niveles de sulfato, el agua potable puede constituir la fuente principal de consumo.

Los datos existentes no identifican un nivel de sulfato en el agua potable que cause efectos adversos para la salud humana. Los datos de un estudio de dieta líquida con lechones y de estudios de agua del grifo con voluntarios humanos indican un efecto laxante en concentraciones de 1000-1200 mg /l, pero no aumenta la diarrea, la deshidratación ni la pérdida de peso.

No se propone ninguna directriz basada en la salud para el sulfato. Sin embargo, debido a los efectos gastrointestinales resultantes de la ingestión de agua potable que contiene alto contenido de sulfato, se recomienda que las autoridades de salud sean notificadas de las fuentes de agua potable que contienen concentraciones de sulfato superiores a 500 mg /L. La presencia de sulfato en el agua potable también puede causar un sabor notorio y puede contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución del agua”.

Por lo anterior este elemento no es un compuesto que provoque riesgo en forma directa a la población. El riesgo aparece debido a que la presencia de sulfatos en el agua puede aumentar la movilización de otros compuestos, minerales especialmente, presentes en los sedimentos. Por lo mismo el análisis de riesgo que sigue incluirá aquellos compuestos que producen efectos sistémicos y/ o cancerígeno en el agua superficial que se midieron en las aguas superficiales y subterráneas del entorno de la faena minera de Caserones. Dichos compuestos se detallan en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4: Peligros identificados para los distintos compuestos y parámetros emitidos potencialmente por el Proyecto

Compuestos y parámetro (*)	Tipo de efecto	Peligro
Alcalinidad Total	Sin efecto	Es un indicador que mide la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas.
pH(*)	Sin efecto	Es un indicador del potencial de hidrógeno de una solución. Es una medida de la acidez u alcalinidad del agua. El ser humano puede consumir líquidos ácidos (jugo de limón tiene pH=2,5) a alcalinos (saliva tiene pH=7,4). Es un indicador importante para la salud de los ecosistemas acuáticos, pero no tiene significado directo para la salud pública. Indirectamente puede causar migración de contaminantes desde una matriz sólida al agua.
Sólidos disueltos totales (SDT)	Sin efecto	En un contexto de presencia de agentes biológico (virus, bacterias, protozoos) tienen importancia. Sin embargo, el tipo de residuo tratado y dispuesto por el Proyecto no considera residuos biológicos.
Conductividad Específica	Sin efecto	Es un indicador, que aporta la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. La unidad SI de conductividad es el siemens por metro (S/m).
Aluminio	Sistémico	Factor de riesgo de Enfermedad de Alzheimer. Sin embargo la OMS no define guía por los procesos de producción de agua potable requieren su uso.
Arsénico	Cancerígeno Sistémico	Produce intoxicación aguda y crónica (hidro-arsenismo) con daño en la piel, vasculopatía periférica, cáncer respiratorio, renal y de vejiga urinaria.
Bario	Sistémico	No hay evidencia de que el bario sea cancerígeno o genotóxico. Se ha demostrado que causa nefropatía en animales de laboratorio, por esto la OMS establece una guía. Sin evidencia en humanos.
Berilio	Sistémico	Sin evidencia de daño en humanos. No se establece guía
Boro	Sistémico	Sin evidencia de daño en humanos, en animales de laboratorio se ha observado alteraciones en órganos de la reproducción.

Compuestos y parámetro (*)	Tipo de efecto	Peligro
Cadmio	Sistémico Cancerígeno	Daño renal y respiratorio. Solamente los polvos de cadmio vía respiratoria pueden producir cáncer de pulmón y de próstata.
Cianuro	Sistémico	Induce en altas concentraciones hipoxia celular y alteraciones cardiovasculares.
Cobre	Sin efecto	No representa un problema para la salud de la población. Puede alterar el sabor del agua.
Compuestos Fenólicos	Sistémico	La exposición breve al fenol en el aire puede causar irritación de las vías respiratorias, dolor de cabeza y ardor en los ojos. El contacto de la piel con cantidades altas de fenol ha producido quemaduras de la piel, daño del hígado, orina de color oscuro, latido irregular del corazón y en algunos casos, la muerte. La ingestión de concentraciones altas de fenol ha producido quemaduras internas y la muerte.
Cloruro	Sin efecto	No representa un problema para la salud de la población. Puede alterar el sabor del agua.
Cromo hexavalente	Cancerígeno Sistémico	La exposición vía respiratoria de Cr (VI) induce cáncer nasal en mineros expuestos al metal. Vía digestiva se metaboliza rápidamente a Cromo III, que es un micronutriente que el cuerpo requiere consumir. Por lo que la vía digestiva no constituye peligro de cáncer. Puede provocar: Erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, alteración del sistema inmune, daño en los riñones e hígado y alteración del material genético por ingesta de altas dosis.
Fluoruro	Sistémico	Elemento esencial para prevenir caries. En aquellos lugares con bajo contenido de flúor en agua se debe suplementar.
Sulfatos	Sin efecto	No representa un problema para la salud de la población. Puede alterar el sabor del agua.
Sulfuros	Sistémico	Olor a huevo podrido, se produce por la reducción biológica de sulfatos y la descomposición de materia orgánica. Produce fatiga, cefalea, irritación de ojos, garganta. La inhalación del gas (Sulfuro de Hidrógeno) puede producir intoxicación y muerte. Nadie puede consumir agua con sulfuro por rechazo organoléptico.
Hierro	Sistémico	Es un elemento esencial para el ser humano, es decir debe ingerir de 10 a 50 mg/día de

Compuestos y parámetro (*)	Tipo de efecto	Peligro
		elemento dependiendo del estado fisiológico para evitar la anemia. En altas cantidades en el agua altera su sabor. La OMS no establece valor guía para este elemento.
Litio	Sistémico	No existe información sobre efectos adversos a exposiciones ambientales. Está muy bien descrita la toxicidad del litio cuando existe sobredosis del tratamiento médico con el fármaco.
Magnesio	Sistémico	Es un elemento esencial para el ser humano, es decir debe ingerir de 11 mg/día. La OMS no establece valor guía para este elemento.
Manganeso	Sistémico	Es un elemento esencial para el ser humano, pero a altas dosis produce daño. Los síntomas por envenenamiento con Manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El Manganeso puede causar Enfermedad de Parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis cuando se inhala polvo de manganeso.
Molibdeno	Sistémico	Es un elemento esencial para el ser humano, es decir debe ingerir de 0,1-0,3 mg/día. La OMS no establece valor guía para este elemento.
Mercurio	Sistémico	Produce daño renal y alteración en el sistema inmune.
Níquel	Sistémico	Los compuestos de níquel inhalados vía respiratoria, son cancerígenos en los mineros que lo extraen. La ingesta vía oral solo produce hipersensibilidad y alergias.
Plata	Sistémico	No se ha establecido guía por falta de datos en seres humanos.
Plomo	Sistémico	Amplia variedad de efectos desde daños al sistema nervioso central, a la sangre, daño renal e hipertensión. Causa la muerte en altas dosis por intoxicación: saturnismo.
Selenio	Sistémico	Elemento esencial (se deben consumir dosis pequeñas 0,4mg/día). En dosis elevadas produce una variedad de efectos como alteraciones de la piel, uñas y pelo, efecto gastrointestinal, y alteraciones del sistema nervioso periférico (neuropatía).
Sodio porcentual	Sin efecto	Es un indicador. El sodio no produce daño a la salud en los niveles observados en el agua potable, altera el sabor.

Compuestos y parámetro (*)	Tipo de efecto	Peligro
Vanadio	Sistémico	Efectos a nivel respiratorio cuando se inhala. La ingesta vía agua no ha mostrado efecto dañino sobre el organismo humano.
Zinc	Sistémico	Es un elemento traza esencial. La OMS no establece valor guía para este elemento.

Elaboración propia

Modelo Conceptual

El modelo conceptual corresponde a la representación teórica de las relaciones entre la fuente de contaminantes y los receptores sensibles. Es decir, permite identificar las fuentes primarias de emisión de contaminantes, el cómo las sustancias químicas pueden desplazarse desde la fuente hacia los receptores ambientales, en este caso el agua cruda. La Ilustración 1 siguiente, resume conceptualmente las relaciones existentes con potenciales receptores adultos y niños.

Ilustración 1: Modelo Conceptual de la exposición potencial entre el Proyecto y la Población

Fuente de Contaminante	Vías de transporte de los Contaminantes	Punto de contacto	Vías	Adulto	NIÑO
Agua Superficial	Columna de Agua	Río Ramadillas	D	X	X
		Río Vizcachas	D	X	X
		Río Pulido			
		Río Copiapó	D	X	X
Aguas Subterráneas	Agua potable que se entrega a familias indígenas y los trabajadores desde punto WP-04. Puntos de monitoreo CCH-3 al 5.			x	x
	Peces	Alimentación	D	X	X
D = Digestiva					

Descripción de los medios y mecanismos de transporte y transformación de las emisiones, efluentes o residuos y su destino final

El Proyecto Caserones, comprende distintas instalaciones y procesos. Las fuentes que originan la necesidad de realizar un análisis de riesgo corresponden a las aguas de contacto de los depósitos de Lixiviación, de Arenas, de Lastre y de Lamas.

Tabla 5: Esquema del Modelo de contaminación

Fuente	Mecanismo y medio de Transporte	Transformaciones	Destino final
Agua Superficial los Ríos Ramadillas, Vizcachas, Pulido y Copiapó.	Acción de lixiviación del Sulfato sobre la roca, y movilización de metales	No hay	Cuerpos de agua usados para el uso, humano por parte de viviendas aisladas y fuente de agua cruda para población.
Agua Subterránea de los Ríos Ramadillas, Vizcachas, Pulido y Copiapó.	Acción de lixiviación del Sulfato sobre la roca, y movilización de metales	No hay	Cuerpos de agua usados para el uso, humano por parte de viviendas aisladas.

Identificación de las rutas de exposición potenciales y completas de la población a los contaminantes

En el entorno de la faena minera Caserones se encuentran receptores sensibles tales como casas habitación aisladas y cuerpos de agua superficial (Ríos Ramadillas, Vizcachas, Pulido y Copiapó). La población concentrada más cercana al Proyecto se encuentra en la Comuna de Tierra Amarilla, provincia de Copiapó de la Región de Atacama.

Es factible establecer una ruta potencial de exposición al agua con presencia de metales en los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca del Río Copiapó. Por lo mismo solo existirán rutas potenciales de exposición en la población general.

Tabla 6: Rutas de exposición potenciales

Medio de transporte	Vía de exposición	Receptor
Ruta Potencial		
Agua superficial y agua subterránea	Ingestión	Población general

Como ya se mencionó, la ingesta de sulfato no representa un problema directo para la salud pública. El riesgo que se puede presentar depende de la movilización de metales y otros compuestos presentes en el agua. Las Tabla N° 7 y N° 8 siguientes describen las características del agua superficial y subterránea de pozos de control tributarios de las emisiones potenciales del proyecto Caserones, en los distintos sectores definidos en el área de estudio, para los compuestos con significado para la salud de la población.

Tabla N° 7: Concentraciones de compuestos seleccionados en agua subterránea de pozos WP-01 y WP-04 septiembre 2018

IDENTIFICACIÓN	Unidad	Límite de Detección	WP-01	WP-01	WP-04	WP-04
Parámetros generales			Promedio	P95	Promedio	P95
Nivel Estático	m				17.73	20.66
Parámetros Terreno						
Temperatura	°C				17.63	18.90
pH					7.17	7.37
Conductividad	µmhos				839.25	962.50
Oxígeno Disuelto	mg/l					
Parámetros Químicos de Norma N.Ch1333						
Aluminio	mg/l	0.01	0.33	0.5095	0.06	0.07
Arsénico	mg/l	0.006	0.00	0.0026	BLD	BLD
Bario	mg/l	0.01	BLD	BLD	0.02	0.02
Berilio	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Boro	mg/l	0.01	0.21	0.284	0.14	0.24
Cadmio	mg/l	0.005	BLD	BLD	BLD	BLD
Cianuro	mg/l	0.05	BLD	BLD	BLD	BLD
Cloruros	mg/l	0.02	35.78	40.6	21.88	23.00
Cobalto	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Cobre	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Conduct. Específica	µmhos	BLD	731.00	771.8	818.63	830.60
Cromo Total	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Flúor	mg/l	0.1	BLD	BLD	0.64	0.70
Hierro total	mg/l	0.03	0.28	0.974	0.02	0.02
Litio	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.02	0.03
Litio (Cítricos)	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.02	0.03
Manganeso	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Mercurio	mg/l	0.001	BLD	BLD	BLD	BLD
Molibdeno	mg/l	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01
Níquel	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Ph Laboratorio			7.74	7.96	7.48	7.63
Plata	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Plomo	mg/l	0.002	BLD	BLD	BLD	BLD
Selenio	mg/l	0.004	BLD	BLD	BLD	BLD
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	BLD	560.11	641.4	608.63	661.75
Sulfatos	mg/l	BLD	227.00	230	238.75	251.95
Vanadio	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Zinc	mg/l	0.01	BLD	BLD	BLD	BLD
Balance Cationico Anionico	%		1.62	3.1503801	1.82	3.78

RAS	mg/l		0.68	0.76	0.78	0.80
Sodio Porcentual	%		15.57	17.58	16.11	17.19
Parámetros Bacteriológicos						
Coliformes Totales	NMP/100ml	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD
Coliformes Fecales	NMP/100ml	BLD	BLD	BLD	4.50	4.50
Escherichia Coli	P/A, 100ml	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD
Parámetros Físicos Norma N.Ch409/1 Of.2005.						
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L		100.62	104.348	181.75	188.63
Amoníaco	mg N-NH ₃ /l		BLD	BLD	BLD	BLD
Arsénico Soluble al pH natural			BLD	BLD	BLD	BLD
Bicarbonato	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Bromo	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Calcio	mg/l		91.21	99.69	98.03	116.47
Carbonato	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Compuestos Fenólicos	mg/l					
Cromo Hexavalente	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Detergentes	SAMM/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Dureza Calcica	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Dureza Magnesica	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L		23.40	24.864	BLD	BLD
Magnesio	mg/l		BLD	BLD	29.29	31.74
Nitratos	mg N-NO ₃ /l		BLD	BLD	BLD	BLD
Nitritos	mg N-NO ₂ /l		2.20	2.48	BLD	BLD
Potasio	mg/l		BLD	BLD	2.00	2.21
Sílice Disuelto	mg/l		28.76	30.568	BLD	BLD
Sodio	mg/l		BLD	BLD	34.62	35.30
Sodio + Potasio	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Solidos Suspendidos Totales	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD
Yodo	mg/l		BLD	BLD	BLD	BLD

BLD: Bajo Límite de detección

Elaboración Propia, a partir de datos entregados por Caserones

Tabla N°8: Concentraciones de compuestos seleccionados en agua superficial mediciones pozo LM-48, septiembre 2018

IDENTIFICACIÓN	LM-48	LM-48
	Promedio	P95
Nivel Estático	870.80	1306.80
Parámetros Terreno		
Temperatura	13.58	17.92
pH	8.00	8.52

Conductividad	796.89	1025.60
Oxígeno Disuelto	11.32	36.66
Apariencia		
Parámetros Químicos de Norma N.Ch1333		
Aluminio	2.08	8.04
Arsénico	0.01	0.03
Bario	0.09	0.20
Berilio	BLD	BLD
Boro	0.11	0.18
Cadmio	BLD	BLD
Cianuro	BLD	BLD
Cloruros	22.60	26.20
Cobalto	BLD	BLD
Cobre	0.08	0.24
Conductividad Específica	818.70	889.70
Cromo Total	BLD	BLD
Flúor	0.50	0.50
Hierro total	2.38	9.45
Litio	0.02	0.03
Litio (Cítricos)	0.02	0.03
Manganeso	0.20	0.55
Mercurio	BLD	BLD
Molibdeno	0.01	0.03
Níquel	BLD	BLD
Ph Laboratorio	8.12	8.26
Plata	BLD	BLD
Plomo	BLD	BLD
Selenio	BLD	BLD
Sólidos Disueltos Totales	640.10	777.85
Sulfatos	298.80	328.95
Vanadio	BLD	BLD
Zinc	0.22	0.71
Balance Catiónico Aniónico	2.52	4.45
RAS	0.59	0.70
Sodio Porcentual	12.77	14.82
Parámetros Bacteriológicos		
Coliformes Totales		
Coliformes Fecales	213.57	483.00
Escherichia Coli		
Parámetros Físicos Norma N.Ch409/1 Of.2005.		
Alcalinidad Total	120.81	141.57

Amoníaco	BLD	BLD
Arsénico Soluble al pH natural	BLD	BLD
Bicarbonato	BLD	BLD
Bromo	BLD	BLD
Calcio	105.14	123.11
Carbonato	BLD	BLD
Color Aparente	BLD	BLD
Compuestos Fenólicos	BLD	BLD
Cromo Hexavalente	BLD	BLD
Detergentes	BLD	BLD
Dureza Cálcica	BLD	BLD
Dureza Magnésica	BLD	BLD
Dureza Total	31.06	34.66
Magnesio	BLD	BLD
Nitratos	BLD	BLD
Nitritos	2.53	4.88
Potasio	BLD	BLD
Sílice Disuelto	27.56	32.33
Sodio	BLD	BLD
Sodio + Potasio	BLD	BLD
Sólidos Suspendidos Totales	BLD	BLD
Yodo	BLD	BLD

BLD: Bajo Límite de detección

Elaboración propia a partir de datos entregados por Caserones

Valoración del Riesgo

Para evaluar el riesgo se usará el supuesto de exposición de la población del área de estudio con las aguas señaladas en las Tablas N° 5 y 6 anteriores.

A continuación, se presenta el análisis de cada uno de los criterios definidos en el artículo 11 de la Ley, para determinar el riesgo presente o potencial para la salud de la población expuesta a los contaminantes presentes en el agua de estudio.

Superación de valores de exposición establecidos en normas primarias de calidad ambiental Nacional

En Chile sólo está vigente una norma de calidad primaria de agua, para contacto directo (recreación), Decreto Supremo N° 143 del año 2009, que regula la presencia de compuestos orgánicos principalmente y algunos metales como el arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo (Ilustración 2).

En el área de influencia no existe en la actualidad un balneario para el uso de las aguas superficiales, ni termas.

Tomando en consideración el supuesto de que la población entrara en contacto directo con aguas con las calidades medidas en el PMR de Caserones, y comparando el percentil 95 de las mediciones realizadas durante el año 2018 en el pozo LM-48, se puede observar que no hay parámetro del Decreto Supremo N° 143, que se encuentre excedido.

Ilustración 2: Tabla 1 DS 143/2009, norma primaria para aguas continentales superficiales, que se utilizan para actividades de recreación

Color	Escala Pt-Co	200
pH	Unidad de pH	5,5 - 9,0 ⁽¹⁾
Cianuro	mg/L	1,2
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	0,005
Diclorometano	mg/L	0,6
Benzo(a)pireno	mg/L	0,06
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,071
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	mg/L	1
Aldrin * y Dieldrin*	mg/L	0,01
Atrazina	mg/L	0,05
Carbofurano	mg/L	0,167
Clordano*	mg/L	0,05
Clorotalonil	mg/L	3
Cyanazina	mg/L	0,02
Heptaclor *	mg/L	0,01
Lindano *	mg/L	0,5
Simazina	mg/L	0,052
Trifluralina	mg/L	0,75
Arsénico	mg/L	0,2
Cadmio	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	1
Mercurio	mg/L	0,071
Plomo	mg/L	0,36
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	>1000

(1) : El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

(*) : Plaguicidas prohibidos por el SAG.

Superación de valores de exposición establecidos en normas primarias de calidad ambiental de los Estados, que señala el Decreto Supremo N° 40/2012

Para evaluar el riesgo potencial de la población frente a la exposición a compuestos del agua, que pudieran haber migrado producto de la actividad de la faena minera Caserones, se contrastaron los valores observados en los pozos del sistema de vigilancia de la calidad del agua (PMR) descritos en las Tablas N° 5 y N° 6 con los valores de referencias más estrictos pues consideran la ingesta directa del agua, como si fuera agua potable.

Se puede observar comparando los valores promedios y percentil 95 medidos con sus respectivos valores de referencia que los pozos evaluados incumplen algunos valores de referencia para los siguientes parámetros:

- Aluminio
- Hierro
- Calcio
- Sílice
- Nitrito

Las Tablas N° 9 y N° 10 muestran los parámetros excedidos, para las aguas subterráneas y superficiales respectivamente. Esto bajo el supuesto muy estricto de que dichas aguas se usaran directamente como agua de uso humano (bebestible), pues se compararon las calidades con la norma de agua potable vigente en Chile (NCH 409) y para parámetros no regulados por ella se buscaron las normas de agua potable de los países referidos en el artículo 11 del reglamento del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental chileno.

Tomando en consideración los antecedentes del análisis del peligro (Tabla N° 4), es necesario tener en mente que varios de los compuestos antes mencionados, y que exceden valores referenciales, específicamente por calcio y sílice no se consideran parámetros de interés para la salud pública pues no generan daño a las personas. Por lo mismo la OMS no entrega niveles de sugerencia.

Tabla N° 9 Comparación con valores de referencia, Aguas Subterráneas (en rojo superación del valor)

Parámetro	Unidad	WP-01	WP-01	WP-04	WP-04	NCH 409	Países del DS 40
		Promedio	P95	Promedio	P95		
Aluminio	mg/l	0.33	0.51	0.06	0.07		0.20
Arsénico	mg/l	0.00	0.003			0.01	
Hierro total	mg/l	0.28	0.974	0.02	0.02	0.3	0,1 a 0,3
Calcio	mg/l	91.21	99.69	98.03	116.47		100.00
Compuestos Fenólicos	mg/l						0,005 a 0,01
Sílice Disuelto	mg/l	28.76	30.57				10.00

Elaboración propia a partir de datos entregados por Caserones

Tabla N° 10 Comparación con valores de referencia, Aguas Superficiales (en rojo superación del valor)

IDENTIFICACIÓN	Unidad	LM-48	NCH 409	Países del DS 40
		P95		
Aluminio	mg/l	8.04		0.20
Hierro total	mg/l	9.45	0.3	0,1 a 0,3
Calcio	mg/l	123.11		100.00
Nitrito	Mg/l	4.88	3	0,05 a 5

Elaboración propia a partir de datos entregados por Caserones

Aumento del riesgo pre-existente

En el área de influencia del Proyecto Caserones existen otras instalaciones mineras y la actividad relativamente intensa de pirquineros, por lo que el sistema hídrico se ve expuesto a la migración de sulfato y minerales. Además, la característica climática hace que el fraccionamiento de la roca sea un fenómeno natural y preponderante en la zona, por lo que la presencia de sulfato está ampliamente identificada y los informes de Aguas Chañar (ver anexo) así lo reflejan.

El riesgo pre- existente más importante es la exposición a agua con alto contenido en arsénico, ejemplo de ello es la población de la Región de Antofagasta. En este caso, los pozos analizados no contienen dicho metal por lo que no aumentan el riesgo pre-existente.

Superación de valores referenciales para el caso de los contaminantes no cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición

A continuación, se entrega el resultado de la estimación de dosis ingerida de los contaminantes que presentaron valores por sobre las normas de referencia, por cada uno de los pozos estudiados. Primero se entregan los resultados para las aguas subterráneas. Se explicitan los supuestos de exposición para un adulto y un niño, considerando lo antes mencionado que se usa dicha agua como fuente directa de agua potables, es decir sin tratamiento previo.

La dosis de ingesta estimada, para adulto y para niño, se compara con el valor de referencia. El resultado del cociente de peligro (HR) se debe interpretar de la siguiente manera. Un cociente mayor a la unidad (> 1), implica riesgo. Un cociente menor a la unidad (< 1) implica ausencia de riesgo significativo.

Se identificará con color rojo los valores y los contaminantes que provoquen riesgo sistémico.

Tabla N° 11 Estimación del Riesgo de efecto sistémico en pozo WP-01

Adulto	WP-01	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	0.5095	2	350	30	70	10500	0.014557143	1	0.01
Arsénico	0.0026	2	350	30	70	10500	7.42857E-05	0.0003	0.2
Hierro total	0.974	2	350	30	70	10500	0.027828571	8	0.003
Calcio	99.69	2	350	30	70	10500	2.848285714	1000	0.002
Supuestos: I = Ingesta de contaminante Tasa de Ingesta (CR): 2 litros por día Frecuencia de exposición (EF): 350 días por año Duración de la exposición (ED): 30 años peso corporal (BW): 70 kilos Periodo de exposición (AT): 10500 días									
Niño	WP-01	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	0.5095	1	350	6	10	2100	0.05095	1	0.05095
Arsénico	0.0026	1	350	6	10	2100	0.00026	0.0003	0.86666667
Hierro total	0.974	1	350	6	10	2100	0.0974	7	0.01391429
Calcio	99.69	1	350	6	10	2100	9.969	700	0.01424143
Supuestos: I = Ingesta de contaminante Tasa de Ingesta (CR): 1 litro por día Frecuencia de exposición (EF): 350 días Duración de la exposición (ED): 6 años peso corporal (BW): 10 kilos Periodo de exposición (AT): 2100 días									

Tabla N° 12 Estimación del Riesgo de efecto sistémico en pozo WP-04

Adulto	WP-04	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	0.07	2	350	30	70	10500	0.001971429	1	0.002
Hierro total	0.02	2	350	30	70	10500	0.000571429	8	7.14286E-05
Calcio	116.47	2	350	30	70	10500	3.327571429	1000	0.003

Supuestos:

I = Ingesta de contaminante

Tasa de Ingesta (CR): 2 litros por día

Frecuencia de exposición (EF): 350 días por año

Duración de la exposición (ED): 30 años

peso corporal (BW): 70 kilos

Periodo de exposición (AT): 10500 días

Niño	WP-04	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	0.07	1	350	6	10	2100	0.0069	1	0.007
Hierro total	0.02	1	350	6	10	2100	0.002	7	0.0002
Calcio	116.47	1	350	6	10	2100	11.6465	700	0.01

Supuestos:

I = Ingesta de contaminante

Tasa de Ingesta (CR): 1 litro por día

Frecuencia de exposición (EF): 350 días

Duración de la exposición (ED): 6 años

peso corporal (BW): 10 kilos

Periodo de exposición (AT): 2100 días

Tabla N° 79 Estimación del Riesgo de efecto sistémico en pozo LM-48

Adulto	LM-48	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	8.04	2	350	30	70	10500	0.22974	1	0.23
Hierro total	9.45	2	350	30	70	10500	0.2699	0.8	0.34
Calcio	123.11	2	350	30	70	10500	3.51743	1000	0.003
Nitrito	4.88	2	350	30	70	10500	0.13944	0.1	1.4
Supuestos: I = Ingesta de contaminante Tasa de Ingesta (CR): 2 litros por día Frecuencia de exposición (EF): 350 días por año Duración de la exposición (ED): 30 años peso corporal (BW): 70 kilos Periodo de exposición (AT): 10500 días									
Niño	LM-48	CR	EF	ED	BW	AT	I (mg/K/día)	dosis Referencia	HR
Aluminio	8.04	1	350	6	10	2100	0.8041	1	0.8
Hierro total	9.45	1	350	6	10	2100	0.94465	0.8	1.2
Calcio	123.11	1	350	6	10	2100	12.311	1000	0.01
Nitrito	4.88	2	350	30	10	10500	0.9761	0.1	9.8
Supuestos: I = Ingesta de contaminante Tasa de Ingesta (CR): 1 litro por día Frecuencia de exposición (EF): 350 días Duración de la exposición (ED): 6 años peso corporal (BW): 10 kilos Periodo de exposición (AT): 2100 días									

A continuación, se entrega un resumen de la evaluación del riesgo por sectores y tipos de agua involucrada (Tablas N° 23 y 24). Se puede observar que las aguas que abastecen el campamento Caserones y a familias de indígenas aledañas a la faena no presentan riesgo para la salud de la población.

Sin embargo, el Río Pulido presenta riesgo por presencia de nitrito. Cabe señalar que no es posible asociar la presencia de nitritos con actividades de minería del cobre.

Tabla 23 Evaluación del Riesgo Aguas Subterráneas, 2018

Componente ambiental	Estación	Descripción del sector de ubicación.	Sector	Evaluación de Riesgo
Aguas subterráneas	WP-1	Pozo que abastece de agua a faena Caserones.	La Brea	Sin riesgo, compatible con uso agua potable
	WP-4	(Pozo que abastece de agua potable a Campamento Caserones) y a familias indígenas aledañas río Vizcachas- Ramadillas.)	La Brea	Sin riesgo, compatible con uso agua potable

Tabla 24 Evaluación del Riesgo Aguas Superficiales, 2018

Componente ambiental	Estación	Descripción del sector de ubicación.	Sector	Evaluación de Riesgo
Agua Superficial	LM-48	(Río Pulido en acceso a faena Caserones).	Pulido	Riesgo para los niños por nitrito y hierro. Incompatible uso como agua potable

Superación de valores referenciales para el caso de los contaminantes cancerígenos, considerando los niveles, frecuencia y duración de la exposición.

De los compuestos medidos en las aguas subterráneas y superficiales del entorno de la faena minera Caserones, ninguno presenta efectos cancerígenos.

Análisis de incertidumbre

La estimación de riesgo tiene incertidumbres inherentes al grado de avance del conocimiento científico (información toxicológica y epidemiológica), a las dificultades en la estimación de la exposición, así como a las limitaciones de la caracterización del riesgo.

La situación evaluada en este documento, se refiere a elementos que se encuentran ampliamente estudiados debido a que la exposición al componente ambiental agua es uno de los principales vehículos de enfermedades ambientales. Por lo mismo, respecto del conocimiento científico de los efectos de estos contaminantes, el conocimiento acumulado es suficiente y de larga data por lo que la certidumbre es robusta.

Las numerosas ediciones de la guía de calidad del agua potable de la OMS, estándar utilizado para actualizar la norma chilena de agua potable, dan cuenta de una nutrida información respecto del peligro y / o inocuidad de varios de los compuestos evaluados. Por este motivo la incertidumbre que pudiera existir en la evaluación realizada se minimiza bastante.

Además, el haber considerado las normas más estrictas para comparar, asegura una evaluación que sobreestimaré los riesgos y no los minimizará, por lo que el objetivo de prevención de la gestión ambiental se cumplirá.

Otra fuente de incertidumbre pudiera estar dada por la presencia de errores analíticos atribuibles a los laboratorios de análisis, sin embargo, la amplitud del Plan de Monitoreo Robusto, frecuencia de las mediciones hace que este aspecto pierda valor. En este aspecto, se sugiere estar al tanto de las evaluaciones metrológicas que ha realizado la Superintendencia del Medio Ambiente, para contratar siempre laboratorios confiables, es decir aquellos que cuenten con la característica de ser parte de las Entidades técnicas de fiscalización ambiental (EFTA)⁶.

⁶ <http://entidadestecnicas.sma.gob.cl/Home/ListadoEtfas>

IV. CONCLUSIONES

La observación del comportamiento de la calidad del agua presente en los cuerpos de aguas en el área de estudio del Proyecto Caserones que son objeto de consumo humano (pozos WP-01 y WP-04), **no presentan riesgos desde un punto de vista de la salud de la población.**

Las aguas superficiales del río Pulido, que no son fuente de consumo humano, si bien presentan riesgo potencial por presencia de nitrito y hierro, la presencia de estos parámetros no se puede asociar a las actividades de la minería del cobre.

V. REFERENCIAS

ATSDR Minimal Risk Levels for Hazardous Substances (MRLs), agosto 2018.

Cardozo L et al Water mutagenic potential assesement on a semiarid aquatic ecosystem under influence of heavy metal and natural radioactivity usin micronuclei test. Environ Sci Pollt Res (2016) 23:7572-7581

Djellouli H.M et al Qualité physico-chimique des eaux de boisson du Sud algérien: étude de l'exces en sels minéraux. Cahiers Santé von 15, abril-mai-juin 2005

Kuhnle G et al Sulfate, nitrate and blood pressure-And EPIC interaction between sulfur and nitrogen. Pharmacological Res 2017 Aug; 122:127-129

Organización Mundial de la Salud, Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum, 2017

Wang J, Tao T and Yan H Effects of sulfate, chloride and bicarbonate on iron stability inPVC-U drinking pipe Int J Res Public Health 2017, 14, 660.

Wu T et al Multi-elements in sources water (Drinking and Surface water) within five cities from the semiarid and arid region, NW China: occurrence, spatial distribution and risk assesment Int J Res Public Health 2017, 14, 1168.

