

source

# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO



Provincia de Pasco - Perú



**source**

# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO



Provincia de Pasco - Perú

## **CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO-PERÚ**

### **© ASOCIACIÓN CIVIL CENTRO DE CULTURA POPULAR LABOR**

- Wilmar Orlando Cosme Calzada – Director Ejecutivo
- Jaime Luis Silva Ponce – Subdirector/Coordinador de Publicación

Jirón Junín N° 266

Chaupimarca, Cerro de Pasco, Perú

Teléfono: (063) 42-2627

E-mail: [centrolabor@laborpascoperu.org.pe](mailto:centrolabor@laborpascoperu.org.pe)

Sitio Web: [www.laborpascoperu.org.pe](http://www.laborpascoperu.org.pe)

### **RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS:**

#### **SOURCE INTERNATIONAL DE ITALIA**

- Laura Grassi - Científica Ambiental
- Miguel Madrid – Especialista Ambiental
- Flaviano Bianchini - Ecologista y Naturalista
- Stefano Sbrulli – Fotógrafo Periodista

Via Ruschi 72, 56011 – Calci (PI) Italia

E-mail: [info@source-international.org](mailto:info@source-international.org)

### **FOTOGRAFÍAS PASTA, ENCARTES E INTERIORES:**

- Fotos archivos Source International
- Fotos archivos Centro de Cultura Popular Labor

### **DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN:**

Sonimágenes del Perú S.C.R.L

Av. Gral. Santa Cruz 653, Ofic. 102. Jesús María, LIMA 11 – PERÚ

Teléfonos: (511) 277-3629

Tiraje: 1,000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2020-04860

El contenido de esta publicación puede ser reproducido libremente para fines de educación, difusión y para otros propósitos no comerciales, para ello se debe citar adecuadamente la fuente. Este documento se encuentra en formato electrónico en las páginas web y en las sedes institucionales.

### **Cerro de Pasco, junio del 2020.**

El Centro de Cultura Popular Labor, agradece a Desarrollo y Paz de Canadá y a Source International de Italia, por su valioso aporte para hacer realidad el presente estudio y su publicación.







# A los 39 Años de Intensa Labor, Nuestro Agradecimiento

Desde 1981, año en que surgió la Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor, venimos obrando desde la ciudad cimera del Perú en Cerro de Pasco, manteniendo el deseo de contribuir al desarrollo sostenible de la región central del Perú y a nivel nacional; cumpliendo una de nuestras principales funciones, el de la incidencia, ante las principales autoridades del nivel local, regional y del gobierno central, frente a la problemática social, ambiental y cultural principalmente; ello, a través de propuestas generadas de manera concertada, y sobre la base de múltiples estudios y/o investigaciones, así como también de diversas producciones, que hoy en día evidencian el propósito de nuestra existencia.

En este accionar, los impactos al ambiente y a la salud de los pobladores, por la actividad minera en Cerro de Pasco y comunidades cercanas a la ciudad, continúan siendo una de nuestras grandes preocupaciones que a la actualidad, no está siendo atendida de manera efectiva por las autoridades competentes, menos por la propia empresa; quienes a la fecha (Volcan Compañía Minera y Cerro de Pasco Resources) no sinceran su verdadera participación, como representantes y dueños de la unidad minera Cerro de Pasco.

Desde ya, frente a esta situación y otras problemáticas abordadas concertadamente, debemos resaltar la participación y compromiso de los diversos sectores de la sociedad civil, entre ellas a representantes de organizaciones de base, de mujeres, de comunidades campesinas, educativos, colectivos juveniles, también funcionarios de instituciones públicas, entre otros actores sociales, con quienes interactuamos permanentemente, generando alternativas para una vida justa. Por lo mismo, a lo largo de estos 39 años de vida institucional, extendemos nuestro eterno agradecimiento a todos los sectores de la población e incluso a personalidades, que siempre están trabajando de la mano con el Centro Labor, porque reiteramos que para nosotros, todos y todas somos "Labor".

Muestra de este proceso, en esta oportunidad nos satisface compartir con los diversos actores de la población, la presente publicación que enmarca datos actualizados y relevantes sobre las **"Condiciones de la calidad ambiental y exposición humana a metales pesados en Cerro de Pasco"**, resultado del trabajo ligado y dirigido por la Asociación Source International de Italia y el apoyo de las autoridades de la Municipalidad del Centro Poblado de Paragsha, ubicado en el distrito de Simón Bolívar, de la Región Pasco, a quienes expresamos nuestro agradecimiento por el interés en desarrollar trabajos coordinados frente a esta problemática.

Asimismo, resaltamos nuestro eterno agradecimiento a Desarrollo y Paz de Canadá, por el valioso apoyo que nos brindan y que, gracias a ello, venimos haciendo realidad nuestro proceso de incidencia.

*"Centro Labor, un testimonio de compromiso y trabajo pensando en el mañana, y una experiencia de aprendizaje colectivo."*

**Wilmar Orlando Cosme Calzada**  
**Director Ejecutivo**  
**Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor**





# Presentación

Nuestro país es considerado en el escenario internacional como un país minero, por su antigua tradición que se mantiene, pero sobre todo por sus recursos naturales, con el enorme potencial geológico que es proporcionado por la cordillera de los Andes, que trasciende la sierra de nuestro país, hacia Ecuador por el norte y Bolivia con Chile por el sur. En los Andes Centrales, se ubica la ciudad de Cerro de Pasco, que posee más de 400 años de historia minera, reconocida por títulos honoríficos cedidos desde los años 1639, por su ingente aporte a la corona española, el año 1960 por su contribución al erario nacional, que se mantiene a la fecha en éste periodo republicano.

En este contexto, siendo el Perú uno de los primeros productores de metales (como el oro, plata, cobre, zinc, etc.) a nivel de Latinoamérica y mundial, siempre ha surgido la interrogante, de la verdadera contribución de la minería a la economía peruana, cuyo aporte al PBI los últimos años (al 2019) representó únicamente el 9%; pese a tener un marco jurídico promotor de la inversión privada, que lo convierte a nivel mundial en uno de los destinos muy atractivos para la inversión extractiva minera; sin embargo, este aporte disminuye a menos del 4% con las devoluciones de impuestos que el gobierno a través de la SUNAT les desembolsa, debiendo evaluarse desde el poder legislativo el marco normativo (generoso) en materia tributaria para este sector, como también se debe priorizar la discusión y aprobación de la nueva “Ley de Minería”, que debe fomentar el verdadero desarrollo sostenible en nuestro país (con la articulación del desarrollo económico, social y ambiental).

Sin embargo, esta actividad a lo largo de los años ha generado diversas externalidades negativas, como afectaciones irreversibles a los recursos naturales (agua, suelo y aire), a los ecosistemas, y sobre todo a la salud de los pobladores, en áreas de influencia directa e indirecta de proyectos extractivos mineros, siendo los más vulnerables niños y niñas de poblaciones urbanas y rurales de nuestro país. En el departamento de Pasco, son doce los distritos de las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión, que muestran impactos negativos al ambiente, generados principalmente por proyectos extractivos mineros en ejecución, pasivos ambientales mineros-PAM (más de 545, mucho de ellos abandonados por décadas), así como también por la minería ilegal e informal. Este descontrol, viene ocasionando serios problemas de salud pública, con el incremento en los últimos años de casos de intoxicación con metales pesados, evidenciados en diversos estudios científicos, elaborados por instituciones nacionales e internacionales.

En el documento técnico *“Lineamientos de política sectorial para la atención integral de la salud de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas”*, aprobado por el Ministerio de Salud-MINSA en octubre del 2018; y que tiene por finalidad de *“contribuir al fortalecimiento de la atención integral en salud, así como a la articulación intersectorial e intergubernamental para facilitar las intervenciones de promoción de la salud y de reducción de riesgos y daños a la salud de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas...”*; reporta un cuadro comparativo nacional (de 17 departamentos) con resultados de vigilancia epidemiológica de factores de riesgo por exposición de metales pesados entre los años 2017 y 2018, donde lamentablemente el departamento de Pasco alcanza el 41.3% de número de casos expuestos del 100% nacional (2017), identificándose un incremento al 66.4% de número de casos expuestos (2018); teniendo la tasa de exposición más alta en Pasco por cada 1000 habitantes, los pobladores de los distritos de Tinyahuarco, Simón Bolívar, Huayllay, Huachon, Chaupimarca y Yanacancha, en ello son los niños y niñas menores de 12 años los más afectados (82.6%) Lo que nos genera preocupación y conlleva a seguir exigiendo desde Pasco, un abordaje real e integral a ésta problemática, con la implementación de éste documento técnico, desde los diferentes sectores y niveles de gobierno (nacional, regional y local).

Desde la *“Mesa de Salud Ambiental y Humana”* y la *“Plataforma Nacional de Afectados por Metales Tóxicos”* (donde participa el Centro Labor y las autoridades del Centro Poblado de Paragsha y el AA.HH. José Carlos Mariátegui del distrito de Simón Bolívar), dado la magnitud de la problemática de salud pública que tenemos constatado en nuestro país, producto de la presencia y los efectos de los metales pesados en el organismo de miles de



pobladores, hemos solicitado desde el 2019 y continuamos exigiendo a la fecha a la Presidencia del Consejo de Ministros-PCM, la conformación de una “Comisión Multisectorial” integrada por representantes de los diferentes ministerios, quienes deben impulsar la ejecución de políticas públicas en salud (como el documento técnico) y abordar de manera prioritaria este delicado tema, para el cumplimiento de los propósitos definidos, de garantizar una atención integral y especializada a las poblaciones afectadas; debiendo estar conformado éste espacio, con la participación de representantes de la sociedad civil, incluyendo instituciones académicas y de investigación, organizaciones no gubernamentales, y representantes de la Plataforma Nacional de Afectados por Metales Tóxicos.

Es necesario resaltar, que a nivel de la provincia de Pasco, específicamente desde el distrito de Simón Bolívar, desde el año 2012 hasta el 2018, las autoridades, funcionarios de la municipalidad, dirigentes y pobladores de los diversos centro poblados, comunidades campesinas y asentamientos humanos; con medidas de exigencia, han elevado esta problemática al gobierno nacional (PCM, MINSA, MINEM, MINAM, otros), consiguiendo la Declaratoria de la Emergencia Ambiental (el año 2012), las Declaratorias de Emergencias Sanitarias (los años 2017 y 2018) en beneficio de 12 distritos impactados del departamento de Pasco; con la ejecución de planes y actividades que prioritariamente buscan el tratamiento e intervención en la salud de los pobladores afectados, principalmente en menores quienes poseen reportes incluso de intoxicación crónica por metales pesados. Lamentablemente, a la fecha no se muestran resultados satisfactorios de estas intervenciones, dirigidos desde el MINSA hacia las poblaciones de Pasco.

El presente año 2020, marcado por la pandemia “Covid-19”, el cual hasta hoy en día se torna muy preocupante, debido a las graves consecuencias letales que viene ocasionando no solo a nivel mundial, sino también en nuestro país y el departamento de Pasco; toxicólogos como el Dr. Ricardo Puell y otros médicos, nos alertan sobre los riesgos que corren las personas afectadas por metales pesados ante el brote del coronavirus COVID-19, manifiestan *“que los metales afectan a todos los órganos y generan alteraciones en el sistema inmunológico, lo que provoca que éste no responda de una manera adecuada”*. Asegura, asimismo que *“todas las personas que tienen metales en su organismo, sin distinción de edad, se encuentran en grado de vulnerabilidad ante el coronavirus”*. Observación médica que debe ser retomada por los funcionarios y profesionales del sector salud, para abordar de manera prioritaria, ésta problemática de afectación a la salud pública, en los pobladores a nivel nacional.

Recopilando los diferentes reportes científicos, aplicados al ambiente y la salud de los pobladores de Cerro de Pasco y comunidades contiguas (que también detalla los estudios en la presente publicación), encontramos estudios desarrollados desde el año 1996, impulsados por autoridades, representantes de poblaciones y directivos de instituciones públicas y privadas, locales (como el Comité de Defensa de Miraflores-Paragsha, la Diresa-Pasco, la Municipalidad Distrital de Simón Bolívar, Municipalidad del Centro Poblado de Paragsha y el Centro Labor), nacionales (la Red Muqui, el Centro de Información y Control Toxicológico CICOTOX de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Instituto Nacional de Salud Ocupacional, el Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud), internacionales (como el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades CDC Atlanta EE.UU, la Organización Panamericana de la Salud, la Universidad de Pisa y Source International de Italia).

Resaltamos en este marco, las investigaciones desarrolladas por la Universidad de Pisa y Source Internacional, de los años 2009, 2016 y 2017, que han demostrado el grado de afectación al ambiente y a la salud de los pobladores de Cerro de Pasco (principalmente en niños y niñas) quienes poseen en sus organismos más de 10 metales pesados (aluminio, selenio, manganeso, arsénico, cromo, níquel, cadmio, talio, cesio y plomo), los cuales sobrepasan los Niveles Máximos Establecidos por la OMS en muestras de sangre y los Estándares de Referencia Internacionales en muestras de cabellos. Estos hallazgos, han generado estos últimos años, un mayor compromiso de los profesionales de Source International (Laura Grassi, Flaviano Bianchini, Miguel Madrid y Stefano Sbrulli), en ampliar la investigación ambiental y médico científico (en el distrito de Simón Bolívar y en el distrito de Carhuamayo –evaluación de muestras de control-), contado para ello con la presencia de médicos de España y Portugal.





Por tales consideraciones, ponemos a disposición los resultados de este nuevo trabajo, ***“Condiciones de la Calidad Ambiental y Exposición Humana a Metales Pesados en Cerro de Pasco – Perú”*** desarrollados por Source International los años 2018 y 2019, en coordinación con el Centro Labor, el apoyo de la Municipalidad del Centro Poblado de Paragsha, la Municipalidad Distrital de Carhuamayo, la Parroquia “Santiago Apóstol” de Carhuamayo y el Fadaic Carhumayo; con el cual, profundizan el análisis ambiental y de salud pública, que tanto aquejan a las poblaciones de Cerro de Pasco y comunidades contiguas; por lo mismo, estamos seguros que el presente documento servirá como aporte científico a esta problemática compleja, que buscan superar las autoridades y principalmente los pobladores de esta ciudad histórica, ubicada en la sierra central de nuestro país.

**Jaime Luis Silva Ponce**  
**Subdirector / Coordinador de la Publicación**  
**Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor**





# Índice

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. Resumen Ejecutivo</b> .....                           | <b>16</b>  |
| <b>2. Introducción</b> .....                                | <b>18</b>  |
| <b>3. Biomarcadores de Exposición</b> .....                 | <b>20</b>  |
| 3.1. Plomo en Sangre .....                                  | 20         |
| 3.2. Arsénico, Mercurio y Cadmio en Orina .....             | 23         |
| 3.3. Metales en el Cabello .....                            | 25         |
| 3.3.1. Metodología .....                                    | 26         |
| 3.3.2. Resultados .....                                     | 29         |
| 3.4. Investigación Clínica .....                            | 40         |
| <b>4. Agua</b> .....  | <b>42</b>  |
| 4.1. Metodología .....                                      | 42         |
| 4.2. Resultados .....                                       | 47         |
| 4.2.1. Subcuenca del Río San Juan .....                     | 47         |
| 4.2.2. Microcuenca del Río Tingo .....                      | 61         |
| 4.2.3. Laguna de Yamamate .....                             | 65         |
| <b>5. Suelo</b> .....                                       | <b>68</b>  |
| 5.1. Metodología .....                                      | 68         |
| 5.2. Resultados .....                                       | 69         |
| 5.2.1. Suelo Recreativo (Parques) .....                     | 73         |
| 5.2.2. Suelo Agrícola (Pastizales) .....                    | 73         |
| <b>6. Aire</b> .....  | <b>75</b>  |
| 6.1. Metodología .....                                      | 75         |
| 6.2. Resultados .....                                       | 78         |
| 6.2.1. Material Particulado .....                           | 78         |
| 6.2.2. Metales Pesados .....                                | 81         |
| <b>7. Alimento</b> .....                                    | <b>88</b>  |
| 7.1. Metodología .....                                      | 88         |
| 7.2. Resultados .....                                       | 89         |
| <b>8. Discusión de Resultados y Conclusiones</b> .....      | <b>93</b>  |
| 8.1. Metales en el Cabello y Manifestaciones Clínicas ..... | 93         |
| 8.2. Aire .....   | 93         |
| 8.3. Alimento .....   | 93         |
| 8.4. Agua .....   | 94         |
| 8.5. Suelo .....  | 95         |
| 8.6. Modelo Conceptual Inicial .....                        | 96         |
| 8.7. Futuros Estudios .....                                 | 98         |
| <b>9. Recomendaciones</b> .....                             | <b>101</b> |



# Índice de Tablas

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Niveles históricos de plomo en sangre de niños en Cerro de Pasco .....                | 21 |
| <b>Tabla 2.</b>  | Niveles de arsénico en creatinina de niños y gestantes de Cerro de Pasco (2018),..... | 24 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Vista parcial de la base de datos de biomonitorio. ....                               | 29 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Concentraciones de metales en muestras de cabello (2018). ....                        | 30 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Excedencias de metales pesados en Paragsha (2018). ....                               | 31 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Concentraciones de metales en muestras de cabello (2016). ....                        | 33 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Excedencias de metales pesados en Paragsha (2018) en relación al (2016). ....         | 34 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Evolución del tonelaje tratado en las dos Plantas entre 2015-2018. ....               | 39 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Puntos de monitoreo y muestreo de agua.....   | 43 |
| <b>Tabla 10.</b> | Concentraciones de metales en muestras de agua en Carhuamayo.....                     | 48 |
| <b>Tabla 11.</b> | Concentraciones de metales en la relavera (antes laguna) de Quiulacocha .....         | 51 |
| <b>Tabla 12.</b> | Concentraciones de metales en efluentes (Paragsha). ....                              | 53 |
| <b>Tabla 13.</b> | Concentraciones de metales en la microcuenca del río Ragra.....                       | 55 |
| <b>Tabla 14.</b> | Concentraciones de metales en agua de consumo (Paragsha y San Juan).....              | 58 |
| <b>Tabla 15.</b> | Concentraciones de metales en el río San Juan .....                                   | 59 |
| <b>Tabla 16.</b> | Concentraciones de metales en el río Tingo. ....                                      | 63 |
| <b>Tabla 17.</b> | Concentraciones de metales en la laguna Yanamate.....                                 | 66 |
| <b>Tabla 18.</b> | Puntos de muestreo de suelo .....   | 68 |
| <b>Tabla 19.</b> | Concentraciones de metales en muestras de suelo recreativo (parques). ....            | 71 |
| <b>Tabla 20.</b> | Concentraciones de metales en muestras de suelo agrícola (pastizales) .....           | 72 |
| <b>Tabla 21.</b> | Concentraciones de metales en el aire de Carhuamayo.....                              | 83 |
| <b>Tabla 22.</b> | Concentraciones de metales en el aire entre Rumiallana y Paragsha. ....               | 84 |
| <b>Tabla 23.</b> | Concentraciones de metales en el aire de San Juan.....                                | 87 |
| <b>Tabla 24.</b> | Plan de muestreo de tejido animal. ....   | 88 |
| <b>Tabla 25.</b> | Concentraciones de metales en muestras de tejido animal.....                          | 90 |





# Índice de Figuras

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 1.</b>  | Localidades con mayor incidencia histórica de plomo en sangre > 10 µg/dL.....          | 23 |
| <b>Figura 2.</b>  | Concentraciones medias de metales tóxicos presentes en el cabello.....                 | 32 |
| <b>Figura 3.</b>  | Instalaciones de propiedad de Glencore/Volcan .....                                    | 38 |
| <b>Figura 4.</b>  | Manifestaciones clínicas observadas porcentualmente en Paragsha y Carhuamayo. ....     | 40 |
| <b>Figura 5.</b>  | Puntos de monitoreo y muestreo de aguas en Carhuamayo. ....                            | 44 |
| <b>Figura 6.</b>  | Puntos de monitoreo y muestreo de aguas en Cerro de Pasco y comunidades cercanas ..... | 45 |
| <b>Figura 7.</b>  | Puntos de muestreo de suelo recreativo en Carhuamayo y Cerro de Pasco (parques).....   | 69 |
| <b>Figura 8.</b>  | Puntos de muestreo de suelo agrícola (pastizales). ....                                | 70 |
| <b>Figura 9.</b>  | Puntos de monitoreo de aire y polvo en Carhuamayo y Cerro de Pasco.....                | 76 |
| <b>Figura 10.</b> | Concentraciones de PM <sub>10</sub> en la Calle Huancavelica, Paragsha .....           | 78 |
| <b>Figura 11.</b> | Concentraciones de PM <sub>10</sub> en todas las estaciones de monitoreo de aire.....  | 79 |
| <b>Figura 12.</b> | Vientos en Paragsha durante eventos de mayor polvo suspendido .....                    | 80 |
| <b>Figura 13.</b> | PM <sub>10</sub> entre Rumiallana y Paragsha .....                                     | 81 |
| <b>Figura 14.</b> | Modelo Conceptual del Sitio (MCS) inicial. ....  | 97 |





# Abreviaturas

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>°C</b>              | Grados centígrados  |
| <b>AA.HH.</b>          | Asentamiento Humano   |
| <b>AAS</b>             | Atomic Absorption Spectroscopy (Espectrometría de Absorción Atómica)  |
| <b>ACGIH</b>           | American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)     |
| <b>ADHD</b>            | Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad)                                   |
| <b>ANA</b>             | Autoridad Nacional del Agua   |
| <b>ATSDR</b>           | Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos) |
| <b>C.P.</b>            | Centro Poblado  |
| <b>CDC</b>             | Centers for Disease Control and Prevention (Centro para el Control y prevención de Enfermedades de los Estados Unidos)            |
| <b>CE</b>              | Conductividad Eléctrica   |
| <b>CE</b>              | Comisión Europea  |
| <b>CENSOPAS</b>        | Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente para la Salud del INS  |
| <b>CICOTOX</b>         | Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental de la Universidad de San Marcos                        |
| <b>COHORTE CASO</b>    | Muestras de cabello de los niños de Paragsha  |
| <b>COHORTE CONTROL</b> | Muestras de cabello de los niños de Carhuamayó  |
| <b>D.S.</b>            | Decreto Supremo   |
| <b>DCOVI</b>           | Dirección de Control y Vigilancia de la DIGESA  |
| <b>DIGESA</b>          | Dirección General de Salud Ambiental del MINSA  |
| <b>DIRESA Pasco</b>    | Dirección Regional de Salud de Pasco  |
| <b>dL</b>              | Decilitro (0,1 litros)  |
| <b>DO</b>              | Dissolved Oxygen (Oxígeno Disuelto)   |
| <b>ECA</b>             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental  |



|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>EPA</b>           | Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)  |
| <b>ERSA</b>          | Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente   |
| <b>ESSALUD</b>       | Seguro Social de Salud con cobertura a los asegurados y sus derechohabientes   |
| <b>FAO</b>           | Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)                  |
| <b>g</b>             | Gramo  |
| <b>GPS</b>           | Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)  |
| <b>ICP-AES</b>       | Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (Espectroscopia de Emisión Atómica de Plasma Acoplado por Inducción) |
| <b>ICP-MS</b>        | Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente)                     |
| <b>IFC</b>           | International Finance Corporation (Corporación Financiera Internacional)   |
| <b>INS</b>           | Instituto Nacional de Salud  |
| <b>IQ</b>            | Intelligence Quotient (Coeficiente Intelectual)  |
| <b>ISO</b>           | International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)                                   |
| <b>kg</b>            | Kilogramo  |
| <b>L</b>             | Litro  |
| <b>LBU</b>           | Líneas Blancas en Uñas   |
| <b>LMP</b>           | Límites Máximos Permisibles  |
| <b>m<sup>3</sup></b> | Metro cúbico   |
| <b>MCE</b>           | Mixed Cellulose Ester (Éster de Celulosa Mixta)  |
| <b>MCS</b>           | Modelo Conceptual del Sitio  |
| <b>µg</b>            | Microgramo (0,000001 gramos)   |
| <b>mg</b>            | Miligramo (0,001 gramos)   |





|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>MINAM</b>           | Ministerio del Ambiente  |
| <b>MINEM</b>           | Ministerio de Energía y Minas  |
| <b>MINSA</b>           | Ministerio de Salud  |
| <b>µm</b>              | Micrómetros  |
| <b>µS</b>              | Microsiemens   |
| <b>mV</b>              | Milivoltio   |
| <b>NIOSH</b>           | National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos) |
| <b>NMA</b>             | Niveles Máximos Aceptables   |
| <b>OEFA</b>            | Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental  |
| <b>OMS</b>             | Organización Mundial de la Salud   |
| <b>OPS</b>             | Organización Panamericana de la Salud  |
| <b>ORP</b>             | Oxidation-Reduction Potential (Potencial de Oxidación-Reducción)   |
| <b>PAM</b>             | Pasivo Ambiental Minero  |
| <b>PM</b>              | Particulate Matter (Material Particulado)  |
| <b>PM<sub>10</sub></b> | Material Particulado de 10 µm  |
| <b>PNUMA</b>           | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente   |
| <b>PSU</b>             | Practical Salinity Units (Unidades Prácticas de Salinidad)   |
| <b>RE</b>              | Resumen Ejecutivo  |
| <b>SSW</b>             | South-SouthWest (Sur-SurOeste)   |
| <b>SW</b>              | SouthWest (SurOeste)   |
| <b>TDS</b>             | Total Dissolved Solids (Sólidos Disueltos Totales)   |
| <b>TSP</b>             | Total Suspended Particles (Partículas Suspensas Totales)   |
| <b>XRF</b>             | X-Ray Fluorescence (Fluorescencia de Rayos X)  |

# 1. Resumen Ejecutivo

Múltiples estudios conducidos en Cerro de Pasco durante los últimos años, han dado cuenta de la prolongada contaminación ambiental presente y de las afectaciones a la salud de sus pobladores, en particular, de niños y madres gestantes.

En el presente estudio, SOURCE INTERNATIONAL llevó a cabo una nueva evaluación de la potencial exposición a metales pesados presentes en el agua, suelo, aire y alimento, en sitios críticos afectados históricamente por la actividad minera en la ciudad de Cerro de Pasco. La evaluación cuenta además con mediciones de niveles de metales, obtenidas alrededor de la capital del distrito de Carhuamayo, ubicada a 43 kilómetros de Cerro de Pasco, en la vecina provincia de Junín. Carhuamayo, fue seleccionada como punto de comparación, dado que posee similares condiciones climáticas, se encuentra aproximadamente a la misma altitud, y las condiciones nutricionales y socioeconómicas de sus habitantes, son similares a las de Cerro de Pasco.

Otro objetivo del presente trabajo, ha sido comparar biomarcadores de exposición y niveles de metales en matrices ambientales, con datos medidos por SOURCE INTERNATIONAL el año 2016; así como, intentar identificar las fuentes de contaminación y establecer potenciales relaciones de causalidad fuente-receptor. Para lograr estos objetivos, el alcance de este estudio incluyó los siguientes componentes claves:

- Evaluación de biomarcadores de exposición y de manifestaciones clínicas en el C.P. de Paragsha;
- Evaluación de la calidad ambiental del agua, suelo, aire y alimento en Cerro de Pasco y comunidades cercanas;
- Desarrollo de un Modelo Conceptual del Sitio (MCS) inicial.

A pesar de las limitaciones que posee el análisis de cabello como biomarcador confiable de la exposición al plomo, cadmio y arsénico; la distribución de concentraciones observadas en Paragsha, guarda estrecha relación con los metales encontrados en matrices ambientales, particularmente en el suelo. Además, tanto los niveles de metales en el cabello, como la presencia de potenciales manifestaciones clínicas asociadas, fueron mayores en Paragsha en relación a Carhuamayo.

El presente estudio, reveló la presencia de plomo en muestras de tejido animal, de ganados que pastan en la comunidad campesina de Yurajhuanca (cercana a Cerro de Pasco) y en las proximidades a la Reserva Nacional de Junín. La absorción de plomo en muestras de músculo de las llamas que pastan en la localidad de Yurajhuanca, podría estar asociada a las elevadas concentraciones de plomo encontradas en las muestras de suelos, recolectada de los pastizales entre la relavera Ocroyoc y la comunidad campesina de Quiulacocha, cercanas a Yurajhuanca. También podría existir una relación causal, entre los niveles de plomo de las muestras de ganado de la Reserva de Junín y las altas concentraciones de plomo medidas en aguas del río San Juan, aguas arriba en la desembocadura al lago Chinchaycocha. No obstante, se cuenta con limitada información respecto al origen preciso del ganado y a la frecuencia con la que los potenciales receptores humanos consumen estos alimentos. De este modo, la exposición a metales pesados a través de esta ruta, requiere de estudios posteriores, que puedan confirmar esta potencial vía de exposición.

En este estudio, también se ha detectado la presencia de metales tóxicos como el cadmio, el plomo y el arsénico, en muestras de agua de Cerro de Pasco en concentraciones superiores a los valores de fondo (Carhuamayo) y a los estándares nacionales e internacionales. También se han encontrado elevadas concentraciones de metales potencialmente tóxicos como el talio y el antimonio, elementos que suelen encontrarse abundantemente en la naturaleza y que son particularmente comunes en depósitos de sulfuros de plomo y zinc. El tramo final del río Ragra, en Yurajhuanca, constituye el recurso de agua más impactado por los metales, incluyendo cadmio, arsénico y plomo. La diferencia en los niveles de metales



en los efluentes mineros de la Empresa Administradora Cerro SAC (Volcan Compañía Minera S.A.A.) y el tramo final del río Ragra, indicaría la presencia de múltiples fuentes aportando a la contaminación en esta microcuenca, incluyendo el drenaje de los botaderos en Cerro de Pasco (Administradora Cerro SAC y Excelsior), lixiviados generados por la relavera Quiulacocha, y efluentes de la Compañía Minera Aurex. Dado que no se han encontrado concentraciones elevadas de estaño, plomo, níquel o aluminio en potenciales fuentes de agua para el consumo humano, no se observa una correlación positiva estadísticamente significativa, con respecto a la distribución de metales presentes en muestras de cabello en el C.P. de Paragsha. De este modo, la ingestión de estas aguas podría considerarse una vía incompleta de exposición a los metales en esta localidad.

El presente estudio ha demostrado la presencia de metales tóxicos como el plomo, el mercurio, el cadmio, y el arsénico, en muestras de suelo en Cerro de Pasco, en concentraciones superiores a los valores de fondo y a los estándares nacionales e internacionales; particularmente en suelos urbanos de uso recreativo de la ciudad.

En promedio, las concentraciones de plomo en las cinco muestras de suelo de Cerro de Pasco superaron en más de 20 veces las concentraciones de suelos de Carhuamayo. Los suelos pecuarios (con referencia de uso de suelo agrícola) entre la relavera Ocroyoc y Quiulacocha, en la microcuenca del río Ragra, resultaron ser los más impactados por metales tóxicos como el plomo, el mercurio y arsénico, según este estudio. La localidad de Champamarca (suelo urbano de uso recreativo) también mostró estar muy impactada por la presencia de elevadas concentraciones de cadmio, plomo y arsénico en sus suelos de uso recreativo. La presencia de elevadas concentraciones de plomo y arsénico en muestras del suelo del parque infantil en la calle Huancavelica del C.P. Paragsha, también se encuentran presentes en muestras de cabello de los niños, lo que permite afirmar que el suelo contaminado puede constituir la ruta preferencial de exposición a los metales en esta localidad.

En general, únicamente se encontraron trazas de metales (hierro, aluminio, zinc y estaño) en el material particulado suspendido en el aire de Cerro de Pasco. Estas concentraciones mostraron ser similares, e incluso inferiores, a las concentraciones medidas en Carhuamayo, lo que parece indicar que estos metales se encuentran dispersos en el aire a nivel regional. Este estudio no ha podido demostrar que la inhalación de partículas de metales pesados, puedan constituir una ruta principal de exposición; sin embargo, es probable que la sedimentación y resuspensión de partículas de tamaño superior a  $10\ \mu\text{m}$  ( $> \text{PM}_{10}$ ) constituya un mecanismo de transporte y liberación secundario; considerando que los resultados de aire no han revelado un estado de contaminación.

Con base a los resultados discutidos en este estudio, SOURCE INTERNATIONAL recomienda priorizar las acciones que aborde las fuentes principales y secundarias de exposición a metales pesados, con las cuales los niños tienen más probabilidades de entrar en contacto y en los lugares donde pasan más tiempo. Se hacen varias recomendaciones generales dirigidas a la comunidad, autoridades y a las empresas mineras que operan en Cerro de Pasco.

## 2. Introducción

Diversos estudios nacionales e internacionales desarrollados en Cerro de Pasco, vienen evidenciando la fuerte contaminación que afectan a las poblaciones que integran y circundan esta ciudad; estudios como el desarrollado por la Universidad de Pisa Italia en febrero del 2009, que amplía el nivel de evaluación ambiental y demuestra la presencia de ocho (8) metales que sobrepasan los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud-OMS (plomo, aluminio, selenio, manganeso, arsénico, cromo níquel y cadmio) en el organismo de los habitantes, principalmente en niños; lo que conllevó a seguir ampliando desde el año 2016 con nuevas investigaciones desde SOURCE INTERNATIONAL, en coordinación con el Centro Labor, buscando contribuir con ello en mejorar esta difícil realidad.

El informe final del Decreto Supremo No. 020-2017-SA que declaró en Emergencia Sanitaria por impactos de la actividad extractiva minera a los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar en Cerro de Pasco el 2017, mostró niveles máximos de plomo en sangre cercanos a 37 microgramos por decilitro  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . Además, se encontraron niveles de arsénico, mercurio y cadmio en orina superiores a valores de referencia establecidos a nivel internacional. También se habían reportado niveles de hierro por encima de los estándares de calidad en aguas para consumo humano, recolectadas en las localidades de Paragsha, Champamarca, Quiulacocha, Yurajhuanca y Uliachín (Chaupimarca). Mientras que en Champamarca se habían superado también los límites establecidos para el aluminio<sup>1</sup>.

En marzo de 2018, el Gobierno del Perú declaró nuevamente en Emergencia Sanitaria (D.S. No. 005-2018-SA) a los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca, incluyendo a Yanacancha (que conforman la ciudad de Cerro de Pasco), además de seis (6) distritos más de la provincia de Pasco y en la provincia Daniel Alcides Carrión tres (3) distritos. Aún se está a la espera de la socialización de los resultados del monitoreo sanitario ambiental de la calidad del agua para consumo humano, del aire y suelo a ser remitidos por la Dirección de Control y Vigilancia (DCOVI) de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), y del Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente (CENSOPAS) del Instituto Nacional de Salud (INS). No obstante, el informe final de la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco reveló que una elevada proporción de niños y gestantes de las localidades estudiadas presentaban niveles de arsénico en creatinina (orina) por encima de los niveles normales en niños<sup>2</sup>.

Dada esta problemática ampliamos nuestros estudios en Cerro de Pasco, para lo cual en base a los resultados de este trabajo, se ha desarrollado un Modelo Conceptual del Sitio (MCS) inicial, en el que se identifican las potenciales fuentes de contaminantes, mecanismos de transporte y distribución, rutas y vías de exposición y los potenciales receptores. Este MCS debe modificarse en una fase de caracterización, a partir de nuevos conocimientos a obtenerse por investigaciones futuras.

Por lo mismo, nuevos estudios serán necesarios para confirmar si la deposición de partículas en suelos urbanos de Cerro de Pasco (incluyendo las localidades de Quiulacocha y Yurajhuanca) constituye un mecanismo de liberación y transporte de metales pesados. También será necesario evaluar si las aguas del río Ragra, constituyen una ruta completa de exposición a metales tales como el arsénico, el plomo y el cadmio; de modo que, será necesario extender el biomonitoreo de sangre y orina en las localidades de Quiulacocha y Yurajhuanca. Estudios adicionales deben incluir la caracterización de las fuentes principales y su relación con las fuentes secundarias y las rutas de exposición. Para ello, se debe caracterizar químicamente cada fuente

1 Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2017. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. 020-2017-SA y 029-2017-SA.

2 Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2018. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. N° 005-2018-SA.





principal, a través de técnicas forenses ambientales más avanzadas como los isótopos en el sulfato del agua, o isótopos de plomo en el suelo (o en el material particulado sedimentable).

Resulta necesario resaltar nuestro agradecimiento a las instituciones y organizaciones de Pasco, quienes con la preocupación de siempre vienen abordando esta problemática ambiental y de salud, como el Centro Centro de Cultura Popular Labor (a Jaime Silva Ponce y Wlmar Cosme Calzada) por las coordinaciones permanentes y el apoyo en los diversos estudios que venimos realizando en Pasco y Carhuamayo -Junín; al Alcalde Jaime Zelada Chamorro y funcionarios de la Municipalidad del Centro Poblado de Paragsha del periodo 2019 – julio 2023, por su apoyo logístico en los monitoreos ambientales y la presentación de resultados del estudio realizados en Cerro de Pasco. En Carhuamayo al Rvdo. Padre Jaime Chua Cáceres, Parroco de la Iglesia "Santiago Apostol" de Carhuamayo y a los integrantes del Frente Amplio por la Defensa del Agua y los Intereses de Carhuamayo - FADAIC, también por los apoyos logísticos en los monitoreos ambientales ejecutados y la presentación de resultados en Carhuamayo.

**SOURCE INTERNATIONAL**

# 3. Biomarcadores de Exposición

## 3.1. Plomo en Sangre

La mayoría de los metales pesados se distribuyen en el cuerpo a través de la sangre hacia los tejidos. Junto con el arsénico (metaloides) y el mercurio, el plomo es el más tóxico de los metales; hasta el punto que no existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro<sup>3</sup>. Incluso las concentraciones de plomo en sangre que no superan los 5 µg/dL –nivel hasta hace poco considerado seguro– pueden asociarse a una disminución de la inteligencia del niño, así como a problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje<sup>4,5,6</sup>.

Actualmente, la medición del nivel de plomo en sangre, es la prueba de detección más aceptada para identificar a niños con altos niveles de plomo en el cuerpo, debido a una exposición relativamente reciente<sup>7,8</sup>. La **Tabla 1**, resume los niveles de plomo medidos históricamente en la sangre de niños de Cerro de Pasco, así como su distribución por localidades. Las mayores incidencias de plomo en sangre por encima de los 10 µg/dL se han registrado en el Asentamiento Humano (AA.HH.) Ayapoto, cerca del botadero de desperdicios mineros de Excelsior, actualmente en cierre como Pasivo Ambiental Minero (PAM) por parte del Estado Peruano<sup>9</sup>. A este, le siguen la Comunidad Campesina de Quiulacocha, la Comunidad Urbana de Champamarca y el C.P. de Paragsha.

Adicionalmente, el año 2006 la DIRESA Pasco detectó siete casos de niños de los sectores 5 y 6 del AA.HH. Columna Pasco, en el Distrito de Yanacancha, con niveles de plomo en sangre que van desde los 66 a 120 µg/dL<sup>10</sup>. El área corresponde a una antigua boca mina artesanal, sobre la cual se ha asentado la población. Estos niños fueron evaluados en el Instituto Nacional del Niño, en donde se les diagnosticaron retrasos en el desarrollo a todos ellos y epilepsia secundaria en uno de los casos de la menor que posee 120 µg/dL de sangre.

- 3 National Toxicology Program (NTP), 2012. Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealtheffectslowlevellead\\_newissn\\_508.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealtheffectslowlevellead_newissn_508.pdf)
- 4 Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2012. CDC response to Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. [https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/cdc\\_response\\_lead\\_exposure\\_recs.pdf](https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/cdc_response_lead_exposure_recs.pdf)
- 5 Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018. Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- 6 Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2019. Toxicological Profile for Lead. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
- 7 Barbosa et al., 2005. A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations, and future needs. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1314903/pdf/ehp0113-001669.pdf>
- 8 World Health Organization (WHO), 2011. Brief guides to analytical methods for measuring lead in blood. [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/lead\\_blood.pdf](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead_blood.pdf)
- 9 Activos Mineros S.A.C (AMSAC), 2019. <https://www.amsac.pe/objeto-social/remedacion-ambiental/proyectos-en-obra/pasco-ejecucion>
- 10 Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2008. Ayuda de Memoria sobre el Problema de Plomo en Cerro de Pasco. [http://www.osterlingfirm.com/Documentos/app-old/Contenido/Appendix%200/CDC%20Atlanta/ayuda\\_memoria\[1\].pdf](http://www.osterlingfirm.com/Documentos/app-old/Contenido/Appendix%200/CDC%20Atlanta/ayuda_memoria[1].pdf)



Tabla 1. Niveles históricos de plomo en sangre de niños en Cerro de Pasco.

| Localidad           | Rango de Plomo en Sangre (µg/dL) | Promedio de Plomo en Sangre (µg/dL) | % de Niños con Niveles > 10 µg/dL | Fuente   |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Miraflores-Paragsha | 28.0 – 60.0                      | 45.0                                | ND                                | Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental de la Universidad de San Marcos (CICOTOX), 1996 <sup>11</sup> . |
| Paragsha            | 1.9 – 45.5                       | 17.1                                | 26.4                              | Dirección General de Salud (DIGESA), 1999 <sup>12</sup> .  |
| Chaupimarca         |                                  | 14.7                                | 33.3                              |  |
| Yanacancha          |                                  | 13.6                                | 40.3                              |  |
| Champamarca         | ND                               | ND                                  | 82.0                              | INS Cerro de Pasco y Centro Labor, 2002 <sup>13</sup> .  |
| Paragsha            |                                  |                                     | 50.0                              |  |
| Huayllay            |                                  |                                     | 50.0                              |  |
| Yaulí               |                                  |                                     | 21.5                              |  |
| Quiulacocho         | 6.2 – 34.5                       | 15.8                                | 89.2                              | Astete et al., 2005 <sup>14</sup> , 2009 <sup>15</sup> .   |
| Champamarca         |                                  |                                     | 82.8                              |  |
| Chaupimarca         | 3.6 – 64.0                       | 9.5                                 | 44.2                              | Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), 2007 <sup>16</sup> .                                      |
| Ayapoto             | 5.3 – 62.0                       | 15.6                                | 87.8                              |  |
| Paragsha            | 6.6 – 34.0                       | 11.8                                | 62.9                              |  |
| Rancas              | ND                               | ND                                  | 45.0                              | Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2012 <sup>17</sup> .   |
| Champamarca         |                                  |                                     | 62.0                              |  |
| Paragsha            |                                  |                                     | 61.0                              |  |
| Quiulacocho         |                                  |                                     | 63.0                              |  |
| Chaupimarca         | 2.0 – 23.3                       | 5.5                                 | 9.3                               | Pacheco K., 2019 <sup>18</sup> .   |

- 11 Centro de Información y Control Toxicológico-OPS/OMS (CICOTOX), 1996. Análisis de dosaje de plomo en las muestras de sangre total: Miraflores y Paragsha – Cerro de Pasco.
- 12 DIGESA, 1999. Estudio de plomo en sangre en la población seleccionada de Cerro de Pasco.
- 13 INS Cerro de Pasco y Centro Labor, 2002. Estudios de plomo y efectos en órganos blancos: Champamarca, Paragsha, Huayllay y Yaulí.
- 14 Astete et al., 2005. Determinación de plomo en sangre y factores asociados en niños y mujeres gestantes de las poblaciones de Quiulacocho y Champamarca, Cerro de Pasco. <https://es.scribd.com/document/362781069/Determinacion-de-Plomo-en-Sangre-y-Factores-Asociados-en-Ninos-y-Mujeres-Gestantes-de-Las-Poblaciones-Quilacocho-y-Campamarca-Cerro-de-Pasco>
- 15 Astete et al., 2009. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a04v26n1.pdf>
- 16 CDC, 2007. Exposiciones a metales pesados en niños y mujeres en edad fértil en tres comunidades mineras Cerro de Pasco, Perú. <https://elecohasqui.files.wordpress.com/2009/05/cdc-exposiciones-a-metales-pesados-en-ninos-y-mujeres-en-edad-fertil-en-tres-comunidades-mineras-cerro-de-pasco-peru-21-de-mayo-e28093-4-de-julio-de-2007.pdf>
- 17 DIRESA Pasco, 2012. Determinación de plomo en sangre en niños y mujeres gestantes de las Poblaciones de Cerro de Pasco.
- 18 Pacheco K., 2019. Determinación de los niveles de concentración de plomo en la sangre y problemas en la salud en el poblador del Distrito de Chaupimarca, Provincia y Región Pasco, año 2018. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1000/1/T026\\_73669987\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1000/1/T026_73669987_T.pdf)



| Localidad         | Rango de Plomo en Sangre ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) | Promedio de Plomo en Sangre ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) | % de Niños con Niveles $> 10 \mu\text{g}/\text{dL}$ | Fuente  |
|-------------------|--|---|---|---|
| Sacra Familia     | ND   | ND  | 9.7   | Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2018 <sup>19(*)</sup> |
| Champamarca       |  |   | 3.2   |   |
| Rancas            |  |   | 5.5   |   |
| Paragsha          |  |   | 12.8  |   |
| Yurajhuanca       |  |   | 12.5  |   |
| Quiulacocha       |  |   | 28.1  |   |
| Pacoyan           |  |   | 6.3   |   |
| Uliachín          |  |   | 11.8  |   |
| ESSALUD Esperanza |  |   | 9.5   |   |
| Tupac Amaru       |  |   | 15.3  |   |
| Misti             |  |   | 13.0  |   |
| Daniel A. Carrión |  |   | 0.0   |   |

ND (No Disponible)

\* Incluye niños y gestantes.



Toma de muestra de cabello por Flaviano Bianchini el año 2016

19 DIRESA Pasco, 2018. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. N° 005-2018-SA.

Figura 1. Localidades con mayor incidencia histórica de plomo en sangre > 10 µg/dL.



Recientemente, el informe final del D.S. N° 020-2017-SA que declaró en Emergencia Sanitaria a los distritos ubicados en Cerro de Pasco el 2017, mostró niveles máximos de plomo en sangre de hasta 36.96 µg/dL.

No obstante, existen suficientes evidencias en estudios que concluyen que, niveles de plomo en sangre incluso por debajo de 5 µg/dL puede producir efectos en la salud mental de los niños, incluyendo el mal desempeño académico, pérdida de coeficiente intelectual, y problemas de atención y comportamiento<sup>20</sup>.

Los niños y gestantes no constituyen los únicos receptores expuestos al plomo en Cerro de Pasco, aunque sí los más vulnerables. Un estudio reciente de los niveles de plomo en la sangre de los propios trabajadores mineros, mostró el 2010 que el 93.1% de los trabajadores de la mina y el 83.6% de los trabajadores de la planta concentradora, presentaban intoxicación por plomo por encima de los 20 µg/dL<sup>21</sup>.

### 3.2. Arsénico, Mercurio y Cadmio en Orina

Si bien los efectos del desarrollo neurológico de la exposición al plomo están bien establecidos, existe una creciente evidencia de arsénico y mercurio, otros metales como el cadmio, el aluminio y el manganeso que han sido menos estudiados. Sin embargo, cada vez hay más pruebas de que la co-exposición a múltiples metales y metaloides, pueden provocar un aumento de la neurotoxicidad, en comparación con las exposiciones a un solo metal, en particular durante los primeros años de vida<sup>22</sup>. Los efectos de múltiples metales pueden ser aditivos a pesar de los bajos niveles de cada metal. No se debe entonces subestimar sus

20 NTP, 2012. Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealtheffects/lowlevellead\\_newissn\\_508.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealtheffects/lowlevellead_newissn_508.pdf)

21 Tarazona, C. 2017. Niveles de plomo en sangre y su influencia en el estado del periodonto de trabajadores en las empresas mineras de Cerro de Pasco – 2010. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6887/Tarazona\\_mc.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6887/Tarazona_mc.pdf)

22 Sanders et al., 2015. Perinatal and Childhood Exposure to Cadmium, Manganese, and Metal Mixtures and Effects on Cognition and Behavior: A Review of Recent Literature. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4531257/pdf/nihms705550.pdf>



efectos, especialmente en la evaluación de niños que viven en países en desarrollo o cerca de sitios muy contaminados como Cerro de Pasco<sup>23</sup>.

El estudio conducido por el CDC de Estados Unidos en 2007, también había detectado la presencia de arsénico en la orina de los niños de Chaupimarca (19 mg/L), Ayapoto (18 mg/L) y Paragsha (20 mg/L). Más recientemente, el informe final del D.S. N° 020-2017-SA que declaró la Emergencia Sanitaria en Cerro de Pasco el 2017, mostró niveles máximos de arsénico (167.78 µg/L), mercurio (27.81 µg/L) y cadmio (8.21 µg/L) en orina superiores a valores internacionales de referencia<sup>24,25</sup>.

El informe final del D.S. D.S. No. 005-2018-SA que declaró en Emergencia Sanitaria a los distritos de las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión el 2018, reveló que una elevada proporción de niños y gestantes de las localidades estudiadas presentaban niveles de arsénico en creatinina (orina) superior a 20 µg/gr. Las localidades con mayor incidencia fueron Sacra Familia (88.0%) ubicado en el distrito de Simón Bolívar, Uliachín en el distrito de Chaupimarca (75.7%) y Champamarca en Simón Bolívar (70.4%); mientras que en Paragsha perteneciente al distrito de Simón Bolívar fue de un 43%<sup>26</sup>. La [Tabla 2](#) compara estos resultados.

**Tabla 2. Niveles de arsénico en creatinina de niños y gestantes de Cerro de Pasco (2018).**

| Localidad         | Distrito      | % > 20 µg/g de Arsénico en Creatinina |
|-------------------|---------------|---------------------------------------|
| Sacra Familia     | Simón Bolívar | 88.0                                  |
| Uliachín          | Chaupimarca   | 75.7                                  |
| Champamarca       | Simón Bolívar | 70.4                                  |
| (El) Misti        | Chaupimarca   | 66.7                                  |
| Túpac Amaru       | Chaupimarca   | 65.1                                  |
| EsSalud San Juan  | Yanacancha    | 64.6                                  |
| Yurajhuanca       | Simón Bolívar | 62.5                                  |
| Quiulacocha       | Simón Bolívar | 61.1                                  |
| Rancas            | Simón Bolívar | 58.3                                  |
| EsSalud Esperanza | Simón Bolívar | 58.1                                  |
| Paragsha          | Simón Bolívar | 43.2                                  |
| Pacoyan           | Simón Bolívar | 40.0                                  |

El mismo estudio mostró que un 4.0% de la muestra poblacional del AA.HH. Uliachín en el distrito de Chaupimarca (n = 247), presentó niveles de mercurio en creatinina por encima de 5 µg/g, mientras que en ninguna de las localidades los niveles de cadmio superaron los 2 µg/g. A pesar de que no se encontraron valores referencia de metales en creatinina establecidos para menores de 18 años a nivel internacional, estas concentraciones superan los valores existentes para adultos<sup>27</sup>.

23 Gorini et al., 2014. The Role of Heavy Metal Pollution in Neurobehavioral Disorders: a Focus on Autism. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs40489-014-0028-3.pdf>

24 DIRESA Pasco, 2017. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. 020-2017-SA y 029-2017-SA.

25 Schulz et al., 2009. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German Environmental Survey on Children 2003-2006 (GerES IV). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463909000753>

26 DIRESA Pasco, 2018. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. N° 005-2018-SA.

27 Mayo Clinic Laboratory, 2019. Heavy Metal/Creatinine Ratio, with Reflex, Urine. <https://www.mayocliniclabs.com/test-catalog/Overview/48549>



### 3.3. Metales en el Cabello

A pesar de que los análisis de plomo en sangre y de arsénico en orina, son los métodos más tradicionalmente utilizados para demostrar la presencia de estos elementos en el cuerpo humano; en general, el análisis del cabello puede usarse potencialmente como método de tamizaje inicial, para guiar el muestreo ambiental y detectar intoxicaciones severas por metales adicionales al plomo, arsénico, mercurio y cadmio. Desde hace varias décadas, este tejido ha sido ampliamente usado como biomarcador de exposiciones ambientales, incluyendo áreas mineras<sup>28,29</sup>.

Durante muchos años, se ha entendido que el análisis del cabello desempeña un papel importante en el monitoreo de metales<sup>30</sup> y ha sido considerado uno de los biomarcadores más importantes, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (en inglés, EPA).<sup>31</sup> Como sistema excretor, el cabello humano puede acumular metales y puede incorporar metales en su estructura durante su proceso de crecimiento.<sup>32</sup>



Médicos de España realizan la toma de muestras de Cabellos de niñas de Paragsha

- 28 Pereira et al., 2004. Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15172573>
- 29 Huang et al., 2012. Human Exposure Pathways of Heavy Metals in a Lead-Zinc Mining Area, Jiangsu Province, China. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0046793&type=printable>
- 30 Harkins & Susten, 2003. Hair analysis: exploring the state of the science. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241447/pdf/ehp0111-000576.pdf>
- 31 Rashed et al., 2007. Heavy metals in fingernails and scalp hair of children, adults and workers from environmentally exposed areas at Aswan, Egypt. [https://www.researchgate.net/publication/240241732\\_Heavy\\_Metals\\_in\\_Fingernails\\_and\\_Scalp\\_Hair\\_of\\_Children\\_Adults\\_and\\_Workers\\_from\\_Environmentally\\_Exposed\\_Areas\\_at\\_Aswan\\_Egypt](https://www.researchgate.net/publication/240241732_Heavy_Metals_in_Fingernails_and_Scalp_Hair_of_Children_Adults_and_Workers_from_Environmentally_Exposed_Areas_at_Aswan_Egypt)
- 32 Morton et al. Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. [https://www.researchgate.net/publication/223024097\\_Removal\\_of\\_exogenously\\_bound\\_elements\\_from\\_human\\_hair\\_by\\_various\\_washing\\_procedures\\_and\\_determination\\_by\\_inductively\\_coupled\\_plasma](https://www.researchgate.net/publication/223024097_Removal_of_exogenously_bound_elements_from_human_hair_by_various_washing_procedures_and_determination_by_inductively_coupled_plasma)



Por lo tanto, las concentraciones de metales en el cabello pueden reflejar el nivel medio en el cuerpo humano, registrando la exposición de la población a los metales.<sup>33</sup> Además, en comparación con otros biomarcadores de exposición como la sangre<sup>34</sup>, la orina<sup>35</sup>, las uñas<sup>36</sup> y la saliva<sup>37</sup>; el cabello humano posee como ventajas el proporcionar una mayor estabilidad, fácil recolección y transporte, almacenamiento conveniente; y puede además reflejar la exposición a largo plazo y en concentraciones más altas que en otros biomarcadores. Recientes estudios han confirmado que existen pocas dudas de que los niveles de arsénico en el cabello superiores a 1 o 2 mg/kg sean indicativos de exposición al arsénico; sin embargo, son necesarios los signos y síntomas clínicos para completar un diagnóstico de intoxicación por arsénico<sup>38</sup>.

Junto con las bondades, este biomarcador también presenta algunas limitaciones; el análisis de metales en el cabello debe verse como una herramienta de apoyo y los resultados deben ponerse en perspectiva en relación a otros biomarcadores existentes más confiables, como la sangre y la orina<sup>39</sup>. Esto porque la interpretación de los resultados es compleja debido a la existencia de varios factores sobre los que no se tiene control: 1) no se puede distinguir si la concentración de sustancias detectadas en el cabello es de origen externa (absorción a través del polvo, agua o jabones) o por incorporación interna; 2) los lavados en laboratorio de las muestras pueden alterar la real concentración de sustancia en la matriz; 3) la edad, sexo, y etnia pueden diferir de manera diferente en la capacidad del cabello de crecer y excretar las sustancias; 4) pueden existir variaciones en la secreción de los metales en diferentes partes del cuero cabelludo; 5) las relaciones dosis-respuesta (concentraciones de contaminantes en el cabello y manifestaciones clínicas) sólo se han establecido de manera clara para el metilmercurio (mercurio orgánico) y el arsénico<sup>40</sup>. Además, la ausencia de valores de referencia a nivel nacional o internacional dificulta la interpretación de los resultados.

### 3.3.1. Metodología

SOURCE INTERNATIONAL llevó a cabo un estudio transversal caso-control, para evaluar los diferentes grados de exposición a metales pesados en dos poblaciones infantiles. Para ello, se tomaron muestras de cabello de niños del C.P. de Paragsha y parte del AA.HH. José Carlos Mariátegui Sector 1 (población colindante con Paragsha y expuesta a metales pesados, con presencia de proyectos mineros en explotación), y de la capital del distrito de Carhuamayo (población no expuesta a metales pesados, los últimos años con proyecto minero en etapa de exploración). Paralelamente, los niños fueron sometidos a investigaciones clínicas, para evaluar la potencial relación entre la exposición crónica a metales pesados y sus manifestaciones clínicas. El muestreo de cabello de niños y niñas se realizó entre el 4 y 6 de julio de 2018, con el apoyo profesional de tres médicos forenses internacionales.<sup>41</sup> Este trabajo también incluye un estudio longitudinal, cuya primera evaluación de niveles de metales en cabello la llevó a cabo SOURCE INTERNATIONAL en el año 2016.

- 
- 33 Teresa et al., 1997. Trace element concentrations in blood and hair of young apprentices of a technical-professional school. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9372630>
  - 34 Olmedo et al., 2010. Validation of a method to quantify chromium, cadmium, manganese, nickel and lead in human whole blood, urine, saliva and hair samples by electrothermal atomic absorption spectrometry. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20103106>
  - 35 Goullé JP., 2005. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15979835>
  - 36 Rashed et al., 2007. Heavy metals in fingernails and scalp hair of children, adults and workers from environmentally exposed areas at Aswan. Egypt. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15555270701553972?scroll=top&needAccess=true&journalCode=uebi20>
  - 37 Esteban et al., 2009. Non-invasive matrices in human biomonitoring: a review. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18951632>
  - 38 Katz, S. 2019. On the Use of Hair Analysis for Assessing Arsenic Intoxication. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6466288/pdf/ijerph-16-00977.pdf>
  - 39 Harkins & Susten, 2003. Hair Analysis: Exploring the State of the Science. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241447/>
  - 40 ATSDR, 2001. Summary Report Hair Analysis Panel Discussion: Exploring the State of the Science. [https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair\\_analysis/](https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair_analysis/)
  - 41 José Ignacio Muñoz Barús del Departamento de Ciencias Forenses, Anatomía Patológica, Ginecología y Obstetricia, Pediatría - Instituto de Ciencias Forenses de la Universidad de Compostela; Nuria Gusiandez PhD de la Universidad de Madrid; Duarte Nuno Vieira de la Faculdade de Medicina de la Universidad de Coimbra en Portugal.



El estudio transversal evaluó a niños de entre 3 y 16 años: una cohorte (grupo de evaluados) de 78 individuos en Paragsha (39 niñas y 39 niños) y otra de 16 individuos en Carhuamayo (12 niñas y 4 niños). Aproximadamente la mitad de los niños de Paragsha también participaron en el estudio anterior del año 2016. Todos los niños se sometieron a un examen físico completo y análisis de su historial médico.



**Toma de muestras de cabello por Flaviano Bianchini en Carhuamayo y Cerro de Pasco**

Hasta la fecha no existe una metodología internacional estandarizada, para el muestreo de cabello y el análisis químico de sus niveles de metales en el laboratorio, aunque la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (en inglés, ATSDR)<sup>42</sup> está trabajando en establecer algunas líneas guías comunes. Sin embargo, algunos procedimientos han sido desarrollados recientemente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el fin de evaluar la exposición de gestantes al mercurio<sup>43</sup>. Algunos reconocidos institutos de salud, como la Clínica Mayo de los Estados Unidos, también han desarrollado instrucciones especiales para la toma de muestras de cabello y posterior análisis de metales<sup>44</sup>.

En este estudio, el muestreo fue llevado a cabo por los médicos internaciones en lugares cerrados acondicionados por ellos (Auditorios de las Municipalidades de Paragsha y Carhuamayo) utilizando guantes de látex y vistiendo bata médica limpia. Se cortó un gramo de pelo con una tijera de acero inoxidable cerca del cuero cabelludo en la zona occipital, sección del cabello que representa la exposición a metales en los meses más recientes.

Además, para las niñas, se cortó una sección de las puntas para evaluar la exposición a más largo plazo; dado que el cabello humano crece a una velocidad aproximada de 1 centímetro por mes. De este modo es posible

42 ATSDR, Hair Analysis Panel Discussion. [https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair\\_analysis/table.html](https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair_analysis/table.html)

43 WHO, 2018. Assessment of prenatal exposure to mercury: standard operating procedures. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/384174/prenat-exp-mercury-sop-eng.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/384174/prenat-exp-mercury-sop-eng.pdf)

44 Mayo Clinic Laboratories, 2018. Collecting Hair and Nails for Metals Testing. <https://www.mayocliniclabs.com/it-mmfiles/HairandNailsmc409118.pdf>



evaluar la exposición humana reciente (raíz, año 2018) y anterior (puntas de 10 cm, año 2017; puntas de 20-40 cm, período 2016-2014).

Posteriormente, las muestras se almacenaron en bolsas de papel estériles, se rotularon con un código de registro, y se conservaron a temperatura ambiente hasta la entrega al laboratorio.

Las muestras de cabello fueron enviadas a un laboratorio certificado en Italia y analizadas con Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente (en inglés, ICP-MS) a través del método EPA 6020 B 2014<sup>45</sup>. Por cada muestra se analizaron 21 metales:

- **4 metales tóxicos:** arsénico, plomo, mercurio, cadmio.
- **7 metales potencialmente tóxicos**<sup>46,47</sup>: níquel, bario, aluminio, antimonio, estaño, talio, berilio.
- **1 metal no esencial**<sup>48</sup>: boro.
- **9 metales esenciales**<sup>49,50</sup>: hierro, manganeso, molibdeno, cobalto, zinc, cromo (total), cobre, selenio, vanadio.

A pesar de que los metales esenciales constituyen importantes nutrientes o cumplen funciones importantes en los procesos bioquímicos en niveles traza en el organismo, el exceso de estos metales puede conducir al desarrollo de condiciones adversas para la salud como trastornos psiquiátricos y psicomotores (manganeso), supresión de la absorción de hierro (zinc), o daño en el hígado y riñón (cobre).

Por otra parte, la mayoría de los estándares sanitarios y analíticos hacen referencia al cromo total, el cual comprende varias especies de cromo. Sin embargo, así como el ión cromo III constituye un nutriente esencial requerido para el metabolismo energético normal, según el Instituto de Medicina de los Estados Unidos<sup>51</sup>, en su forma de cromo VI constituye un metal tóxico y cancerígeno<sup>52</sup>. No obstante, para Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (en inglés, EFSA) el cromo III no constituye un metal estrictamente esencial<sup>53</sup>.

Todos los niños participantes fueron informados sobre los objetivos y métodos del estudio antes de la investigación y, posteriormente, se obtuvo el consentimiento por escrito de todos los padres o apoderados.

Con los resultados de los análisis se elaboró una base de datos en Microsoft Excel (Tabla 3). A partir de esta base de datos se desarrolló una nueva base de datos en el programa SPSS (en inglés, Statistical Package for the Social Sciences) v20 para su análisis estadístico.

45 US EPA, 2014. Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry," Revision 2. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/6020b.pdf>

46 US EPA, 2019. Integrated Risk Information System (IRIS) Assessments. [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris\\_drafts/atoz.cfm](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm)

47 ATSDR, 2019. Substance Priority List (SPL). <https://www.atsdr.cdc.gov/SPL>

48 Nielsen F.Trace Mineral Deficiencies, En: Berdanier et al., 2014. Handbook of Nutrition and Food.

49 WHO, 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. <https://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/>

50 US EPA, 2014. Issue Paper on the Human Health Effects of Metals. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/human\\_health\\_effects.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/human_health_effects.pdf)

51 US Institute of Medicine, 2001. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25057538>

52 ATSDR, 2019. ToxFAQs™ - Cromo (Chromium). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts7.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html)

53 EFSA, 2014. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3845>



Tabla 3. Vista parcial de la base de datos de biomonitoreo.

| Código | Exposición <sup>73</sup> | Sexo <sup>72</sup> | Edad (años) | Peso (kg <sup>4</sup> ) | Temperatura (°C <sup>5</sup> ) | Altura (cm <sup>6</sup> ) | TAS <sup>1</sup> (mmHg) | TAD <sup>2</sup> (mmHg <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------------------|--------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 6M/01  | 1                        | 1                  | 9           | 22                      | 36                             | 128                       | 120                     | 80                                    |
| 6M/02  | 1                        | 0                  | 8           | 21                      | 35.9                           | 122                       | 110                     | 80                                    |
| 6M/03  | 1                        | 0                  | 11          | 26                      | 37.1                           | 133                       | 80                      | 40                                    |
| 6M/04  | 1                        | 1                  | 5           | 9                       | 36                             | 106                       | 105                     | 60                                    |
| 6M/05  | 1                        | 1                  | 9           | 33                      | 35.2                           | 134.5                     | 110                     | 75                                    |

Finalmente, los resultados de las concentraciones de metales de las muestras de cabello de los niños de Paragsha (cohorte caso) se compararon con la media de los valores de las muestras de Carhuamayo (cohorte control). También se compararon con los Niveles Máximos Aceptables (NMA) para niños (determinados en una población sana no expuesta a fuentes contaminantes) establecidos por el laboratorio alemán Micro Trace Minerals<sup>54</sup>, laboratorio especializado en el análisis de metales en el cabello.

### 3.3.2. Resultados

#### Estudio Transversal (Paragsha – Carhuamayo)

Las concentraciones medias de los 21 metales analizados, tanto en muestras de cabello de Paragsha como de Carhuamayo, se presentan en la [Tabla 4](#). Para la cohorte de control de Carhuamayo, se reporta la concentración media de metales en la raíz, mientras que para la muestra del caso de Paragsha (cohorte más numerosa) se reportan además las concentraciones medias entre ambas secciones de pelo analizado (raíz y puntas).

Considerando que el cabello crece de 1,25 cm al mes aproximadamente, se ha escogido analizar raíz y puntas para observar, en una ventana temporal más amplia de unos años, la exposición humana reciente (a la raíz, julio 2018) y antigua (en las puntas: a 20 cm en marzo 2017, a 30 cm julio 2016, y a 40 cm noviembre 2015).

Como se observa en la [Tabla 4](#), existe una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de metales pesados en el cabello, entre los dos grupos de estudio: el grupo de niños de Paragsha presenta valores de metales mayores que el grupo control de Carhuamayo y que, además, sobrepasan los NMA del laboratorio alemán.

En la [Tabla 5](#), se reportan cuántas veces las concentraciones medias de metales encontrados solo en muestras de las raíces del cabello de Paragsha, sobrepasan las concentraciones medias (en las raíces) de Carhuamayo para el año 2018, así como cuántas veces superan los NMA del laboratorio alemán.

Entre los metales tóxicos, las concentraciones medias de plomo en cabello en niños de Paragsha el 2018 (4,58 mg/kg) superaron 6 veces la media de Carhuamayo (0,81 mg/kg); el cadmio lo superó 2 veces (0,10 mg/kg vs 0,04 mg/kg) y el arsénico tres veces (0,47 mg/kg vs 0,18 mg/kg). Además, el plomo resultó ser 46 veces superior a los NMA establecidos por el laboratorio alemán, mientras el arsénico resultó ser el doble.

54 Micro Trace Minerals, 2012. [https://microtraceminerals.com/fileadmin/uploads/pdf/en/2012-01-31\\_Mark-M\\_1KH120000.pdf](https://microtraceminerals.com/fileadmin/uploads/pdf/en/2012-01-31_Mark-M_1KH120000.pdf)



Tabla 4. Concentraciones de metales en muestras de cabello (2018).

| Metal (mg/kg)                 | NMA<br>(Micro Trace<br>Minerals) | PARAGSHA |         | CARHUAMAYO |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|---------|------------|
|                               |                                  | raíz*    | punta** | raíz*      |
| <b>Tóxicos</b>                |                                  |          |         |            |
| Arsénico                      | <0,2                             | 0,47     | 0,52    | 0,18       |
| Plomo                         | <0,1                             | 4,58     | 13,08   | 0,81       |
| Mercurio                      | <0,3                             | 0,24     | 0,59    | 0,34       |
| Cadmio                        | <0,2                             | 0,10     | 0,39    | 0,04       |
| <b>Potencialmente tóxicos</b> |                                  |          |         |            |
| Níquel                        | <0,85                            | 1,96     | 11,11   | 2,96       |
| Bario                         | <2,65                            | 1,18     | 4,84    | 0,86       |
| Aluminio                      | <8                               | 30,22    | 49,64   | 22,31      |
| Antimonio                     | <0,2                             | 0,12     | 0,24    | 0,05       |
| Estaño                        | 0,93                             | 42,00    | 65,44   | 0,11       |
| Talio                         | <0,01                            | 0,02     | 0,02    | 0,01       |
| Berilio                       | <0,03                            | 0,00     | 0,00    | 0,00       |
| <b>No esenciales</b>          |                                  |          |         |            |
| Boro                          | <0,84                            | 2,64     | 2,36    | 1,72       |
| <b>Esenciales</b>             |                                  |          |         |            |
| Cobalto                       | <0,15                            | 0,04     | 0,14    | 0,02       |
| Cromo                         | 0,02-0,15                        | 0,83     | 1,50    | 0,39       |
| Hierro                        | 7,7-15                           | 55,11    | 77,36   | 29,82      |
| Manganeso                     | 0,07-0,5                         | 5,22     | 13,21   | 2,15       |
| Molibdeno                     | 0,02-1,0                         | 0,24     | 0,18    | 0,80       |
| Cobre                         | 6,7-37                           | 13,49    | 23,86   | 10,46      |
| Selenio                       | 0,4-1,7                          | 8,73     | 1,68    | 0,79       |
| Vanadio                       | 0,01-0,15                        | 0,06     | 0,24    | 0,04       |
| Zinc                          | 110-227                          | 200,71   | 407,86  | 188,81     |

\*variable en la que se incluyen las concentraciones del metal en las muestras de pelo a la raíz.

\*\* variable que incluye las concentraciones de metales pertenecientes a la punta del cabello.



Tabla 5. Excedencias de metales pesados en Paragsha (2018)

|                         | Tóxicos     |            |          |        | Potencialmente tóxicos |           |        |         |         |        |       |
|-------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------------------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|
|                         | Arsénico    | Plomo      | Mercurio | Cadmio | Aluminio               | Antimonio | Níquel | Bario   | Berilio | Estaño | Talio |
| Paragsha vs. Carhuamayo | 3           | 6          | <        | 2      | 1                      | 2         | <      | 1       | -       | 381    | 2     |
| Paragsha vs. NMA        | 2           | 46         | 1        | <      | 4                      | <         | 2      | -       | -       | 48     | 2     |
|                         | No Esencial | Esenciales |          |        |                        |           |        |         |         |        |       |
|                         | Boro        | Cobalto    | Cromo    | Hierro | Manganeso              | Molibdeno | Cobre  | Selenio | Vanadio | Zinc   |       |
| Paragsha vs. Carhuamayo | 2           | 4          | 2        | 2      | 2                      | 0         | 1      | 11      | 1       | 1      |       |
| Paragsha vs. NMA        | 3           | -          | 6        | 4      | 10                     | -         | -      | 5       | -       | 1      |       |

Entre los metales potencialmente tóxicos, se observó que los niveles de estaño en Paragsha (42 mg/kg) mostraron ser 381 veces más que la media de Carhuamayo, mientras que el antimonio lo fue 2 veces; el talio resultó ser el doble que en Carhuamayo (0,11 mg/kg). Además, el estaño superó 48 veces, el níquel 2 veces, y el aluminio 4 veces los NMA del laboratorio alemán.

Entre los metales esenciales se destaca el selenio (11 veces), manganeso (2 veces) y cromo (2 veces) mayor en Paragsha respecto a la cohorte de Carhuamayo. El manganeso superó 10 veces el NMA establecido por el laboratorio.

La Figura 2 ilustra las diferencias comparativas en las concentraciones entre Paragsha y Carhuamayo de aquellos metales tóxicos y potencialmente tóxicos presentes en mayores concentraciones.

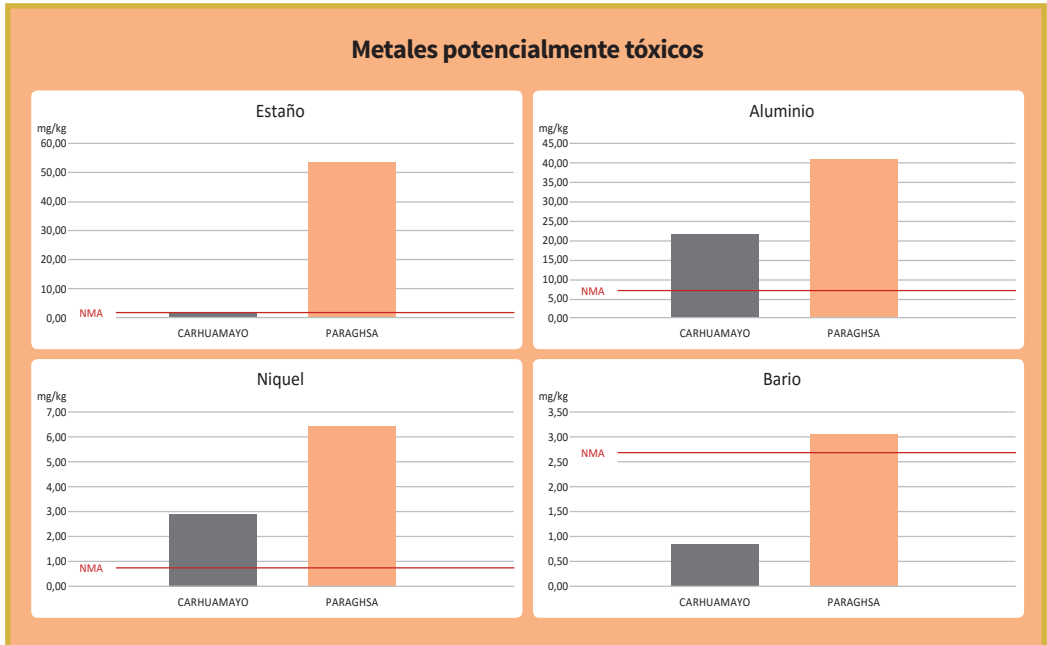
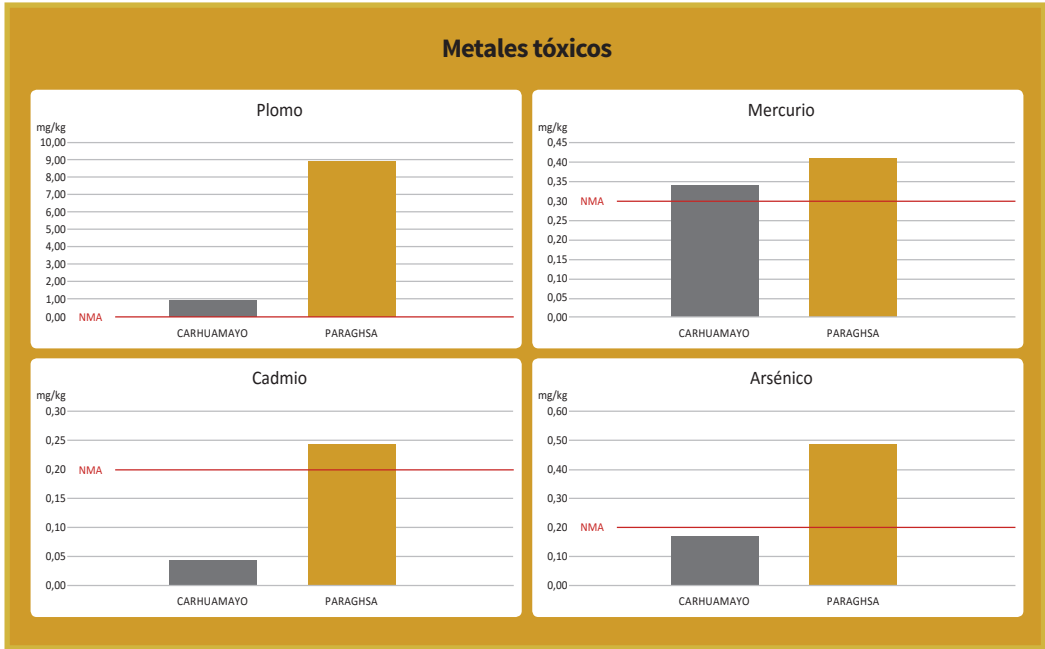
Por otra parte, el estudio transversal de 2018 en Paragsha, mostró concentraciones de metales por encima de los NMA del laboratorio alemán, tanto en la raíz como en la punta para arsénico, plomo y mercurio, así como para níquel, aluminio, estaño, talio, hierro, manganeso y cromo, entre otros.

En el caso de Paragsha, se observó además que el plomo y el cadmio, así como el bario, aluminio, antimonio, estaño, talio y berilo, entre otros metales, se encontraron en concentraciones mayores en la punta del cabello que en la raíz. Por ejemplo, la concentración media de plomo en la raíz fue de 3,5 mg/kg mientras que en la punta fue de 13 mg/kg, lo cual podría estar asociado a la excreción de concentraciones de plomo históricamente mayores.

También se encontró una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de algunos metales en la raíz del cabello de los niños (varones) en relación a sus concentraciones en niñas; dado que se encontraron niveles medios de plomo, cadmio, cromo y otros metales en niños, superiores a los medidos en muestras de raíz de cabello en niñas.



Figura 2. Concentraciones medias de metales tóxicos presentes en el cabello.





En cuanto a la edad, sólo se observó que los individuos con edades comprendidas entre los 3 y los 7 años, resultaron tener concentraciones de níquel en las muestras de raíz de cabello, superior a los individuos con edades con edades comprendidas entre 8 y 16 años.

### Estudio Longitudinal (2016-2018)

La [Tabla 6](#), presenta las concentraciones medias de metales en muestras de cabello recolectadas tanto en Paragsha como en Carhuamayo en septiembre de 2016. La tabla muestra que en Paragsha las concentraciones de plomo, aluminio, hierro, manganeso y cromo superaban tanto las concentraciones de medias de Carhuamayo así como los NMA recomendados por el laboratorio alemán.

Tabla 6. Concentraciones de metales en muestras de cabello (2016).

| Metal (mg/kg) | NMA<br>(Micro Trace Minerals) | CARHUAMAYO | PARAGSHA |
|---------------|-------------------------------|------------|----------|
| Aluminio      | <8                            | 17,78      | 20,90    |
| Antimonio     | <0,2                          | 0,03       | 0,06     |
| Arsénico      | <0,2                          | 0,20       | 0,40     |
| Bario         | <2,65                         | 0,68       | 0,67     |
| Berilio       | <0,03                         | 0,02       | 0,02     |
| Boro          | <0,84                         | 4,92       | 4,99     |
| Cadmio        | <0,2                          | 0,02       | 0,07     |
| Cobalto       | <0,15                         | 0,02       | 0,02     |
| Cromo         | 0,02-0,15                     | 0,15       | 0,27     |
| Hierro        | 7,7-15                        | 17,80      | 26,88    |
| Manganeso     | 0,07-0,5                      | 1,06       | 2,09     |
| Mercurio      | <0,3                          | 0,10       | 0,16     |
| Molibdeno     | 0,02-1,0                      | 0,05       | 0,07     |
| Níquel        | <0,85                         | 0,15       | 0,20     |
| Plomo         | <0,1                          | 1,68       | 3,57     |
| Cobre         | 6,7-37                        | 8,07       | 9,02     |
| Selenio       | 0,4-1,7                       | 0,69       | 1,60     |
| Estaño        | 0,93                          | 0,12       | 0,14     |
| Talio         | <0,01                         | 0,01       | 0,01     |
| Vanadio       | 0,01-0,15                     | 0,03       | 0,03     |
| Zinc          | 110-227                       | 128,60     | 126,79   |

La [Tabla 7](#), muestra la relación entre los resultados de los análisis de muestras del 2018 y 2016 en Paragsha, evidenciando cuantas veces los resultados de 2018 (raíz) superan los del año 2016. Se observa que en el año 2018 los niveles de metales potencialmente tóxicos como el estaño y el níquel superaron respectivamente más de 300 y 10 veces los niveles de 2016; sin embargo, no se observó un aumento estadísticamente significativo en las concentraciones de los metales tóxicos (plomo, arsénico, mercurio y cadmio).

La concentración media de selenio ha quintuplicado; la del cromo triplicó y aquella de manganeso, hierro, cobalto, vanadio y zinc duplicó. El valor medio del boro del 2018 es menor al 2016.



**Tabla 7. Excedencias de metales pesados en Paragsha (2018) en relación al (2016).**

| Tóxicos     |            |          |        | Potencialmente tóxicos |           |        |         |         |        |       |
|-------------|------------|----------|--------|------------------------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|
| Arsénico    | Plomo      | Mercurio | Cadmio | Aluminio               | Antimonio | Níquel | Bario   | Berilio | Estaño | Talio |
| 1           | 1          | 1        | 1      | 1                      | 2         | 10     | 2       | <       | 300    | 2     |
| No Esencial | Esenciales |          |        |                        |           |        |         |         |        |       |
| Boro        | Cobalto    | Cromo    | Hierro | Manganeso              | Molibdeno | Cobre  | Selenio | Vanadio | Zinc   |       |
| <           | 2          | 3        | 2      | 2                      | 4         | 1      | 5       | 2       | 2      |       |

### Estudio cronológico en secciones del pelo largo (2015-2018)

Analizando separadamente las diferentes subsecciones de las muestras de los cabellos largos (a la raíz, 20 cm, 30 cm, y 40 cm), tenemos una ventana temporal de 4 años de datos, para observar retrospectivamente la variación en las distribuciones de los metales, como consecuencia a una variación en la exposición humana. Observamos una tendencia, en la mayor parte de los metales, en el aumento de las concentraciones entre noviembre 2015 y marzo 2017 para después contraerse en julio 2018.

Entre los metales tóxicos observamos una tendencia al aumento en los años con un pico al 2017 para plomo y mercurio con reducción entre 2017-2018; el arsénico se reduce entre noviembre 2015- julio 2016, aumenta en marzo 2017 y se reduce nuevamente en julio 2018; el cadmio aumenta entre 2015-2016 para después reducirse.

Entre los metales potencialmente tóxicos hay una predominancia en el aumento desde el 2015 para níquel, aluminio e antimonio y disminución el 2018; berilio disminuyen en los años; bario y talio disminuyen para aumentar el 2017. El boro se reduce años tras años. Para los metales esenciales la tendencia es:

- Aumento al 2016 y disminución: cobalto, cobre, estaño y zinc;
- Aumento al 2017 y disminución: hierro y cromo.
- Aumento lineal hasta el 2018: molibdeno, selenio.
- Disminución entre 2015-2016 con un pico en 2017: manganeso, bario.





### Médicos de España y Portugal, realizan evaluación clínica y toma de muestras de cabellos a niños del Centro Poblado de Paragsha



Toma fotográfica con dron (panorámica de la ciudad de Cerro de Pasco, al centro el tajo abierto y concentradora Paragsha) por Stefano Sbrulli de Source International







### BOX. 1, Profundizando las actividades de la empresa Volcan Compañía Minera S.A.A.

La empresa Volcan Compañía Minera S.A.A. posee varias unidades: Plantas concentradoras Paragsha/San Expedito, mina subterránea de Paragsha, tajo Raúl Roja, Planta de Óxidos y la mina Vinchos.

- Las **Plantas Concentradoras Paragsha y San Expedito** han venido operando en forma continua, para procesar cobre, plomo y zinc, con tratamiento de mineral marginal polimetálico, del tajo Raúl Rojas de Cerro de Pasco desde el 2018, y con mayor intensidad el 2019 el lado sur del tajo en las zonas Machu Picchu y Santa Rosa (con 4.5 millones de TM); de la Subsidiaria Empresa Explotadora Vinchos Ltda. con materiales trasladados desde el distrito de Pallanchacra, aproximadamente 47 kilómetros, cuyas operaciones lo realizaron hasta diciembre del 2014. Las Plantas Concentradoras Paragsha- San Expedito, empiezan a ser reactivadas en el 2015 pero solo parcialmente (trabajando sólo 15 días/mes) y hay un paro de las operaciones entre noviembre y diciembre 2015. Al empezar desde noviembre 2016 las operaciones están a pleno régimen.
- **Planta de Óxidos de Pasco**, del cual por procesos de lixiviación con cianuración y refinera se extrae oro y plata, entre otros metales. La Planta de Óxidos de Pasco empieza sus actividades en el 2014, para junio del 2015 las operaciones están totalmente activas. La Planta procesa material oxidados del Depósito de Hanancocha, (Parcela A de Volcan, ubicada en las cercanías de Paragsha y José Carlos Mariátegui sector 1) que concentra 5 millones de TM aproximadamente de mineral oxidado.<sup>55</sup>
- Las operaciones en la **Mina Vinchos** y en la **mina subterránea** están temporalmente suspendidas desde el 2015 y 2016 respectivamente.
- La extracción del **Tajo Raúl Rojas** ha parado en el 2013 y reactivándose por el lado sur (zona Santa Rosa y Machu Picchu), desde el 2018, cuyo material son procesados en la planta concentradora de Paragsha.

Los botaderos, Hanancocha y Miraflores (o llamados Depósitos o "Stock Piles"), fueron generados por los residuos del tajo abierto de las décadas 70, 80 y 90 principalmente, en las cercanías del C.P. Paragsha y José Carlos Mariátegui sector 1, y son parte de la Parcela A de Volcan CIA. El depósito Miraflores no está siendo reaprovechado por el proyecto Óxidos, en la parte alta tienen instalada una planta de aguas ácidas.

Los residuos líquidos de la Planta Óxidos de Pasco son derivados a Ocroyoc, y también los residuos de las concentradoras de Paragsha y San Expedito, siguen derivándose a la relavera de Ocroyoc, aunque también lo podemos encontrar sus residuos que salen desde sus concentradoras y se juntan con el canal de aguas servidas de Paragsha.

55 Volcan, Planta Oxidos de Pasco, <https://www.volcan.com.pe/operaciones/mineria/oxidados-de-pasco/>



En la [Figura 3](#) se muestran las instalaciones de propiedad de Volcan, parte del proceso de reaprovechamiento de los desmontes (Parcela A, que incluye Hanancocha y stock piles de pirita, stock piles de minerales oxidados) y de la sección de Santa Rosa.

Figura 3. Instalaciones de propiedad de Glencore/Volcan



**Analizando las premisas sobre la cronología de las actividades mineras en el [Box.1](#), como se evidencia en la figura 3, hipotizamos que el movimiento y/o remoción de los desmontes de residuos oxidados (Stock piles de Óxidos y Hanancocha ubicados en las cercanías de Paragsha y José Carlos Mariátegui sectores 1, 3 y 4) para el reaprovechamiento a través del procesamiento en las plantas de Óxidos, que empezó sus operaciones a régimen en junio 2015, puede ser una posible causa del aumento de la exposición humana a los metales, cuyo incremento es constatado a través del aumento observado de las concentraciones de metales en el cabello entre 2015-2017.**

Aunque sí, como podemos apreciar en la tabla 8, a pesar del aumento del tonelaje tratado anualmente<sup>56</sup> en las plantas de óxidos<sup>57</sup> (a paridad de una contracción en la producción del material fino cuales oro Au y plata Ag entre 2014-2018) se observa una disminución de las concentraciones de los metales en el cabello desde 2017-2018.

Entre las medidas preventivas sobre la contaminación ambiental ordenadas por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) contra las empresas Administradora Cerro S.A.C. y Óxidos de Pasco S.A.C., había la construcción del Cerco Perimétrico<sup>58</sup> que debía separar los stock piles de Óxidos de la minera con las viviendas, escuela y el parque infantil en la Calle Huencavelica en Paragsha. En 2017 se contruye la barrera cuyo intento es reducir la dispersión del polvo por la remoción de tierra, a través de maquinarias pesadas, en los botaderos.

56 Volcan Compañía Minera S.A.A, Memoria Anual 2015, 2016, 2017, 2018.

57 Volcan Compañía Minera S.A.A.2019, Memoria Anual 2018.

58 Nota de Prensa N° 268/OCII/DP2017, <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/NP-268-17.pdf>



Aunque si el cerco perimétrico construido no cumplió totalmente con las especificaciones técnicas establecidas, así como ha evidenciado la Defensoría del Pueblo en la Nota de Prensa N° 268/OCII/DP2017, podemos observar como esta medida muy probablemente ha contribuido a una ligera reducción de las concentraciones de metales pesados encontrados en el cabello de los niños de Paragsha.

Las actividades iniciales de movimiento de los stock piles durante los años 2014 y 2015 fueron realizados en las áreas cercanas a las poblaciones de Paragsha (Calles Huancavelica, Arica, Grau y Tarma) y cerca al AA.HH. José Carlos Mariátegui sector 1; lo que oportunamente durante estos años, se han generado permanentes reacciones de los pobladores de Paragsha, quienes a través de sus Juntas Vecinales han realizado quejas ante la Defensoría del Pueblo y el OEFA, por la contaminación totalmente visible que se venían generando con polvos suspendidos en el aire a lo largo de las calles en mención; lo que ha generado compromisos de la empresa minera Óxidos de Pasco con el regado de los stock piles que venían removiendo, entre otras medidas para el control de contaminantes, que se supone el OEFA ha supervisado su cumplimiento estricto.

**Tabla 8. Evolución del tonelaje tratado en las dos Plantas entre 2015-2018.**

|                      | 2015         | 2016         | 2017              | 2018              |
|----------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Planta concentradora | 399.000 Tonn | 233.000 Tonn | 1.1 Millones Tonn | 1.3 Millones Tonn |
| Planta Óxidos        | 743.000 Tonn | 900.000 Tonn | 872.000 Tonn      | 914.000 Tonn      |

Fuentes: Anuales Volcan.

Desde el 2018 los representantes de la Cerro de Pasco Resource, han venido presentándose en las comunidades de Quiulacocha y Champamarca, buscando coordinar con las autoridades comunales sobre su decisión de reaprovechar los relaves de Quiulacocha y la desmontera de Excélsior (que se está tratando de remediar con fondos del Estado peruano).

Posteriormente, por el mes de julio del presente año 2019, realizaron la presentación de su proyecto minero, en las instalaciones de la Municipalidad Provincial de Pasco, donde venían anunciando la posibilidad de comprar la Unidad Minera de Cerro de Pasco, de la Minera Volcan SAC. El mes de setiembre han conseguido la Licencia Social otorgada por la Comunidad Campesina de Quiulacocha, para que operen en la lavera de Quiulacocha.

El jueves 5 de diciembre del presente año 2019, han realizado una conferencia de prensa anunciando que como Empresa Pública Canadiense, han firmado el Contrato de Compra y Venta de la Unidad Minera Cerro de Pasco, de Volcan SAC. (adquiriendo las Instalaciones de la Cerro SAC, Óxidos de Pasco y Remediadora Ambiental), por lo que tienen el plazo de cuatro meses (a marzo del 2020) para que trabajen todas las transferencias, donde Resources está empezando a tomar el control de la unidad Cerro de Pasco.



### 3.4. Investigación Clínica

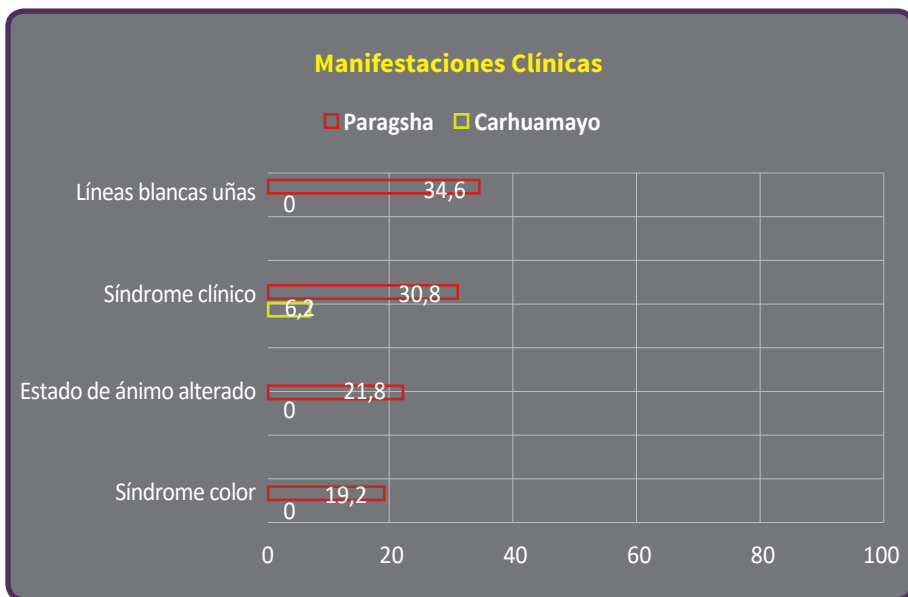
Paralelamente al análisis de muestras de cabello, como posible biomarcador de la exposición a metales, se llevó a cabo una investigación clínica de las muestras poblacionales. Para ello, se realizaron exploraciones físicas completas, exámenes externos y anamnesis (historia clínica) de ambas cohortes (grupo de evaluados de Paragsha y Carhuamayo), con el fin de evaluar una potencial correlación entre la exposición crónica a los metales pesados y el desarrollo de algunas manifestaciones clínicas que puedan estar asociadas.

Entre las manifestaciones clínicas objeto de la investigación, se reportan los resultados de aquellas que guardan potencial relación con la exposición a metales pesados según la literatura especializada. Estas manifestaciones incluyen:

- **Líneas blancas en las uñas (LBU);**
- **Síndrome clínico** (incluye líneas azuladas en las encías, callosidades en zonas sin roce, callos en palmas y planta con piel gruesa y rugosa, y conjuntivas de los ojos inflamadas);
- **Estado de ánimo alterado** (irritabilidad y/o depresión); y
- **Síndrome color** (incluye manchas oscuras en zonas flexoras del tórax, abdomen, espalda o cuello).

La [Figura 4](#) resume las manifestaciones clínicas distribuidas porcentualmente en Paragsha (n = 78) y Carhuamayo (n = 16).

Figura 4. Manifestaciones clínicas observadas porcentualmente en Paragsha y Carhuamayo.



La toxicidad crónica por arsénico se manifiesta neurológicamente como una polineuropatía (disfunción simultánea de varios nervios en el cuerpo). Las lesiones cutáneas características (pigmentación por gotas de lluvia e hiperqueratosis), junto con las **“líneas de Mees”**<sup>59</sup> o líneas blancas transversales en las uñas (LBU), son pistas importantes para el diagnóstico de una exposición al arsénico. Estas tardan entre 3 y 6 semanas en manifestarse. Dichos cambios generalmente están presentes en la toxicidad crónica, pero rara vez se pueden

59 ATSDR, 2019. La toxicidad del arsénico. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/evaluacion\\_clinica.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/evaluacion_clinica.html)



ver después de exposiciones agudas o subagudas<sup>60</sup>. Las líneas de Mees en las uñas también se han asociado a la exposición al plomo y al talio<sup>61</sup>.

El 34,6% de la población estudiada de Paragsha mostraron tener líneas blancas transversales en las uñas *LBU*, mientras que esta manifestación no se observó en Carhuamayo. Se encontraron asociaciones estadísticamente significativas para algunos metales encontrados en el cabello incluyendo el cadmio, el aluminio, el manganeso y el talio, entre otros. Además, los individuos con *LBU* en Paragsha, mostraron tener mayores concentraciones de estos metales en el cabello, en relación a la media de Carhuamayo.

Quizás el efecto físico más característico de la exposición al arsénico es la presencia de alteraciones en la piel, la cual incluye la aparición de pequeños callos o verrugas<sup>62</sup> y la hiperpigmentación en distintas zonas flexoras del cuerpo<sup>63,64</sup>. Por otro lado, la línea de Burton, la cual es una línea azul violácea en las encías producida por intoxicación por plomo, es causada por una reacción entre el plomo que circula con iones de azufre liberados por bacterias orales y que depositan sulfuro de plomo en la unión de los dientes y las encías<sup>65</sup>. Los resultados de la investigación clínica mostraron que el 30.8% de los niños evaluados en Paragsha presentó al menos una de estas manifestaciones incluidas en el síndrome clínico, mientras que en Carhuamayo lo hicieron sólo un 6.2%. Adicionalmente, los resultados mostraron que el 19.2% de los niños presentó al menos una de manifestaciones incluidas en el síndrome color, mientras que estas no se observaron en Carhuamayo.

Por último, Los metales como el mercurio, el plomo, el arsénico y el manganeso, también puede afectar el desarrollo cerebral de los niños, lo que puede reducir el coeficiente intelectual (en inglés, IQ) y producir cambios de comportamiento, como la reducción de la capacidad de atención, el aumento de conductas antisociales, y una reducción en el rendimiento educativo<sup>66,67</sup>. Estudios han demostrado el impacto de los metales en la labilidad emocional, caracterizada por irritabilidad, timidez excesiva, pérdida de confianza, nerviosismo<sup>68</sup> y depresión.<sup>69</sup> En este estudio, el 21.8% de los niños evaluados en Paragsha mostraron alteraciones en el estado de ánimo (irritabilidad y/o depresión), mientras que en Carhuamayo no se observó ningún caso.

60 S.Sharma, 2016. Arsenic poisoning and Mees' lines <https://academic.oup.com/qjmed/article/109/8/565/1752949>

61 Science Direct. Mees' Lines. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/mees-lines>

62 ATSDR, 2019. Resúmenes de Salud Pública - Arsénico (Arsenic). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs2.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html)

63 Smith AH et al., 2000. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11019458>

64 Swaran J.S. Flora., 2009. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/mees-lines>

65 J.M.S. Pearce., 2007. Burton's Line in Lead Poisoning. <https://www.karger.com/Article/Pdf/98100>

66 Rodrigues et al., 2016. Neurodevelopmental outcomes among 2- to 3-year-old children in Bangladesh with elevated blood lead and exposure to arsenic and manganese in drinking water. <https://ehjournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12940-016-0127-y>

67 Engwa et al., 2019. Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. <https://www.intechopen.com/books/poisoning-in-the-modern-world-new-tricks-for-an-old-dog-/mechanism-and-health-effects-of-heavy-metal-toxicity-in-humans>

68 Jose Javier Ilundain Suquia. Servicio de Urgencias Generales de CHN. Libro electrónico de Toxicología clínica. Servicio Navarro de Salud.

69 Pedro A. Poma, 2008. Intoxicación por plomo en humanos. An. Fac. med. v.69 n.2Un2

# 4. Agua

La actividad minera en Cerro de Pasco ha impactado la calidad de los recursos hídricos, principalmente a través de descargas de las instalaciones de procesamiento de minerales, manejo y deposición de aguas ácidas, así como a través del escurrimiento (lixiviación de metales) desde los residuos mineros y la deposición de polvo contaminado en el agua. Esto ha afectado la calidad del agua de los ríos y potenciales fuentes para el consumo humano y animal, para el riego, así como para la sostenibilidad de sensibles ecosistemas.

## 4.1. Metodología

SOURCE INTERNATIONAL realizó un monitoreo de parámetros fisicoquímicos y recolectó muestras de agua en 14 puntos alrededor de Cerro de Pasco; dentro de la subcuenca del Río San Juan, de la microcuenca del Río Tingo, así como en la laguna de Yanamate. Las muestras incluyeron muestras de aguas ácidas, efluentes mineros, aguas servidas municipales, aguas superficiales (río) y agua de caño para el consumo humano. Los sitios de monitoreo y muestreo, se seleccionaron en base a estudios anteriores conducidos por SOURCE INTERNATIONAL en los años 2009 y 2016.

Con el fin de contar con datos de fondo de la calidad del agua, en zonas no impactadas fuera de Cerro de Pasco, se recolectaron adicionalmente dos muestras de agua de caño y una muestra del agua superficial (río) que abastece el consumo humano del distrito de Carhuamayo. La [Tabla 9](#), resume los puntos de monitoreo y muestreo por cada unidad hidrográfica. La [Figura 5](#) y la [Figura 6](#) muestran estos puntos.



Laura Grassi realiza toma de muestras de agua en el puente Upamayo (río San Juan) y en Yurajhuanca (Simón Bolívar)



Tabla 9. Puntos de monitoreo y muestreo de agua.

| Unidad Hidrográfica            | Muestra | Tipo                                 | Descripción  |
|--------------------------------|---------|--------------------------------------|--|
| Microcuenca del Río Carhuamayo | A20     | Río Carhuamayo                       | Laguna Yanacocha, naciente del río hacia el distrito de Carhuamayo   |
|                                | A17     | Agua de Caño                         | Iglesia Santiago Apóstol, distrito de Carhuamayo   |
|                                | A18     | Agua de Caño                         | Hotel Aries (Don Elías), distrito de Carhuamayo  |
| Subcuenca del Río San Juan     | A5      | Laguna Quiulacocha                   | Laguna de aguas ácidas (relaves).  |
|                                | A3      | Efluente Minero Paragsha             | Desagüe con recorrido a la Quebrada Quiulacocha  |
|                                | A2      | Efluente Minero y Municipal Paragsha | Desagüe con recorrido a la Quebrada Quiulacocha  |
|                                | A7      | Río Ragra en Yurajhuanca             | Aguas arriba de la comunidad campesina de Yurajhuanca (cerca del puente Yurajhuanca)                           |
|                                | A8      | Río Ragra en Yurajhuanca             | Aguas arriba de confluencia con el río San Juan (200 metros de la salida de las aguas de la minera Aurex S.A.) |
|                                | A22     | Manantial en Yurajhuanca             | Fuente de agua de la comunidad campesina Yurajhuanca "Ticte Pullin"  |
|                                | A1      | Agua de Caño Paragsha                | Municipalidad del C.P. Paragsha  |
|                                | A4      | Agua de Caño San Juan                | Hotel Las Torres   |
|                                | A21     | Río San Juan                         | Represa Yurajhuanca toma de agua para la ciudad de Cerro de Pasco  |
|                                | A9      | Río San Juan                         | Aguas abajo salida de aguas de la minera El Brocal, distrito de Tinyahuarco                                    |
| Microcuenca del Río Tingo      | A11     | Río Tingo                            | Pie del Bofedal del botadero minero y de residuos sólidos Rumiallana   |
|                                | A12     | Río Tingo                            | Zona de mina El Pilar  |
| Microcuenca de Chaupimarca     | A6      | Laguna de Yanamate                   | Laguna de aguas ácidas   |

El trabajo de campo se llevó a cabo entre el 28 de julio y el 2 de agosto de 2019, durante el período relativamente seco. El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de campo se realizaron in situ, a través de una sonda multiparámetros marca HANNA, modelo HI98194 (previa calibración). Los parámetros de calidad del agua medidos incluyen el pH, la conductividad eléctrica (CE), los sólidos disueltos totales, el potencial de oxidación-reducción, la temperatura y el oxígeno disuelto. Los electrodos de medición de la sonda se lavaron con agua de mesa, después de cada medición.

El muestreo de agua superficial se llevó a cabo en concordancia con el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)<sup>70</sup>. Las muestras se recolectaron en botellas de plástico de 50ml a petición del laboratorio responsable de los análisis. Se etiquetaron con información sobre la ubicación y la hora del muestreo. Luego se filtraron en el campo con filtros de jeringa de 45 µm y acidificadas con ácido nítrico, a pedido del laboratorio, para análisis de metales disueltos en el laboratorio acreditado de Italia.

70 ANA, 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)



Figura 5. Puntos de monitoreo y muestreo de aguas en Carhuamayo

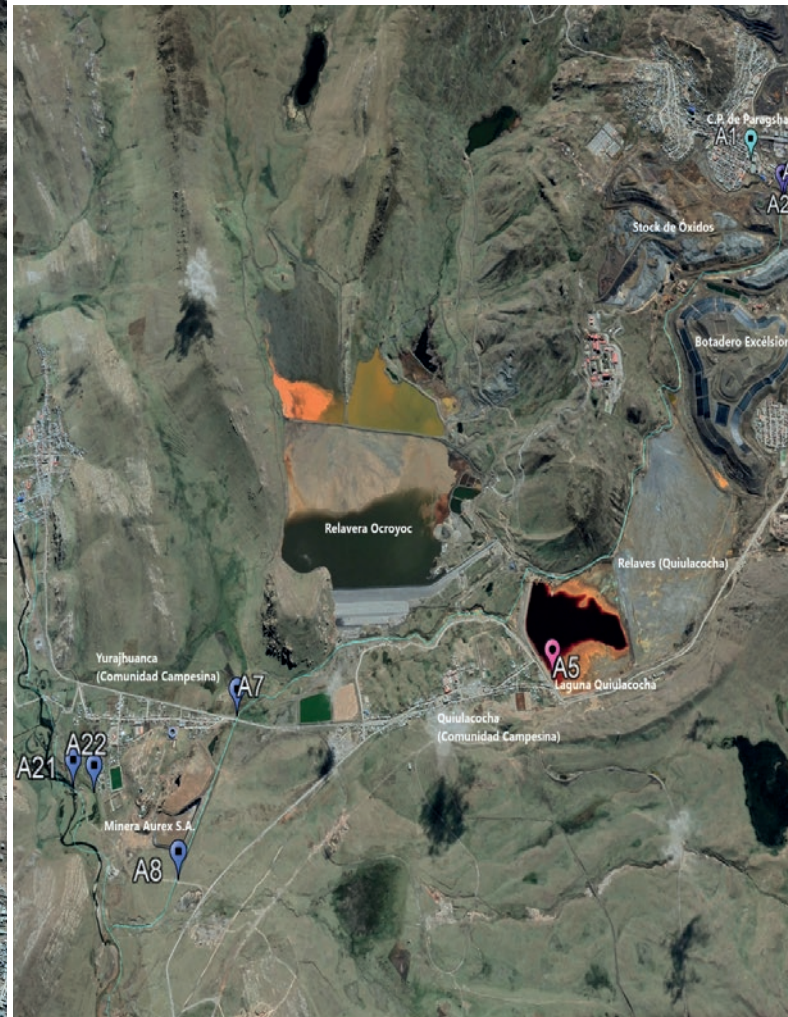




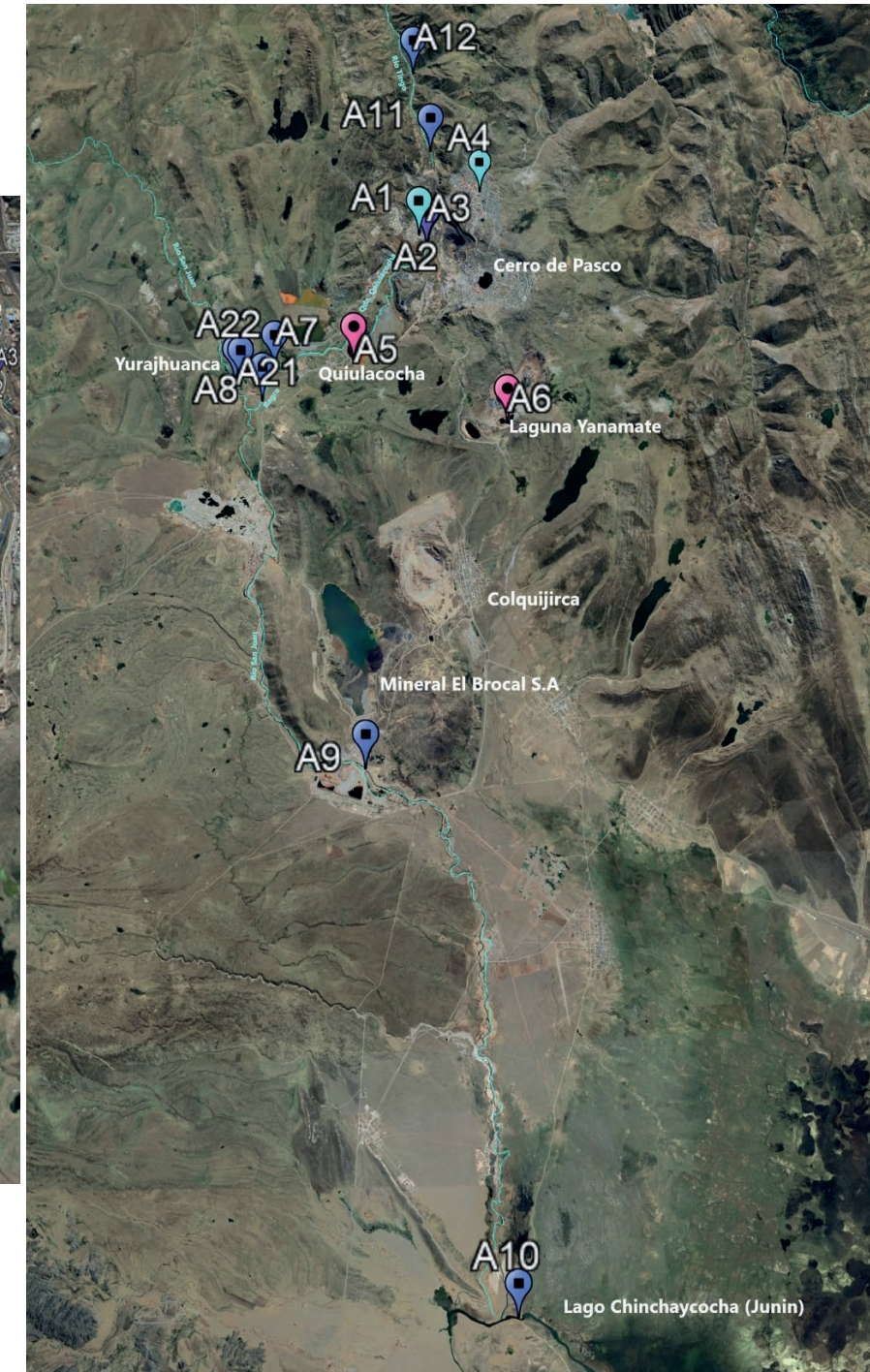
Figura 6. Puntos de monitoreo y muestreo de aguas en Cerro de Pasco y comunidades cercanas



Cerro de Pasco - Microcuenca del río Tingo



Microcuenca del río Ragra



Subcuenca del río San Juan - Naciente del Mantaro







Los datos de cada punto de monitoreo y muestreo se registraron en hojas de campo, antes de digitalizarse en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Las coordenadas se registraron con un GPS portátil (modelo de marca GARMIN eTrex 10) y se ingresaron en imágenes aéreas de Google Earth.

Finalmente, las muestras de agua fueron almacenadas en un bolso térmico a menos de 10°C hasta ser enviadas a un laboratorio acreditado en Italia, las cuales fueron recibidas el 3 de septiembre de 2019. El análisis incluyó un barrido de 21 metales con ICP-MS y de acuerdo con las normas metodológicas ISO 17294-2: 2016<sup>71</sup>.

## 4.2. Resultados

De la [Tabla 10](#) a la [Tabla 17](#), muestran los resultados de las mediciones de parámetros fisicoquímicos de campo<sup>72</sup> y de los análisis de metales en muestras de agua para cada unidad hidrográfica, así como su comparación con valores de referencias nacionales e internacionales, en ausencia de estándares nacionales. Entre los parámetros fisicoquímicos, el pH y la CE son los de mayor relevancia ya que están asociados a la acidez de las aguas y a su concentración de minerales disueltos, respectivamente.

La [Tabla 10](#), muestra los niveles de fondo de metales en muestras de río (muestra A20) **salida de la laguna Yanacocha, naciente de río que discurre para consumo poblacional hacia la capital del distrito de Carhuamayo**, y del caño (muestras A17 y A18) **Iglesia Santiago Apóstol y Hotel Aries distrito de Carhuamayo** ([Figura 5](#)); en estas muestras solamente se detectaron trazas de zinc, boro, bario y otros cuatro elementos en concentraciones por debajo de los estándares nacionales e internacionales de calidad, tanto para consumo y riego como para la protección de ambientes acuáticos; lo que demuestra que son aptas para sus usos en tales fines.

### 4.2.1. Subcuenca del Río San Juan

La mayor parte de las poblaciones del Distrito Simón Bolívar, se encuentra dentro de esta subcuenca, la cual forma parte de la cuenca del Alto Mantaro. De la [Tabla 11](#) a la [Tabla 15](#), presentan las concentraciones de metales en muestras de agua recolectadas de diferentes fuentes, a lo largo de esta unidad hidrográfica ([Figura 6](#)). Las principales fuentes potenciales de contaminación en este distrito son la antes laguna de Quiulacocha y la relavera de Ocroyoc. SOURCE INTERNATIONAL recolectó una muestra de la **laguna de aguas ácidas de Quiulacocha** (muestra A5) convertida hoy en día en relavera ([Figura 6](#)).

71 ISO, 2016. Water quality — Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) — Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes. <https://www.iso.org/standard/62962.html>

72 TDS = Sólidos Disueltos Totales (en inglés, Total Dissolved Solids); ORP = Potencial de Oxidación-Reducción (en inglés, Oxidation-Reduction Potential); DO = Oxígeno Disuelto (en inglés, Dissolved Oxygen); PSU = Unidades Prácticas de Salinidad (en inglés, Practical Salinity Units).



Tabla 10. Concentraciones de metales en muestras de agua en Carhuamayo.

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental  |   |  |  | Límite de Detección (mg/L) | 02/08/2019 | 28/07/2019 | 28/07/2019 |
|---------------------------------|--|---|--|--|----------------------------|------------|------------|------------|
|                                 | Agua para Consumo Humano   |   | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>3</sup> |  |                            |            |            |            |
|                                 | Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA <sup>4</sup> | Guías para la calidad del agua potable de la OMS <sup>5</sup> | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                       | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales |                            |            |            |            |
| TDS (mg/L)                      | 1000   | 1000  | 1000   | -  | 500                        | 170        | 156        | 159        |
| ORP (mV)                        | -  | -   | -  | -  | -                          | 222        | 234        | 281        |
| OD (mg/L)                       | -  | ≥ 5   | ≥ 6  | ≥ 4  | ≥ 5                        | 6.7        | ND         | ND         |
| Salinidad (PSU)                 | -  | -   | -  | -  | -                          | 0.16       | 0.15       | 0.15       |
| Temperatura (°C)                | -  | 25  | -  | -  | -                          | 10.2       | 7.7        | 7.6        |
| pH                              | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 8.5                                  | 6.5 - 8.5                  | 8.2        | 8.2        | 7.6        |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500   | 1500  | 1500   | <2000                                      | -                          | 341        | 318        | 318        |
| Aluminio                        | 0.2  | -   | 0.2  | 5  | -                          | <0.025     | <0.025     | <0.025     |
| Antimonio                       | 0.02   | -   | 0.006  | -  | -                          | 0.00015    | 0.00012    | 0.00013    |
| Arsénico                        | 0.01   | 0.01  | 0.01   | 0.05                                       | 0.01                       | 0.0033     | 0.0026     | 0.0031     |
| Bario                           | 0.7  | 1.3   | 0.7  | 0.7  | 0.7                        | 0.022      | 0.064      | 0.024      |
| Berilio                         | -  | -   | 0.004  | 0.1  | -                          | <0.0001    | <0.0001    | <0.0001    |
| Boro                            | 1.5  | 2.4   | 0.5  | 0.5 - 6                                    | -                          | 0.054      | 0.067      | 0.06       |
| Cadmio                          | 0.003  | 0.003   | 0.003  | 0.005                                      | 0.004                      | <0.0001    | <0.0001    | <0.0001    |
| Cobalto                         | -  | -   | -  | 0.05                                       | -                          | <0.001     | <0.001     | <0.001     |
| Cobre                           | 2  | 2   | 2  | 0.2  | 0.02                       | <0.01      | <0.01      | <0.01      |
| Cromo                           | 0.05   | 0.05  | 0.05   | -  | -                          | <0.005     | <0.005     | <0.005     |



| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental   |  |   |  | Límite de Detección (mg/L) | 02/08/2019 | 28/07/2019 | 28/07/2019 |
|-----------------------------|---|--|---|--|----------------------------|------------|------------|------------|
|                             | Agua para Consumo Humano  |  | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>73</sup> |  |                            |            |            |            |
|                             | Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA <sup>74</sup> | Guías para la calidad del agua potable de la OMS <sup>75</sup> | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales |                            |            |            |            |
| <b>Estaño</b>               | -   | -  | -   | -  | <b>0.01</b>                | < 0.01     | < 0.01     | < 0.01     |
| <b>Hierro</b>               | <b>0.3</b>  | -  | <b>0.3</b>  | <b>1</b>                                   | <b>0.025</b>               | < 0.025    | < 0.025    | < 0.025    |
| <b>Manganeso</b>            | <b>0.4</b>  | -  | <b>0.1</b>  | <b>0.2</b>                                 | <b>0.0025</b>              | 0.0099     | 0.0083     | 0.0043     |
| <b>Mercurio</b>             | <b>0.001</b>  | -  | <b>0.001</b>  | <b>0.001</b>                               | <b>0.0005</b>              | < 0.0005   | < 0.0005   | < 0.0005   |
| <b>Molibdeno</b>            | <b>0.017</b>  | -  | -   | -  | <b>0.001</b>               | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Níquel</b>               | <b>0.02</b>   | <b>0.07</b>  | <b>0.02</b>   | <b>0.2</b>                                 | <b>0.001</b>               | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Plomo</b>                | <b>0.01</b>   | <b>0.01</b>  | <b>0.01</b>   | <b>0.05</b>                                | <b>0.001</b>               | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Selenio</b>              | <b>0.01</b>   | <b>0.04</b>  | <b>0.01</b>   | <b>0.05</b>                                | <b>0.001</b>               | < 0.001    | 0.0021     | < 0.001    |
| <b>Talio</b>                | -   | -  | -   | -  | <b>0.0001</b>              | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   |
| <b>Vanadio</b>              | -   | -  | <b>0.1</b>  | -  | <b>0.001</b>               | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Zinc</b>                 | <b>3</b>  | -  | <b>3</b>  | <b>2</b>                                   | <b>0.025</b>               | < 0.025    | 0.11       | < 0.025    |

73 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

74 DIGESA, 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Reglamento\\_Calidad\\_Agua%20D.S.%20N%29%20N%29%20B0031-2010-SA.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Reglamento_Calidad_Agua%20D.S.%20N%29%20N%29%20B0031-2010-SA.pdf)

75 OMS, 2011. Guías para la calidad del agua potable. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/es/)



### Laguna de Aguas Ácidas de Quiulacocha

El agua de la **laguna de aguas ácidas de Quiulacocha** (muestra A5) presentó un pH de 2.4 y CE de 21380  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo que son aguas muy ácidas y con un elevado contenido de minerales disueltos, producto de la meteorización de los relaves. Son muy ricas en manganeso, zinc y hierro, entre otros metales. Los análisis mostraron tener además más de 275 veces el nivel de cadmio, 63 veces el de arsénico y 34 veces el nivel de mercurio, establecidos en los ECA para la conservación del ambiente acuático en lagos (Tabla 1)<sup>76</sup>. El plomo y cromo disueltos no se detectaron en estas aguas, posiblemente asociado a factores complejos que controlan la solubilidad de sus especies minerales. Otros metales que superan los niveles ECA incluyen el zinc (más de 45 mil veces), el cobre (135 veces) y el níquel (16 veces), mientras que el aluminio superó 13 veces los niveles recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (en inglés, EPA) para la protección de la vida acuática.

En esta ocasión se presentaron menores concentraciones de plomo, arsénico y cromo en comparación con las concentraciones encontradas por SOURCE INTERNATIONAL en septiembre de 2016<sup>77</sup>. Sin embargo, se encontraron niveles de zinc 7 veces mayor a lo medido en 2016.

### Efluentes Mineros y Aguas Servidas Municipales

Aproximadamente 3.5 km aguas arriba de la laguna de aguas ácidas de Quiulacocha, en Cerro de Pasco, se descargan efluentes mineros (Empresa Administradora Cerro SAC) y aguas servidas municipales (C.P. de Paragsha) que discurren a la Quebrada Quiulacocha. Ambos puntos de desagües se encuentran próximos uno del otro, entre la Planta Concentradora de Paragsha (Volcan) y el botadero de Miraflores (Figura 6). El análisis de la muestra del **efluente de mina con recorrido a la Quebrada Quiulacocha** (muestras A3) mostró ser rica en manganeso y zinc, aunque ninguno de los metales detectados superó los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes mineros según el D.S. N° 010-2010-MINAM<sup>78</sup>. La muestra A3 fue tomada un domingo en horas de la tarde, cuando al parecer no había operaciones en las concentradoras. No obstante, los niveles de zinc mostraron ser casi 3 veces más los valores recomendados por las Guías de la Corporación Financiera Internacional (en inglés, IFC, del Grupo Banco Mundial) sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero<sup>79</sup> (Tabla 12).

76 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DS N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

77 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.

78 MINAM, 2010. Límites Máximos Permisibles Efluentes Mineros DS N° 010-2010-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_010-2010-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf)

79 Corporación Financiera Internacional (IFC), 2007. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/e255ea3a-34be-4caf-886e-e8e2de66475f/0000199659Eses%2BMining-%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkD2CNU>





Tabla 11. Concentraciones de metales en la relavera (antes laguna) de Quilacocha

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental   |   |   |                            | Límite de Detección (mg/L)  | 29/07/2019 |
|---------------------------------|---|---|---|----------------------------|-----------------------------|------------|
|                                 | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>80</sup> | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |   |                            |                             |            |
|                                 | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales  | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos) | Salud Humana <sup>81</sup> | Vida Acuática <sup>82</sup> |            |
| TDS (mg/L)                      | 1000  | -   | 500   | -                          | -                           | 10700      |
| ORP (mV)                        | -   | -   | -   | -                          | -                           | 448        |
| OD (mg/L)                       | ≥ 6   | ≥ 4   | ≥ 5   | -                          | -                           | ND         |
| Salinidad (PSU)                 | -   | -   | -   | -                          | -                           | 12.9       |
| Temperatura (°C)                | -   | -   | -   | -                          | -                           | 14.7       |
| pH                              | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5   | 5.0 - 9.0                  | 6.5 - 9.0                   | 2.4        |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500  | < 2000  | -   | -                          | -                           | 21380      |
| Aluminio                        | 0.2   | 5   | -   | -                          | 0.75                        | 9.5        |
| Antimonio                       | 0.006   | -   | -   | -                          | -                           | < 0.0001   |
| Arsénico                        | 0.01  | 0.05  | 0.01  | 0.000018                   | 0.34                        | 0.63       |
| Bario                           | 0.7   | 0.7   | 0.7   | 1                          | -                           | < 0.0025   |
| Berilio                         | 0.004   | 0.1   | -   | -                          | -                           | 0.0058     |
| Boro                            | 0.5   | 0.5 - 6   | -   | -                          | -                           | 25         |
| Cadmio                          | 0.003   | 0.005   | 0.004   | -                          | 0.0018                      | 1.1        |
| Cobalto                         | -   | 0.05  | -   | -                          | -                           | 0.15       |
| Cobre                           | 2   | 0.2   | 0.02  | 1                          | -                           | 2.7        |
| Cromo                           | 0.05  | -   | -   | 1.3                        | -                           | < 0.005    |
| Estaño                          | -   | -   | -   | -                          | -                           | < 0.01     |



# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO

Estudios Científicos

| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental   |   |   |                                 |                             | Límite de Detección (mg/L) | 29/07/2019 |
|-----------------------------|---|---|---|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>80</sup> | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |   | Estándares de Calidad Ambiental |                             |                            |            |
|                             | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales  | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos) | Salud Humana <sup>81</sup>      | Vida Acuática <sup>82</sup> |                            | A5         |
| Hierro                      | 0.3   | 1   | -   | 0.3                             | -                           | 0.025                      | 570        |
| Manganeso                   | 0.1   | 0.2   | -   | 0.05                            | -                           | 0.0025                     | 1900       |
| Mercurio                    | 0.001   | 0.001   | 0.0001  | -                               | 0.0014                      | 0.0005                     | 0.0034     |
| Molibdeno                   | -   | -   | -   | -                               | -                           | 0.001                      | 0.039      |
| Níquel                      | 0.02  | 0.2   | 0.025   | 0.61                            | -                           | 0.001                      | 0.4        |
| Plomo                       | 0.01  | 0.05  | 0.001   | -                               | 0.065                       | 0.001                      | < 0.001    |
| Selenio                     | 0.01  | 0.05  | -   | -                               | -                           | 0.001                      | 1.8        |
| Talio                       | -   | -   | -   | -                               | -                           | 0.0001                     | 0.065      |
| Vanadio                     | 0.1   | -   | -   | -                               | -                           | 0.001                      | < 0.001    |
| Zinc                        | 3   | 2   | 0.03  | 7.4                             | 0.12                        | 0.025                      | 1400       |

80 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DS N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

81 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>

82 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>



Tabla 12. Concentraciones de metales en efluentes (Paragsha).

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental  |  | Límite de Detección (mg/L)                      | 04/08/2019 (19:00)                              | 31/07/2019 (11:00)                                    |
|---------------------------------|--|--|---|---|---|
|                                 | Descarga de Efluentes Líquidos   |  |   | A3  | A2  |
|                                 | Límites Máximos Permisibles (LMP) Efluentes Mineros D.S. N° 010-2010-MINAM <sup>83</sup> | Niveles de Efluentes para el Sector Minero del Banco Mundial <sup>84</sup> |   | Efluente Minero Paragsha                        | Efluente Minero y Municipal (aguas servidas) Paragsha |
|                                 |  |  | Desagüe con recorrido a la Quebrada Quiulacocho | Desagüe con recorrido a la Quebrada Quiulacocho |   |
| TDS (mg/L)                      | -  | -  |   | ND  | ND  |
| ORP (mV)                        | -  | -  |   | ND  | ND  |
| OD (mg/L)                       | -  | -  |   | ND  | ND  |
| Salinidad (PSU)                 | -  | -  |   | ND  | ND  |
| Temperatura (°C)                | -  | <3 grados de diferencia  |   | ND  | ND  |
| pH                              | 6 - 9  | 6 - 9  |   | ND  | ND  |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | -  | -  |   | ND  | ND  |
| Aluminio                        | -  | -  | 0.025   | < 0.025   | < 0.025   |
| Antimonio                       | -  | -  | 0.0001  | 0.0013  | 0.00014   |
| Arsénico                        | 0.1  | 0.1  | 0.001   | 0.0064  | 0.0017  |
| Bario                           | -  | -  | 0.0025  | 0.018   | 0.0048  |
| Berilio                         | -  | -  | 0.0001  | < 0.0001  | < 0.0001  |
| Boro                            | -  | -  | 0.05  | 0.059   | < 0.05  |
| Cadmio                          | 0.05   | 0.05   | 0.0001  | 0.00019   | < 0.0001  |
| Cobalto                         | -  | -  | 0.001   | < 0.001   | < 0.001   |
| Cobre                           | 0.5  | 0.3  | 0.01  | < 0.01  | < 0.01  |
| Cromo                           | -  | 0.1  | 0.005   | < 0.005   | < 0.005   |
| Estaño                          | -  | -  | 0.01  | < 0.01  | < 0.01  |
| Hierro                          | 2  | 2  | 0.025   | 0.27  | 0.051   |
| Manganeso                       | -  | -  | 0.0025  | 5.5   | 0.22  |
| Mercurio                        | 0.002  | 0.002  | 0.0005  | < 0.0005  | < 0.0005  |
| Molibdeno                       | -  | -  | 0.001   | < 0.001   | < 0.001   |
| Níquel                          | -  | 0.5  | 0.001   | 0.0029  | < 0.001   |
| Plomo                           | 0.2  | 0.2  | 0.001   | 0.0034  | < 0.001   |
| Selenio                         | -  | -  | 0.001   | < 0.001   | < 0.001   |
| Talio                           | -  | -  | 0.0001  | 0.0015  | < 0.0001  |
| Vanadio                         | -  | -  | 0.001   | < 0.001   | < 0.001   |
| Zinc                            | 1.5  | 0.5  | 0.025   | 1.4   | 0.13  |

83 MINAM, 2010. Límites Máximos Permisibles Efluentes Mineros DS N° 010-2010-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_010-2010-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf)

84 IFC, 2007. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/e255ea3a-34be-4caf-886e-e8e2de66475f/0000199659ESes%2BMining-%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkD2CNU>



Adicionalmente, estos efluentes mineros habían resultado tener 13 veces más manganeso y el doble de zinc medido por SOURCE INTERNATIONAL en septiembre de 2016.

Por su parte, la muestra de agua de **efluente mixto minero y municipal con aguas servidas** (muestra A2) también mostró ser rica en manganeso y un poco menos en zinc (Tabla 12). En general, la mayoría de los metales se encontraron en concentraciones significativamente menores a las de septiembre de 2016, aunque es muy probable esta diferencia esté asociada a los distintos horarios de los eventos de descarga de estos efluentes a lo largo del día y a lo largo del año.

### Microcuenca del Río Ragra

Todas las aguas de la Quebrada Quiulacocha, pasan a formar el río Ragra hasta su confluencia con el río San Juan (Figura 6). La muestra A7, recolectada **en el río Ragra aguas arriba de la comunidad campesina de Yurajhuanca (cerca del puente Yurajhuanca)**, mostró tener un pH ligeramente alcalino (pH 8.1) y CE de 3402  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (alto contenido mineral). En comparación con la muestra recolectada en el río Carhuamayo (Tabla 10), ésta posee más de 2000 veces más manganeso, 16 veces más antimonio, 10 veces mayor CE y 4 veces más arsénico. Además, los niveles de manganeso en dicha muestra A7, superan 220 veces el ECA para agua de uso poblacional y recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección), los cuales también son superados para el hierro (10 veces), cadmio (5 veces), y el doble para plomo y CE (Tabla 13). Las concentraciones de zinc sobrepasan además más de 43 veces el ECA para la conservación del ambiente acuático en ríos, mientras que el talio tiene niveles 46 veces por encima del recomendado por la EPA para la protección de la salud humana.

La muestra A8 **en el río Ragra, recolectada a unos 200 metros de la salida de las aguas de la minera Aurex S.A.** aguas más abajo a unos 600 metros antes de la confluencia con el río San Juan (Figura 6), mostró una calidad química muy similar a la muestra A7 (Tabla 13). Una evaluación conducida por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) alrededor de este punto en junio 2015 reveló, además, la presencia de concentraciones de sulfatos y plata por encima de los ECA para agua de riego de vegetales y bebida de animales<sup>85</sup>. A pesar de que los niveles de arsénico en los puntos A7 y A8 han disminuido en comparación con Septiembre 2016<sup>86</sup>, las concentraciones de cadmio y de manganeso aumentaron más de 4 veces. Según A. Vásquez (2018), la Compañía Minera Aurex vierte sus efluentes directamente al Río San Juan<sup>87</sup>.

85 OEFA, 2015. Evaluación ambiental de la cuenca del río San Juan durante el año 2015.  
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/123456789/89>

86 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.

87 Vásquez A., 2018. Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en la subcuenca del Río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco.  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2222>



Tabla 13. Concentraciones de metales en la microcuenca del río Ragra.

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental   |  |   |                            | Límite de Detección (mg/L) | 02/08/2019 | 02/08/2019 | 03/08/2019 |
|---------------------------------|---|--|---|----------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|
|                                 | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>88</sup> |  | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |                            |                            |            |            |            |
|                                 | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos)   | Salud Humana <sup>89</sup> |                            |            |            |            |
| TDS (mg/L)                      | 1000  |  | 500   | -                          | -                          | 1701       | 1733       | 300        |
| ORP (mV)                        | -   | -  | -   | -                          | -                          | 207        | 211        | 251        |
| OD (mg/L)                       | ≥ 6   | ≥ 4  | ≥ 5   | -                          | -                          | 6.2        | 5.1        | 4.9        |
| Salinidad (PSU)                 | -   | -  | -   | -                          | -                          | 1.8        | 1.8        | 0.3        |
| Temperatura (°C)                | -   | -  | -   | -                          | -                          | 11.2       | 11.8       | 9.9        |
| pH                              | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5                                  | 6.5 - 8.5   | 5.0 - 9.0                  | 6.5 - 9.0                  | 8.1        | 8.1        | 7.0        |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500  | < 2000                                     | -   | -                          | -                          | 3402       | 3475       | 607        |
| Aluminio                        | 0.2   | 5  | -   | -                          | 0.75                       | 0.12       | 0.078      | 0.027      |
| Antimonio                       | 0.006   | -  | -   | -                          | -                          | 0.0024     | 0.0023     | 0.0018     |
| Arsénico                        | 0.01  | 0.05                                       | 0.01  | 0.000018                   | 0.34                       | 0.013      | 0.01       | 0.012      |
| Bario                           | 0.7   | 0.7  | 0.7   | 1                          | -                          | 0.031      | 0.033      | 0.035      |
| Berilio                         | 0.004   | 0.1  | -   | -                          | -                          | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   |
| Boro                            | 0.5   | 0.5 - 6                                    | -   | -                          | -                          | 0.073      | 0.081      | 0.061      |
| Cadmio                          | 0.003   | 0.005                                      | 0.004   | -                          | 0.0018                     | 0.014      | 0.012      | 0.00028    |
| Cobalto                         | -   | 0.05                                       | -   | -                          | -                          | 0.0023     | 0.0023     | < 0.001    |
| Cobre                           | 2   | 0.2  | 0.02  | -                          | -                          | 0.19       | 0.16       | < 0.01     |



# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO

Estudios Científicos

| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental   |  |   |                            | Límite de Detección (mg/L) | 02/08/2019 | 02/08/2019 | 03/08/2019 |
|-----------------------------|---|--|---|----------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>88</sup> |  | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |                            |                            |            |            |            |
|                             | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos)   | Salud Humana <sup>89</sup> |                            |            |            |            |
| <b>Cromo</b>                | 0.05  | -  | -   | 1.3                        | -                          | < 0.005    | < 0.005    | < 0.005    |
| <b>Estaño</b>               | -   | -  | -   | -                          | -                          | < 0.01     | < 0.01     | < 0.01     |
| <b>Hierro</b>               | 0.3   | 1  | -   | 0.3                        | -                          | 3.1        | 2          | 0.041      |
| <b>Manganeso</b>            | 0.1   | 0.2  | -   | 0.05                       | -                          | 22         | 20         | 0.0074     |
| <b>Mercurio</b>             | 0.001   | 0.001                                      | 0.0001  | -                          | 0.0014                     | < 0.0005   | < 0.0005   | < 0.0005   |
| <b>Molibdeno</b>            | -   | -  | -   | -                          | -                          | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Níquel</b>               | 0.02  | 0.2  | 0.025   | 0.61                       | -                          | 0.0044     | 0.0044     | < 0.001    |
| <b>Plomo</b>                | 0.01  | 0.05                                       | 0.001   | -                          | 0.065                      | 0.022      | 0.016      | 0.0011     |
| <b>Selenio</b>              | 0.01  | 0.05                                       | -   | -                          | -                          | < 0.001    | < 0.001    | 0.0016     |
| <b>Talio</b>                | -   | -  | -   | -                          | -                          | 0.011      | 0.012      | < 0.0001   |
| <b>Vanadio</b>              | 0.1   | -  | -   | -                          | -                          | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| <b>Zinc</b>                 | 3   | 2  | 0.03  | 7.4                        | 0.12                       | 1.3        | 0.99       | 0.071      |

88 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

89 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>

90 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>



La muestra de agua A22, recolectada del **manantial "Ticte Pullin" que abastece a parte de la población de la comunidad campesina de Yurajhuanca** (Figura 6), mostró tener un pH neutro (pH 7) y una CE de 607  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Resultó asimismo, tener 12 veces más antimonio, 4 veces más arsénico y el doble de bario que las aguas de la laguna Yanacocha, de la naciente del río Carhuamayo. Sin embargo, solamente el zinc duplicó el ECA establecido para la conservación del ambiente acuático<sup>91</sup>, mientras que el arsénico y el plomo ligeramente superaron estos estándares (Tabla 13) y están por encima del límite establecido para el consumo poblacional/recreacional (ECA) y encima del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA y de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS.

### Agua para Consumo Poblacional

En las **muestras de agua de caño para consumo recolectadas en el C.P. de Paragsha (A1) Municipalidad del C.P. Paragsha** y en **San Juan – distrito de Yanacancha (A4) Hotel Las Torres**, se encontraron más trazas de antimonio que la media en el agua de caño de Carhuamayo. Adicionalmente se encontraron trazas de hierro y de plomo en Paragsha, pero no en San Juan. Mientras que en San Juan Hotel Las Torres se encontraron trazas de zinc y selenio, similar a Carhuamayo. Sin embargo, ninguno de los metales superó los estándares establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano del D.S. N° 031-2010-S en las dos muestras de Cerro de Pasco (Tabla 14); por lo mismo desde una calificación química, estas aguas son aptas para el consumo humano, pero habría que averiguar el aspecto bacteriológico (de manera permanente) para confirmar la potabilidad de las aguas.

El informe final del D.S. que declaró en Emergencia Sanitaria a distritos de Cerro de Pasco el 2017, había reportado niveles de hierro por encima de los estándares de calidad para el consumo en aguas de caño recolectadas en julio de 2017 en las localidades de Paragsha, Champamarca, Quiulacocha, Yurajhuanca y Uliachín (Figura 1). Mientras que en Champamarca también se habían superado los límites establecidos para el aluminio<sup>92</sup>.

### Río San Juan

La muestra de agua A21, asociada a la **represa de Yurajhuanca toma de agua para la ciudad de Cerro de Pasco del río San Juan**, aguas arriba de la confluencia con el río Ragra (Figura 6), también es fuente de agua que abastece el consumo humano en Paragsha y José Carlos Mariátegui. Esta mostró tener un pH y CE similares a los del Río Carhuamayo; no obstante, resultó tener 9 veces más antimonio, 6 veces más manganeso y el doble de arsénico. Además, mostraron tener 3 veces más plomo y dos veces más zinc que los ECA establecidos para la conservación del ambiente acuático (Tabla 15). Aunque sí, desde una calificación química, esta agua es apta para el consumo humano, ya que no presenta metales pesados por encima de los estándares; sin embargo, habría que averiguar el aspecto bacteriológico antes de confirmar la potabilidad de las aguas. Se necesita tratamiento, antes de la descarga de las aguas de las operaciones mineras en los ríos, para reducir la carga de plomo y zinc, para el respeto de los límites para la conservación de la vida acuática.

91 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DS N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

92 Dirección Regional de Salud (DIRESA) Pasco, 2017. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. 020-2017-SA y 029-2017-SA.





Tabla 14. Concentraciones de metales en agua de consumo (Paragsha y San Juan).

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental   |  | Límite de Detección (mg/L) | 30/07/2019                      | 04/08/2019            |
|---------------------------------|---|--|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                                 | Agua para Consumo Humano  |  |                            | Agua de Caño Paragsha           | Agua de Caño San Juan |
|                                 | Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA <sup>93</sup> | Guías para la calidad del agua potable de la OMS <sup>94</sup> |                            | Municipalidad del C.P. Paragsha | Hotel Las Torres      |
| TDS (mg/L)                      | 1000  | 1000   |                            | 145                             | 176                   |
| ORP (mV)                        | -   | -  |                            | 233                             | 184                   |
| OD (mg/L)                       | -   | 5  |                            | 5.8                             | 5.0                   |
| Salinidad (PSU)                 | -   | -  |                            | 0.1                             | 0.2                   |
| Temperatura (°C)                | -   | 25   |                            | 7.6                             | 10.2                  |
| pH                              | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5  |                            | 6.7                             | 7.9                   |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500  | 1500   |                            | 289                             | 351                   |
| Aluminio                        | 0.2   | -  | 0.025                      | < 0.025                         | < 0.025               |
| Antimonio                       | 0.02  | -  | 0.0001                     | 0.0011                          | 0.00092               |
| Arsénico                        | 0.01  | 0.01   | 0.001                      | 0.0044                          | 0.0024                |
| Bario                           | 0.7   | 1.3  | 0.0025                     | 0.032                           | 0.029                 |
| Berilio                         | -   | -  | 0.0001                     | < 0.0001                        | < 0.0001              |
| Boro                            | 1.5   | 2.4  | 0.05                       | < 0.05                          | < 0.05                |
| Cadmio                          | 0.003   | 0.003  | 0.0001                     | 0.00013                         | < 0.0001              |
| Cobalto                         | -   | -  | 0.001                      | < 0.001                         | < 0.001               |
| Cobre                           | 2   | 2  | 0.01                       | < 0.01                          | < 0.01                |
| Cromo                           | 0.05  | 0.05   | 0.005                      | < 0.005                         | < 0.005               |
| Estaño                          | -   | -  | 0.01                       | < 0.01                          | < 0.01                |
| Hierro                          | 0.3   | -  | 0.025                      | 0.095                           | < 0.025               |
| Manganeso                       | 0.4   | -  | 0.0025                     | 0.0063                          | 0.0078                |
| Mercurio                        | 0.001   | -  | 0.0005                     | < 0.0005                        | < 0.0005              |
| Molibdeno                       | 0.017   | -  | 0.001                      | < 0.001                         | < 0.001               |
| Níquel                          | 0.02  | 0.07   | 0.001                      | < 0.001                         | < 0.001               |
| Plomo                           | 0.01  | 0.01   | 0.001                      | 0.002                           | < 0.001               |
| Selenio                         | 0.01  | 0.04   | 0.001                      | < 0.001                         | 0.0034                |
| Talio                           | -   | -  | 0.0001                     | < 0.0001                        | < 0.0001              |
| Vanadio                         | -   | -  | 0.001                      | < 0.001                         | < 0.001               |
| Zinc                            | 3   | -  | 0.025                      | < 0.025                         | 0.52                  |

93 DIGESA, 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Reglamento\\_Calidad\\_Agua%20D.S%20N%C2%B0031-2010-SA.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Reglamento_Calidad_Agua%20D.S%20N%C2%B0031-2010-SA.pdf)

94 OMS, 2011. Guías para la calidad del agua potable. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/es/)



Tabla 15. Concentraciones de metales en el río San Juan

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental   |  |  |   | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos | Límite de Detección (mg/L) | 03/08/2019                 |                             | 02/08/2019 |    |
|---------------------------------|---|--|--|---|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|----|
|                                 | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>95</sup> | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección) | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos) |   |                            | Salud Humana <sup>96</sup> | Vida Acuática <sup>97</sup> | A21        | A9 |
| TDS (mg/L)                      | 1000  | 500  | -  | -   | -   | -                          | 134                        | 502                         | 139        |    |
| ORP (mV)                        | -   | -  | -  | -   | -   | -                          | 185                        | 232                         | 224        |    |
| OD (mg/L)                       | ≥ 6   | ≥ 5  | ≥ 4  | -   | -   | -                          | 6.3                        | 6.6                         | 8.8        |    |
| Salinidad (PSU)                 | -   | -  | -  | -   | -   | -                          | 0.1                        | 0.5                         | 0.1        |    |
| Temperatura (°C)                | -   | -  | -  | -   | -   | -                          | 10.3                       | 12.5                        | 12.9       |    |
| pH                              | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 8.5                                  | 5.0 - 9.0   | 6.5 - 9.0   | -                          | 7.9                        | 8.1                         | 8.6        |    |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500  | -  | < 2000                                     | -   | -   | -                          | 267                        | 1004                        | 278        |    |
| Aluminio                        | 0.2   | -  | 5  | -   | 0.75  | 0.025                      | 0.028                      | 0.062                       | 0.068      |    |
| Antimonio                       | 0.006   | -  | -  | -   | -   | 0.0001                     | 0.0013                     | 0.0011                      | 0.00094    |    |
| Arsénico                        | 0.01  | 0.01   | 0.05                                       | 0.01  | 0.000018  | 0.001                      | 0.0064                     | 0.006                       | 0.0063     |    |
| Bario                           | 0.7   | 0.7  | 0.7  | 0.7   | 1   | 0.0025                     | 0.03                       | 0.032                       | 0.036      |    |
| Berilio                         | 0.004   | -  | 0.1  | -   | -   | 0.0001                     | < 0.0001                   | < 0.0001                    | < 0.0001   |    |
| Boro                            | 0.5   | -  | 0.5 - 6                                    | -   | -   | 0.05                       | < 0.05                     | < 0.05                      | < 0.05     |    |
| Cadmio                          | 0.003   | 0.004  | 0.005                                      | 0.004   | -   | 0.0001                     | 0.0001                     | 0.00061                     | 0.00013    |    |
| Cobalto                         | -   | -  | 0.05                                       | -   | -   | 0.001                      | < 0.001                    | < 0.001                     | < 0.001    |    |
| Cobre                           | 2   | 0.02   | 0.2  | 0.02  | -   | 0.01                       | < 0.01                     | 0.11                        | < 0.01     |    |



# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO

Estudios Científicos

| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental   |  |   |                            |                             | Límite de Detección (mg/L) | 03/08/2019<br>A21<br>Río San Juan | 02/08/2019<br>A9<br>Río San Juan | 02/08/2019<br>A10<br>Río San Juan |
|-----------------------------|---|--|---|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>95</sup> |  |   |                            |                             |                            |                                   |                                  |                                   |
|                             | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                        | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos) | Salud Humana <sup>96</sup> | Vida Acuática <sup>97</sup> |                            |                                   |                                  |                                   |
| <b>Cromo</b>                | 0.05  | -  | -   | 1.3                        | -                           | 0.005                      | < 0.005                           | < 0.005                          | < 0.005                           |
| <b>Estaño</b>               | -   | -  | -   | -                          | -                           | 0.01                       | < 0.01                            | < 0.01                           | < 0.01                            |
| <b>Hierro</b>               | 0.3   | 1  | -   | 0.3                        | -                           | 0.025                      | 0.2                               | 0.25                             | 0.31                              |
| <b>Manganeso</b>            | 0.1   | 0.2  | -   | 0.05                       | -                           | 0.0025                     | 0.059                             | 3.5                              | 0.066                             |
| <b>Mercurio</b>             | 0.001   | 0.001                                      | 0.0001  | -                          | 0.0014                      | 0.0005                     | < 0.0005                          | < 0.0005                         | < 0.0005                          |
| <b>Molibdeno</b>            | -   | -  | -   | -                          | -                           | 0.001                      | < 0.001                           | 0.0016                           | < 0.001                           |
| <b>Níquel</b>               | 0.02  | 0.2  | 0.025   | 0.61                       | -                           | 0.001                      | < 0.001                           | 0.0014                           | < 0.001                           |
| <b>Plomo</b>                | 0.01  | 0.05                                       | 0.001   | -                          | 0.065                       | 0.001                      | 0.0026                            | 0.0035                           | 0.012                             |
| <b>Selenio</b>              | 0.01  | 0.05                                       | -   | -                          | -                           | 0.001                      | 0.0041                            | 0.0061                           | < 0.001                           |
| <b>Talio</b>                | -   | -  | -   | -                          | -                           | 0.0001                     | < 0.0001                          | 0.0016                           | < 0.0001                          |
| <b>Vanadio</b>              | 0.1   | -  | -   | -                          | -                           | 0.001                      | < 0.001                           | 0.0086                           | < 0.001                           |
| <b>Zinc</b>                 | 3   | 2  | 0.03  | 7.4                        | 0.12                        | 0.025                      | 0.05                              | 0.11                             | 0.052                             |

95 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

96 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>

97 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>



La muestra A9 del río San Juan, recolectada aproximadamente 13 kilómetros aguas debajo de la confluencia con el río Ragra (Figura 6) **salida de agua de la minera El Brocal en el distrito de Tinyahuarco**, mostró tener un pH de 8.1 y una CE de 1004  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En esta muestra, se encontró 354 veces más manganeso, 7 veces más antimonio y el doble de arsénico que en la muestra del río Carhuamayo. Además, los niveles de manganeso superaron 35 veces el ECA para agua de uso poblacional y recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección); mientras que el cobre, el plomo y el zinc sobrepasaron más de 4 veces los ECA establecidos para la conservación del ambiente acuático. Adicionalmente, las concentraciones de talio mostraron estar 7 veces por encima de los niveles recomendados por la EPA para la protección de la salud humana (Tabla 15). A pesar de que los niveles de aluminio en esta muestra A9 han disminuido en comparación con septiembre 2016<sup>98</sup>, las concentraciones de manganeso aumentaron más de 4 veces. Según A. Vásquez (2018), la Sociedad Minera El Brocal también vierte sus efluentes en la Quebrada Huachuacaja, los cual descargan posteriormente en el río San Juan.

La muestra A10, recolectada aproximadamente 10 kilómetros aguas abajo de la muestra A9 y a menos de 1 kilómetro aguas arriba del lago Chinchaycocha (Figura 6) **Antes de la desembocadura al lago Chinchaycocha (bajo el puente Upamayo)**, mostró tener un valor ligeramente más alcalino de pH (8.1) y una CE de 278  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (bajo contenido mineral). En dicha muestra se encontró 7 veces más manganeso, 6 veces más antimonio y el doble de arsénico y bario que en la muestra del río Carhuamayo. Además, las concentraciones de plomo superaron 12 veces el ECA establecido para la conservación del ambiente acuático, mientras que los niveles de zinc doblaron dicho estándar. El pH y la concentración de hierro se encontraron ligeramente por encima de los ECA para agua de uso poblacional y recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección) (Figura 15). Sin embargo, la calidad del agua no ha variado significativamente en relación con septiembre de 2016, salvo un leve aumento de cobre y una leve disminución de aluminio.

El OEFA, en su evaluación de la Subcuenca del río San Juan de 2015<sup>99</sup>, encontró que las concentraciones de mercurio, plomo y zinc en los sedimentos de los ríos en todos estos puntos también superaban los estándares de calidad ambiental canadiense.

#### 4.2.2. Microcuenca del Río Tingo

El río Tingo, principal efluente del río Huallaga, nace en el bofedal de Rumiallana, en el distrito de Yanacancha (Figura 6). En la naciente se encuentra ubicado el botadero de residuos mineros Rumiallana, producto de la actividad de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. (Volcan Compañía Minera S.A.A.) En esta zona también son depositados los residuos sólidos y aguas residuales municipales generadas en la ciudad de Cerro de Pasco.

La muestra A11, recolectada del río Tingo **al pie del Bofedal Rumiallana y a menos de 700 metros aguas abajo del botadero Rumiallana** (Figura 6), mostró tener un valor ligeramente alcalino de pH 8.2 y una CE de 1287  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . en comparación con la muestra recolectada en el río Carhuamayo (Tabla 10); esta posee 31 veces más manganeso, 10 veces más antimonio, 4 veces mayor CE y el doble de arsénico. Además, se encontró 10 veces más zinc y tres veces más plomo que lo establecido en los ECA para la conservación del ambiente acuático en ríos, mientras que los niveles de manganeso triplicaron el ECA para agua de uso poblacional y recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección) (Tabla 16). No obstante, salvo el zinc y el manganeso, el resto de los metales han disminuido significativamente sus concentraciones en este punto en comparación con septiembre de 2016<sup>100</sup>.

Un poco más de 2 kilómetros aguas debajo de la muestra A11 en el río Tingo, la muestra A12 **ubicada en la zona de mina el Pilar** (Figura 6) presentó un pH de 7.8 y una CE de 701  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicando una reducción en su

98 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.

99 OEFA, 2015. Evaluación ambiental de la cuenca del río San Juan durante el año 2015.

<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/123456789/89>

100 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.



contenido mineral. Sin embargo, en este punto el agua resultó tener 131 veces más manganeso, 8 veces más antimonio, y el doble de arsénico y CE en comparación con el río Carhuamayo (Tabla 10). Adicionalmente, se encontró 40 veces más zinc y el doble de plomo que lo establecido en los ECA para la conservación del ambiente acuático, mientras que los niveles de manganeso superaron 13 veces el ECA para agua de uso poblacional y recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección). Los niveles de hierro también superaron ligeramente este estándar (Tabla 16). Como en la muestra A11, los niveles de manganeso y zinc en la muestra A12 disminuyeron levemente en relación a septiembre de 2016; sin embargo, el plomo y el hierro presentaron una disminución más significativa<sup>101</sup>.

Otros estudios conducidos en agosto de 2017 también han reportado la presencia excesiva de plomo, cobre, zinc, y manganeso, entre otros metales, en la cabecera del Río Tingo<sup>102</sup>.



**Toma de muestras de agua en la naciente del río Tingo (pie del botadero Rumiallana)**

101 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.

102 Picoy, C. 2018. Factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de microcuenca del Río Tingo, en la Quebrada Rumiallana. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/638>





Tabla 16. Concentraciones de metales en el río Tingo.

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental  |   |   |                             | Límite de Detección (mg/L)   | 01/08/2019 |          |
|---------------------------------|--|---|---|-----------------------------|------------------------------|------------|----------|
|                                 | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |   | A11                         |                              | A12        |          |
|                                 | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                         | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales  | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos) | Salud Humana <sup>104</sup> | Vida Acuática <sup>105</sup> |            |          |
| TDS (mg/L)                      | 1000   |   | 500   | -                           | -                            | 644        | 350      |
| ORP (mV)                        | -  | -   | -   | -                           | -                            | 229        | 255      |
| OD (mg/L)                       | ≥ 6  | ≥ 4   | ≥ 5   | -                           | -                            | 4.8        | 5.1      |
| Salinidad (PSU)                 | -  | -   | -   | -                           | -                            | 0.9        | 0.3      |
| Temperatura (°C)                | -  | -   | -   | -                           | -                            | 15.0       | 14.7     |
| pH                              | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 8.5   | 6.5 - 8.5   | 5.0 - 9.0                   | 6.5 - 9.0                    | 8.2        | 7.8      |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500   | < 2000  | -   | -                           | -                            | 1287       | 701      |
| Aluminio                        | 0.2  | 5   | -   | -                           | 0.75                         | 0.13       | 0.052    |
| Antimonio                       | 0.006  | -   | -   | -                           | -                            | 0.0015     | 0.0012   |
| Arsénico                        | 0.01   | 0.05  | 0.01  | 0.000018                    | 0.34                         | 0.0068     | 0.005    |
| Bario                           | 0.7  | 0.7   | 0.7   | 1                           | -                            | 0.018      | 0.011    |
| Berilio                         | 0.004  | 0.1   | -   | -                           | -                            | < 0.0001   | < 0.0001 |
| Boro                            | 0.5  | 0.5 - 6   | -   | -                           | -                            | 0.054      | 0.059    |
| Cadmio                          | 0.003  | 0.005   | 0.004   | -                           | 0.0018                       | 0.0029     | 0.00048  |
| Cobalto                         | -  | 0.05  | -   | -                           | -                            | < 0.001    | < 0.001  |
| Cobre                           | 2  | 0.2   | 0.02  | -                           | 0.01                         | 0.013      | < 0.01   |



# CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO

Estudios Científicos

| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental  |  |  |  |  | Límite de Detección (mg/L) | 01/08/2019   |  | 01/08/2019   |  |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|----------------------------|--|--|--|--|
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> |  |  |  |  |                            | A11  | A12  | Río Tingo  |  |
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> |                            | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>103</sup> |
|                             | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                         | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales   | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos)  | Salud Humana <sup>104</sup>  | Vida Acuática <sup>105</sup>   |                            |  |  |  |  |
| <b>Cromo</b>                | 0.05   | -  | -  | 1.3  | -  | 0.005                      | < 0.005  | < 0.005  | < 0.005  | < 0.005  |
| <b>Estaño</b>               | -  | -  | -  | -  | -  | 0.01                       | < 0.01   | < 0.01   | < 0.01   | < 0.01   |
| <b>Hierro</b>               | 0.3  | 1  | -  | 0.3  | -  | 0.025                      | 0.3  | 0.3  | 0.36   | 0.36   |
| <b>Manganeso</b>            | 0.1  | 0.2  | -  | 0.05   | -  | 0.0025                     | 0.31   | 0.31   | 1.3  | 1.3  |
| <b>Mercurio</b>             | 0.001  | 0.001  | 0.0001   | -  | 0.0014   | 0.0005                     | < 0.0005   | < 0.0005   | < 0.0005   | < 0.0005   |
| <b>Molibdeno</b>            | -  | -  | -  | -  | -  | 0.001                      | 0.0014   | 0.0014   | 0.0011   | 0.0011   |
| <b>Níquel</b>               | 0.02   | 0.2  | 0.025  | 0.61   | -  | 0.001                      | 0.0022   | 0.0022   | 0.0017   | 0.0017   |
| <b>Plomo</b>                | 0.01   | 0.05   | 0.001  | -  | 0.065  | 0.001                      | 0.0026   | 0.0026   | 0.0016   | 0.0016   |
| <b>Selenio</b>              | 0.01   | 0.05   | -  | -  | -  | 0.001                      | 0.0013   | 0.0013   | < 0.001  | < 0.001  |
| <b>Talio</b>                | -  | -  | -  | -  | -  | 0.0001                     | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   |
| <b>Vanadio</b>              | 0.1  | -  | -  | -  | -  | 0.001                      | < 0.001  | < 0.001  | < 0.001  | < 0.001  |
| <b>Zinc</b>                 | 3  | 2  | 0.03   | 7.4  | 0.12   | 0.025                      | 0.29   | 0.29   | 1.2  | 1.2  |

103 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

104 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>

105 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

### 4.2.3. Laguna de Yamamate

La laguna Yanamate (Figura 6) se ha convertido hoy en día en depósito autorizado de aguas ácidas para la Subsidiaria Cerro SAC. de Minera Volcan, de modo que dejó de ser únicamente un receptor de la contaminación, para convertirse también en una fuente de contaminación.

El **agua de la laguna Yanamate** (muestra A6) presentó un pH de 2.4 y una CE de 3373  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo que son aguas muy ácidas, pero aparentemente menos mineralizadas que las aguas de la laguna de Quiulacocha. Son ricas en hierro, zinc, manganeso y aluminio, entre otros metales. Los análisis mostraron tener 81 veces más plomo, 37 veces más arsénico y 19 veces más cadmio, que lo establecido en los ECA para la conservación del ambiente acuático en lagos (Tabla 17)<sup>106</sup>. Otros metales que superan los niveles ECA incluyen el zinc (1200 veces) y el cobre (125 veces), mientras que el aluminio superó 16 veces los niveles recomendado por la EPA para la protección de la vida acuática.

En comparación con las concentraciones encontradas por SOURCE INTERNATIONAL en septiembre de 2016<sup>107</sup>, en esta ocasión se presentaron concentraciones significativamente menores de todos los metales analizados; aunque aún bastante por encima de los estándares de calidad para la conservación de la vida acuática. Adicionalmente, según A. Vásquez (2018), la laguna Yanamate cuenta con descargas de aguas ácidas que infiltran hacia el río San Juan<sup>108</sup>.



**Actual laguna Yanamate, cercada y contaminada con aguas ácidas de la minera Volcan**

106 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DS N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

107 Source International, 2017. Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco, Perú.

108 Vásquez A., 2018. Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en la subcuenca del Río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2222>



Tabla 17. Concentraciones de metales en la laguna Yanamate.

| Parámetro (metales en mg/L)     | Estándares de Calidad Ambiental  |  |   |                             |                              |        | Límite de Detección (mg/L) | 31/07/2019 |
|---------------------------------|--|--|---|-----------------------------|------------------------------|--------|----------------------------|------------|
|                                 | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>109</sup> |  | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |                             | Límite de Detección (mg/L)   |        |                            |            |
|                                 | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                         | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos)   | Salud Humana <sup>110</sup> | Vida Acuática <sup>111</sup> |        |                            |            |
| TDS (mg/L)                      | 1000   | -  | 500   | -                           | -                            | -      | 1697                       |            |
| ORP (mV)                        | -  | -  | -   | -                           | -                            | -      | 547                        |            |
| OD (mg/L)                       | ≥ 6  | ≥ 4  | ≥ 5   | -                           | -                            | -      | 5.3                        |            |
| Salinidad (PSU)                 | -  | -  | -   | -                           | -                            | -      | 1.8                        |            |
| Temperatura (°C)                | -  | -  | -   | -                           | -                            | -      | 12.9                       |            |
| pH                              | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 8.5                                  | 6.5 - 8.5   | 5.0 - 9.0                   | 6.5 - 9.0                    | -      | 2.4                        |            |
| Conductividad Eléctrica (µS/cm) | 1500   | < 2000                                     | -   | -                           | -                            | -      | 3373                       |            |
| Aluminio                        | 0.2  | 5  | -   | -                           | 0.75                         | 0.025  | 12                         |            |
| Antimonio                       | 0.006  | -  | -   | -                           | -                            | 0.0001 | 0.0064                     |            |
| Arsénico                        | 0.01   | 0.05                                       | 0.01  | 0.000018                    | 0.34                         | 0.001  | 0.37                       |            |
| Bario                           | 0.7  | 0.7  | 0.7   | 1                           | -                            | 0.0025 | < 0.0025                   |            |
| Berilio                         | 0.004  | 0.1  | -   | -                           | -                            | 0.0001 | 0.00047                    |            |
| Boro                            | 0.5  | 0.5 - 6                                    | -   | -                           | -                            | 0.05   | 0.059                      |            |
| Cadmio                          | 0.003  | 0.005                                      | 0.004   | -                           | 0.0018                       | 0.0001 | 0.076                      |            |
| Cobalto                         | -  | 0.05                                       | -   | -                           | -                            | 0.001  | 0.0096                     |            |
| Cobre                           | 2  | 0.2  | 0.02  | -                           | -                            | 0.01   | 2.5                        |            |
| Cromo                           | 0.05   | -  | -   | 1.3                         | -                            | 0.005  | 0.0065                     |            |
| Estaño                          | -  | -  | -   | -                           | -                            | 0.01   | < 0.01                     |            |



| Parámetro (metales en mg/L) | Estándares de Calidad Ambiental  |  |   |                             |                              | Límite de Detección (mg/L) | 31/07/2019 |
|-----------------------------|--|--|---|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|
|                             | Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM <sup>109</sup> |  | Criterios de calidad del agua recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |                             |                              |                            |            |
|                             | Poblacional y Recreacional (que puede ser potabilizada con desinfección)                         | Riego de Vegetales y/o Bebidas de Animales | Conservación del ambiente Acuático (Lagos y/o Ríos)   | Salud Humana <sup>110</sup> | Vida Acuática <sup>111</sup> |                            |            |
| Hierro                      | 0.3  | 1  | -   | 0.3                         | -                            | 0.025                      | 130        |
| Manganeso                   | 0.1  | 0.2  | -   | 0.05                        | -                            | 0.0025                     | 15         |
| Mercurio                    | 0.001  | 0.001                                      | 0.0001  | -                           | 0.0014                       | 0.0005                     | < 0.0005   |
| Molibdeno                   | -  | -  | -   | -                           | -                            | 0.001                      | < 0.001    |
| Níquel                      | 0.02   | 0.2  | 0.025   | 0.61                        | -                            | 0.001                      | 0.02       |
| Plomo                       | 0.01   | 0.05                                       | 0.001   | -                           | 0.065                        | 0.001                      | 0.081      |
| Selenio                     | 0.01   | 0.05                                       | -   | -                           | -                            | 0.001                      | < 0.001    |
| Talio                       | -  | -  | -   | -                           | -                            | 0.0001                     | 0.032      |
| Vanadio                     | 0.1  | -  | -   | -                           | -                            | 0.001                      | 0.002      |
| Zinc                        | 3  | 2  | 0.03  | 7.4                         | 0.12                         | 0.025                      | 36         |

109 MINAM, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S N° 002-2008-MINAM. [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

110 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>

111 US EPA, 2019. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

# 5. Suelo

Los contaminantes liberados por los residuos mineros, pueden llegar al suelo circundante a través de diferentes procesos, incluyendo el transporte de metales arrastrados por escorrentías superficiales de agua, así como por la erosión del viento o la operación de los residuos.

En este estudio, SOURCE INTERNACIONAL evaluó las condiciones de calidad de suelo de usos recreativo (parques) y agrícola tanto dentro como fuera de Cerro de Pasco, los cuales permiten identificar rutas potenciales de exposición a los metales<sup>112</sup>. El propósito de analizar los suelos de uso recreativo, fue de conocer las condiciones actuales de suelo al que pueden estar expuestos los niños que juegan en parques infantiles y patios de instalaciones educativas. El muestreo de suelo agrícola (de pastizales), se realizó con el fin de evaluar potenciales escenarios de riesgo para la salud de las personas, a través de la acumulación de metales pesados a lo largo de la cadena trófica (suelo-plantas-animales).

## 5.1. Metodología

SOURCE INTERNACIONAL recolectó muestras de suelo en cinco puntos alrededor de Cerro de Pasco; suelo de uso recreativo en Paragsha y Champamarca, y suelo agrícola (de pastizales) en la microcuenca del río Ragra y subcuenca del río Tingo. Adicionalmente se recolectaron tres muestras de suelo recreativo y agrícola de referencia en los alrededores de la capital del distrito de Carhuamayo. La Tabla 18 resume los puntos de muestreo los cuales se presentan en la Figura 7 y Figura 8.

**Tabla 18. Puntos de muestreo de suelo.**

| Uso        | Muestra | Localidad                        | Descripción   |
|------------|---------|----------------------------------|---|
| Recreativo | S1      | C.P. de Paragsha                 | Parque municipal infantil en Calle Huancavelica.                |
|            | S2      | Comunidad Urbana de Champamarca  | Patio de la Institución Educativa No. 34037.                    |
|            | CM3     | Distrito de Carhuamayo           | Patio de la Escuela Técnica Estatal de Menores No. 30573.       |
| Agrícola   | S3      | Subcuenca del río Tingo          | Pastizales gradiente abajo de Rumiallana.                       |
|            | S4      | Microcuenca del río Ragra        | Pastizales agua arriba de la localidad y puente de Yurajhuanca. |
|            | S5      | Microcuenca del río Ragra        | Pastizales entre relavera Ocroyoc y localidad de Quiulacocha    |
|            | CM1     | Sector de Tacta, Carhuamayo      | Suelo agrícola para la siembra de maca.                         |
|            | CM2     | Sector de Chalipaico, Carhuamayo | Pastizales ricos en materia orgánica.                           |

El muestreo de suelo se llevó a cabo en general concordancia con la “Guía para el Muestreo de Suelos” del MINAM<sup>113</sup>. Para ello, SOURCE INTERNACIONAL recolectó muestras superficiales compuestas de hasta una profundidad de 20 cm. Se utilizó una espátula de acero inoxidable, la cual fue descontaminada después de cada muestreo con una solución diluida de bicarbonato de sodio y agua de mesa.

Los datos de cada punto de muestreo se registraron en hojas de campo, antes de digitalizarse en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Las coordenadas se registraron con un GPS portátil (modelo de marca GARMIN eTrex 10) y se ingresaron en imágenes aéreas de Google Earth.

112 MINAM, 2015. Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/GUIA-ERSA-ALTA.compressed.pdf>

113 MINAM, 2014. Guía para el Muestreo de Suelos. [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)



Las muestras se almacenaron en bolsas nuevas de polietileno, debidamente etiquetadas y refrigeradas hasta su transporte. Las mismas fueron enviadas a un laboratorio acreditado en Italia, para el análisis de metales en suelo a través del método ICP-MS<sup>114</sup>.

## 5.2. Resultados

La Tabla 19 y Tabla 20 nos dan el resumen los resultados de los análisis de metales en muestras de suelo de uso recreativo y agrícola (pastizales), respectivamente; así como su comparación con valores de referencia nacionales (ECA<sup>115</sup>) y Canadienses<sup>116</sup>, estos últimos en ausencia de estándares nacionales.

Figura 7. Puntos de muestreo de suelo recreativo en Carhuamayo y Cerro de Pasco (parques).



114 US EPA, 2014. Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Revision 2. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/6020b.pdf>

115 MINAM, 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

116 CCME, 2019. Canada Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html>





Figura 8. Puntos de muestreo de suelo agrícola (pastizales)





Tabla 19. Concentraciones de metales en muestras de suelo recreativo (parques).

| Fecha de Muestreo | Estándares de Calidad Ambiental |  |   | Límite de Detección (mg/kg) | 29/08/2019 |       |      | 29/08/2019 |    |     |
|-------------------|---------------------------------|--|---|-----------------------------|------------|-------|------|------------|----|-----|
|                   | Muestra                         | ECA para Suelo D.S. N° 011-2017-MINAM (Parques) <sup>117</sup> | Guías de calidad del suelo de Canadá para la protección de la salud ambiental y humana (Parques) <sup>118</sup> |                             | S1         | S2    | CM3  | S1         | S2 | CM3 |
| Metal             |                                 |  |   |                             |            |       |      |            |    |     |
| mg/kg (peso seco) |                                 |  |   |                             |            |       |      |            |    |     |
| Aluminio          | -                               | -  | -   | 25                          | 30488      | -     | 6212 | 13906      | -  | -   |
| Antimonio         | -                               | 20   | 20  | 0.1                         | 16         | 20.3  | 0.5  | 20.3       | -  | -   |
| Arsénico          | 50                              | 12   | 12  | 0.5                         | 80         | 147   | 6    | 147        | -  | -   |
| Bario             | 500                             | 500  | 500   | 25                          | 171        | 127   | 88   | 127        | -  | -   |
| Berilio           | -                               | 4  | 4   | 0.1                         | 1.0        | 0.8   | 0.18 | 0.8        | -  | -   |
| Boro              | -                               | -  | -   | 100                         | <100       | <100  | <100 | <100       | -  | -   |
| Cadmio            | 10                              | 10   | 10  | 0.1                         | 0.9        | 5.9   | 0.26 | 5.9        | -  | -   |
| Cobalto           | -                               | 50   | 50  | 1                           | 2.1        | 7.8   | <1   | 7.8        | -  | -   |
| Cobre             | -                               | 63   | 63  | 10                          | 110        | 72    | 11   | 72         | -  | -   |
| Cromo             | 400                             | 64   | 64  | 10                          | 15         | <10   | <10  | <10        | -  | -   |
| Estaño            | -                               | 50   | 50  | 0.1                         | 2.8        | 3.1   | 0.62 | 3.1        | -  | -   |
| Hierro            | -                               | -  | -   | 25                          | 23171      | 42188 | 5000 | 42188      | -  | -   |
| Manganeso         | -                               | -  | -   | 25                          | 280        | 3125  | 258  | 3125       | -  | -   |
| Mercurio          | 6.6                             | 6.6  | 6.6   | 0.5                         | 1.0        | <0.5  | <0.5 | <0.5       | -  | -   |
| Molibdeno         | -                               | 10   | 10  | 10                          | <10        | <10   | <10  | <10        | -  | -   |
| Níquel            | -                               | 45   | 45  | 10                          | <10        | 16    | <10  | 16         | -  | -   |
| Plomo             | 140                             | 140  | 140   | 10                          | 317        | 625   | 18   | 625        | -  | -   |
| Selenio           | -                               | 1  | 1   | 0.5                         | 1.6        | 1.1   | <0.5 | 1.1        | -  | -   |
| Talio             | -                               | 1  | 1   | 0.025                       | 1.2        | 3.0   | 0.07 | 3.0        | -  | -   |
| Vanadio           | -                               | 130  | 130   | 1                           | 27         | 27    | 7.4  | 27         | -  | -   |
| Zinc              | -                               | 250  | 250   | 10                          | 220        | 1875  | 59   | 1875       | -  | -   |

117 MINAM, 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017. <https://sina.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

118 CCME, 2019. Canada Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. <http://st-ts.ccmec.ca/env/index.html>



Tabla 20. Concentraciones de metales en muestras de suelo agrícola (pastizales)

| Fecha de Muestra | Estándares de Calidad Ambiental                                |  | Límite de Detección (mg/kg) | 29/08/2019 |       | 29/08/2019 |       | 29/08/2019 |    | 29/08/2019 |    |     |
|------------------|--|--|-----------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|----|------------|----|-----|
|                  | ECA para Suelo D.S. N°011-2017-MINAM (Agrícola) <sup>119</sup> | Guías de calidad del suelo de Canadá para la protección de la salud ambiental y humana (Agrícola) <sup>120</sup> |                             | S3         | S4    | S5         | CM1   | CM2        | S3 | S4         | S5 | CM1 |
| Aluminio         | -  | -  | 25                          | 18293      | 23333 | 15102      | 43902 | 1772       |    |            |    |     |
| Antimonio        | -  | 20   | 0.1                         | 16         | 33    | 102        | 4.1   | 2.5        |    |            |    |     |
| Arsénico         | 50   | 12   | 0.5                         | 122        | 145   | 593        | 27    | 16         |    |            |    |     |
| Bario            | 750  | 750  | 25                          | 415        | 167   | 259        | 244   | <25        |    |            |    |     |
| Berilio          | -  | 4  | 0.1                         | 1.1        | 1.0   | 0.8        | 0.8   | 0.6        |    |            |    |     |
| Boro             | -  | 2  | 100                         | <100       | <100  | <100       | <100  | <100       |    |            |    |     |
| Cadmio           | 1.4  | 1.4  | 0.1                         | 11         | 2.8   | 23         | 1.0   | 1.1        |    |            |    |     |
| Cobalto          | -  | 40   | 1                           | 10         | 7.7   | 6.5        | 16    | 5.2        |    |            |    |     |
| Cobre            | -  | 63   | 10                          | 171        | 102   | 766        | 45    | 27         |    |            |    |     |
| Cromo            | NA   | 64   | 10                          | 17         | 20    | 16         | 43    | 22         |    |            |    |     |
| Estañio          | -  | 5  | 0.1                         | 1.7        | 4.2   | 9.7        | 1.3   | 1.3        |    |            |    |     |
| Hierro           | -  | -  | 25                          | 41463      | 46667 | 72276      | 47561 | 1392       |    |            |    |     |
| Manganeso        | -  | -  | 25                          | 2317       | 3000  | 4315       | 1951  | 73         |    |            |    |     |
| Mercurio         | 6.6  | 6.6  | 0.5                         | 1.6        | 3.5   | 49         | 1.5   | <0.5       |    |            |    |     |
| Molibdeno        | -  | 5  | 10                          | <10        | <10   | <10        | <10   | <10        |    |            |    |     |
| Níquel           | -  | 45   | 10                          | 21         | <10   | 14         | 24    | 13         |    |            |    |     |
| Plomo            | 70   | 70   | 10                          | 2073       | 717   | 2697       | 117   | 101        |    |            |    |     |
| Selenio          | -  | 1  | 0.5                         | 1.6        | 1.5   | 2.2        | 0.9   | 0.9        |    |            |    |     |
| Talio            | -  | 1  | 0.025                       | 2.1        | 2.7   | 7.8        | 0.4   | 0.3        |    |            |    |     |
| Vanadio          | -  | 130  | 1                           | 29         | 37    | 29         | 89    | 28         |    |            |    |     |
| Zinc             | -  | 250  | 10                          | 3659       | 1267  | 6472       | 329   | 203        |    |            |    |     |

119 MINAM, 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

120 CCME, 2019. Canada Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. <http://st-ts.ccrme.ca/en/index.html>





### 5.2.1. Suelo Recreativo (Parques)

Los análisis de metales en suelo de uso recreativo, muestran que hay 34 veces más plomo, 26 veces más arsénico y 23 veces más cadmio en el **patio escolar de la Institución Educativa No. 34037 en Champamarca** (muestra S2) que en el patio de Escuela Técnica Estatal de Menores No. 30573 en Carhuamayo (muestra CM3), [Figura 7](#). Además, los niveles de plomo en la escuela de Champamarca superan 4 veces el ECA para suelo, mientras que el nivel de arsénico lo es 3 veces mayor (ver [Tabla 19](#)). Adicionalmente se midieron niveles de mercurio 5 veces mayor y niveles de cromo dos veces mayor que en Carhuamayo.

En la muestra de suelo del **parque infantil en Calle Huancavelica de Paragsha** ([Figura 7](#)) se encontró que había 17 veces más plomo, 14 veces arsénico y 7 veces más mercurio que en el patio de la escuela en Carhuamayo. Además, los niveles de arsénico y de plomo en el parque de Paragsha doblaron los niveles ECA establecidos para suelo en parques en ambos parámetros. Adicionalmente, en el parque infantil en Calle Huancavelica de Paragsha se midieron niveles de cadmio 3 veces mayor, y niveles de cromo dos veces mayor que en Carhuamayo.

Los resultados de la evaluación de la calidad del suelo realizada por el proyecto El Mantaro Revive de Huancayo, en coordinación con el Centro Labor en diciembre de 2011, también habían mostrado niveles de plomo y arsénico muy por encima de los ECA para suelos en el parque infantil de la Calle Huancavelica, así como en el estadio de fútbol, al pie de la iglesia y costado del Colegio Horacio Zevallos en Paragsha<sup>121</sup> ([Figura 7](#)). Por su parte, el reciente informe final del D.S. 020-2017-SA, que declaró en Emergencia Sanitaria a los distritos de Simón Bolívar y Chaupimarca en Cerro de Pasco el 2017, reveló que también se habían encontrado elevados niveles de plomo y arsénico por encima de los ECA en el Estadio Municipal de Paragsha en agosto de 2017<sup>122</sup>.

Adicionalmente, los análisis de suelo del presente estudio mostraron haber 32 veces más zinc y 12 veces más manganeso, **en suelos de uso recreativo en Champamarca** en comparación con Carhuamayo. Además el zinc superó en más de 8 veces el nivel recomendado por los estándares de calidad ambiental canadienses para parques ([Tabla 19](#)). Tanto en Champamarca como en Paragsha se encontraron también niveles de hierro y aluminio, muy superior a los niveles de la escuela en Carhuamayo.

Otros metales, cuyos niveles en **suelo recreativo en Champamarca y Paragsha** superan aquellos de Carhuamayo, incluyen antimonio, talio y cobre. Todos estos por encima de los estándares de calidad ambiental canadienses para parques. Ninguno de los metales superó los ECA para suelo o estándares canadienses en el patio de la escuela en Carhuamayo ([Tabla 19](#)).

### 5.2.2. Suelo Agrícola (Pastizales)

Los análisis de metales pesados en la **zona pastizales entre la relavera Ocroyoc y la localidad de Quiulacocha, microcuenca del Río Ragra** (muestra S5, [Figura 8](#)), presentaron 54 veces más mercurio, 27 más arsénico, 25 veces más plomo y 21 veces más cadmio que la media en suelos agrícolas de Carhuamayo (muestras CM1 y CM2). Además, se midió 39 veces más plomo, 16 veces más cadmio, 12 veces más arsénico y 7 veces más mercurio que lo establecido por los ECA para suelos agrícolas (ver [Tabla 20](#)).

En la misma microcuenca del Ragra, la muestra de **suelo agrícola en pastizales agua arriba de la localidad y puente de Yurajhuanca** (muestra S4, [Figura 8](#)) mostró niveles de arsénico y de plomo 7 veces mayor que en Carhuamayo, y más de 3 veces los niveles de mercurio y cadmio. Además, se midió 10 veces más plomo y más del doble de arsénico y cadmio que lo establecido por los ECA para suelos agrícolas. El reservorio de agua para consumo en la ciudad de Cerro de Pasco se encuentra a menos de 700 metros de las muestras S4

121 Centro de Cultura Popular LABOR, 2013. Análisis participativo de la calidad de suelos en poblaciones afectadas por la actividad minera en Pasco. [http://www.laborpasco.org.pe/images/stories/pdfs/\\_boletines/boletin36.pdf](http://www.laborpasco.org.pe/images/stories/pdfs/_boletines/boletin36.pdf)

122 DIRESA Pasco, 2017. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. 020-2017-SA y 029-2017-SA.



(suelo agrícola en pastizales agua arriba de la localidad y puente de Yurajhuanca) y S5 (zona pastizales entre la relavera Ocroyoc y la localidad de Quiulacocha, microcuenca del Río Ragra).

Las muestras de suelo de la Comunidad Campesina de Quiulacocha y de Yurajhuanca analizadas en 2011 en el marco del proyecto El Mantaro Revive con el Centro Labor, también habían mostrado niveles de metales pesados muy por encima de los ECA. Más adelante, en 2015, el OEFA había confirmado la presencia de niveles de arsénico, plomo, mercurio, cromo VI y cianuro libre por encima del ECA agrícola establecido<sup>123</sup>.

Por otro lado, en el **suelo agrícola de pastizales gradiente abajo de Rumiallana, en la subcuenca del Río Tingo** (muestra S3), se encontró 19 veces más plomo, 10 veces más cadmio, 6 veces más arsénico y el doble de mercurio que la media en suelo agrícola de Carhuamayo. Además, los niveles de plomo excedieron 30 veces los establecido por los ECA para suelo agrícola; 8 veces el cadmio y el doble de arsénico (Tabla 20).

Los niveles de zinc en suelo agrícola en los alrededores de Cerro de Pasco también superaron extensamente los niveles medio medidos en Carhuamayo; 24 veces en Quiulacocha, 14 veces en la subcuenca del Río Tingo, y 5 veces agua arriba de Yurajhuanca. Estos también excedieron los estándares en Canadá (en ausencia de ECA) para suelo agrícola, encontrándose en Quiulacocha niveles 26 veces por encima de lo establecido. Los niveles de manganeso y hierro también fueron superiores en Cerro de Pasco en relación con Carhuamayo.

Al igual que en las muestras de suelo en parques urbanos, los suelos agrícolas de pastizales en los alrededores de Cerro de Pasco poseen niveles de antimonio, cobre y talio muy superiores a la media en Carhuamayo y a los estándares de calidad ambiental canadienses para suelo agrícola. Se identificaron excedencias menores de plomo y zinc por encima de los estándares ambientales en suelos agrícolas de Carhuamayo (Tabla 20). También se encontraron niveles de aluminio y hierro comparativamente altos en suelos destinados al cultivo de la maca en el sector de Tacta (Figura 8); sin embargo, estos mostraron tener baja acidez (pH 6.5) lo cual limita la solubilidad y biodisponibilidad de dichos metales.



**Toma de muestras de suelo en las riberas del río Tingo para su envío a los laboratorios de Italia**

123 OEFA, 2015. Evaluación ambiental de la cuenca del río San Juan durante el año 2015. <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/123456789/89>



## 6. Aire

El monitoreo de aire tuvo por objetivo estimar la cantidad y calidad del polvo suspendido, a partir de mediciones continuas de concentraciones de material particulado (en Inglés, PM), así como del contenido de metales pesados presentes en dicho polvo.

SOURCE INTERNACIONAL llevó a cabo el monitoreo de aire entre el 25 de julio y el 8 de agosto en tres estaciones instaladas a lo largo de un transecto entre el botadero de Hanancocha y los stock piles al lado de *C.P. Paragsha (calle Huancavelica costado del Parque Infantil)*, y el botadero de Rumiallana (*asentamiento humano José Carlos Mariátegui sector 2*), como muestra la [Figura 9](#). También se instaló una estación de referencia en la localidad de San Juan, distrito de Yanacancha (*costado del monumento del reloj de campana*) y otra en la localidad de Carhuamayo (*Parroquia Santiago Apóstol, capital del distrito de Carhuamayo*).

La estación A2 – Paragsha se encuentra ubicada a aproximadamente 50 metros de la Estación de Vigilancia Ambiental CA-SB-01 del OEFA, en la Calle Huancavelica ([Figura 9](#)). La estación del OEFA está a unos 70 m del botadero Hanancocha que vienen procesando y reaprovechando la minera Volcan SAC. con su unidad Óxidos de Pasco; esta estación tiene por objeto medir la presunta afectación de la calidad del aire debido a actividades de remoción de material en la zona aledaña al parque infantil por parte de dicha Empresa<sup>124</sup>

### 6.1. Metodología

Para cuantificar las concentraciones de material particulado respirable PM<sub>10</sub> (partículas de tamaños inferiores a 10 micrones) en el aire, se usaron tres monitores de PM<sub>10</sub> portátiles marca AEROQUAL modelo S500. Estos instrumentos han sido probados por instituciones internacionales como la EPA de los Estados Unidos y el Departamento de Protección Ambiental de Nueva York.

Dada la disponibilidad de sólo tres monitores portátiles, uno de ellos permaneció en la estación A1- ***Rumiallana en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui sector 2 (costado de los stock piles)***, por aproximadamente dos semanas; mientras que los otros dos instrumentos midieron una semana en cada una de las restantes estaciones A2- ***José Carlos Mariátegui sector 2, (parte superior del campamento y colegio San Andrés)***, A3 -***Paragsha (calle Huancavelica costado del Parque Infantil)***, A4 – San Juan (***costado del monumento del reloj de campana***), y A5 – Carhuamayo (***Parroquia Santiago Apóstol, capital del distrito de Carhuamayo***). Los datos se registraron automáticamente en la memoria interna de cada instrumento a intervalos de 1 minuto. Las descargas de los mismos se realizaron diariamente durante las primeras horas de la mañana.

124 OEFA, 2019. Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco en junio de 2019.



Figura 9. Puntos de monitoreo de aire y polvo en Carhuamayo y Cerro de Pasco





Como las lecturas del sensor de PM de los monitores portátiles se calculan sobre las características ópticas de las partículas, fue necesario corregir “artefactos” producidos por la interferencia de la humedad presente durante horas de intensa niebla.

Para el análisis de metales pesados en el polvo, se utilizaron cinco bombas de aspiración (una por estación) marca GILIAM modelo GilAir Plus, conectada a un casete con un filtro de MCE (en inglés, Mixed Cellulose Ester) de 25 mm de diámetro a través de un tubo flexible. Estas bombas se usan generalmente para muestreo personal para determinar la concentración total de polvo a la que está expuesto un trabajador.

Las bombas fueron calibradas y los filtros etiquetados antes del inicio del período de monitoreo. El muestreo de partículas se realizó con un flujo de 1.2 a 2 litros por minuto durante ciclos de muestreo nominal de 24 horas. Los filtros se cambiaron diariamente durante las primeras horas de la mañana. Cada filtro se almacenó en una placa de Petri nueva y cerrada para evitar la contaminación de la muestra.

Los datos de cada estación se registraron en hojas de campo antes de digitalizarse en hojas de cálculo de Microsoft Excel en una computadora. Las coordenadas se registraron con un GPS portátil (modelo de marca GARMIN eTrex 10) y se ingresaron en imágenes aéreas de Google Earth.

Previo al análisis de metales pesados, se realizó una inspección visual de los 70 filtros y un análisis gravimétrico de los mismos. Se utilizó el Estándar Europeo 12341: 2014<sup>125</sup> para estimar la concentración de masa (gravimétrica) de partículas en el aire cuyo método se basa en pesar los filtros mediante una balanza. A través del peso de la masa de polvo del filtro y el flujo de aire muestreado, se obtiene una concentración de partículas suspendidas totales (en inglés, TSP) por metro cúbico de aire en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , incluyendo partículas superiores al  $\text{PM}_{10}$ . Los filtros fueron pesados por el personal de SOURCE INTERNATIONAL en los laboratorios PM TEN SRL en Génova, Italia.

El laboratorio acreditado WATER LIFE LAB, analizó el contenido de 13 metales en los filtros mediante la técnica de espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción (ICP-AES) siguiendo el Método NIOSH 7300<sup>126</sup>.



Miguel Madrid instala equipo de monitoreo de aire en José Carlos Mariátegui Sector 2

125 Asociación Española de Normalización (UNE), 2014. Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica  $\text{PM}_{10}$  o  $\text{PM}_{2.5}$  de la materia particulada en suspensión. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054246>

126 CDC, 2003. NIOSH 7300: Elementos (ICP), Tabla 2. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/7300-sp.pdf>

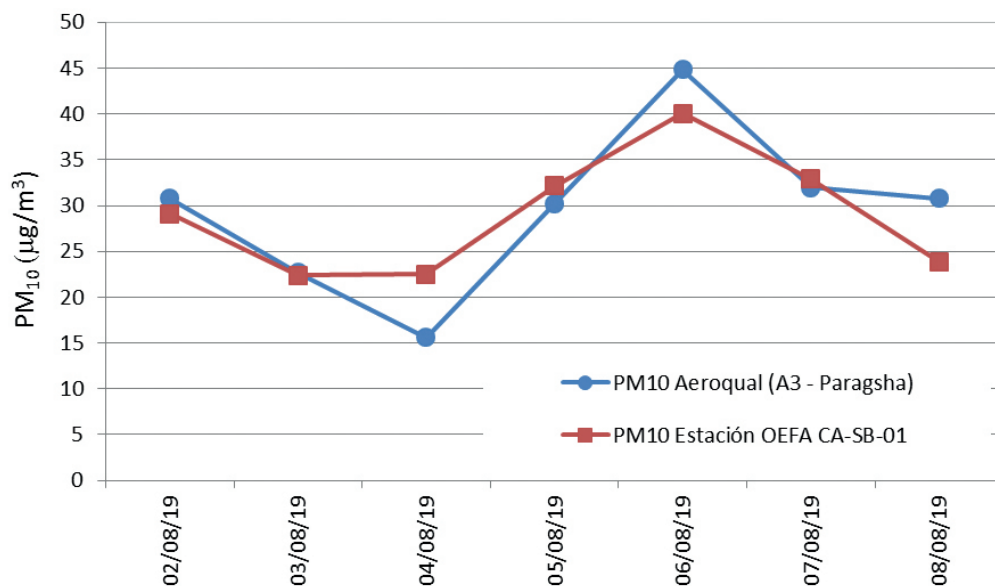


## 6.2. Resultados

### 6.2.1. Material Particulado

La Figura 10 muestra las concentraciones de  $PM_{10}$  medidas en la estación A3 – Paragsha (*calle Huancavelica costado del Parque Infantil*), junto a los resultados de la Estación del OEFA CA-SB-0 (Figura 9) durante el período de monitoreo obtenidas a través de su Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental<sup>127</sup>.

Figura 10. Concentraciones de  $PM_{10}$  en la Calle Huancavelica, Paragsha



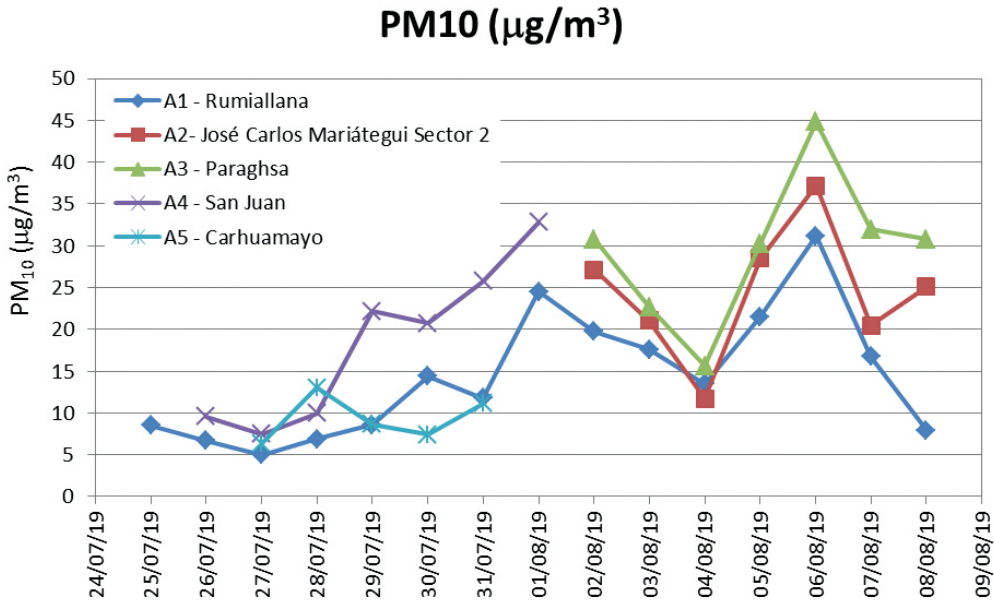
Las concentraciones de  $PM_{10}$  en A3 – Paragsha, mostraron una correlación positiva de 77% (grado de ajuste lineal) en relación con las concentraciones medidas en la estación OEFA CA-SB-01 durante el período de monitoreo.

La Figura 11, muestra las concentraciones de  $PM_{10}$  en las cinco estaciones de monitoreo de aire, incluyendo Carhuamayo. Entre las cuatro estaciones instaladas en Cerro de Pasco, las mayores concentraciones de material particulado se registraron entre el 5 y 6 de agosto, y luego entre el 1 y 2 de agosto. Estas concentraciones superan tres veces en magnitud a la concentración media de  $PM_{10}$  medida en Carhuamayo durante el período de monitoreo.

127 OEFA Vigilancia Ambiental. [http://fiscamb.oefa.gob.pe/vig\\_amb/](http://fiscamb.oefa.gob.pe/vig_amb/)



Figura 11. Concentraciones de PM<sub>10</sub> en todas las estaciones de monitoreo de aire.



Durante ambos eventos de nivel máximo de polvo suspendido, se registraron vientos predominantes del SSW y SW, respectivamente, y con velocidad media de 1 m/s (metros por segundo) según información obtenida del Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental del OEFA correspondiente a la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01. La Figura 12 muestra la ubicación de la estación A3 – Paragsha (calle Huancavelica costado del Parque Infantil) y la rosa de los vientos correspondiente a los períodos de mayor polvo (5-6 de agosto) proveniente de los stock piles que vienen reaprovechando la subsidiaria Óxidos de Pasco de la Minera Volcan SAC. Esto es consistente con observaciones contenidas en el informe del OEFA correspondiente al mes de Junio<sup>128</sup>.

Adicionalmente, se observó durante el monitoreo una aparente disminución en las concentraciones de PM<sub>10</sub> a lo largo del transecto a medida que las estaciones de medición se alejaban del botadero Hanancocha, estación A3 – Paragsha (calle Huancavelica costado del Parque Infantil). La Figura 13 muestra esta tendencia durante el período de monitoreo en Paragsha y cuyas mayores concentraciones se registraron el 6 de Agosto.

128 OEFA, 2019. Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco en junio de 2019.



Figura 12. Vientos en Paragsha durante eventos de mayor polvo suspendido

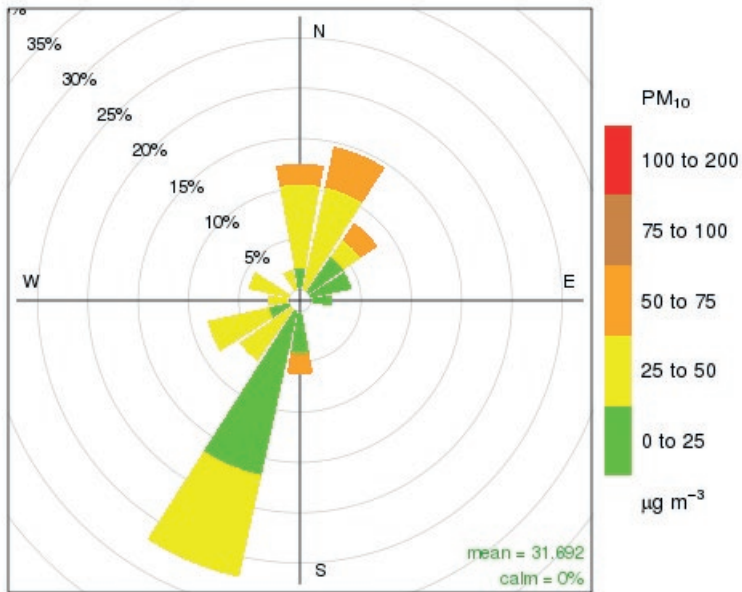
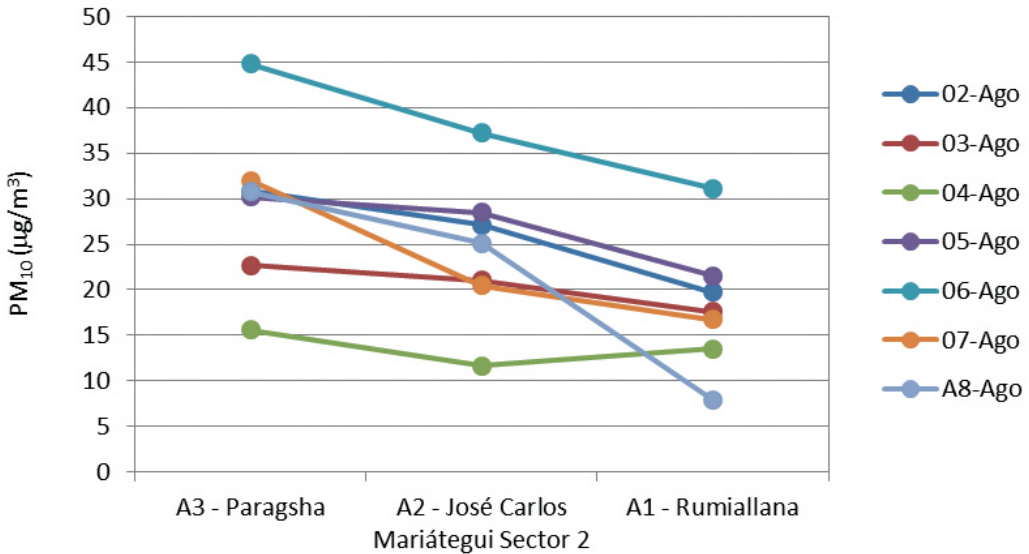






Figura 13. PM<sub>10</sub> entre Rumiallana y Paragsha.



Las mayores correlaciones entre las concentraciones de PM<sub>10</sub> y TSP (análisis gravimétrico de los filtros) se observaron en las estaciones de referencia A4 - *San Juan* (91%) y A5 - *Carhuamayo* (68%); mientras que en A2 - *José Carlos Mariátegui Sector 2*, A1 - *Rumiallana* y A3 - *Paragsha* se observó la menor correlación. Esto podría indicar la presencia de partículas más gruesas (mayores a 10 micrones) provenientes de la erosión de los botaderos de residuos mineros, los cuales podrían estar contribuyendo al polvo total en los alrededores de Rumiallana y Paragsha.

### 6.2.2. Metales Pesados

La [Tabla 21](#) muestra las concentraciones de metales pesados en las partículas suspendidas totales muestreadas en la estación A5 - *Carhuamayo* ([Figura 9](#)) durante el periodo de monitoreo. La mayoría de los metales se encontraron por debajo del nivel de detección (concentración mínima que puede medir el instrumento de laboratorio) a excepción de hierro, aluminio, estaño y zinc, las cuales se encontraron en trazas muy por debajo de los límites de exposición establecidos por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (en inglés, NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (en inglés, ACGIH)<sup>129</sup>.

La [Tabla 22](#) muestra las concentraciones de metales en las tres estaciones de la transecta A1-A2-A3 *entre Rumiallana y Paragsha* ([Figura 9](#)). También se muestran las concentraciones medias de los metales detectados en Carhuamayo a modo comparativo.

129 CDC, 2003. NIOSH 7300: Elementos (ICP), Tabla 2. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/7300-sp.pdf>



Se observa que, entre los metales tóxicos, solamente trazas de plomo y cromo se detectaron una vez; en Paragsha (A3) el día 28 de julio de 2019. No se detectó arsénico ni cadmio. Esto se compara con lo reportado en el  $PM_{10}$  de la Estación del OEFA CA-SB-0 para el período 24-28 Junio 2019<sup>130</sup>, cuyos valores se encontraron por debajo de sus respectivos valores establecidos en los estándares de la norma ambiental canadiense de referencia.

Similar a Carhuamayo, los análisis de muestras de polvo en la transecta A1-A2-A3 revelan el predominio de trazas de hierro, aluminio, estaño y zinc en el material particulado suspendido en las tres estaciones, aunque el aluminio y el zinc se detectaron en menos ocasiones en A3 - Paragsha en relación a las otras estaciones.

En esta transecta también se detectó la presencia de trazas de manganeso en las estaciones *Rumiallana* (A1) y en *José Carlos Mariátegui Sector 2* (A2), aunque no se identificó una tendencia espacial en las concentraciones de estos dos metales.

La [Tabla 23](#) muestra las concentraciones de metales en la estación A4 – *San Juan* ([Figura 9](#)). Esta estación mostró una distribución de metales similar a la de la estación A1 – *Rumiallana*. La mayor incidencia de manganeso y la detección de bario en ambas estaciones (28-29 de julio de 2019) podrían indicar que estas se encontraron influenciadas por una fuente común. Similar al resto de todas las otras estaciones, los análisis revelan el predominio de trazas de hierro, aluminio, estaño y zinc por debajo de los límites de exposición NIOSH/ACGIH.

En ninguna estación se observó correlación significativa entre niveles de metales y concentraciones de material particulado; sin embargo, se observó una correlación positiva del 85% entre los niveles de hierro y los niveles de manganeso en la estación A1 – *Rumiallana*.

---

130 OEFA. Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco en junio de 2019.



Tabla 21. Concentraciones de metales en el aire de Carhuamayayo.

| Metal<br>(µg/<br>m <sup>3</sup> ) | Fecha de<br>Muestreo | Límites de<br>Exposición <sup>131</sup> |       | P61      | P62      | P63      | P64      | P65      | P67      | P68      | P69      | P70      | P71      | P72      | P73      |
|-----------------------------------|----------------------|---|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                   |                      | NIOSH                                   | ACGIH |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Aluminio                          |                      | 1000                                    | 10000 | < 0.5494 | < 0.8796 | < 0.5054 | < 0.5906 | 0.886    | 1.683    | < 0.2814 | 0.491    | 0.473    | 0.92     | 0.439    | 0.727    |
| Arsénico                          |                      | 2                                       | 10    | < 0.2197 | < 0.3519 | < 0.2021 | < 0.2363 | < 0.2013 | < 0.1190 | < 0.1125 | < 0.1692 | < 0.1125 | < 0.1859 | < 0.1203 | < 0.1145 |
| Bario                             |                      | 500                                     | 500   | < 0.5494 | < 0.8796 | < 0.5054 | < 0.5906 | < 0.5032 | < 0.2974 | < 0.2814 | < 0.4231 | < 0.2814 | < 0.4647 | < 0.3007 | < 0.2862 |
| Cadmio                            |                      | ND                                      | 10    | < 0.0549 | < 0.0880 | < 0.0505 | < 0.0591 | < 0.0503 | < 0.0297 | < 0.0281 | < 0.0423 | < 0.0281 | < 0.0465 | < 0.0301 | < 0.0286 |
| Cobalto                           |                      | 50                                      | 20    | < 0.1099 | < 0.1759 | < 0.1011 | < 0.1181 | >        | >        | >        | >        | >        | >        | >        | >        |
| Cromo                             |                      | 500                                     | 500   | < 0.1099 | < 0.1759 | < 0.1011 | < 0.1181 | < 0.1006 | < 0.0595 | < 0.0563 | < 0.0846 | < 0.0563 | < 0.0929 | < 0.0601 | < 0.0572 |
| Manganeso                         |                      | 1000                                    | 5000  | < 0.2197 | < 0.3519 | < 0.2021 | < 0.2363 | < 0.2013 | < 0.1190 | < 0.1125 | < 0.1692 | < 0.1125 | < 0.1859 | < 0.1203 | < 0.1145 |
| Níquel                            |                      | 15                                      | 100   | < 0.1099 | < 0.1759 | < 0.1011 | < 0.1181 | < 0.1006 | < 0.0595 | < 0.0563 | < 0.0846 | < 0.0563 | < 0.0929 | < 0.0601 | < 0.0572 |
| Hierro                            |                      | 5000                                    | 5000  | < 0.2747 | < 0.4398 | 0.364    | 0.52     | 0.614    | 0.637    | 0.1913   | 0.626    | 0.507    | 1.097    | 0.493    | 0.87     |
| Zinc                              |                      | ND                                      | ND    | < 0.2197 | < 0.3519 | < 0.2021 | < 0.2363 | < 0.2013 | 0.119    | < 0.1125 | < 0.1692 | < 0.1125 | 0.1859   | < 0.1203 | < 0.1145 |
| Plomo                             |                      | 50                                      | 50    | < 0.2197 | < 0.3519 | < 0.2021 | < 0.2363 | < 0.2013 | < 0.1190 | < 0.1125 | < 0.1692 | < 0.1125 | < 0.1859 | < 0.1203 | < 0.1145 |
| Cobre                             |                      | 1000                                    | 1000  | < 0.1099 | < 0.1759 | < 0.1011 | < 0.1181 | < 0.1006 | < 0.0595 | < 0.0563 | < 0.0846 | < 0.0563 | < 0.0929 | < 0.0601 | < 0.0572 |
| Estañio                           |                      | 2000                                    | 2000  | 0.231    | 0.387    | 0.233    | 0.307    | 0.221    | 0.0892   | 0.1125   | 0.1777   | 0.1238   | 0.1952   | 0.1143   | 0.1259   |

131 CDC, 2003. NIOSH 7300: Elementos (ICP), Tabla 2. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/7300-sp.pdf>



Tabla 22. Concentraciones de metales en el aire entre Rumiallana y Paragsha.

| Metal     | Fecha de Muestreo | Límites de Exposición <sup>132</sup> |             | A1 - Rumiallana |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |                   | No. de Filtro                        | Carhua-mayo | NIOSH           | ACGIH    | P1       | P2       | P3       | P4       | P5       | P6       | P7       | P8       | P9       | P10      | P11      | P12      | P13      | P14      |
| Aluminio  | 0.8               | 10000                                | 10000       | >               | > 0.2505 | 0.25     | 0.275    | < 0.2378 | > 0.5365 | 0.301    | 0.247    | 0.309    | 0.365    | 0.369    | 0.396    | 0.457    | 0.596    | 0.377    | 0.853    |
| Arsénico  | < 0.35            | 2                                    | 10          | >               | < 0.1002 | < 0.0910 | < 0.0948 | < 0.0951 | < 0.2146 | < 0.0942 | < 0.0951 | < 0.0923 | < 0.0936 | < 0.0946 | < 0.0932 | < 0.0923 | < 0.0945 | < 0.0932 | < 0.0932 |
| Barro     | < 0.88            | 500                                  | 500         | >               | > 0.2505 | < 0.2274 | < 0.2370 | < 0.2378 | 1.1159   | < 0.2354 | < 0.2379 | < 0.2307 | < 0.2341 | < 0.2364 | < 0.2329 | < 0.2307 | < 0.2363 | < 0.2329 | < 0.2330 |
| Cadmio    | < 0.09            | ND                                   | 10          | >               | < 0.0251 | < 0.0227 | < 0.0237 | < 0.0238 | < 0.0536 | < 0.0235 | < 0.0238 | < 0.0231 | < 0.0234 | < 0.0236 | < 0.0233 | < 0.0231 | >        | < 0.0233 | < 0.0233 |
| Cobalto   | < 0.18            | 50                                   | 20          | >               | < 0.0501 | < 0.0455 | < 0.0474 | < 0.0476 | < 0.1073 | < 0.0471 | < 0.0476 | < 0.0461 | < 0.0468 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0461 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0466 |
| Cromo     | < 0.18            | 500                                  | 500         | >               | < 0.0501 | < 0.0455 | < 0.0474 | < 0.0476 | < 0.1073 | < 0.0471 | < 0.0476 | < 0.0461 | < 0.0468 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0461 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0466 |
| Manganeso | < 0.35            | 1000                                 | 5000        | >               | < 0.1002 | < 0.0910 | < 0.0948 | 0.1427   | < 0.2146 | < 0.0942 | < 0.0951 | 0.1108   | 0.103    | < 0.0946 | 0.1164   | 0.1431   | 0.1843   | < 0.0932 | 0.0932   |
| Níquel    | < 0.18            | 15                                   | 100         | >               | < 0.0501 | < 0.0455 | < 0.0474 | < 0.0476 | < 0.1073 | < 0.0471 | < 0.0476 | < 0.0461 | < 0.0468 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0461 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0466 |
| Hierro    | 0.59              | 5000                                 | 5000        | 0.601           | 0.641    | 0.641    | 0.749    | 1.203    | 0.891    | 1.224    | 0.985    | 1.186    | 1.185    | 0.823    | 1.197    | 1.504    | 1.957    | 0.894    | 1.025    |
| Zinc      | 0.15              | ND                                   | ND          | < 0.1002        | < 0.0910 | < 0.0910 | 0.1327   | 0.1759   | < 0.2146 | 0.1224   | 0.1475   | 0.1246   | 0.1264   | < 0.0946 | 0.1444   | 0.1707   | 0.2174   | 0.149    | 0.1165   |
| Plomo     | < 0.35            | 50                                   | 50          | >               | < 0.1002 | < 0.0910 | < 0.0948 | < 0.0951 | < 0.2146 | < 0.0942 | < 0.0951 | < 0.0923 | < 0.0936 | < 0.0946 | < 0.0932 | < 0.0923 | < 0.0945 | < 0.0932 | < 0.0932 |
| Cobre     | < 0.18            | 1000                                 | 1000        | >               | < 0.0501 | < 0.0455 | < 0.0474 | < 0.0476 | >        | < 0.0471 | < 0.0476 | < 0.0461 | < 0.0468 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0461 | < 0.0473 | < 0.0466 | < 0.0466 |
| Estaño    | 0.19              | 2000                                 | 2000        | >               | < 0.0501 | < 0.0455 | 0.0569   | 0.0999   | 0.3      | 0.0895   | 0.0761   | 0.0831   | 0.0796   | 0.0662   | 0.0699   | 0.0646   | 0.0662   | 0.0699   | 0.0885   |



| Metal     | Fecha de Muestreo | Límites de Exposición <sup>132</sup> |             | A2 - José Carlos Mariátegui Sector 2 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |     |     |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|
|           |                   | No. de Filtro                        | Carhua-mayo | NIOSH                                | ACGIH   | P16     | P17     | P18     | P19     | P20     | P21     | P22     | P23     | P24     | P25     | P26     | P27     | P28     | P29 | P30 |
| Aluminio  | 0.8               | 10000                                | 10000       | 0.447                                | 1.312   | 0.534   | 0.435   | 0.253   | 0.32    | 0.262   | 0.374   | 0.333   | 0.284   | 0.317   | 1.648   | 3.87    | 0.282   | 0.257   |     |     |
| Arsénico  | <0.35             | 2                                    | 10          | <0.0932                              | <0.1131 | <0.0937 | <0.0966 | <0.0936 | <0.0941 | <0.0953 | <0.0923 | <0.0939 | <0.0946 | <0.0931 | <0.0920 | <0.0940 | <0.0941 | <0.0935 |     |     |
| Bario     | <0.88             | 500                                  | 500         | >0.2330                              | >0.2826 | >0.2343 | >0.2414 | >0.2340 | >0.2352 | >0.2382 | >0.2308 | >0.2347 | >0.2365 | >0.2328 | >0.2301 | >0.2351 | >0.2352 | >0.2336 |     |     |
| Cadmio    | <0.09             | ND                                   | 10          | >0.0233                              | >0.0283 | >0.0234 | >0.0241 | >0.0234 | >0.0235 | >0.0238 | >0.0231 | >0.0235 | >0.0237 | >0.0233 | >0.0230 | >0.0235 | >0.0235 | >0.0234 |     |     |
| Cobalto   | <0.18             | 50                                   | 20          | <0.0466                              | <0.0565 | <0.0469 | <0.0483 | <0.0468 | <0.0470 | <0.0476 | <0.0462 | <0.0469 | <0.0473 | <0.0466 | <0.0460 | <0.0470 | <0.0470 | <0.0467 |     |     |
| Cromo     | <0.18             | 500                                  | 500         | <0.0466                              | <0.0565 | <0.0469 | <0.0483 | <0.0468 | <0.0470 | <0.0476 | <0.0462 | <0.0469 | <0.0473 | <0.0466 | <0.0460 | <0.0470 | <0.0470 | <0.0467 |     |     |
| Manganeso | <0.35             | 1000                                 | 5000        | <0.0932                              | <0.1131 | <0.0937 | 0.1545  | <0.0936 | <0.0941 | <0.0953 | 0.1016  | <0.0939 | <0.0946 | <0.0931 | <0.0920 | <0.0940 | <0.0941 | <0.0935 |     |     |
| Níquel    | <0.18             | 15                                   | 100         | <0.0466                              | <0.0565 | <0.0469 | <0.0483 | <0.0468 | <0.0470 | <0.0476 | <0.0462 | <0.0469 | <0.0473 | <0.0466 | <0.0460 | <0.0470 | <0.0470 | <0.0467 |     |     |
| Hierro    | 0.59              | 5000                                 | 5000        | 0.452                                | 0.656   | 0.553   | 1.526   | 0.777   | 0.927   | 1.267   | 1.644   | 1.024   | 0.691   | 0.885   | 1.068   | 1.335   | 0.564   | 0.654   |     |     |
| Zinc      | 0.15              | ND                                   | ND          | <0.0932                              | 0.1244  | <0.0937 | 0.1738  | 0.1217  | 0.1599  | 0.1     | 0.2124  | <0.0939 | <0.0946 | 0.1257  | 0.3774  | 0.221   | <0.0941 | 0.1355  |     |     |
| Plomo     | <0.35             | 50                                   | 50          | <0.0932                              | <0.1131 | <0.0937 | <0.0966 | <0.0936 | <0.0941 | <0.0953 | <0.0923 | <0.0939 | <0.0946 | <0.0931 | <0.0920 | <0.0940 | <0.0941 | <0.0935 |     |     |
| Cobre     | <0.18             | 1000                                 | 1000        | >0.0466                              | >0.0565 | >0.0469 | >0.0483 | >0.0468 | >0.0470 | >0.0476 | >0.0462 | >0.0469 | >0.0473 | >0.0466 | >0.0460 | >0.0470 | >0.0470 | >0.0467 |     |     |
| Estaño    | 0.19              | 2000                                 | 2000        | 0.0699                               | 0.0904  | 0.0609  | 0.0531  | 0.0655  | 0.0706  | 0.0762  | 0.0877  | 0.1174  | 0.1041  | 0.1397  | 0.0874  | 0.0893  | 0.1082  | 0.1028  |     |     |



**CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO**

Estudios Científicos

| Metal     | Fecha de Muestreo | Límites de Exposición <sup>132</sup> |            | A3 - Paragsha |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |                   | No. de Filtro                        | Carhuamayó | NIOSH         | ACGIH    | P31      | P32      | P33      | P34      | P35      | P36      | P37      | P38      | P39      | P40      | P41      | P42      |
| Aluminio  | 0.8               | 10000                                | 10000      | < 0.2363      | < 0.2333 | 0.287    | 0.378    | < 0.2354 | < 0.2385 | 0.267    | < 0.2326 | < 0.2366 | 0.285    | < 0.2291 | 0.323    | < 0.2446 | < 0.2336 |
| Arsénico  | < 0.35            | 2                                    | 10         | < 0.0945      | < 0.0933 | < 0.0972 | < 0.0933 | < 0.0942 | < 0.0954 | < 0.0921 | < 0.0930 | < 0.0947 | < 0.0935 | < 0.0917 | < 0.0909 | < 0.0978 | < 0.0935 |
| Bario     | < 0.88            | 500                                  | 500        | < 0.2363      | < 0.2333 | < 0.2430 | < 0.2332 | < 0.2354 | < 0.2385 | < 0.2302 | < 0.2326 | < 0.2366 | < 0.2336 | < 0.2291 | < 0.2273 | < 0.2446 | < 0.2336 |
| Cadmio    | < 0.09            | ND                                   | 10         | > 0.0236      | < 0.0233 | < 0.0243 | < 0.0233 | < 0.0235 | < 0.0239 | < 0.0230 | < 0.0233 | < 0.0237 | < 0.0234 | < 0.0229 | < 0.0227 | < 0.0245 | < 0.0234 |
| Cobalto   | < 0.18            | 50                                   | 20         | < 0.0473      | < 0.0467 | < 0.0486 | < 0.0466 | < 0.0471 | < 0.0477 | < 0.0460 | < 0.0465 | < 0.0473 | < 0.0467 | < 0.0458 | < 0.0455 | < 0.0489 | < 0.0467 |
| Cromo     | < 0.18            | 500                                  | 500        | < 0.0473      | < 0.0467 | 0.2187   | < 0.0466 | < 0.0471 | < 0.0477 | < 0.0460 | < 0.0465 | < 0.0473 | < 0.0467 | < 0.0458 | < 0.0455 | < 0.0489 | < 0.0467 |
| Manganeso | < 0.35            | 1000                                 | 5000       | > 0.0945      | < 0.0933 | < 0.0972 | < 0.0933 | < 0.0942 | < 0.0954 | < 0.0921 | < 0.0930 | < 0.0947 | 0.0935   | < 0.0917 | < 0.0909 | < 0.0978 | < 0.0935 |
| Niquel    | < 0.18            | 15                                   | 100        | < 0.0473      | < 0.0467 | < 0.0486 | < 0.0466 | < 0.0471 | < 0.0477 | < 0.0460 | < 0.0465 | < 0.0473 | < 0.0467 | < 0.0458 | < 0.0455 | < 0.0489 | < 0.0467 |
| Hierro    | 0.59              | 5000                                 | 5000       | 0.577         | 0.1633   | 1.011    | 0.527    | 0.287    | 0.1574   | 0.833    | 0.34     | 0.194    | 1.037    | 0.358    | 0.918    | 0.225    | 0.1869   |
| Zinc      | 0.15              | ND                                   | ND         | < 0.0945      | < 0.0933 | 0.1506   | 0.0933   | < 0.0942 | < 0.0954 | 0.0967   | < 0.0930 | < 0.0947 | 0.1168   | < 0.0917 | 0.1227   | < 0.0978 | < 0.0935 |
| Plomo     | < 0.35            | 50                                   | 50         | < 0.0945      | < 0.0933 | 0.797    | < 0.0933 | < 0.0942 | < 0.0954 | < 0.0921 | < 0.0930 | < 0.0947 | < 0.0935 | < 0.0917 | < 0.0909 | < 0.0978 | < 0.0935 |
| Cobre     | < 0.18            | 1000                                 | 1000       | < 0.0473      | < 0.0467 | < 0.0486 | < 0.0466 | < 0.0471 | < 0.0477 | < 0.0460 | < 0.0465 | < 0.0473 | < 0.0467 | < 0.0458 | < 0.0455 | < 0.0489 | < 0.0467 |
| Estaño    | 0.19              | 2000                                 | 2000       | 0.0662        | 0.0653   | 0.0875   | 0.0933   | 0.1083   | 0.0477   | 0.0645   | 0.0884   | 0.0947   | 0.0935   | 0.11     | 0.0818   | 0.1272   | 0.1075   |

132 CDC, 2003. NIOSH 7300: Elementos (ICP), Tabla 2. <https://www.cdc.gov/spanish/mosh/docs/pdfs/7300-sp.pdf>





Tabla 23. Concentraciones de metales en el aire de San Juan.

| Metal     | Fecha de Muestreo |                | Límites de Exposición <sup>83</sup> |          | Concentraciones (µg/m <sup>3</sup> ) |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|-------------------|----------------|-------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | No. de Filtro     | Carhua-de mayo | NIOSH                               | ACGIH    | P47                                  | P48      | P49      | P50      | P51      | P52      | P53      | P54      | P55      | P56      | P57      | P58      | P59      |
| Aluminio  | 0.8               | 10000          | 10000                               | 1.338    | 0.701                                | 0.309    | 0.406    | 0.352    | 0.416    | 0.559    | 0.598    | 0.487    | 0.389    | 0.386    | 2.67     | 0.598    | 0.484    |
| Arsénico  | < 0.35            | 2              | 10                                  | < 0.3717 | < 0.2191                             | < 0.1165 | < 0.1176 | < 0.1172 | < 0.1171 | < 0.1176 | < 0.1441 | < 0.1433 | < 0.1389 | < 0.1354 | < 0.1449 | < 0.1406 | < 0.1403 |
| Bario     | < 0.88            | 500            | 500                                 | < 0.9294 | < 0.5476                             | 0.4135   | < 0.2941 | < 0.2931 | < 0.2927 | < 0.2941 | < 0.3602 | < 0.3582 | < 0.3472 | < 0.3385 | < 0.3623 | < 0.3516 | < 0.3506 |
| Cadmio    | < 0.09            | ND             | 10                                  | < 0.0929 | < 0.0548                             | < 0.0291 | < 0.0294 | < 0.0293 | < 0.0293 | < 0.0294 | < 0.0360 | < 0.0358 | < 0.0347 | < 0.0339 | < 0.0362 | < 0.0352 | < 0.0351 |
| Cobalto   | < 0.18            | 50             | 20                                  | < 0.1859 | < 0.1095                             | < 0.0582 | < 0.0588 | < 0.0586 | < 0.0585 | < 0.0588 | < 0.0720 | < 0.0716 | < 0.0694 | < 0.0677 | < 0.0725 | < 0.0703 | < 0.0701 |
| Cromo     | < 0.18            | 500            | 500                                 | < 0.1859 | < 0.1095                             | < 0.0582 | < 0.0588 | < 0.0586 | < 0.0585 | < 0.0588 | < 0.0720 | < 0.0716 | < 0.0694 | < 0.0677 | < 0.0725 | < 0.0703 | < 0.0701 |
| Manganeso | < 0.35            | 1000           | 5000                                | < 0.3717 | < 0.2191                             | < 0.1165 | 0.1294   | < 0.1172 | 0.1464   | 0.1706   | 0.1729   | < 0.1433 | < 0.1389 | < 0.1354 | 0.1594   | < 0.1406 | < 0.1403 |
| Niquel    | < 0.18            | 15             | 100                                 | < 0.1859 | < 0.1095                             | < 0.0582 | < 0.0588 | < 0.0586 | < 0.0585 | < 0.0588 | < 0.0720 | < 0.0716 | < 0.0694 | < 0.0677 | < 0.0725 | < 0.0703 | < 0.0701 |
| Hierro    | 0.59              | 5000           | 5000                                | 0.781    | 3.88                                 | 0.804    | 1.288    | 0.873    | 1.423    | 1.971    | 1.787    | 0.659    | 1.104    | 1.137    | 1.732    | 1.273    | 1.311    |
| Zinc      | 0.15              | ND             | ND                                  | < 0.3717 | < 0.2191                             | 0.1456   | 0.1706   | < 0.1172 | 0.1932   | 0.2      | 0.2522   | 0.1504   | 0.1875   | 0.1422   | 0.2319   | 0.1758   | 0.2314   |
| Plomo     | < 0.35            | 50             | 50                                  | < 0.3717 | < 0.2191                             | < 0.1165 | < 0.1176 | < 0.1172 | < 0.1171 | < 0.1176 | < 0.1441 | < 0.1433 | < 0.1389 | < 0.1354 | < 0.1449 | < 0.1406 | < 0.1403 |
| Cobre     | < 0.18            | 1000           | 1000                                | < 0.1859 | < 0.1095                             | < 0.0582 | < 0.0588 | < 0.0586 | < 0.0585 | < 0.0588 | < 0.0720 | < 0.0716 | < 0.0694 | < 0.0677 | < 0.0725 | < 0.0703 | < 0.0701 |
| Estaño    | 0.19              | 2000           | 2000                                | 0.446    | 0.252                                | 0.1514   | 0.1      | 0.1114   | 0.1112   | 0.0941   | 0.1369   | 0.1361   | 0.1319   | 0.1083   | 0.1159   | 0.1758   | 0.1753   |

133 CDC, 2003. NIOSH 7300: Elementos (ICP), Tabla 2. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/7300-sp.pdf>

# 7. Alimento

La exposición a metales pesados por ingestión en seres humanos, no solamente se puede dar a través del consumo de agua o de la ingesta accidental de suelos impactados, en algunos casos es importante también investigar la contaminación de verduras y frutas para estimar la exposición por el consumo de alimentos<sup>134</sup>.

SOURCE INTERNATIONAL realizó varias encuestas a miembros de la comunidad de Paragsha (n = 10) que formaron parte del estudio poblacional con el fin de conocer qué tipo de alimentos locales consumen y con qué frecuencia. Los resultados del sondeo concluyeron que la mayoría de los alimentos vegetales provenía de otras regiones, a excepción de la papa la cual se cultiva en las laderas altas de los distritos de la provincia Daniel Alcides Carrión, la micro cuenca del Tingo, entre otras comunidades rurales y con poca influencia para el regadío del agua de río. Sin embargo, aunque con menor frecuencia, los encuestados también afirmaron consumir carne de ganado camélido (llamas y alpacas), ovina y bovina (vacuna) de las zonas de impacto directo e indirecto de la actividad extractiva minera.

Dada la alta probabilidad que tiene el ganado local de pastar en suelos contaminados o beber aguas contaminadas, es posible encontrar metales en los tejidos de estos animales<sup>135</sup>. Estudios anteriores han demostrado que las ovejas tienen la capacidad de ingerir altas concentraciones de metales pesados por día, especialmente durante el pastoreo en invierno<sup>136</sup>. Por otro lado, la carne de llama y de alpaca representa una fuente importante de proteína para una buena parte de la población en esta región.

## 7.1. Metodología

SOURCE INTERNATIONAL recolectó dos productos de tejido animal provenientes de las inmediaciones de Cerro de Pasco (de las zonas de pastoreo entre las comunidades de Yurajhuanca y Quiulacocho), y tres muestras de referencia cerca de Carhuamayo (comunidades cercanas a la capital del distrito), entre el 2 y el 9 de agosto de 2019. Las características de las muestras se describen en la Tabla 24.

Tabla 24. Plan de muestreo de tejido animal.

| Muestra | Tipo               | Recolección             | Origen                                       |
|---------|--------------------|-------------------------|--|
| XP1     | Músculo de llama   | Yurajhuanca (3-08-2019) | Río San Juan.                                |
| XP2     | Músculo de carnero | Quiulacocho (4-08-2019) | Laguna de Quiulacocho – ríos Ragra, San Juan |
| XC2     | Músculo de alpaca  | Carhuamayo (9-08-2019)  | Reserva Nacional de Junín                    |
| XC3     | Músculo de vaca    | Carhuamayo (9-08-2019)  | Reserva Nacional de Junín                    |
| XC1     | Hígado de carnero  | Carhuamayo (2-08-2019)  | Laguna Yanacocho.                            |

134 MINAM, 2015. Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/GUIA-ERSA-ALTA.compressed.pdf>

135 Health Canada, 2010. Supplemental Guidance on Human Health Risk Assessment for Country Foods. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/sc-hc/H128-1-11-641-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/sc-hc/H128-1-11-641-eng.pdf)

136 Smith, et al., 2009. The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in Mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil-metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19327816>

No fue posible tener acceso a características como la edad, género, peso, dieta o condiciones de salud de los animales. Las muestras de tejido fueron recolectadas en bolsas plásticas nuevas de polietileno, etiquetadas y refrigeradas. Las mismas fueron luego empaquetadas en bolsas de polietileno selladas al vacío en Lima para prevenir la entrada de aire durante el transporte.

Las muestras se transportaron y enviaron refrigeradas a un laboratorio acreditado en Italia el día 2 y recibidas el día 4 de septiembre de 2019, para el análisis de concentraciones de 21 metales pesados. El análisis se realizó por espectrometría de absorción atómica (en inglés, AAS) de acuerdo a la Decisión de la Comunidad Europea del 26/9/90: "Análisis para Residuos de alimentos-Criterios-Parte I: metales pesados y arsénico".

## 7.2. Resultados

La [Tabla 25](#) resume los resultados de los análisis de metales en muestras de tejido animal, así como su comparación con valores de referencia internacional.

Entre las tres muestras de Carhuamayo se detectaron cinco metales no esenciales: aluminio, bario, níquel, plomo y talio; siendo el aluminio el metal presente en mayor concentración en músculos de alpaca y de vaca que pastan cerca de la Reserva Nacional de Junín. No se detectaron metales no esenciales en la muestra de hígado, proveniente de carneros que pastan en los alrededores de la laguna Yanacocha en Carhuamayo.



Camélidos sudamericanos (llamas) alimentándose en áreas de pastoreo entre Yurajhuanca y Quiulacocha



Tabla 25. Concentraciones de metales en muestras de tejido animal.

| Lugar y Fecha de Recolección | Estándares de Calidad                     |   |  | Límite de Detección (mg/kg) | Yurajhuanca (3-08-2019)<br>XP1   | Quiulacochoa (4-08-2019)<br>XP2                         | Carhuamayo (9-08-2019)<br>XC2 | Carhuamayo (9-08-2019)<br>XC3 | Carhuamayo (2-08-2019)<br>XC1 |
|------------------------------|---|---|--|-----------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | Muestra                                   | Niveles máximos de China para contaminantes en alimentos <sup>139</sup> |  |                             |                                  |   |                               |                               |                               |
| Metal                        | FAO/OMS Codex Alimentarius <sup>137</sup> | Reglamento No. 1881/2006 de la Comisión Europea (CE) <sup>138</sup>     |  |                             | Músculo de llama                 | Músculo de camero                                       | Músculo de alpaca             | Músculo de vaca               | Hígado de camero              |
|                              | Carne de bovinos, porcinos y ovinos       | Carne de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral                       | Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos | Carne                       | Área de Impacto del río San Juan | Área de Impacto de la laguna de Quiulacochoa - San Juan | Reserva Nacional de Junín     | Reserva Nacional de Junín     | Laguna Yanacochoa             |
| mg/kg (peso seco)            |   |   |  |                             |                                  |   |                               |                               |                               |
| Aluminio                     |   |   |  |                             | 28                               | <25   | 45                            | 43                            | <25                           |
| Antimonio                    |   |   |  | 0.1                         | <0.1                             | <0.1  | <0.1                          | <0.1                          | <0.1                          |
| Arsénico                     |   | 0.5   |  | 1                           | <1                               | <1  | <1                            | <1                            | <1                            |
| Bario                        |   |   |  | 2.5                         | <2.5                             | <2.5  | 8                             | 12                            | <2.5                          |
| Berilio                      |   |   |  | 0.1                         | <0.1                             | <0.1  | <0.1                          | <0.1                          | <0.1                          |
| Boro                         |   |   |  | 50                          | <50                              | <50   | <50                           | <50                           | <50                           |
| Cadmio                       | 0.050                                     | 0.50  |  | 0.1                         | <0.1                             | <0.1  | <0.1                          | <0.1                          | <0.1                          |
| Cobalto                      |   |   |  | 1                           | <1                               | <1  | <1                            | <1                            | <1                            |
| Cobre                        |   |   |  | 1                           | 3.4                              | 7.8   | 10                            | 3.5                           | 1.8                           |
| Cromo                        |   | 1   |  | 5                           | <5                               | <5  | <5                            | <5                            | <5                            |
| Estafío                      |   |   |  | 1                           | <1                               | <1  | <1                            | <1                            | <1                            |
| Hierro                       |   |   |  | 20                          | 130                              | 600   | 460                           | 200                           | 99                            |
| Manganeso                    |   |   |  | 2.5                         | 3.3                              | <2.5  | 7.5                           | <2.5                          | <2.5                          |
| Mercurio                     |   | 0.05  |  | 0.5                         | <0.5                             | <0.5  | <0.5                          | <0.5                          | <0.5                          |
| Molibdeno                    |   |   |  | 1                           | <1                               | <1  | <1                            | <1                            | <1                            |
| Níquel                       |   |   |  | 1                           | <1                               | 2.1   | 3                             | <1                            | <1                            |



| Lugar y Fecha de Recolección | Estándares de Calidad                     |   |   |       | Límite de Detección (mg/kg) | Muestra | Lugar y Fecha de Recolección |
|------------------------------|---|---|---|-------|-----------------------------|---------|------------------------------|
|                              | FAO/OMS Codex Alimentarius <sup>137</sup> | Reglamento No. 1881/2006 de la Comisión Europea (CE) <sup>138</sup> | Niveles máximos de China para contaminantes en alimentos <sup>139</sup> |       |                             |         |                              |
| Muestra                      |   |   |   |       |                             |         |                              |
| Metal                        |   |   |   |       |                             |         |                              |
| mg/kg (peso seco)            | Carne de bovinos, porcinos y ovinos       | Carne de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral                   | Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos            | Carne |                             |         |                              |
| Plomo                        | 0.1                                       | 0.10  |   | 0.2   | 1                           | 1.1     | 1.3                          |
| Selenio                      |   |   |   |       | 1                           | <1      | <1                           |
| Talio                        |   |   |   |       | 0.1                         | <0.1    | <0.1                         |
| Vanadio                      |   |   |   |       | 1                           | <1      | <1                           |
| Zinc                         |   |   |   |       | 5                           | 170     | 190                          |
|                              |   |   |   |       |                             | 230     | 160                          |
|                              |   |   |   |       |                             |         |                              |

137 FAO/OMS, 1995. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestock/documents/CXS\\_193s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestock/documents/CXS_193s.pdf)

138 Diario Oficial de la Unión Europea, 2006. REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. <https://www.boe.es/boe/L00005-00024.pdf>

139 USDA Foreign Agricultural Service, 2018. China's Maximum Levels for Contaminants in Foods. <https://www.fas.usda.gov/data/china-china-releases-standard-maximum-levels-contaminants-foods>



Las mayores concentraciones de plomo entre todas las muestras, se encontró en la muestra de músculo de alpaca en Carhuamayo, en el área de la Reserva Nacional de Junín (muestra XC2, 1.6 mg/kg). Estas concentraciones fueron ligeramente superiores a las de la muestra de músculo de llamas que pastan alrededor del Río San Juan en Cerro de Pasco. Ambas muestras superan más de 10 veces los estándares recomendados por el *Codex Alimentarius* de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la OMS<sup>140</sup>, y el Reglamento No. 1881/2006 de la Comisión Europea (CE)<sup>141</sup>.

Por otra parte, se detectaron cuatro minerales esenciales: hierro, manganeso, zinc y cobre; estando presentes el hierro y el zinc en mayores concentraciones en las tres muestras analizadas en Carhuamayo. Los micronutrientes esenciales hierro, zinc y cobre se encontraron de manera relativamente uniforme en todas las muestras de tejido animal tanto en Cerro de Pasco como en Carhuamayo.

---

140 FAO/OMS, 1995. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)

141 Diario Oficial de la Unión Europea, 2006. REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. <https://www.boe.es/doue/2006/364/L00005-00024.pdf>



# 8. Discusión de Resultados y Conclusiones

## 8.1. Metales en el Cabello y Manifestaciones Clínicas

A pesar de las limitaciones que posee el análisis de cabello, como biomarcador confiable de la exposición al plomo, cadmio y arsénico; la distribución de concentraciones observadas en el C.P. de Paragsha, guarda estrecha relación con los metales encontrados en matrices ambientales analizadas en el territorio de investigación, particularmente en el suelo. Además, tanto los niveles de metales en el cabello, como la presencia de potenciales manifestaciones clínicas asociadas, fueron mayores en Paragsha en relación a Carhuamayo.

Las manifestaciones clínicas observadas se repercuten sobre el estado de salud de los individuos expuestos, reduciendo sus calidad de vida a causa del dolor, malestar y complicaciones.

**(La información completa del análisis clínico realizados por los médicos de España y Portugal, serán publicados en un próximo reporte).**

## 8.2. Aire

En general, únicamente se encontraron trazas de metales (hierro, aluminio, zinc y estaño) en el material particulado suspendido en Cerro de Pasco. Estas concentraciones mostraron ser similares, e incluso inferiores, a las concentraciones medidas en Carhuamayo, lo que parece indicar que estos metales se encuentran dispersos en el aire a nivel macro regional, por lo que sugerimos se puedan ampliar otros estudios al respecto.

A pesar de que el hierro, el zinc, el manganeso y el aluminio constituyen metales característicos de los botaderos o desmontes de Cerro de Pasco, es probable que su principal mecanismo de liberación no sea la erosión por el viento y posterior suspensión en el aire; ya que este depende ampliamente de las fluctuaciones atmosféricas, y de la textura y regímenes de humedad de los residuos.

De acuerdo al registro de velocidades del viento para la estación del OEFA CA-SB-01 en Paragsha (calle Huancavelica costado del Parque Infantil), la velocidad media del viento durante el período de monitoreo fue de 1 m/s (metros por segundo), mientras que la máxima fue de 3 m/s. Estos corresponden a ventolinillas (vientos muy flojos) según la Escala de Beaufort. El inicio de propagación de polvo mineral relacionado con la actividad extractiva, ocurre por lo general a una velocidad de viento por encima de 3 m/s, aproximadamente<sup>142</sup>.

Este estudio no ha podido demostrar, que la inhalación de partículas ricas en metales pesados, pueda constituir una ruta principal de exposición; sin embargo, es probable que la sedimentación y resuspensión de partículas de tamaño superior a 10  $\mu\text{m}$  ( $> \text{PM}_{10}$ ) constituya un mecanismo de transporte y liberación secundario.

## 8.3. Alimento

El presente estudio reveló la presencia de plomo, en muestras de tejido animal de ganados que pastan en la comunidad campesina de Yurajhuanca (Cerro de Pasco) y en las proximidades a la Reserva Nacional de Junín.

142 AEA Technology plc., 2011. Good practice guide: control and measurement of nuisance dust and  $\text{PM}_{10}$  from the extractive industries.



La absorción de plomo en muestras de músculo de llamas que pastan en la localidad de Yurajhuanca y cerca a la comunidad de Quiulacocho, podría estar asociada a las elevadas concentraciones de plomo encontradas en la muestra de suelo recolectada de los pastizales, entre la relavera Ocroyoc y la comunidad campesina de Quiulacocho. También podría existir una relación causal, entre los niveles de plomo de las muestras de ganado en la Reserva de Junín y las altas concentraciones de plomo medidas en aguas del río San Juan, aguas arriba de la desembocadura al lago Chinchaycocha.

No obstante, se cuenta con limitada información, respecto al origen preciso del ganado y a la frecuencia con la que los potenciales receptores humanos consumen estos alimentos. De este modo, la exposición a metales pesados a través de esta ruta, requiere de estudios posteriores que puedan confirmar esta potencial vía de exposición.

## 8.4. Agua

En este estudio se ha detectado la presencia de metales tóxicos como el cadmio, el plomo y el arsénico, en muestras de agua de lagunas, ríos y desagües de Cerro de Pasco y comunidades contiguas, en concentraciones superiores a los valores de fondo y a los estándares nacionales e internacionales. También se han encontrado elevadas concentraciones de metales potencialmente tóxicos como el talio y el antimonio, elementos que suelen encontrarse abundantemente en la naturaleza y que son particularmente comunes en depósitos de sulfuros de plomo y zinc.

El manganeso, el zinc y el hierro se constituyen en los metales presentes en mayores concentraciones en el agua de Cerro de Pasco, muy por encima de los valores de fondo y de los estándares ambientales. Estudios en niños han sugerido que, niveles extremadamente altos de exposición al manganeso pueden producir efectos no deseados en el desarrollo del cerebro, incluyendo cambios en el comportamiento y una disminución en la capacidad de aprender y recordar<sup>143, 144, 145</sup>. Además, se ha demostrado que el manganeso y arsénico, pueden tener efectos aditivos en el funcionamiento intelectual de los niños<sup>146</sup>. Por otro lado, a pesar de que el zinc se constituye en un mineral necesario en bajas cantidades, en cantidades muy elevadas puede suprimir la absorción del cobre y del hierro, aumentando los riesgos de desarrollar anemia<sup>147</sup>.

El manganeso, el zinc y el hierro, también son metales característicos de las aguas ácidas asociadas a la oxidación de pirita, presentes en las lagunas de Quiulacocho y Yanamate. A diferencia del zinc y del hierro, el aluminio (metal predominante de estas lagunas de aguas ácidas) no se encuentra presente en muchas de las muestras de agua, ya que su solubilidad se ve reducida considerablemente a pH más neutros.

El tramo final del río Ragra, en Yurajhuanca, constituye el recurso de agua más impactado por los metales, que incluye el cadmio, arsénico y plomo. La diferencia en los niveles de metales, en los efluentes mineros de la Empresa Administradora Cerro SAC. y el tramo final del río Ragra indican la presencia de múltiples fuentes que aportan a la contaminación en esta microcuenca, incluyendo los drenajes de los botaderos en Cerro de Pasco (Administradora Cerro SAC. y Excélsior), lixiviados generados por la relavera Quiulacocho, y efluentes de la Compañía Minera Aurex.

Según Dold y otros autores (2009), el botadero Excélsior y la laguna Quiulacocho aguas abajo, forman parte de un sistema hidrológico interconectado, cuya principal fuente de drenaje ácido, es la oxidación de pirita en el

143 ATSDR, 2012. Toxicological profile for manganese. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>

144 Sanders et al., 2015. Perinatal and Childhood Exposure to Cadmium, Manganese, and Metal Mixtures and Effects on Cognition and Behavior: A Review of Recent Literature.

145 Lucchini et al., 2017. Manganese and Developmental Neurotoxicity. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6057616/pdf/nihms-981230.pdf>

146 Tolins et al., 2014. The Developmental Neurotoxicity of Arsenic: Cognitive and Behavioral Consequences of Early Life Exposure. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221499961400304X>

147 ATSDR, 2019. ToxFAQs™ - Zinc (Zinc). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts60.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts60.html)



botadero Excélsior (1943-2000), el cual forma una pluma de hierro-zinc-plomo<sup>148</sup>. La infiltración del drenaje de los botaderos y de los múltiples stocks piles ricos en sulfuros de hierro, plata, cobre, plomo y zinc, incrementan la oxidación de los relaves de Quiulacocho, liberando además arsénico.

Es importante mencionar que, a pesar de que existe un plan de cierre del depósito de relaves Quiulacocho, a cargo del Estado Peruano<sup>149</sup>, la compañía Canadiense Cerro de Pasco Resources ha presentado recientemente una propuesta para la re-explotación y aprovechamiento de dichos relaves<sup>150</sup>, habiendo adquirido además las acciones de la minera Volcan SAC específicamente de tres subsidiarias (Cerro SAC. Óxidos de Pasco y Remediadora Ambiental).

Dado que no se han encontrado concentraciones elevadas de estaño, plomo, níquel o aluminio en potenciales fuentes de agua para el consumo humano, en general, no se observa una correlación positiva estadísticamente significativa con respecto a la distribución de metales presentes en muestras de cabello en el C.P. de Paragsha (Sección 3.3.2). De este modo, la ingestión de estas aguas podría considerarse una vía incompleta de exposición a los metales en esta localidad. Las rutas y vías incompletas de exposición, representan aquellas situaciones en las que la exposición a metales pesados es poco probable, ya que la conexión entre las fuentes y los receptores es limitada.

## 8.5. Suelo

Este estudio ha demostrado la presencia de metales tóxicos como el plomo, el mercurio, el cadmio, y el arsénico, en muestras de suelo de Cerro de Pasco, en concentraciones superiores a los valores de fondo y a los estándares nacionales e internacionales; particularmente en suelos urbanos de la ciudad. En promedio, las concentraciones de plomo en las cinco muestras de suelo de Cerro de Pasco, superaron en más de 20 veces, las concentraciones de suelos de Carhuamayo. También se han encontrado elevadas concentraciones de otros metales potencialmente tóxicos, como el aluminio, el estaño y el talio. Aunque en el caso del aluminio, su solubilidad y movilidad están muy limitadas en suelos poco ácidos o con pH > 5.8, como los encontrados en Cerro de Pasco.

Además del plomo, el zinc y el manganeso constituyen los metales presentes en mayores concentraciones en los suelos de Cerro de Pasco, muy por encima de los valores de fondo y de los estándares ambientales. De hecho, esta explotación constituye la mina de zinc a cielo abierto más grande de Perú. El zinc y el manganeso son característicos de las pilas de desmontes mineros (botaderos) y stock piles ricos en plomo presentes en la ciudad. Según la OMS, la disposición de residuos con alto contenido de manganeso, constituye la principal fuente de liberación de manganeso al suelo<sup>151</sup>.

Los suelos agrícolas (pastizales) entre la relavera Ocroyoc y Quiulacocho, en la microcuenca del río Ragra, resultaron ser los más impactados por metales tóxicos como el plomo, el mercurio y arsénico, según este estudio. La localidad de Champamarca (suelo urbano de uso recreativo) también mostró estar muy impactada por la presencia de elevadas concentraciones de cadmio, plomo y arsénico, en sus suelos de uso recreativo.

En general, los suelos estudiados de Cerro de Pasco y comunidades contiguas, mostraron niveles comparativamente menores de manganeso, talio, hierro y antimonio que las aguas; sin embargo, presentaron niveles comparativamente mayores de metales más tóxicos, como el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio.

148 Dold et al., 2009. Water management for acid mine drainage control at the polymetallic Zn–Pb–(Ag–Bi–Cu) deposit Cerro de Pasco, Peru.

149 Activos Mineros S.A.C., 2019. <https://www.amsac.pe/avanzan-estudios-para-remediacion-de-relavera-quiulacocho>

150 Cerro de Pasco Resources, 2019. <https://pascoresources.com/pasco-provincial-municipality-meeting-the-advantages-of-reprocessing-tailings-and-environmental-remediation>

151 WHO, 2004. Manganese and its compounds: environmental aspects. [https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad63\\_rev\\_1.pdf](https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad63_rev_1.pdf)



La presencia de elevadas concentraciones de plomo y arsénico, en muestras de suelo del parque infantil en la Calle Huancavelica del C.P. Paragsha, también se encuentran presentes en las muestras de cabello de los niños (Sección 3.3.2), lo que permite afirmar que el suelo contaminado, puede constituir la ruta preferencial de exposición a los metales en esta localidad. A. Van Green y otros (2012)<sup>152</sup> concluyó que la asociación geográfica entre los altos niveles de plomo en la sangre de los niños y el alto contenido de plomo en el suelo, y la ausencia de una asociación similar en mujeres en edad fértil, sugiere que la vía principal de exposición al plomo en los niños en Cerro de Pasco, es la ingestión de tierra y polvo del suelo.

Cabe mencionar que, sólo una parte de la concentración de metales en el suelo, se encuentra biodisponible para ser absorbido por el cuerpo humano, dado que estos pueden encontrarse presentes, en una amplia variedad de formas químicas y físicas, y no todas se absorben fácilmente cuando se ingieren. Aquellos metales presentes en sus formas más solubles, entrarán al torrente sanguíneo, mientras que las formas menos solubles, serán excretadas a través de la orina, las heces, el cabello, uñas, sudor, saliva, etc.

Además de Champamarca y Paragsha, la DIRESA Pasco había encontrado elevados niveles de plomo, arsénico, cadmio y mercurio (en agosto de 2017) por encima de los ECA para suelos, en varias localidades de los distritos Simón Bolívar (losa deportiva del barrio Ayapoto, Av. San Sebastián de Quiulacocho), Chaupimarca (Jr. El Zinc, campamento minero, prolongación de la calle Lima en el AA.HH Uliachín) y Yanacancha (calle Junín, Av. Daniel Alcides Carrión, campamento 1ro de Mayo de la urbanización San Juan)<sup>153</sup>.

Un mapeo de los niveles de plomo con un medidor portátil de fluorescencia de rayos X (en inglés, XRF) en el año 2009, había confirmado la presencia generalizada de plomo por encima de 1200 mg/kg, en los tres distritos que comprenden la ciudad de Cerro de Pasco, contaminación que además está lejos de ser uniforme<sup>154</sup>.

## 8.6. Modelo Conceptual Inicial

Una etapa crucial de la definición del problema en las evaluaciones de riesgos a la salud, es la elaboración de un Modelo Conceptual del Sitio (MCS) que identifique las potenciales fuentes de contaminantes, mecanismos de transporte y distribución, rutas y vías de exposición y los potenciales receptores. Este MCS inicial, debe modificarse en una fase de caracterización, a partir de nuevos conocimientos obtenidos por las investigaciones futuras<sup>155</sup>.

Para la construcción del modelo, SOURCE INTERNATIONAL, utilizó información reciente en base a los análisis presentados en los capítulos anteriores de este informe. El propósito principal de este MCS, es establecer potenciales conexiones fuentes-rutas-receptores. Este incluye las fuentes principales y secundarias de contaminación, los mecanismos principales y secundarios de liberación y transporte de contaminantes, las rutas y vías de exposición, y los receptores críticos (niños).

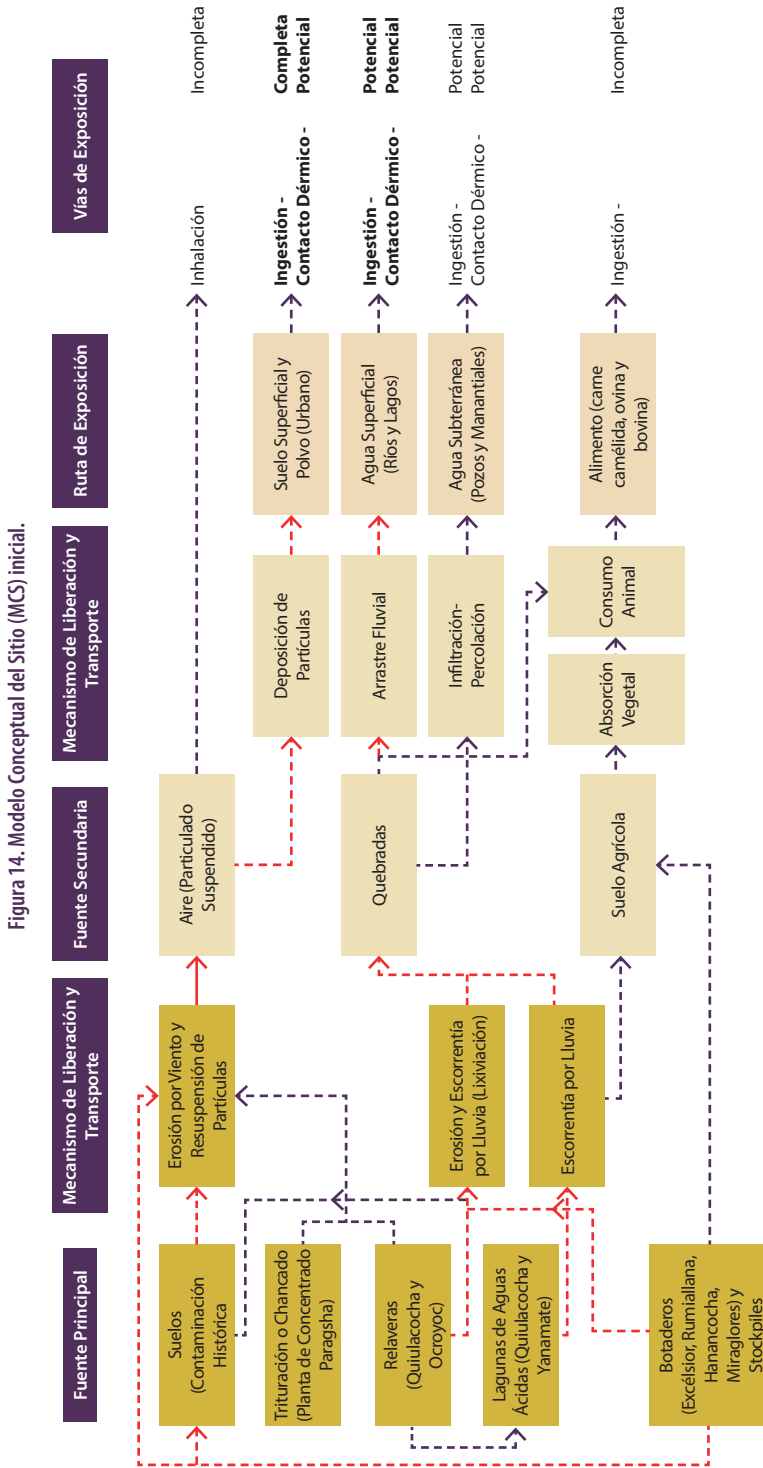
La [Figura 14](#) ilustra el MCS inicial, que delinea las conexiones fuente-ruta-receptor y se indican las rutas completas y potenciales. Las rutas completas, representan situaciones en las que existe evidencia de que los receptores (niños) estén expuestos a los metales pesados; mientras que las rutas potenciales, son aquellas situaciones en las que no existe evidencia aún, de que exista exposición a metales, por lo cual hacen falta más estudios. En rojo se muestran las fuentes y mecanismos de liberación de metales pesados más críticos, en base a las evidencias recolectadas hasta la fecha.

152 Van Green et al., 2012. Lead exposure from soil in Peruvian mining towns: a national assessment supported by two contrasting examples. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3524960/pdf/BLT.12.106419.pdf>

153 DIRESA Pasco, 2017. Informe final de las actividades desarrolladas en la declaratoria de emergencia sanitaria D.S. No. 020-2017-SA y 029-2017-SA.

154 Van Green et al., 2012. Lead exposure from soil in Peruvian mining towns: a national assessment supported by two contrasting examples. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3524960/pdf/BLT.12.106419.pdf>

155 MINAM, 2015. Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/GUIA-ERSA-ALTA.compressed.pdf>







## 8.7. Futuros Estudios

Este MCS inicial, se basa en información limitada, pero que permite identificar y resaltar incertidumbres que deben abordarse posteriormente<sup>156</sup> ya que la movilidad y la disponibilidad de los metales pesados en suelos, dependen de varios factores cuya influencia no es fácilmente predecible<sup>155</sup>.

Futuros estudios serán necesarios, para confirmar si la deposición de partículas en suelos urbanos de Cerro de Pasco (incluyendo las localidades de Quiulacocha y Yurajhuanca) constituye un mecanismo de liberación y transporte de metales pesados. Estos pueden incluir la medición de la tasa de deposición de partículas y su contenido de metales tóxicos (particularmente plomo y arsénico) tanto al exterior, como en el interior de las viviendas (monitoreo intradomiciliario).

También será necesario evaluar si las aguas del río Ragra, constituyen una ruta completa de exposición a metales tales como el arsénico, el plomo y el cadmio; de modo que será necesario extender el biomonitoreo de sangre y orina en las localidades de Quiulacocha y Yurajhuanca. Adicionalmente, en las localidades con mayor incidencia de plomo en sangre, podría evaluarse la exposición crónica a metales tóxicos a través de la medición de niveles de plomo en huesos, dado que, muchas veces, los niveles de plomo en la sangre tienden a disminuir durante la adolescencia debido a la deposición de plomo en los huesos<sup>157, 158</sup>.

Estudios adicionales deben incluir la caracterización de las fuentes principales y su relación con las fuentes secundarias y las rutas de exposición. Para ello, se debe caracterizar químicamente cada fuente principal a través de técnicas forenses ambientales más avanzadas como los isótopos en el sulfato del agua<sup>159</sup> o isótopos de plomo en el suelo<sup>160</sup> (o en el material particulado sedimentable). En un reciente estudio en la mina de plomo-zinc de Broken Hill, Australia, investigadores encontraron de manera consistente que, a pesar de la antigüedad de la actividad minera, había evidencias de que las emisiones contemporáneas de plomo estarían afectando los niveles en la sangre de los niños<sup>161</sup>. Los isótopos de plomo también han sido usados en Perú, para confirmar la fuente responsable de los elevados niveles de plomo en sangre, en niños de dos escuelas en la ciudad portuaria de El Callao<sup>162</sup>.

---

156 ASTM, 2014. Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites. <https://www.astm.org/Standards/E1689.htm>

157 Barbosa et al., 2005. A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations, and future needs. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1314903/pdf/ehp0113-001669.pdf>

158 Hu et al., 2007. The epidemiology of lead toxicity in adults: measuring dose and consideration of other methodologic issues. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1849918/pdf/ehp0115-000455.pdf>

159 Wright & Nordstrom, 1999. Oxygen isotopes of dissolved sulfate as a tool to distinguish natural and mining-related dissolved constituents. [https://archive.usgs.gov/archive/sites/amli.usgs.gov/reports/wright\\_isotopes.pdf](https://archive.usgs.gov/archive/sites/amli.usgs.gov/reports/wright_isotopes.pdf)

160 Fillion et al., 2014. Identification of environmental sources of lead exposure in Nunavut (Canada) using stable isotope analyses. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24973640>

161 Dong et al., 2019. The effect of contemporary mine emissions on children's blood lead levels. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0160412018308869>

162 Naeher et al., 2003. Use of Isotope Ratios to Identify Sources Contributing to Pediatric Lead Poisoning in Peru.



Laura Grassi y Miguel Madrid de Source International, realizan trabajos de campo con autoridades del Centro Poblado de Paragsha, representante de Yurajhuanca y dirigentes del FADAIC del distrito de Carhuamayo, para la tomas de muestras de agua, aire, suelo y alimentos



Presentación de estudios por los científicos de Source International, en la ciudad del Cerro de Pasco (Colegio de Ingenieros de Pasco y el Centro Poblado de Paragsha); y en el distrito de Carhuamayo provincia de Junín







## 9. Recomendaciones

Con base a los resultados discutidos en este estudio, SOURCE INTERNATIONAL, recomienda priorizar las acciones que aborde la identificación de las fuentes principales y secundarias de metales pesados, con las cuales los niños tienen más probabilidades de entrar en contacto y en los lugares donde pasan más tiempo.

Se recomienda a las autoridades municipales locales, principalmente del distrito de Simón Bolívar, llevar a cabo consultas públicas y promover la participación ciudadana, a través de sus juntas vecinales en el desarrollo, implementación y monitoreo de los esfuerzos de mitigación de la exposición a metales pesados. Algunas de estas acciones incluyen, evitar realizar actividades que promuevan el levantamiento de polvo, tanto fuera como dentro del hogar, y evitar que los niños jueguen directamente en suelos donde generan polvareda, sobre todo aquellos menores de que tienden a introducir su mano u otros objetos a la boca.

Se recomienda a las autoridades municipales y comunales de Paragsha, Champamarca, Quiulacocha y Yurajhuanca, entre otras, desarrollar procedimientos junto con las instituciones educativas y padres de familia, integrantes de la comunidad educativa, para identificar e intervenir en aquellos casos donde los niños hayan estado expuestos a los metales pesados.

Se recomienda a la DIRESA Pasco, establecer un plan de vigilancia epidemiológica ambiental (biomonitoreo) a largo plazo en el distrito Simón Bolívar, que incluya la implementación de planes de intervención temprana (a partir de niveles de plomo en sangre de 5 µg/dL microgramos por decilitro), efectivos e inclusivos a través de personal especializado.

Se recomienda al CENSOPAS (INS) proporcionar los resultados de biomonitoreo de manera transparente y oportuna a la DIRESA Pasco y a las autoridades de los gobierno regional y locales (provinciales y distritales), con el fin de formular, implementar y ejecutar los planes de intervención, dentro de los plazos y presupuestos establecidos.

Se recomienda al Ministerio de Salud (MINS) garantizar que la DIRESA Pasco, cuente con los recursos necesarios para proporcionar atención de seguimiento a los niños con niveles elevados de plomo y otros metales en la sangre, evaluar las fuentes de exposición y proporcionar servicios de evaluación del desarrollo neurológico e intelectual de los niños más expuestos.

Se recomienda al OEFA incluir la medición de material particulado sedimentable y su composición química (metales) dentro de su programa de vigilancia ambiental de la calidad del aire en el C.P. Paragsha u otras localidades en Cerro de Pasco.

Se recomienda al OEFA realizar monitoreo y fiscalización ambiental permanente de la calidad del agua en las subcuencas del río San Juan y del río Tingo, en particular en la microcuenca del río Ragra y sus afluentes (tributarios). Este monitoreo debe considerar la evaluación de la calidad del agua de manera estacional, que incluya eventos de máxima escorrentía (lluvias).

Se recomienda al Ministerio de Energía y Minas (MINEM) continuar con los planes y ejecución del cierre y remediación de la desmontera de Excélsior y la relavera de Quiulacocha, importantes pasivos ambientales mineros (PAM) del centro de Perú, que han contribuido históricamente a los niveles de contaminación, presentes hoy en las aguas y suelos de Cerro de Pasco y comunidades contiguas.

Debido a determinados factores de riesgo, como condiciones de salud y las características socioeconómicas, estas comunidades tienden a estar más expuestas a la contaminación. Sin embargo, las empresas mineras



también puede contribuir a eliminar los efectos que resultan de la exposición, al invertir en nuevas tecnologías que reduzcan la concentración de los metales pesados a un nivel aceptable<sup>163</sup>.

Los grandes depósitos de minerales, ricos en pirita como el de Cerro de Pasco, representan un alto riesgo ambiental, debido a la enorme cantidad de pirita y la presencia de otros elementos peligrosos como el arsénico y el plomo. El contenido de metales naturalmente alto en la roca del depósito mineral, no puede aceptarse como justificación a la contaminación. Existen muchos ejemplos de depósitos de minerales económicamente factibles, que no entraron en operación, debido a la presencia de altas concentraciones de elementos tóxicos<sup>164</sup>.

En su Artículo VII: Principio Precautorio, la Ley General del Ambiente del Perú señala que: *“Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces y eficientes para impedir la degradación del ambiente...”*<sup>165</sup>.

---

163 Hegazy et al., 2010. Relation between anemia and blood levels of lead, copper, zinc and iron among children. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2887903/pdf/1756-0500-3-133.pdf>

164 Dold, B. 2008. Sustainability in metal mining: from exploration, over processing to mine waste management. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-008-9142-y>

165 MINAM, 2005. Ley General del Ambiente No. 28611. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>





# Source International

Source International es una organización no gubernamental de Europa, que trabaja con comunidades que se ocupan de la contaminación ambiental y los problemas de salud, causados principalmente por las industrias extractivas. Ofrece apoyo tecnológico y científico de alto nivel de forma totalmente gratuita a las comunidades con las que trabaja, que les ayude a evaluar los daños a los recursos de la comunidad y que les permita fomentar las medidas de reparación. Utilizamos los mejores instrumentos y la mejor metodología para realizar análisis de agua, sedimentos, aire y muestras biológicas (sangre, cabello, uñas). Analizamos las implicaciones sociales científicamente, a través de la observación directa, cuestionarios cuantitativos y cualitativos y análisis externos.

Asimismo, capacita a los líderes locales, llamados promotores, para que puedan desarrollar y promover sus propios sistemas de control ambiental y social. Los promotores son responsables de capacitar a otros promotores en su región, garantizando así una mayor eficiencia y la sostenibilidad del modelo.

En Source International, viajamos a algunas de las áreas más contaminadas del mundo para obtener la evidencia científica que demuestra que las empresas están causando graves problemas de salud en las comunidades cercanas y daños duraderos al medio ambiente.

## FLAVIANO BIANCHINI

### Ecologista y Naturalista

*Fundador y Director, Presidente de la Junta Directiva de los Estados Unidos*

Flaviano Bianchini fundó Source International en 2009. Es ambientalista y naturalista Ashoka Fellow del 2012, se especializa en Gestión y Valorización de Recursos Naturales en la Universidad de Pisa y tiene una Maestría en Derechos Humanos y Gestión de Conflictos en la Escuela de Estudios Superiores de Sant'Anna. Durante varios años ha estado lidiando con violaciones de los derechos humanos y daños a la salud relacionados con las industrias extractivas, especialmente en América Latina.

Sus estudios sobre el impacto de la minería en el medio ambiente y la salud condujeron a la modificación de la ley minera en Honduras, la adopción de medidas cautelares por parte de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos en Guatemala, y contribuyeron a la aprobación de leyes (D.S. para la Declaratoria de Emergencias Sanitarias) para el bienestar de la ciudad del Cerro de Pasco en Perú. Entre 2007 y 2009 realizó una campaña de sensibilización sobre el impacto de la actividad minera en América Latina en colaboración con Amnistía Internacional.





## **LAURA GRASSI**

### **Científica ambiental, Gerente de Proyecto**

Laura Grassi es una científica ambiental especializada en ciencia del suelo e impactos extractivos socioambientales. Después de una maestría en Ciencia y Tecnología para el Medio Ambiente y el Territorio, comenzó a colaborar en un estudio en el Parque Nacional Cajas en los Andes ecuatorianos. Esa primera experiencia fue una puerta para nuevas culturas y tradiciones que custodian un conocimiento profundo, para la gente común que se convirtió en ejemplos importantes de la vida, pero también para tomar conciencia de las injusticias sociales y ambientales.

Laura ha trabajado antes en Belice y México para formar parte del equipo de Source International.

## **MIGUEL MADRID**

### **Especialista Ambiental**

Especialista ambiental en sitios contaminados, calidad del agua y salud ambiental con más de 17 años de experiencia laboral. Es ingeniero capacitado y posee una maestría en Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (Universidad de Waterloo, Canadá).

Desde su campo de consultoría e investigación ambiental, Miguel ha desarrollado sus habilidades relacionadas con el desarrollo internacional y la cooperación, centrándose en la salud ambiental y la contaminación en comunidades y ecosistemas vulnerables. A través de sus funciones en proyectos financiados por la ONU, ha llevado a cabo actividades de desarrollo de capacidades y ha ayudado en el desarrollo de materiales técnicos para comunidades e instituciones gubernamentales en Ecuador, Kenia y Mozambique.

Habiendo trabajado en numerosos proyectos internacionales relacionados con el agua y el medio ambiente en zonas mineras de Chile, Perú y Argentina; Miguel también trabajó en múltiples proyectos asociados con la administración de sitios contaminados bajo la responsabilidad del gobierno federal de Canadá, algunos de estos sitios ubicados en el Ártico. Otras áreas de especialización incluyen evaluación de riesgos para la salud humana y gestión de riesgos, y análisis forense ambiental.



## **STEFANO SBRULLI**

### **Foto Periodista y Videomaker**

Stefano Sbrulli (1988) es un periodista visual italiano con sede en Roma, Italia. Su trabajo trata temas sociales actuales y contenidos ambientales. Ha cubierto historias en Italia, Irak, Mozambique, el área de los Balcanes y América del Sur. Colabora con ONG y organizaciones como ACNUR y PNUD. Sus trabajos han sido publicados y exhibidos en revistas y festivales nacionales e internacionales. En 2018 fue seleccionado para la NOOR - Nikon Masterclass en Turín, Italia.



# Proyectos que realizamos:



## § 5 MILLONES PARA LA COMUNIDAD EN CARRIZALILLO, MÉXICO

Una mina a cielo abierto, ubicada cerca de la comunidad de Carrizalillo en México, estaba contaminando el agua y dañando cada vez más la salud de los mineros y residentes. El 2012, los delegados de Carrizalillo presentaron este grave daño a la salud ante el Tribunal Internacional de Salud de los Pueblos, con la ayuda de Source International. GoldCorp pagó \$ 5 millones en daños a la comunidad de Carrizalillo por el mal uso de la tierra y la contaminación.

## VALLES ULT Y BURULJULT DECLARADO PROTEGIDO EN MONGOLIA

Tanto en los valles Ult como en Buruljult, los pastores nómadas se ven privados de sus tierras y recursos tradicionales de pasto y agua, debido a las minas ilegales. Después de la investigación de Source International sobre los abusos de los derechos humanos, el líder del movimiento local Muckhbayar Tzetzeggee, fue liberado de la cárcel, donde fue condenado por su activismo. El valle de Buruljult fue declarado protegido.



## MAYOR REGULACIÓN PARA UNA MINA EN SIPAKAPA, GUATEMALA

Uno de nuestros primeros estudios proporcionó pruebas importantes para la Comisión Interamericana de Derechos Humanos promulgada en 2010, que ordenó a Guatemala que exigiera a la compañía, que mejorara la seguridad de sus operaciones extractivas.

Para abordar los problemas de salud, se ordenó a Guatemala que comenzara un programa de asistencia y atención médica, para aquellos que pudieran haber sido afectados por la contaminación, a fin de brindarles la atención médica adecuada. Debían adoptar cualquier

otra medida necesaria para garantizar la vida y la integridad física de los miembros de las 18 comunidades mayas; y planificar e implementar las medidas de protección con la participación de los beneficiarios y / o sus representantes.



## **EVIDENCIA PARA ACTIVISTAS EN LAKARDOWO, INDONESIA**

Cuando los habitantes de Lakardowo, Indonesia, se quejaron de la contaminación ilegal de una planta de procesamiento de residuos industriales, Source International investigó metales pesados en el agua, el suelo y el arroz. Encontramos altas concentraciones de metales pesados, especialmente en el suelo donde se cultivan los cultivos locales. Esta contaminación es la explicación probable de los problemas de salud que experimentan los miembros de la comunidad. Nuestros hallazgos se están utilizando para presionar al gobierno para que rinda cuentas a la planta.



## **CAMBIAR LA LEY MINERA NACIONAL EN VALLE DE SIRIA, HONDURAS**

Valle de Siria es un valle en el centro de Honduras. Siempre ha sido un lugar agradable con 26 corrientes de agua dulce y agricultura y ganadería que garantiza una buena calidad de vida a la población local. En 2004 se descubrió oro en el valle. Una compañía canadiense llamada Glamis Gold (luego fusionada con Gold Corp) comenzó a explorar y luego extraer oro de una mina a cielo abierto en el medio del valle. La mina dio trabajo a 180 personas y desplazó a 160 personas de sus tierras. El pueblo de Palo Ralo fue completamente destruido y se construyó un nuevo pueblo, llamado Nueva Palo Ralo, a un par de kilómetros de distancia. Se usó un estudio

de Source International, con el cual la Corte Suprema de Honduras dictaminó que las leyes mineras eran inconstitucionales y requirió más regulación.

## **SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN TEXTIL EN INDIA**

Source International está expandiendo su sistema de monitoreo comunitario a la industria textil. La industria de la confección es reconocida como la segunda industria más contaminante del mundo. La producción de algodón solo utiliza el 10% de los pesticidas del mundo. Comenzando con el sistema de monitoreo comunitario, el objetivo final de Source International es cambiar la forma en que se producen los textiles al incentivar la responsabilidad ambiental.



**SOURCE INTERNATIONAL**

[www.source-international.org](http://www.source-international.org)





## **CONDICIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y EXPOSICIÓN HUMANA A METALES PESADOS EN CERRO DE PASCO**

---

Estudios Científicos

Se termino de imprimir en los talleres  
de Sonimágenes del Perú SCRL  
en el mes de Agosto del 2020  
Teléf.: (511) 277-3629



***“TARPUY, Quinuales por consumo de papel”***

Es un compromiso del Centro Labor por el uso de  
papel en la impresión del presente documento.

***“La tierra te da, la tierra te pide hoy para mañana”***







Evaluación de la calidad del agua en la relavera (antes laguna) de Quiulacocho.



Médicos de España y Portugal, con Flaviano Bianchini de Source International de Italia y Jaime Silva del Centro Labor, en la evaluación ambiental ciudad-minería, en Cerro de Pasco - Perú.