

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN CIUDADES MINERAS EN CHILE

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

Octubre 2022
N°28

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN CIUDADES MINERAS EN CHILE

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

CEDEUS:

Pablo Pastén, Sandra Cortés,
Pablo Moya, Alejandra Vega, Sonia
Reyes, Alejandra Precht, Jorge
Precht, Francisca Musalem

Cómo citar este documento:

**Pastén, P., Cortés, S., Moya, P.,
et al., (2022).** *Consideraciones
ambientales para la planificación
territorial en ciudades mineras en
Chile.* Documento para Política
Pública N°28. Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable, Santiago.
<https://doi.org/10.7764/cedeus.dpp.28>



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición, corregida
Octubre 2022 / N°28

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN CIUDADES MINERAS EN CHILE

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

PUNTOS CENTRALES

El texto presenta evidencia acerca de las altas concentraciones de algunos metales y metaloides en polvos de calle y suelos de Copiapó y realiza estimaciones preliminares de riesgo para la salud de la población. Además, analiza cómo desde la planificación territorial se puede gestionar la situación ambiental de ciudades en el contexto minero para disminuir riesgos sobre la población residente.

INTRODUCCIÓN

Entre las problemáticas ambientales que afectan a las ciudades mineras, una de las más graves es la exposición crónica de la población a metales a través del aire, del suelo o aguas. En 2016, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) evaluó numerosos sitios con potencial presencia de contaminantes (CENMA, 2016), entre ellos los “relaves urbanos”, e identificó múltiples sitios con contaminantes metálicos, concluyendo que existen carencias de información con respecto al contenido de metales en los suelos urbanos y periurbanos en nuestra zona de estudio, la ciudad de Copiapó.

El Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS) realizó un diagnóstico de la condición ambiental de Copiapó, para luego estimar de forma preliminar el riesgo a la salud de la población debido a la ingestión de polvos de calles y suelos enriquecidos con metales. Parte de la investigación identificó el origen de los metales en la ciudad y cómo se distribuyen en Copiapó.

Luego, se analizó cómo los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) y los Instrumentos de Gestión Ambiental pueden ser utilizados para evitar, controlar o mitigar el uso de suelo con presencia de contaminantes a partir de una priorización por las implicancias sanitarias poblacionales. Asimismo, el documento entrega recomendaciones a la política pública para ciudades insertas en un contexto minero.



ANTECEDENTES

Caso de estudio: Copiapó

Las concentraciones de metales medidas en suelos y polvos de calles en Copiapó indicaron altos valores para arsénico y cobre. Para ambos elementos se superan en más del 90% de las muestras con respecto a la norma de referencia para suelos urbanos de Canadá. Existen también casos puntuales de concentraciones que superan las normas de referencia internacionales para cobalto, mercurio y plomo.

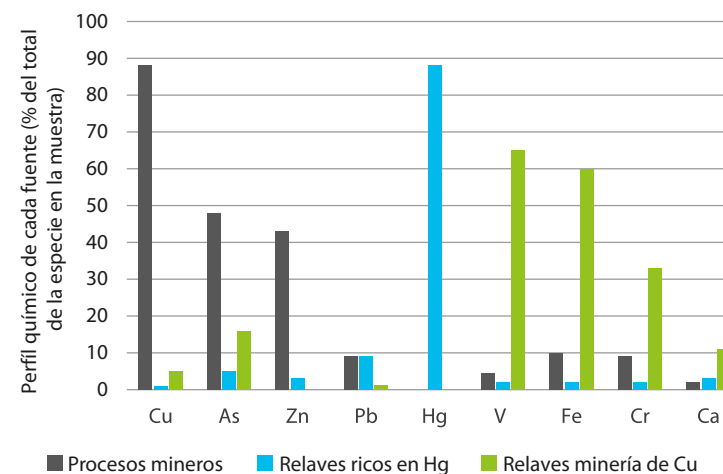
El trabajo de campo determinó una línea base o *background* de metales para suelos de Copiapó (condiciones naturales para 14 elementos) a través de 59 muestras de zonas naturales. Ello arrojó que: i) 40 de las muestras poseen concentraciones de arsénico sobre los valores de referencia establecidos para el caso de Polimetales de Arica (20 mg/Kg, según regulación de UE) (Secretaría Regional Ministerio de Salud, 2011); ii) las concentraciones basales de hierro y manganeso corresponden a más del doble de las reportadas por estudios con mediciones similares realizadas en otros países y que en el caso del cobre es más de siete veces.

Esta información es coincidente con la alta presencia de yacimientos mineros y con que, geológicamente, la zona presenta un elevado contenido de metales en el suelo. Por otro lado, debido a la deposición atmosférica de emisiones industriales, se observó una mayor concentración de metales en la parte superficial (entre 0 y 5 cm de profundidad) de los suelos en zonas naturales cercanas al área minero-industrial. Por ejemplo, las concentraciones de arsénico aumentaron en promedio

268% en las muestras superficiales más cercanas a la fundición de cobre versus las profundas (más de 20 cm de profundidad). Así, el polvo que llega a la ciudad desde las zonas aledañas es rico en metales debido a las condiciones naturales de la zona y además por la actividad industrial presente en la misma.

Al comparar los valores medidos con la línea base se determina un factor de enriquecimiento (por cociente). Un factor de enriquecimiento indica el aporte de fuentes de metales NO naturales en relación a la condición natural (Sutherland, 2000), en este caso aplicado sobre los polvos de calles y suelos para comparar la condición urbana con la línea base natural. Valores altos implican alto aporte no natural. Diferentes metales relacionados a la actividad minera presentan factores de enriquecimiento por sobre la condición natural, como el caso del arsénico con un 24%, el cobre con un 79%, el mercurio con un 63% y plomo con un 75% de las muestras de polvo de calles enriquecidas. Dentro de la ciudad, el enriquecimiento depende del lugar en donde fue tomada la muestra. En el caso del mercurio, existe un enriquecimiento leve en todo Copiapó, pero intensificado en sectores cercanos a relaves ricos en mercurio, como el relave Ojancos, ubicado en el centro de la ciudad, y el relave Santa Blanca, cercano a la zona agrícola de San Fernando, ambos provenientes de la actividad extractiva de oro (que comúnmente utiliza mercurio en forma artesanal y a pequeña escala). En el caso del cobre, los enriquecimientos son mayores en las zonas cercanas a relaves de la minería del cobre y a la fundición.

Los altos factores de enriquecimiento y su distribución en el territorio nos indican dos hechos: a pesar del alto



Cu: Cobre; As: Arsénico; Zn: Zinc; Pb: Plomo; Hg: Mercurio; V: Vanadio; Fe: Hierro; Cr: Cromo; Ca: Calcio.

Figura 1 Perfil químico de potenciales fuentes de metales para polvos de calles de Copiapó, PMF de campaña año 2014. Fuente: Elaboración propia.

aporte natural de metales, existe un enriquecimiento debido a causas humanas; y el enriquecimiento de metales depende altamente de las fuentes cercanas. Se identificaron seis fuentes cuyas actividades aportan metales a los polvos de calles y suelos de la ciudad: 1) los relaves ricos en mercurio, 2) los relaves de la minería del cobre, 3) los procesos mineros realizados por la minería activa en la zona, 4) las emisiones del tráfico, 5) agricultura y 6) el polvo originado en los suelos naturales de la región. Cinco de estas fuentes son de origen antrópico y sólo una es de origen na-

tural, destacando que tres de éstas se relacionan con actividades mineras pasadas o actuales, cuyo perfil químico se presenta en la Figura 1.

Los procesos mineros son la principal fuente de cobre, arsénico y zinc en el área; los relaves ricos en mercurio son el principal origen de este metal en la ciudad y los relaves de la minería del cobre entregan además elementos como vanadio, hierro y cromo. El aporte de los procesos mineros activos es homogéneo en toda la ciudad, con mayores niveles en las zonas industriales.

Por otro lado, polvos de calles de las zonas cercanas a los relaves Santa Blanca y Ojancos, presentan mayor concentración de mercurio. Mientras que los relaves de la minería del cobre se ubican en la zona agrícola e industrial al sur de la ciudad, en donde se centran sus impactos. Este escenario sugiere una potencial fuente de exposición a las personas debido al consumo involuntario de metales a través de alimentos producidos localmente, tal como verduras allí cultivadas.

Las evaluaciones de riesgo a la salud son un método opcional para estimar el nivel de riesgo al que se expone la población expuesta a metales. Se basa en las concentraciones ambientales existentes, su biodisponibilidad, una ruta o todas las rutas de exposición y una concentración a la cual la exposición se considera segura. Si la sustancia tiene un potencial tóxico y está en una concentración sobre el límite de exposición estimado que se considera seguro para la salud, podría relacionarse con daños a la salud a nivel poblacional, especialmente cuando esta exposición ocurre por largos periodos de tiempo, presentando un riesgo carcinogénico, o no, según sus perfiles toxicológicos. Es importante también considerar las características de las personas expuestas por las diferentes vías (aire, agua, suelo, alimentos).

Qué tan expuestos están niños y adultos también dependerá de la biodisponibilidad del metal en el medioambiente. Según la definición de la ATSDR "la biodisponibilidad es el porcentaje de la cantidad total de una sustancia química que se absorbe en el torrente sanguíneo, donde solo la cantidad absorbida de la sustancia química puede producir algún daño". Esto podría ser variable para cada uno de los elementos químicos evaluados.

La estimación preliminar de la biodisponibilidad para el plomo en muestras de suelo, polvos de calles y relaves de Copiapó indicó que, en promedio, la biodisponibilidad es de 84% en relaves, 72% en suelos y 69% en polvo de calles. En palabras simples, por ejemplo, si un niño consume un puñado de relave que contiene plomo, y luego consume un puñado del mismo tamaño y con la misma concentración de plomo, pero de polvo de calle, el plomo que estaría ingresando a su cuerpo será mayor en el caso del relave que con el polvo de calle.

Considerando la distribución de las concentraciones de los metales, su enriquecimiento y la estimación de riesgo teórico para la salud, se establecieron cinco áreas que deberían ser priorizadas en futuros estudios de evaluación de riesgo o de daño a la salud de la población (no jerarquizadas) (Figura 2). Dos corresponden a zonas residenciales: una en el centro de la ciudad (Área B) y la otra en la población El Palomar en la ribera sur del río Copiapó (Área C). En estas áreas se sugiere establecer un monitoreo ambiental y una caracterización integral del estado de salud, especialmente en niños y niñas para caracterizar adecuadamente la zona y establecer la importancia de los determinantes ambientales y sociales que influyen en el estado de salud de la población.

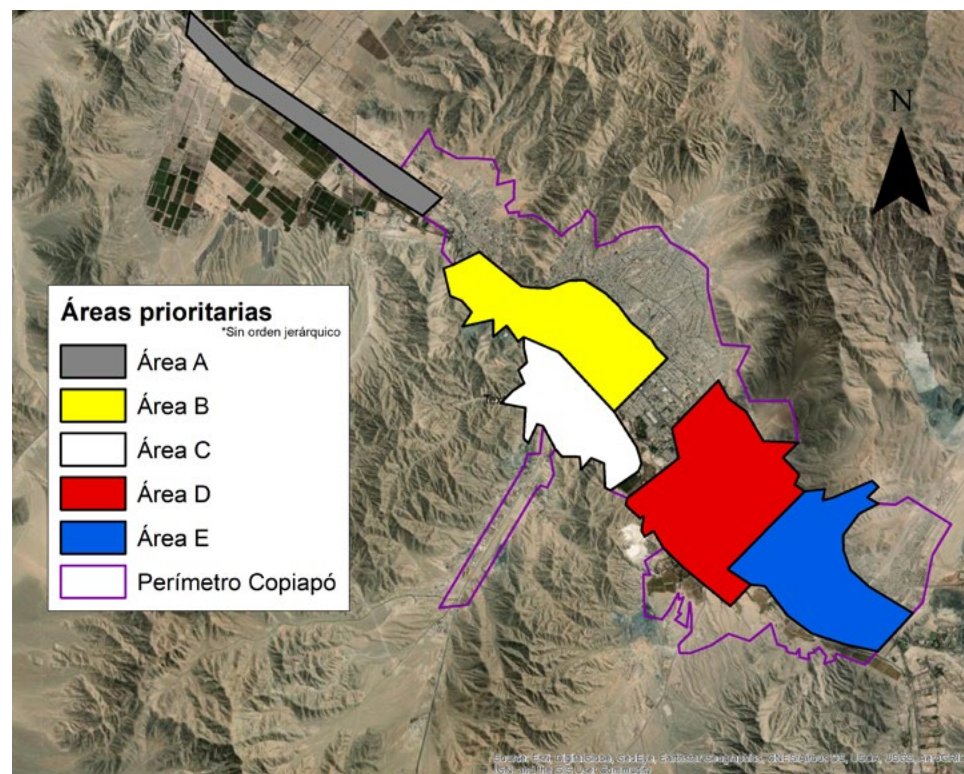


Figura 2 Áreas priorizadas para futuras evaluaciones del estado de salud poblacional. Las cinco áreas prioritarias se definieron según el enriquecimiento en los polvos de calle, sus concentraciones de metales, el estudio preliminar de riesgo y la ubicación de las fuentes de metales. Fuente: Elaboración propia.

ESTADO ACTUAL DE LA POLÍTICA PÚBLICA

Se presenta un análisis de las normas sobre planificación territorial y de otros instrumentos ambientales en relación a la presencia de contaminación en suelos.

Instrumentos de Planificación Territorial-Áreas restringidas al desarrollo urbano

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) establece (art. 2.1.17) que: “En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano.”¹ estableciendo restricciones de dos tipos: i) aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, tales como franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosa (“áreas no edificables”), y ii) áreas que revisten algún tipo de riesgo ya sea por causas naturales o antrópicas, en las cuales se restringe la edificación, previo estudio fundado (“áreas de riesgo”) (Figura 3). Entre las causales para declarar áreas de riesgo no se incluye la contaminación, sino que se señala de manera general “zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad humana”, pudiendo entenderse incorporadas las áreas contaminadas en razón de una actividad productiva. En zonas urbanas, la determinación de estas áreas debiese utilizarse como herramienta principal para evitar exposición de las personas a contaminación de suelos y fomentar la remediación de los mismos en caso que se requieran utilizar en especial para fines habitacionales o áreas verdes.

Lo anterior es concordante con lo expresado en el “Cua-

dermo 1 Zonificación para la planificación territorial”, de la División de Planificación Regional del ex Ministerio de Planificación y Cooperación (2005), que señala que la contaminación es un factor a considerar desde la perspectiva de que ciertas actividades desarrolladas por la población pueden afectar negativamente el entorno, de modo que justifican una limitación o restricción al desarrollo de dicha actividad.

Evaluación Ambiental Estratégica

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) permite entregar una visión ambiental en etapas tempranas de tomas de decisiones. Se encuentra regulada en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Decreto Supremo N° 32 (2015), es obligatoria para los Planes Reguladores Comunales (PRC) y planes Intercomunales nuevos. En el proceso de EAE para un Instrumento de Planificación Territorial (IPT), no sólo se presentan los antecedentes técnicos como base para establecer zonas de riesgo, sino que también por su amplitud, transversalidad y objetivos permitiría que las calidades de suelo (como la presencia de contaminación) puedan considerarse al definir los usos de suelo.

Sin embargo, existe un problema sobre las modificaciones a los IPT, puesto que el artículo 29 del Reglamento de EAE, no considera como modificaciones sustanciales respecto de cada instrumento de planificación, las medidas que se puedan tomar sobre “áreas de riesgo” para Planes Reguladores Intercomunales o Metropolitanos y tampoco para los casos de los PRC o Seccional.



Figura 3: Esquema Áreas restringidas al desarrollo urbano. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la enumeración anterior, el establecimiento de un área de riesgo por contaminación del suelo que limite el futuro asentamiento con fines residenciales no es considerada una modificación sustancial del Plan Regulador Comunal y de acuerdo al Reglamento de la EAE vigente, dicha modificación al PRC no debería pasar por EAE².

Normas de Calidad del Suelo

En Chile no existe una norma de calidad primaria de suelo, tal como existe en agua y en aire, es decir, relacionadas de manera directa con la presencia de contaminantes y estándares de contaminación que afecte la salud. Las normas de calidad de suelo son regulaciones sectoriales que buscan protegerlo desde su uso silvoagropecuario y centran su regulación en la conservación de los suelos degradados, evitando la pérdida de su capacidad productiva. Entre ellas están la Ley 20.412 que establece un sistema de incentivos para contribuir a la sustentabilidad agroambiental del recurso suelo recuperando su potencial productivo, el Decreto Ley N° 3557 (1980) con disposiciones sobre

protección agrícola, y el D.F.L. 235 (1999) del Ministerio de Agricultura, que establece un sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados.

Desde hace varios años el Ministerio de Medio Ambiente ha intentado infructuosamente avanzar en esta materia. Así, por ejemplo, la Resolución Exenta N° 177 (2016), del Ministerio del Medio Ambiente, establece el Primer programa de regulación ambiental 2016-2017. El Título IV Residuos, suelo y evaluación de riesgos establece en la sección criterios de sustentabilidad, la tarea de “la gestión de los suelos con potencial presencia de contaminantes, mediante la aplicación de la metodología de evaluación de riesgo” y entre sus políticas y planes, únicamente contempla “la actualización de la política nacional para la gestión de sitios con presencia de contaminantes y su plan de acción.” En este sentido, el instrumento parece quedarse en una etapa previa a la de elaboración de una norma de calidad para suelos que contemple su impacto en la salud de las personas.

¹ Decreto Supremo N°40 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Aprueba reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental 30 de octubre de 2012.

² Además, existe escasa evidencia de que las EAE contribuyen de manera significativa a modificar los planes de desarrollo territorial para mitigar mejor los problemas ambientales en las zonas urbanas (CEPAL/OCDE, 2016).

RECOMENDACIONES

Considerando los antecedentes presentados, los cuales se pueden revisar en el documento extendido del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), estimamos que es fundamental considerar las siguientes propuestas.

En materia de planificación territorial

a. Incorporar en la elaboración de los futuros Instrumentos de Planificación Territorial y modificaciones a los existentes, estudios fundados para declarar “áreas de riesgo”, bajo la categoría de “Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana”.

Chile cuenta con un registro de normas de referencia para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: <http://sea.gob.cl/documentacion/normas-de-calidad-y-valores-referenciales>. Mientras no se elaboren las normas propias para nuestro país, se sugiere utilizar éstas.

b. Incorporar al artículo 29 del Reglamento de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), lo referente a las hipótesis de modificación sustancial de Instrumentos de Ordenamiento Territorial que gatillan un EAE, modificación del siguiente tenor: Incorporar bajo la letra d) referida al Plan Regulador Comunal o Seccional, un nuevo numeral, a saber: “viii) Se incorporen nuevas áreas de riesgo generados por actividad o intervención humana”.

c. Sugerimos la elaboración de normas de usos de suelo al alero del Instituto Nacional de Normalización (INN) que luego puedan ser recogidas en la

Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) y referenciadas a los usos: residencial, áreas verdes, actividad agrícola y espacios públicos. En el desarrollo de estas normas debe considerarse la geología del país y evaluar los niveles naturales de metales para definir así los niveles base o *background* para las distintas zonas de Chile.

d. En el largo plazo, desarrollar normas de calidad de suelos, con foco en la protección de las personas, identificando zonas que pudieran representar riesgos para la salud de la población. En ello se debe considerar la geología del país y evaluar los niveles naturales de metales para definir los niveles base o *background* para cada zona; de igual importancia es la caracterización de estas poblaciones en cuanto a otros aspectos que puedan aumentar su vulnerabilidad, tal como aspectos sociales (ej. situación de pobreza) o bien biológicos, tal como la proporción de población infantil y la cercanía de sitios de aprendizaje o de recreación a las zonas de riesgo.

Sin embargo, la falta de esta normativa no es excusa para no utilizar los importantes mecanismos que contempla la legislación urbanística y las normas internacionales que expresamente son incorporadas como referenciales en materia ambiental.

En materia técnica y métodos a considerar

a. Establecer a nivel nacional los métodos de muestreo y determinaciones analíticas para polvos de calles y suelos, considerando la alta heterogeneidad y los distintos contextos, propios de estos sistemas ambientales donde se lleva a cabo el estudio⁴.

b. Certificar laboratorios que cumplan con estándar de comparabilidad y confiabilidad para medir metales en polvos y suelos, para contar a nivel nacional con análisis en condiciones y calidad similares.

c. Elaboración de estudios técnicos en áreas de riesgo urbanizadas o futuras a urbanizar, realizando un diagnóstico del contenido de metales en los suelos y polvos de calles para estimar el riesgo a la salud de la población que se instalará en dichos lugares de manera preliminar. Este insumo también podría ser útil para establecer áreas prioritarias para futuros estudios o intervenciones. La identificación de las potenciales fuentes aportantes de contaminantes es vital para la mitigación, pudiendo realizarse con el modelo de receptor (PMF) desarrollado por la *United State Environmental Protection Agency* (US-EPA) y aplicado por CEDEUS.

d. Establecer prioridades de intervención⁵ para las fuentes de contaminación presentes en la ciudad, como los relaves urbanos, dando urgencia a aquellos que tengan potencial inminente de riesgo a la salud de la población, especialmente por la presencia de contaminantes carcinogénicos como lo es el arsénico u otros elementos asociados a deterioro cognitivo, tales como el plomo, mercurio, entre otros. Una posible solución para los relaves mineros puede ser la aplicación de tecnologías para la reutilización de estos residuos o estabilizarlos física y químicamente, disminuyendo la exposición de la población que tiene contacto con ellos de manera involuntaria.

⁴ INN ha avanzado en el desarrollo de normas técnicas de suelos.

⁵ Similar al trabajo que ha realizado MMA y SERNAGEOMIN en los últimos años.

REFERENCIAS

- Calcagni, M.S. (2016).** *Screening geoquímico urbano: ocurrencia, distribución y biodisponibilidad de metales y metaloides en matrices sólidas en Copiapó.* Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Carkovic, A.B., Vega, A.S., Coquery, M., Moya, P.M., Calcagni, M.S., Bonilla, C.A., and Pastén, P.A. (2015).** *Active and legacy mining in an arid urban environment: challenges and perspectives for Copiapó, Northern Chile.* International Conference of the SEGH: "Urban Soils and Metal Contamination: Issues - Remedies". March 30- April 1, 2015. Arlington, TX, USA.
- Carkovic, A.B., Calcagni, M.S., Vega, A.S., Coquery, M., Moya, P.M., Bonilla, C.A., Pastén, P.A. (2016).** *Active and legacy mining in an arid urban environment: challenges and perspectives for Copiapó, Northern Chile.* Environmental Geochemistry and Health, 38(4), 1001–1014.
- CEDEUS (2022).** *Contaminación por metales pesados en suelos de Copiapó: Diagnóstico y propuestas públicas.* CEDEUS, Reporte Técnico. Santiago, Chile.
- Centro Nacional del Medio Ambiente, CENMA (2016).** *Diagnóstico y evaluación de potenciales riesgos en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla.*
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016).** *Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016.* Santiago, 2016.
- Cortés, S., Arce, G., Leiva, C., Muñoz, L., Gutiérrez, S., Moya, P., Vega, A., Pastén, P (2018).** *Legacy Mine Tailings in Urban Areas: Assessing Heavy Metal Exposure from Street Dust.* Goldschmidt 2018. August 12-17, 2018 in Boston, USA.
- Decreto Supremo N°47 (1992)** del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.
- Decreto Supremo N°40 (2012)** del Ministerio del Medio Ambiente. Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N°32 (2015)** del Ministerio del Medio Ambiente. Aprueba Reglamento para la Evaluación Ambiental Estratégica.
- Ministerio de Planificación y Cooperación (2005).** *Zonificación para la Planificación Territorial, Serie Planificación Territorial, Cuaderno 1.*
- Moya, P., Pastén, P., Coquery, M., Bonilla, B., Vega, A., Carkovic, A., Calcagni, M. (2015).** *Decoding Metal Associations in an Arid Urban Environment with Active and Legacy Mining: the Case of Copiapó, Chile.* 2015 AGU (American Geophysical Union): Fall meeting. Dec 14-18, 2015. San Francisco, USA.
- Moya, P.M. (2017).** *Identificación de fuentes contaminantes en suelos y polvos de calle: El caso de Copiapó, Chile.* Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Moya, P.M., Arce, G.J., Leiva, C., Vega, A.S, Gutiérrez, S., Adaros, H., Muñoz, L., Pastén, P., Cortés, S (2019).** *An integrated study of health, environmental and socioeconomic indicators in a mining-impacted community exposed to metal enrichment.* Environmental Geochemistry and Health, 41, 2505–2519.
- Secretaría Regional Ministerio de Salud (2011).** *Plan de Salud de Polimetales SEREMI de salud de Arica y Parinacota.*
- Servicio de Evaluación Ambiental (2012).** *Guía de Evaluación de Impacto Ambiental. Riesgo para la salud de la población en el SEIA.* Gobierno de Chile.
- Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNA-GEOMIN (2016).** *Catastro de Depósitos de Relaves.*
- Sutherland, R.A., Tolosa, C.A. (2000).** *Multi-element analysis of road-deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii.* Environmental Pollution, 110 (3), 483-495.
- Vega, A. S., Moya, P., Arce, G., Coquery, M. Cortés, S., Pastén, P. (2018).** *Metal enrichment and human exposure in an arid city with current and legacy mining: the Andacollo case, Chile.* 2018 AGU Fall Meeting. December 10-14, 2018 Washington D.C, USA.
- Vega, A.S., Arce, G., Moya, P., Acevedo, S., De la Barrera, F., Reyes, S., Bonilla, C., Pastén, P.A. (2019).** *Concentration of metals in urban parks in Chile: effect of mining activity.* 2018-2019 International Soils Meeting. January 6-9, 2019. San Diego, USA.
- Vega, A.S., Arce, G., Carkovic, A., Moya, P., Coquery, M. Pastén, P.A. (2019).** *Dynamics of metals in street dust after a mudslide: Case of mining city in Chile Fall 2019 National Meeting News,* August 25-29 2019, San Diego, CA, USA.
- Vega, A.S., Arce, G., Rivera, J.I., Acevedo, S.E., Reyes-Paecke, S., Bonilla, C.A., Pastén, P. (2022).** *A comparative study of soil metal concentrations in Chilean urban parks using four pollution indexes.* Applied Geochemistry, 141, 105230.



DOCUMENTO PARA POLÍTICA PÚBLICA

www.cedeus.cl
comunicaciones@cedeus.cl