

Coordinadora por la Defensa del Río Loa. Pat'ta Hoiri.

## ***Análisis Científico del Materia Particulado y sus Impactos.***

**Antecedentes para El Plan de Descontaminación Atmosférica.**

Datos científicos disponibles que buscan incluir criterios para la caracterización físico-química del material particulado y la identificación de las fuentes de emisión en la comuna de Calama y su área circundante.

## INDICE

RESUMEN _____	1
MATERIAL PARTICULADO Y SUS EFECTOS EN LA SALUD _____	2
Efectos adversos de los contaminantes aereos (Contaminantes aereos y enfermedades respiratorias 2010 Oyarzun) _____	4
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y GRAN MINERÍA _____	6
Composición del MP 2.5 según sus fuentes de emisión, tabla resumen diversos estudios _____	8
RELAVES MINEROS Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA _____	9
SUELOS ABANDONADOS CON POTENCIAL PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN LA SEGUNDA REGIÓN _____	11
EMISIONES CONTAMINANTES ASOCIADAS AL RECICLAJE DE BATERÍAS DE PLOMO ACIDO _____	13
Riesgos asociados a la batería de plomo - acido _____	14
Riesgos del ácido sulfúrico _____	14
Riesgos del plomo y sus compuestos _____	14
Carcinogenicidad _____	15
Tabla que resume los efectos de la intoxicación por plomo (Fuente CITUC, 2012) ____	16
CALIDAD DEL AIRE EN CALAMA _____	17
Plomo en MP10 _____	18
Arsénico _____	18
CONCLUSIÓN _____	20

## **RESUMEN**

La OMS considera el aire limpio como un requisito para la salud y el bienestar humano, sin embargo la contaminación del aire asociada a fuentes antropogénicas provoca aproximadamente 2 millones de muertes prematuras al año en el mundo.

Existe evidencia científica suficiente sobre los efectos adversos del material particulado en la salud humana y que relaciona directamente el menor tamaño de las partículas de este material con la gravedad de estos efectos.

Por otra parte existe evidencia que asocia los componentes presentes en el material particulado grueso y fino con las fuentes de emisión, y a su vez con los potenciales efectos en la salud. Lamentablemente existen pocos estudios de este tipo en Chile, pero los realizados presentan conclusiones que sugieren la inclusión de estos criterios en el diagnóstico de calidad del aire en comunas asociadas actividades industriales como la gran minería.

En Chile la normativa vigente contempla la evaluación de contaminantes aéreos como Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), MP<sub>10</sub>, MP<sub>2.5</sub>, Plomo (Pb) y Monóxido de Carbono (CO). La normativa Chilena no hace exigible el monitoreo de otros contaminantes aéreos de importancia para la salud humana y del medio ambiente.

La ciudad de Calama se encuentra ubicada en región de Antofagasta (II), a 18,7 kilómetros de la mina a rajo abierto de Chuquicamata, entre su ubicación geográfica se encuentran las dependencias de mina Sur y Ministro Hales. Mientras que la mina Radomiro Tomic se ubica a 45 kilómetros desde la ciudad. Todas mineras pertenecientes a la División CODELCO Norte. Además están ubicados también algunos grandes relaves mineros, en particular el Tranque de Talabre, el más grande de Chile, según el último informe sobre geoquímica de superficie de depósitos de relaves de Chile, 2100 millones de toneladas.

El presente documento pretende aportar antecedentes científicos disponibles que buscan incluir criterios de caracterización físico-química del material particulado en la comuna y su área circundante, que contemplen el estudio de todos aquellos elementos que puedan causar daño a la salud y al ecosistema, que no se encuentran necesariamente normados por el marco legal vigente en Chile.

## **MATERIAL PARTICULADO Y SUS EFECTOS EN LA SALUD**

Se ha vinculado a la contaminación del aire una gama creciente de efectos adversos para salud, y en concentraciones cada vez más bajas. Esto es aplicable en particular al material particulado suspendido en el aire<sup>1</sup>.

Múltiples estudios han demostrado la asociación entre los niveles de contaminantes aéreos como el material particulado, ozono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno y la incidencia de enfermedades principalmente cardiorespiratorias<sup>2</sup>.

Hasta ahora uno de los principales focos de las políticas públicas es la regulación de emisiones de material particulado ya que es el contaminante que más significativamente ha sido asociado a eventos de mortalidad y morbilidad en la población<sup>3</sup>.

El material particulado se clasifica según su diámetro, característica de la que dependen sus impactos en la salud, se puede clasificar en Mp10, material con partículas menores a 10 micrones y MP 2,5 material con partículas menores a 2,5 micrones.

Mientras menor es el diámetro de las partículas del material éstas penetran a las vías respiratorias llegando a la directamente a los alveolos, lo que aumenta el riesgo de muerte prematura asociada a diversos efectos cardiopulmonares en exposiciones tanto a corto como largo plazo<sup>4</sup>.

Los efectos adversos del material particulado sobre la salud humana dependen de la concentración, la duración de la exposición y por último de la susceptibilidad de las personas expuestas. La susceptibilidad también depende de las condiciones geográficas y atmosféricas, estados fisiológicos, como embarazo, infancia, senectud y todos los factores que contribuyan a un aumento en la ventilación que incrementan la carga de contaminantes que recibe el sistema respiratorio.

Entre los factores que aumenta la ventilación, elevando la carga de contaminantes que recibe el pulmón, destaca el incremento de la temperatura y humedad que dificultan la termólisis. El aumento de la altitud, que lleva a la disminución de la presión inspirada de oxígeno diatómico (O<sub>2</sub>) y por ende a hipoxemia hipobárica, el aumento de la progesterona

---

<sup>1</sup> Guía de calidad del aire OMS 2005.

<sup>2</sup> Informe calidad del aire MMA 2012.

<sup>3</sup> Pope y dockery 2006.

<sup>4</sup> Ministerio del Medio Ambiente 2010.

(en el embarazo), fiebre y el ejercicio físico. Todas ellas son condiciones que provocan un aumento de la frecuencia respiratoria y del volumen corriente, que son los factores que interactúan en el índice de ventilación por minuto<sup>5</sup>.

Los niños y adultos mayores son especialmente susceptibles a los efectos de los contaminantes. Por otra parte, la presencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares también aumenta la vulnerabilidad a los contaminantes aéreos, ya que estas condiciones se acompañan de disnea, aumento de la ventilación minuto y dificultad de depuración de las vías respiratorias por edema, inflamación, limitación del flujo aéreo o por disminución de la capacidad de movilización de volúmenes pulmonares<sup>6</sup>.

A medida que las capacidades técnicas y científicas han permitido conocer la complejidad de la mezcla de contaminantes en el aire, se han puesto cada vez más de manifiesto las limitaciones del control de la contaminación del aire mediante guías para contaminantes aislados. Por ejemplo, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un producto derivado de los procesos de combustión y se suele encontrar en la atmósfera íntimamente asociado con otros contaminantes primarios, como las partículas ultra finas. Es de por sí tóxico y también es precursor del ozono, con el que coexiste junto con varios otros oxidantes generados en procesos fotoquímicos. Las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) muestran con frecuencia una fuerte correlación con las de otros contaminantes tóxicos y, dado que es más fácil de medir, a menudo se utiliza en lugar de la mezcla completa. Por tanto, la obtención de concentraciones guía para un solo contaminante, como el NO<sub>2</sub>, puede aportar beneficios para la salud pública superiores a los previstos sobre la base de las estimaciones de la toxicidad de un solo contaminante<sup>7</sup>.

Los principales contaminantes aéreos se han asociado a efectos específicos sobre el sistema respiratorio. La mayoría de los indicadores que norman los niveles de exposición miden contaminantes aislados. Sin embargo, las personas están habitualmente expuestas a una mezcla de ellos, lo que puede potenciar los efectos atribuidos a cada uno.

Los contaminantes atmosféricos también contribuyen en la disminución de la función pulmonar y al aumento de la reactividad bronquial, disminuir la tolerancia al ejercicio y a aumentar el riesgo de bronquitis obstructiva crónica, enfisema pulmonar, exacerbación del

---

<sup>5</sup> Contaminantes aéreos y enfermedades respiratorias, Rev chilena Enf resp, 2010 Oyarzún.

<sup>6</sup> Oyarzún M. Función respiratoria en la senectud. Rev Med Chile 2009; 137: 411-8.

<sup>7</sup> Guía de calidad del aire OMS 2005.

asma bronquial y cáncer pulmonar, entre otros efectos. En Chile, se han realizado numerosos estudios que demuestran efectos de la contaminación atmosférica, principalmente en la ciudad de Santiago y Temuco, especialmente de las partículas, sobre la mortalidad diaria, síntomas y consultas respiratorias. Estos estudios han confirmado los resultados comunicados en publicaciones internacionales que han establecido que por cada 50 µg/m<sup>3</sup> (microgramos/metro cúbico) de elevación de los niveles de MP10 en 24 horas se produce en promedio un aumento de alrededor del 3% de la mortalidad general. También estos estudios han detectado que el aumento de MP10 se asocia al aumento de la mortalidad respiratoria y cardiovascular<sup>8</sup>.

En relación al MP2,5 estudios nacionales han encontrado que un aumento de la concentración de MP2,5 por encima de 70 µg/m<sup>3</sup> propicia el aumento de las consultas por neumonías infantiles<sup>9</sup>.

### **Efectos adversos de los contaminantes aereos (Contaminantes aereos y enfermedades respiratorias 2010 Oyarzun)**

Contaminante	Efecto a corto plazo	Efecto a largo plazo
Material Particulado MP10 MP2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la morbilidad respiratoria,</li> <li>• Disminución de la función pulmonar,</li> <li>• Interferencia en inmunidad pulmonar,</li> <li>• Síndrome bronquial obstructivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio,</li> <li>• Mayor riesgo de cáncer.</li> </ul>
Material Particulado ultrafino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor respuesta inflamatoria en relación a MP10 y MP 2.5.</li> <li>• Traspaso directo a la sangre y otros órganos.</li> </ul>	
Ozono (O3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la frecuencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño de las células</li> </ul>

<sup>8</sup> Sanhueza P, Vargas C, Mellado P. Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria de Temuco. Rev Med Chile 2006; 34: 754-61.

<sup>9</sup> Ilabaca M, Olaeta I, Campos E, Villaire J, Téllez-Rojo M, Romieu I. Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illness among children in Santiago, Chile. J Air Waste Manag Assoc 1999; 48: 174-83.

	respiratoria, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad vital forzada (CVF) y Volumen espiratorio forzado (VEF),</li> <li>• Alveolitis neutrofílica,</li> <li>• Aumento de la permeabilidad e hiperactividad bronquial,</li> <li>• Alteración del epitelio alveolar.</li> </ul>	epiteliales, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bronquiolización alveolar disminución del desarrollo de Capacidad vital forzada (CVF) y Volumen espiratorio forzado (VEF).</li> </ul>
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción bronquial,</li> <li>• Hipersecreción bronquial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bronquitis crónica.</li> </ul>
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiperactividad bronquial,</li> <li>• Aumento de síntomas respiratorios exacerbaciones de asma,</li> <li>• Aumento de la reacción ante alérgenos,</li> <li>• Disminución de la actividad mucociliar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible decremento del desarrollo pulmonar.</li> </ul>
Monóxido de Carbono (CO).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la capacidad respiratoria al ejercicio.</li> </ul>	No hay efecto a largo plazo
Plomo (Pb).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del epitelio bronquiolar.</li> </ul>	

**Nota:** Los espacios en blanco se encuentran así ya que no existen antecedentes que demuestren los efectos respiratorios a largo plazo.

Las guías de la OMS sobre calidad del aire definen parámetros orientados a proteger la salud de las personas, como su nombre lo dice solo representan parámetros orientativos que los países pueden o no pueden establecer como normativas nacionales. Los países al momento de establecer los límites para ciertos contaminantes contemplan factores de desarrollo económico, factibilidad tecnológica, situación política y social, por lo que los límites establecidos por la OMS y los que rigen actualmente en Chile no pueden asegurar proteger plenamente la salud humana, porque en las investigaciones no se han identificado los umbrales por debajo de los cuales no se producen efectos adversos<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Guía de calidad del aire OMS.

## **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y GRAN MINERÍA**

En Chile las normativas ambientales respecto a la contaminación atmosférica están principalmente enfocadas al tamaño del material particulado, y establecen medidas de acción frente los momentos en los que este excede los parámetros establecidos como por ejemplo en los planes de descontaminación atmosférica. Las normativas no detallan la composición de este material, que puede estar compuesto de sustancias distintas asociadas a las fuentes de emisión como fundiciones y otras actividades asociadas a la gran minería y otras fuentes antropogénicas, tampoco contempla la dinámica que existe entre el medio con estos contaminantes y como esto puede afectar a la salud humana.

En Chile existe registro de grandes desastres ambientales asociados a la actividad minera, si bien es cierto la tecnología ha permitido la reducción de los contaminantes en relación a 20 años atrás y las normativas han establecido medidas cada vez exigentes respecto a los procesos de producción y manejo de residuos, la actividad minera presenta directa asociación con el tipo y cantidades de contaminantes presentes en las zonas cercanas a las faenas.

Estudios en la bahía de Chañaral, en monitoreos realizados por CODELCO San Salvador al analizar la composición del MP10, se determinó la presencia de Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As), y establece la relación del MP con daño físico a la población de Chañaral<sup>11</sup>.

El estudio de Ramírez, realizado en el año 2002, comparó las concentraciones totales de metales encontrados en diferentes playas de Chañaral con las concentraciones reportadas para lugares no contaminados, y encontró que el Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Cadmio (Cd) estaban aumentados. También determinó que el cobre presente en la zona afectada está asociado con residuos mineros y confirmó la asociación preferencial de metales con la fracción fina<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Astudillo F. Análisis y propuesta de acción de la problemática ambiental en la Bahía de Chañaral. Departamento de Metalurgia. Universidad de Atacama, Facultad de Ingeniería. 2008.

<sup>12</sup> Ramírez M, Massolo S, Frache R, Correa J. Metal speciation and environmental impact on sandy beaches due to El Salvador copper mine, Chile. Marine Pollution Bulletin. 2005;50:62-72.



Un estudio realizado para evaluar la exposición ambiental a metales tóxicos a través de biomarcadores en orina en la ciudad de Chañaral mostro niveles elevados de arsénico total, arsénico inorgánico y níquel fueron mayores a los reportados en la población no expuesta, pero similar a los de otras poblaciones del norte de Chile. Los niveles de cobre, mercurio y plomo excedieron lo descrito en la población general no expuesta y también fueron mayores a los reportados en estudios internacionales<sup>13</sup>.

Un estudio realizado en esta ciudad que buscaba establecer el daño a la salud respiratoria en niños expuestos a MP 2.5 proveniente de relaves mineros concluye directa relación entre la exposición y patologías respiratorias y posible daño a largo plazo en la salud de los niños expuestos, si bien no establece la caracterización específica del material, si plantea la necesidad de obtener estos datos para dimensionar el real daño de la contaminación atmosférica en zonas cercanas a relaves mineros<sup>14</sup>.

Según un estudio realizado por CENMA para el ministerio del medio ambiente en el contexto de los planes de descontaminación para las comunas de Quinteros, Concón y Puchuncavi, comunas asociadas a gran actividad industrial entre las que destaca la fundición CODELCO Ventanas, en el material particulado sedimentable (MPS o polvo grueso), los contaminantes positivamente identificados, fueron: Cadmio, Arsénico, Plomo, Cobre, Cromo, Níquel, Zinc, Manganeso, Vanadio y Molibdeno. Para las tres comunas, los contenidos de cobre son notablemente mayores que el resto de los metales<sup>15</sup>.

En la ciudad de Calama no existen estudios relacionados, pero los antecedentes presentados por los estudios realizados en la ciudad de Chañaral y los resultados del informe de evaluación emitido por el CENMA muestran la importancia de estudiar los componentes presentes en el material particulado y la relación de este con el impacto a la salud humana.

---

<sup>13</sup> Cortés S. Percepción y Medición del Riesgo a metales en una población expuesta a residuos mineros, 2009. Santiago, Chile: Universidad de Chile; 2009.

<sup>14</sup> Efectos MP 2.5 de relaves en niños Chañaral Tesis Univ de Chile \_Karla Yohannessen 2014.

<sup>15</sup> Informe Final CENMA evaluación exposición ambiental contaminante en el aire.

**Composición del MP 2.5 según sus fuentes de emisión, tabla resumen  
diversos estudios<sup>16</sup>**

Autor	País	Fuente	Componentes
Kavouras	Chile	Polvo del suelo Mar Emisiones del motor de vehículos Combustión y refinería de aceite Quema de leña Fundiciones de cobre	Al, Si, Ca, K Cl Pb, Br Ni, V K Cu, As, Zn
Cuccia et Italia al.	Italia	Tráfico vehicular  Polvo del suelo  Sales de mar Combustión de aceite	CO, CE, Fe, NH4  Si, Al, CO, CE, Fe  Na, SO4 SO4, NH4, CO, CE
Peltier et al.	Estados Unidos (Nueva York)	Emisiones de vehículos y resuspensión de polvo  Quema de carbón y leña	Si, Al, Ti, Fe, Ba, Br, CO  Ni, V, As, Se, S, Cl, Na, K, Pb, Cu, Zn, Mn
Gent et al.	Estados Unidos	Emisión de motor de vehículos Resuspensión del polvo del suelo Sulfuro Quema de leña Aceite Sales de mar	CE, Zn, Pb, Cu, Se  Si, Fe, Al, Ca, Ba, Ti  S, P K Ni, V Cl, Na
Seguel et al.	Chile (Región metropolitana)	Procesos industriales, emisión del motor de vehículos	CO, CE
Salvador et al.	España	Polvo de corteza terrestre Aerosoles marinos Emisiones de tráfico Combustión del aceite Emisión de combustibles fósiles Fumigación y combustión de carbón	Ti, Al, Fe, Mn, P, Ca Na, Mg, Cl NO, K, Pb, Zn, C, NO3 V, Ni, Cu SO4, NH4  Se, As, SO2, Cu, Pb, Ti, Fe
Jorquera et al.	Chile (Región metropolitana)	Motor de vehículos Aerosol marino Fundición de cobre Polvo de suelo Quema de leña	Pb, Ba, Mn, Cr, Zn Cl, S As, S Si, K, Ti K
Jorquera et al.	Chile	Reservas minerales y plantas salinas	K, Ni, Zn, Pb, SO4, CE

<sup>16</sup> Efecto de la exposición al MP2.5 proveniente de relaves, karla yohansen.

## **RELAVES MINEROS Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Según el informe de la situación de relaves mineros del servicio nacional de geología y minería, la superficie de un depósito de relaves está compuesto por material finamente molido con potencial de ser arrastrado eólicamente y la composición del material arrastrado es un reflejo de la composición del depósito de relaves.

Existen diversos riesgos relacionados a la operación y cierre de relaves mineros, según lo establecido por SERNAGEOMIN en el documento “Construcción y operación de tranques de relaves del 2013”, establece como los principales riesgos: fallas en el muro del tranque, el arrastre de tranques por efectos de lluvias u otros desastres naturales, la filtración de aguas de relave a napas subterráneas y el levantamiento y arrastre de material fino por acción del viento<sup>17</sup>.

Los impactos de los relaves en el aire tienen relación con el polvo o material particulado grueso y fino, que viene de las capas de sedimentos más superficiales. Este polvo contiene elementos tóxicos como metales pesados y puede cubrir grandes extensiones de territorio. Un ejemplo es el sílice o polvo silico (óxido de silicio o dióxido de silicio) que puede producir enfermedades como la silicosis tanto a los trabajadores de la faena minera como a los pobladores del entorno cercano al relave<sup>18</sup>.

Según el informe de “Geoquímica de depósitos de relaves”, emitido por el SERNAGEOMIN el año 2016, los “contaminantes” en relaves corresponden a una larga lista, los principales elementos de connotación ambiental (CCA) relacionados con la actividad minera en Chile, a la fecha, han sido el cobre, el cromo, el níquel, el zinc, el plomo, el arsénico, el cadmio y el mercurio.

Existe en Chile una amplia distribución de relaves de distintas envergaduras el más grande en Chile es el depósito Talabre, perteneciente a CODELCO, en la Comuna de Calama, que al momento de emitirse el informe, contenía cerca de 2100 millones de toneladas.

---

<sup>17</sup> López, Patricio, Ainzúa, Sebastián, Zolezzi, Cristóbal, y Vasconi, Paola (2003). La Minería y su Pasivo Ambiental. Serie de Análisis de Políticas Públicas, APP N° 24, de Fundación Terram.

<sup>18</sup> Vivanco, Enrique (2012). Pasivos Ambientales Mineros en Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

El informe emitido por el SERNAGEOMIN presenta una herramienta fundamental para establecer los contaminantes de interés para la salud humana, la caracterización geoquímica de las muestras cuantifica la concentración de 56 elementos y especies de cada muestra. Las mediciones son:

12 Elementos mayores, formadores de los minerales que forman la roca, expresados como óxidos: silicio (SiO<sub>2</sub>), aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), titanio (TiO<sub>2</sub>), hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), calcio (CaO), magnesio (MgO), manganeso (MnO), sodio (Na<sub>2</sub>O), potasio (K<sub>2</sub>O), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), azufre (SO<sub>3</sub>) y compuestos perdidos por calcinación (PPC, como carbonatos, por ejemplo).

Contenido porcentual de azufre (S).

30 elementos comunes en trazas (por debajo de 1%): cobre (Cu), vanadio (V), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), zinc (Zn), rubidio (Rb), estroncio (Sr), circonio (Zr) niobio (Nb), bario (Ba), plomo (Pb), cesio (Cs), hafnio (Hf), tantalio (Ta), arsénico (As), escandio (Sc), itrio (Y), molibdeno (Mo), antimonio (Sb), estaño (Sn), torio (Th), plata (Ag), cadmio (Cd), bismuto (Bi), wolframio (W), uranio (U), oro (Au), y mercurio (Hg).

Según el presente informe la composición geoquímica o mineralógica de los depósitos de relaves actuales, abandonados o en operación, no suele ser considerada sin embargo, esta información es importante para evaluar alternativas (Desarrollo de minería secundaria, reorganización de contenidos del depósito, encapsulación de sectores generadores de ácido, etc.) que son relevantes para reducir el impacto ambiental y económico de los depósitos de relaves.

La caracterización geoquímica de estos elementos para el tranque Talabre de CODELCO Chuquicamata, no están contenidos en el informe emitido el 2016 a pesar que se establece que este depósito de relaves es el de mayor volumen del país.

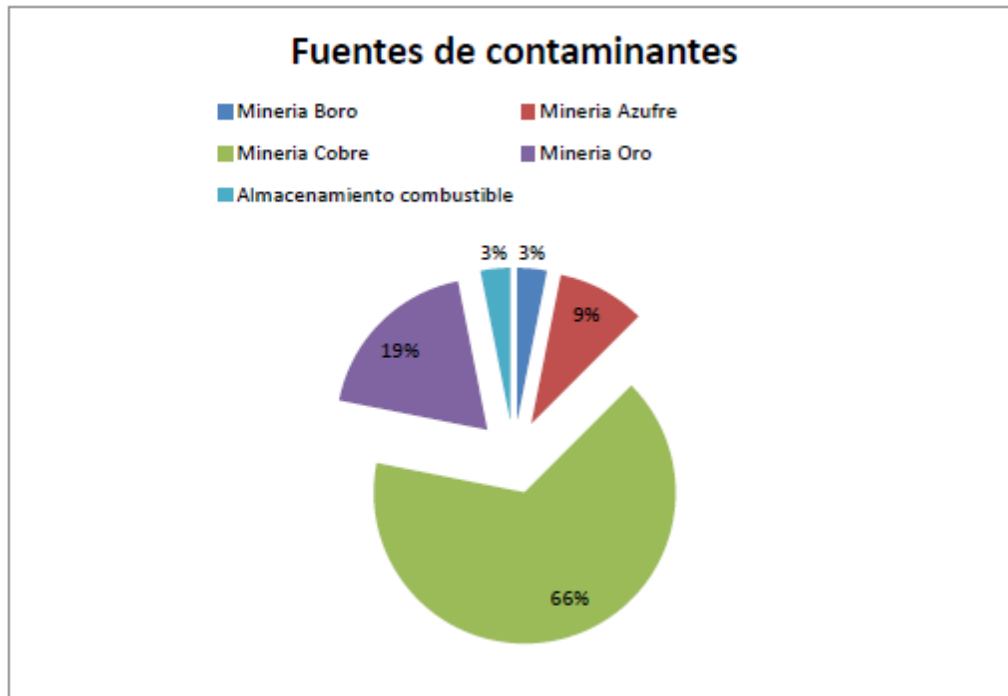
Estos datos deberían estar disponibles en el informe para el 2017.

## **SUELOS ABANDONADOS CON POTENCIAL PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN LA SEGUNDA REGIÓN**

En el informe del estado del medio ambiente del 2011 se establecen ejes de trabajo prioritarios para la gestión ambiental nacional, el eje temático denominado “Riesgos para la salud de la población y calidad de vida”, incluye un conjunto de aspectos dentro de los que se encuentra la contaminación de suelos. Del mismo modo, se identifica como suelos potencialmente contaminados aquellos en los cuales “podría haber presencia de contaminantes, como consecuencia de actividades productivas que en el pasado no contaron con regulaciones o debido al incumplimiento de normativas actuales”.

La región de Antofagasta, a través de su historia se ha caracterizado por el desarrollo de la actividad minera e industrial. A lo largo de la historia de desarrollo de esta actividad económica, se han depositado en el suelo, de forma inadecuada, productos y/o sustancias que pueden afectar directamente a este componente ambiental e indirectamente a otros (aire, agua, biota), generando suelos abandonados con potencial presencia de contaminantes (SAPPC). Si no existe una apropiada gestión de estos suelos, eventualmente pueden generarse daños ambientales con incidencia potencial en la salud de las personas y los ecosistemas, impactando la degradación del medio ambiente.

Según este estudio elaborado por el CENMA para el MMA, el 66 % de los SPPC de la región pertenecen a la minería de cobre, el siguiente grafico muestra la distribución de los SPPC según origen de los 32 sitios que fueron incluidos en el estudio.



También el informe muestra los posibles receptores del daño asociado a los contaminantes, el 64% de los receptores potenciales de este daño corresponde a personas incluyendo a trabajadores y población civil aledaña a los SPPC y el 36 % correspondería a receptores ecológicos.



El informe de SAPPC estableció a través de criterios técnicos la priorización de los sitios que debían ser evaluados catalogándolos como de alta, mediana y baja jerarquía incluyendo en el informe 32 sitios de alta jerarquía, el informe explica que por razones presupuestarias no fueron incluidos 5 sitios de alta jerarquía entre los que lamentablemente se encuentra Finca Gonza en la ciudad de Calama, además se definieron 4 sitios de mediana jerarquía para la comuna que corresponden Quetena, Planta Cerro de la Cruz, Planta José Fernández Vega y tranque sector Punta Lequena, según lo expuesto en el informe que no fueran incluidos los sitios restantes tanto de alta como de mediana jerarquía no significa que no sea importante estudiar dichos sitios y aplicar las evaluaciones correspondientes que incluyan los criterios aplicados en el estudio.

### **EMISIONES CONTAMINANTES ASOCIADAS AL RECICLAJE DE BATERÍAS DE PLOMO ACIDO**

En Chile existe actualmente solo una planta de reciclaje de baterías de plomo ácido ubicada en la ciudad de Calama, esta empresa fue identificada como una de las fuentes de emisión de material particulado MP10 en el plan de gestión de contaminación ambiental realizado el 2011 para la comuna, pero no define la caracterización de las emisiones, ni la medición focalizada de estas. Los procesos asociados a la reducción de las baterías y obtención de ánodos y cátodos de interés comercial, generan en el proceso una serie de compuestos de interés por su posible peligrosidad para la salud pública. El ministerio del medio ambiente expone en la “Guía de manejo de baterías plomo ácido usadas” que en el proceso de reciclaje se genera una mezcla de varias sustancias: plomo metálico, óxido de plomo, sulfato de plomo y otros metales, como calcio, cobre, antimonio, arsénico, estaño y, en ocasiones, plata. Por lo que es fundamental establecer en el proceso de evaluación de emisiones de esta empresa no solo el material particulado, si no la presencia de otros compuestos y elementos de importancia para la salud humana y el medio ambiente.

## **Riesgos asociados a la batería de plomo - ácido**

Las baterías poseen dos sustancias peligrosas principales: el electrolito ácido y el plomo. El ácido es corrosivo, tiene alto contenido de plomo disuelto y en forma de partículas, y puede causar quemaduras en la piel y los ojos. El plomo y sus compuestos (dióxido de plomo y sulfato de plomo entre otros) son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación ingresando fácilmente a la vía sanguínea por ser partículas pequeñas, tiene potencial de bio acumularse y afecta a todos los órganos del cuerpo depositándose especialmente en los huesos. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso central, cuyos efectos van desde sutiles cambios psicológicos y de comportamiento, hasta graves efectos neurológicos, siendo los niños la población en mayor riesgo. Cuando el plomo entra al medio ambiente no se degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz natural, el aire y el agua. El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años.

### **Riesgos del ácido sulfúrico**

**Inhalación:** Respirar vapores o niebla de ácido sulfúrico puede causar irritación en las vías respiratorias.

**Ingestión:** Puede causar una irritación severa en boca, garganta, esófago y estómago.

### **Riesgos del plomo y sus compuestos**

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/ o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y dependiendo de la edad, comportándose de la siguiente forma:



Absorción del plomo:

- Adultos 5 - 10%
- Niños 30-50%

La intoxicación por plomo es una enfermedad insidiosa, lenta y de efectos variados e inespecíficos. Incluso los síntomas pueden estar ausentes a pesar de una intoxicación importante.

Signos tempranos intoxicación leve son fatiga, apatía, irritabilidad, vagos síntomas Gastrointestinales<sup>19</sup>.

## **Carcinogenicidad**

**Ácido sulfúrico:** La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado la exposición ocupacional a vapores de ácidos inorgánicos fuertes que contienen ácido sulfúrico, como carcinogénica para los humanos (Grupo1). Esta clasificación no aplica al electrolito de las baterías, sin embargo, las recargas con corrientes excesivamente altas durante periodos de tiempo prolongados, de baterías sin las tapas de venteo bien puestas, puede crear una atmósfera de neblina de ácido inorgánico fuerte con contenido de ácido sulfúrico.

**Compuestos de plomo:** La IARC clasifica el plomo y sus compuestos dentro del Grupo 2B "posiblemente carcinogénicos en humanos"<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Guía clínica de referencia y contrareferencia de pacientes expuestos a contaminación por plomo. MINSAL 2013.

<sup>20</sup> Guía técnica de manejo de baterías plomo acido. CONAMA Y MINSAL.

**La siguiente tabla resume los efectos de la intoxicación por plomo (Fuente CITUC, 2012)**

Sistema	Toxicidad aguda	Toxicidad crónica	
Sistema nervioso central	Fatiga malestar general	Fatiga malestar general	
	Cefalea	Irritabilidad, depresión	
	Encefalopatías (delirio, ataxia, convulsiones, coma)		Disminución de la libido
			Función neuropsicológica alterada
			Cefalea
			Tremor
	Encefalopatía		
Sistema nervioso periférico		Debilidad motora	
Gastrointestinal	Anorexia	Anorexia	
	Nauseas	Nauseas	
	Dolor abdominal tipo cólico	Constipación	
	Elevación de las transaminasas	Pérdida de peso	
		Dolor abdominal	
Sanguíneo	Anemia hemolítica	Anemia hipocromica, microcitica o normocitica	
	Punteado basófilo	Punteado basofilo	
Renal	Síndrome de fanconi (aminoaciduria, glucosuria, hipofosfatemia, hiperfosfaturia)	Insuficiencia renal crónica	
		Nefritis intersticial	
		Proteinuria	

Reumatológico	Mialgia	Mialgia
	Artralgia	Artralgia
		Gota
Cardiovascular		Hipertensión
Reproductivo	Abortos espontáneos	Oligoespermia

### **CALIDAD DEL AIRE EN CALAMA**

Según el informe de calidad del aire de la región de Antofagasta emitido el 2014, por el CENMA existen en Calama 6 estaciones de monitoreo de calidad del aire. A continuación se detallan cada una de ellas.

Estación de monitoreo	Para que contaminantes tiene representatividad poblacional	¿Qué otros contaminantes mide? (no cuentan con representatividad poblacional)
Estación hospital del cobre	MP 10, SO 2	MP 2.5
Estación servicio médico legal	MP 10 SO2	MP 2.5
Estación escuela D-126	MP10, CO, Pb Y Co	
Estación escuela Pedro Vergara keller	MP10	La resolución de representatividad no especifica si MP2.5 y Pb están incluidos en la representatividad.
Estación club deportivo 23 de marzo	MP10	La resolución de representatividad no especifica si MP2.5 y Pb están incluidos en la representatividad.
Estación centro	MP10, MP 2.5 SO2, NO2, CO y O3	La resolución de representatividad no especifica si MP2.5 y Pb están incluidos en la representatividad.

En los registros del SINCA (Sistema Nacional de Monitoreo de Calidad del Aire) existen 3 estaciones de monitoreo que no aparecen incluidas en el informe del CENMA.

Estación de monitoreo	Para que contaminantes tiene representatividad poblacional	¿Qué otros contaminantes mide? (no cuentan con representatividad poblacional)
Estación Chiu- Chiu	MP10 y SO2	As, MP2.5
Estación villa Caspana	No cuenta	SO2, MP10, As
Aukahuasi	No cuenta	SO2,As, MP10

### **Plomo en MP10**

La norma anual de calidad primaria para plomo en el aire establece un valor de 0,5 mg/m<sup>3</sup>N (metros cúbicos normales) como promedio de dos años sucesivos, la estación Escuela D-126 monitorea plomo, sin embargo, según el informe no es posible evaluar el cumplimiento de la norma anual de Pb en esta estación, debido a que no está autorizada EMRPB y sólo realiza 4 campañas de 1 mes de duración al año, sin embargo, a modo de referencia, la concentración obtenida para todos los periodos estudiados, estuvo bajo la norma.

Es importante indicar que sólo es posible verificar el cumplimiento de la norma, cuando se realicen mediciones por el periodo que indica la norma y la estación sea declarada EMRPB.

### **Arsénico**

Según el informe de calidad del aire para Antofagasta emitido en el 2014, no existía hasta la elaboración de dicho informe, norma para emisión de arsénico, en Chile recién a partir del año 2013 se emite la “Norma de Emisión para la Fundiciones de cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico (D.S. 28 de 2013 del MMA), busca disminuir las emisiones de Arsénico y Azufre, además de establecer monitoreos continuos de SO<sub>2</sub>, dirigido fundamentalmente a fundiciones de cobre

por ser la principal fuente de estos contaminantes, el objetivo de su aplicación es reducir las emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Arsénico (As) y Mercurio (Hg).

Según el SINCA, para las estaciones de monitoreo de la comuna de Calama no existen datos actualizados de las emisiones de Arsenico, las estaciones que monitorean arsénico que corresponden a Chiu- Chiu, Hospital del cobre, Servicio médico legal y Aukawasi, solo contienen datos hasta el año 2009, es posible que la información que contiene el sistema de información nacional de calidad del aire simplemente no cuente con los datos disponibles de mediciones que efectivamente se realizan, como también que efectivamente las mediciones de este contaminante de interés para la salud pública no se realicen de forma adecuada, por esta razón se hace énfasis en la importancia de la realización de un estudio de caracterización físico química del material particulado en la comuna en el marco del desarrollo del plan de descontaminación atmosférica.

## **CONCLUSIÓN**

Existe una gran cantidad de contaminantes nocivos para la salud humana y el medio ambiente, algunos de ellos se encuentran en los procesos productivos de las grandes industrias, como lo son las mineras, por lo que se hace una necesidad llevar a cabo estudios que pueden revelar que elementos componen el material particulado enviado a la atmosfera y cuáles son sus principales fuentes de emisión, a su vez incorporar a dicho estudio el relave minero Talabre, ya que en los estudios existentes acerca de la toxicidad de los relaves, éste no figura dentro, siendo que es el segundo de mayor envergadura (según capacidad aprobada) en el territorio chileno. Nos parece fundamental tener en cuenta los resultados científicos que arrojen los estudios a la realización del plan de descontaminación para la comuna de Calama, ya que por todo lo expuesto con anterioridad según los elementos contaminantes que se encuentren en el MP10 y MP2.5 se podría saber el grado de exposición de las y los trabajadores y la población expuesta a esta condición ambiental. Ayudando a tomar medidas concretas en el cuidado de las personas y el medio ambiente.

Se sugiere realizar los estudios pertinentes a cada fuente de emisión encontrada, ya que la segunda región es característica de ser zona minera por un largo tiempo en su historia, por lo que pueden existir fuentes de contaminación en desuso o abandonadas, por lo que distintos factores que interactúan con estos contaminantes podrían estar transportando los a diferentes lugares de la zona.