

Pasivos ambientales mineros en Chile: insumos y propuestas para una gestión sostenible

DRA. JULIETA GODFRID

MG. PAMELA POO CIFUENTES

DR. TOMÁS PALMISANO

MG. CLAUDIA FUENTES PEREIRA



MÁS UNIVERSIDAD



Pasivos ambientales mineros en Chile: insumos y propuestas para una gestión sostenible

DRA. JULIETA GODFRID

MG. PAMELA POO CIFUENTES

DR. TOMÁS PALMISANO

MG. CLAUDIA FUENTES PEREIRA



MÁS UNIVERSIDAD

**Pasivos ambientales mineros en Chile:
insumos y propuestas para una gestión sostenible**

Julieta Godfrid, Pamela Poo Cifuentes, Tomás Palmisano y
Claudia Fuentes Pereira

Primera edición: marzo, 2024
Santiago, Chile
Ediciones Universidad Autónoma de Chile
<https://ediciones.uaautonoma.cl>

© Universidad Autónoma de Chile
Avenida Pedro de Valdivia 425, Providencia
Santiago, Chile

Dirección editorial: Isidora Sesnic

Corrección de textos: Juan Antonio Massone

Diseño y diagramación: Valentina Iriarte

ISBN digital: 978-956-417-023-7
Registro de propiedad intelectual: 2024-A-2208



Este material puede ser copiado y redistribuido por cualquier medio o formato, además se puede remezclar, transformar y crear a partir del material siempre y cuando se reconozca adecuadamente la autoría y las contribuciones se difundan bajo la misma licencia del material original.

Impreso en Chile | Printed in Chile

Índice

Presentación	7
Introducción	7
¿Qué es un pasivo ambiental minero?	10
Tipología de riesgos asociados a la existencia de pasivos ambientales mineros	13
Catastro de faenas abandonadas en Chile: una aproximación a la problemática de los pasivos ambientales mineros	15
Nota metodológica	15
Faenas mineras abandonadas o paralizadas en Chile	16
Depósitos de relaves	19
Gestión de pasivos ambientales mineros en Chile: avances y limitaciones	23
Dimensión legal: marco regulatorio e instrumentos administrativos	23
Dimensión económica	31
Dimensión técnica en la evaluación, registro y monitoreo de pasivos ambientales mineros	34
Dimensión social	39
Percepción social sobre faenas abandonadas en Chile	43
Hacia una política pública de pasivos ambientales mineros con involucramiento social	49
Involucramiento de la sociedad civil en una política integral de los pasivos ambientales mineros	49
Conclusiones y recomendaciones de política pública	53
Bibliografía	55



Mina Tránsito, Tierra Amarilla,
Región de Atacama. Gentileza de
Julieta Godfrid (2022).

Presentación

La presente publicación exhibe algunos de los resultados de investigación del proyecto Promoción y fortalecimiento de experiencias locales para la generación de iniciativas de transición hacia un desarrollo más inclusivo y sostenible en regiones mineras de Chile, Colombia y Perú (2022-2024). La investigación abordó cinco líneas temáticas articuladas con la noción de transiciones hacia la sustentabilidad en contextos mineros: pasivos ambientales mineros; monitoreos ambientales comunitarios; renta extractiva; derechos territoriales y participación ciudadana; y zonas de exclusión. En cada país se analizó alguna de estas líneas temáticas con mayor profundidad. El proyecto general de investigación fue financiado por la Fundación Ford y coordinado por el Dr. Manuel Glave (Grupo de Análisis para el Desarrollo, Lima, Perú). El proyecto de investigación contó con la participación de investigadores e investigadoras de la Universidad Autónoma de Chile; la Pontificia Universidad Católica del Perú; el Grupo de Análisis para el Desarrollo (Lima, Perú), el Centro de Investigación y Educación Popular de Colombia y una red de conocimiento que involucró a actores de la sociedad civil o fundaciones.

En el caso de Chile, la investigación, que abordó los pasivos ambientales mineros, fue dirigida por la Dra. Julieta Godfrid, investigadora postdoctoral FONDECYT, proyecto de investigación N.º 3200013, financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile, con sede de trabajo en la Universidad Autónoma de Chile, específicamente en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, y el equipo estuvo conformado por el Dr. Tomás Palmisano (CONICET), Mg. Pamela Poo Cifuentes (Fundación ECOSUR) y Mg. Claudia Fuentes Pereira (Fundación ECOSUR). A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos en esta investigación.

Introducción

Chile es el primer productor de cobre a nivel mundial, con una producción que supera los cinco millones de toneladas métricas anuales, y el segundo en producción de molibdeno y litio (USGS, 2022). Desde mediados del siglo XX, la economía chilena es altamente dependiente de la minería y el sector del cobre constituye una de las principales fuentes de ingresos fiscales, de generación de divisas e ingresos nacionales (Solimano y Guajardo, 2018). En 2021, la minería representó el 14,6% del Producto Interno Bruto (PIB), el 62% de las exportaciones nacionales y el 13% de los aportes fiscales provinieron del sector minero (Consejo Minero, 2021).

La demanda de minerales como el cobre está creciendo incentivada por las medidas implementadas internacionalmente hacia la transición energética. En 2020, a nivel mundial, se demandaron 26,9 millones de toneladas de cobre y se calcula que en 2030 se demandarán 33,5 millones de toneladas (Jones *et al.*, 2021). Se proyecta, entonces, que la producción de cobre en Chile se incrementará significativamente en los próximos años para poder abastecer la creciente demanda.

En 2022 se produjeron alrededor de cinco millones de toneladas de cobre (COCHILCO, 2022a) y en la Política Minera Nacional, publicada en enero de 2023, se estableció que el país debería producir siete millones de toneladas para 2030 y nueve millones de toneladas para 2050. Con el aumento de la producción también se incrementará la generación de desechos mineros: en la actualidad durante la producción minera se generan 800 millones de toneladas métricas de desechos por año (Cacciuttolo y Atencio, 2022). En el contexto de proyectado crecimiento de la actividad minera, es crucial atender a una cuestión históricamente postergada: la existencia de pasivos ambientales mineros (en adelante PAM) producidos por el cierre inadecuado o abandono de faenas mineras.

Desde 2005, organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han puesto en relieve el escaso tratamiento que ha tenido la cuestión de los PAM en Chile. Los organismos han planteado la necesidad de redoblar esfuerzos para crear marcos normativos que permitan diseñar y gestionar planes de descontaminación en áreas de alta presencia de faenas e infraestructura minera abandonadas o cerradas de manera inadecuada. Al respecto, en 2005 el informe de Evaluaciones de desempeño ambiental publicado por CEPAL y OCDE sobre la problemática de los PAM indicaba que «un tercio de los tranques de relaves abandonados están en un estado deficiente o inaceptable» (2005, p.26) y advertía sobre la falta de planes de descontaminación de minas abandonadas en el país. Luego, en el mismo informe, pero de 2016, nuevamente los organismos plantearon el problema de que no exista en el país un abordaje integral sobre la remediación de zonas con PAM, ni tampoco un organismo responsable de diseñar programas para este tema. Todo lo anterior demuestra que la temática de los PAM constituye un problema pendiente sobre el cual es imperioso avanzar.

Desde 2012, Chile cuenta con legislación específica¹ referida al cierre de minas (Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras N.º 20.551),² sin embargo, en el pasado esta cuestión no estaba regulada. Por tal motivo, según la información disponible en el catastro elaborado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, 2019) en Chile existen 5.422 faenas mineras abandonadas e inactivas sobre las cuales aún no se ha dado un adecuado proceso de cierre y mitigación. El inadecuado cierre de instalaciones mineras puede devenir en lo que teóricamente se comprende como un pasivo ambiental minero, aunque Chile no posea todavía una legislación específica para su gestión. La existencia de PAM implica un riesgo para los ecosistemas y la calidad de vida de las personas que viven en las zonas aledañas (Oblasser y Chaparro, 2008). Además, su presencia en una zona puede ocasionar problemas como el deterioro socioeconómico de un área (Oblasser y Chaparro, 2008).

Diversos reportes³ señalan que Chile, como primer productor mundial de cobre, debe avanzar hacia una política integral de gestión de pasivos ambientales mineros con un enfoque correctivo y de prevención para garantizar una gestión sustentable de los recursos naturales. Así, el objetivo de esta publicación es sistematizar la información existente referida al tema de los pasivos ambientales mineros en Chile y poner en evidencia la necesidad de avanzar en una política pública al respecto. Para ello, en primer lugar, se presenta una sistematización de la definición conceptual de PAM y un relevamiento sintético de los tipos de impactos negativos que puede producir su presencia. En segundo lugar, se analizan los datos disponibles sobre las faenas mineras abandonadas en el país a partir de los catastros elaborados por el Servicio Nacional de Geología y Minería. En tercer lugar, se indaga en los avances y limitaciones respecto de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Chile por medio de la sistematización de la información sobre lo que contempla la gestión de PAM en cuatro dimensiones: la dimensión legal, la económica, la técnica y la social. Finalmente, se proponen una serie de recomendaciones orientadas al diseño de una política sostenible de gestión de pasivos ambientales mineros con énfasis en la importancia de incorporar la participación ciudadana en este proceso.

1 A partir de 1994, con la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente y otras normativas posteriores (el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental [1997] y el Reglamento de Seguridad Minera [2004]) se comenzó a estipular regulaciones referidas al fin de los proyectos mineros, sin embargo, ninguna específica como la Ley N.º 20.551 promulgada en 2011 y en vigencia desde 2012.

2 La legislación se promulgó en noviembre de 2011, pero se reglamentó en 2012 y, mediante la ley N.º 21.169 fue actualizada en 2019.

3 Véase, por ejemplo, Cámara de Diputadas y Diputados de Chile (18 de agosto de 2011); De Miguel y Pereira (2019); Oblasser (2017); Olacefs (2016) y Fundación Encuentros del Futuro (2022).



Muelle de embarque de minerales en Caldera, Copiapó. Región de Atacama. Gentileza de Paul Haslam (2022).

¿Qué es un pasivo ambiental minero?

Conceptualmente, los pasivos ambientales mineros pueden concebirse como aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos que fueron producidos por operaciones mineras que en la actualidad están cerradas, abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo potencial permanente para la salud de las poblaciones y los ecosistemas (Oblasser, 2016).

La minería, por ejemplo, produce una multiplicidad de transformaciones territoriales relacionadas con el proceso de remoción de suelo: construcción de infraestructura vial, circulación de cargamento pesado, volatilidad de material, construcción de relaves y depósitos mineros o el procesamiento de minerales. Asimismo, durante el proceso de extracción, los minerales que son estables bajo determinadas condiciones fisicoquímicas se vuelven inestables en contacto con el aire por efecto de la oxidación (Sims *et al.*, 2013) y es posible que, sin un adecuado proceso de cierre, se conformen compuestos tóxicos que luego se transforman en residuos peligrosos o en un pasivo (Higueras *et al.*, 2004). De este modo, las instalaciones mineras abandonadas que no han contado con un cierre regulado pueden generar pasivos ambientales que son riesgosos para los ecosistemas y la salud de las poblaciones (Cidu, 2012).

De manera complementaria a la definición de PAM sintetizada por Oblasser (2016), la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos define a los PAM como

las instalaciones, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, lotes de maquinaria o lotes de mineral que estando en la actualidad en entornos de minas abandonadas o inactivas, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, la biodiversidad y el medioambiente (2010, p.3).



En un sentido similar, el trabajo de Guzmán Martínez *et al.* (2020) identifica a los PAM como

todos aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, infraestructuras, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minas abandonadas o paralizadas, constituyan un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, para la biodiversidad y para el ambiente. (p.2).

Las definiciones conceptuales antes expuestas son concluyentes respecto de que la existencia de PAM puede generar riesgos para los ecosistemas y para la salud de las personas.

Por otro lado, la definición de PAM está relacionada a la concepción de riesgo y este se entiende como «la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud de su consecuencia» (Oblasser y Chaparro, 2008, p.10). En el área de la salud ambiental, la noción de riesgo significa la «probabilidad de que un efecto no deseado ocurra como resultado de la exposición a diferentes agentes causales (tóxicos, xenobióticos, contaminantes, etc.)» (Ilizaliturri *et al.*, 2009, p. 710).

El riesgo que genera la existencia de PAM se ve agravado en un contexto de cambio climático en el cual se produce un aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (Piciullo *et al.*, 2022). Por ejemplo, las precipitaciones intensas han sido identificadas como uno de los principales desencadenantes de las fallas de los diques de relaves a nivel mundial (Hu *et al.*, 2021). En este sentido, los efectos adversos del cambio climático imponen cada vez mayores desafíos para almacenar los residuos mineros de una forma que sea segura (Piciullo *et al.*, 2022; Lumbroso *et al.*, 2019).

A continuación, se presenta una tipología de riesgos que las investigaciones científicas han vinculado a la existencia de PAM.



Comuna de Nogales, Región de Valparaíso. Gentileza de Paul Haslam (2022).



Tipología de riesgos asociados a la existencia de pasivos ambientales mineros

La existencia de pasivos ambientales mineros puede generar diferentes tipos de riesgos referidos a la contaminación hídrica, del aire o del suelo, los que impactan negativamente en los ecosistemas y en la salud humana (International Resource Panel, 2020). El arrastre de material mineralizado o sustancias tóxicas provenientes de los depósitos mineros puede afectar a las zonas adyacentes, tanto a los suelos como a las fuentes hídricas (Sims *et al.*, 2013). De este modo, la salud de las poblaciones circundantes se puede ver afectada por diferentes vías como la inhalación, la ingesta o el contacto dérmico (Guzmán Martínez *et al.*, 2019; CEDEUS, 2022). Además, los PAM pueden generar otros impactos socioeconómicos negativos como la degradación económica de un área o las migraciones ambientales forzadas (Oblasser y Chaparro, 2008).

En el cuadro a continuación, se presentan de manera resumida los diferentes riesgos asociados a la existencia de PAM según la fuente afectada.

Cuadro 1. Tipos de impactos negativos asociados a la existencia de pasivos ambientales mineros

Fuente	Impactos negativos asociados
<p>Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los potenciales efectos de los PAM es la contaminación de fuentes hídricas superficiales o subterráneas por la liberación de contaminantes tóxicos contenidos en los residuos mineros o sus instalaciones abandonadas (Besser <i>et al.</i>, 2008; Younger, 2001). La contaminación se puede generar por «solubilización de metales u otros elementos por meteorización química de los elementos presentes en los PAM» (Cuentas Alvarado <i>et al.</i>, 2019, p. 36). • El escurrimiento de agua en zonas con presencia de PAM puede generar que el agua se cargue de metales o sales y producir un drenaje ácido que deteriora la calidad del agua. Los residuos mineros también pueden tener concentraciones de diferentes elementos dependiendo de la mineralogía de la zona, tales como aluminio, arsénico, asbesto, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, mercurio o zinc. • El potencial de afectación de las zonas circundantes depende de varios factores, entre ellos, el tipo de mina abandonada, el diseño de las instalaciones, el estado del abandono, la predisposición del terreno o el clima (Sims <i>et al.</i>, 2013). • La contaminación hídrica con metales pesados puede impactar negativamente sobre la fauna (Beyer <i>et al.</i>, 2005; Reglero <i>et al.</i>, 2008) y la flora (Taggart <i>et al.</i>, 2005; Reglero <i>et al.</i>, 2008).
<p>Suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La actividad minera implica la remoción del suelo y su cobertura durante un tiempo prolongado por medio de diferentes tareas que van desde las labores de desmonte, vertido de escombros, construcción de infraestructura o procesamiento de minerales. • El abandono de suelos que han sido alterados por la actividad minera puede sufrir efectos de erosión o degradación debido a la exposición del suelo con materiales de origen minero o utilizados para su procesamiento (Álvarez <i>et al.</i>, 2003; Guzmán Martínez <i>et al.</i>, 2020; Miranda-Avilés <i>et al.</i>, 2012; Sims <i>et al.</i>, 2013; Madejón <i>et al.</i>, 2002).
<p>Aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las potenciales sustancias contaminantes que se encuentran en las minas abandonadas pueden ser removidas por el efecto del viento que produce polvo y traslada de una zona a otra el material en suspensión (Guzmán Martínez <i>et al.</i>, 2020; Conko <i>et al.</i>, 2013; Mackenzie y Pulford, 2002; Yohannessen <i>et al.</i>, 2015). De este modo, se puede afectar la calidad del aire y poner en riesgo la salud de los animales y las personas por medio de la inhalación o el contacto dérmico (Cuentas Alvarado, 2019; Barberis <i>et al.</i>, 2006).

Fuente: elaboración propia.

Catastro de faenas abandonadas en Chile: una aproximación a la problemática de los pasivos ambientales mineros

En Chile no existe una legislación específica referida a pasivos ambientales mineros, ni tampoco existe un catastro particular sobre pasivos que dé cuenta de la existencia de tales o de sus potenciales riesgos. Sin embargo, el SERNAGEOMIN releva información relativa a las faenas mineras abandonadas o inactivas lo cual constituye el primer paso para aproximarse al problema. De acuerdo con esta institución, las faenas mineras se diferencian según sus estados: activa, no activa o abandonada.

Estados	Definición
Depósitos activos	aquellas obras que poseen dueño conocido y están en operación
Depósitos no activos	aquellos con dueño conocido, pero fuera de operación
Depósitos abandonados	no tiene un dueño conocido o no se conoce que haya existido un adecuado proceso de cierre

Fuente: catastro de depósitos de relaves (Cochilco, 2022b).

En este apartado expondremos la información disponible en Chile relativa a las faenas mineras abandonadas en tanto, como indica la teoría sobre PAM, éstas pueden constituir un riesgo para la salud de las poblaciones y los ecosistemas. A continuación, se sistematizan los datos referidos al Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas (actualizado en 2019) y al Catastro de Depósitos de Relaves en Chile (actualizado el 19 de octubre de 2022). Ambos registros brindan información relativa a faenas abandonadas (cantidad, ubicación, tipo de recurso, etc.), pero no evalúan la generación de riesgos.

Nota metodológica

La información acerca de las faenas mineras abandonadas y los depósitos de relaves proviene del análisis propio de las bases de datos oficiales disponibles más actualizadas (catastros elaborados por SERNAGEOMIN). A partir de la información disponible, analizamos, en primer lugar, el Catastro de Faenas Abandonadas Actualizado por ser éste de carácter más amplio. La base contiene 5.422 registros con información detallada sobre las faenas. En este caso, nos enfocamos en localizar las mayores concentraciones regionales y comunales, identificar los recursos más importantes procesados y el tipo de instalación de la que se trataba. Toda esta información fue

incorporada en cuadros de doble entrada o gráficos, cuyas versiones simplificadas o transcripciones se presentan en esta publicación. La segunda base analizada corresponde al Catastro de Depósitos de Relaves en Chile (actualización de 19 de octubre de 2022). Este corpus es de carácter más específico pues detalla información precisa de un tipo de instalación crítica de la actividad minera. Luego de una caracterización general de los 764 registros que conforman la base, se aplicó un filtro de datos a fin de concentrarnos en aquellas instalaciones inactivas o abandonadas. Se focalizó el análisis en este tipo de instalaciones porque éstas son las que mejor se ajustan a la definición conceptual de pasivo ambiental minero. El mencionado recorte acotó el análisis a 646 registros de datos los cuales nuevamente se analizaron buscando la mayor concentración regional y comunal y el tipo de recurso interviniente. La información se presenta en cuadros, gráficos y textos simplificados a fin de facilitar la comprensión de los cruces de datos.

Faenas mineras abandonadas o paralizadas en Chile

El catastro de faenas minera abandonadas en Chile elaborado por SERNAGEOMIN fue actualizado por última vez en 2019. En dicha base de datos se registran 5.422 instalaciones mineras de todo tipo, las que se encuentran en desuso a lo largo del país. Si bien existen faenas abandonadas en las 16 regiones del país, el 67,7% de estas se concentra principalmente en dos regiones: Atacama (44,26%) y Coquimbo (23,52%). En el cuadro 2 se visualiza la distribución del porcentaje de faenas abandonadas según las regiones del país.

Cuadro 2. Distribución de faenas abandonadas por región

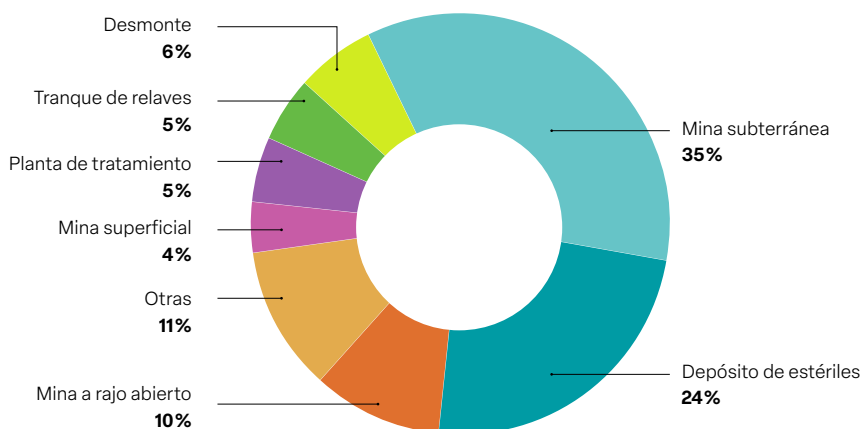
Región	Cantidad	%
Atacama	2.400	44,26
Coquimbo	1.275	23,52
Antofagasta	535	9,87
Valparaíso	486	8,96
Tarapacá	217	4,00
Metropolitana	210	3,87
Arica y Parinacota	108	1,99
O'Higgins	58	1,07
Biobío	33	0,61

Región	Cantidad	%
Magallanes	30	0,55
Aysén	27	0,50
Maule	15	0,28
Los Ríos	15	0,28
La Araucanía	9	0,17
Los Lagos	2	0,04
Ñuble	2	0,04
Total	5	100

Fuente: elaboración propia.

Del total de las faenas abandonadas, el 71,7% corresponden a aquellas vinculadas a la extracción de cobre, el 16,4% a oro y el 11,9% restante corresponde al resto de los minerales registrados. El catastro distingue 33 tipos de instalaciones abandonadas, de las cuales casi el 90% se distribuye en las siete categorías que se visualizan en el gráfico 1.

Gráfico 1. Tipo de instalaciones a 2019 (total país)



Fuente: elaboración propia.

En el país hay cuatro regiones en las cuales se concentra el mayor número de faenas abandonadas: Atacama, Coquimbo, Antofagasta y Valparaíso. A continuación, se enumeran las 20 comunas con mayor presencia de faenas abandonadas de Chile. Además del número total de faenas ubicadas en ellas, se especifica el porcentaje que éstas representan a nivel regional y nacional.

Cuadro 3. Cantidad de faenas abandonadas por comuna de las cuatro regiones donde son más numerosas (20 primeras comunas)

	Región	Provincia	Comuna	Cantidad	% de la región	% del país
1	Atacama	Huasco	Vallenar	551	22,96	10,16
2	Atacama	Copiapó	Copiapó	527	21,96	9,72
3	Atacama	Huasco	Freirina	318	13,25	5,86
4	Atacama	Chañaral	Diego de Almagro	289	12,04	5,33
5	Atacama	Chañaral	Chañaral	265	11,04	4,89
6	Coquimbo	Elqui	La Higuera	262	20,55	4,83
7	Atacama	Copiapó	Caldera	254	10,58	4,68
8	Antofagasta	Antofagasta	Taltal	250	46,73	4,61
9	Coquimbo	Limarí	Punitaqui	185	14,51	3,41
10	Valparaíso	Petorca	Cabildo	184	37,86	3,39
11	Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	151	6,29	2,78
12	Coquimbo	Limarí	Ovalle	148	11,61	2,73
13	Coquimbo	Elqui	Vicuña	137	10,75	2,53
14	Valparaíso	San Felipe	Putendo	137	28,19	2,53
15	Coquimbo	Elqui	Andacollo	129	10,12	2,38
16	Coquimbo	Choapa	Illapel	107	8,39	1,97
17	Coquimbo	Limarí	Combarbalá	101	7,92	1,86
18	Coquimbo	Elqui	La Serena	99	7,76	1,83
19	Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla	81	15,14	1,49
20	Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	74	13,83	1,36

Fuente: elaboración propia.

Depósitos de relaves

Siguiendo lo dispuesto por el Decreto N.º 248 el Servicio Nacional de Geología y Minería elabora el Catastro nacional de depósitos de relaves activos e inactivos. Siguiendo esta reglamentación, este decreto define conceptualmente qué es un relave y qué es un depósito de relave.

Relave: suspensión de sólidos en líquidos, formando una pulpa, que se generan y desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina. El vocablo se aplicará, también, a la fracción sólida de la pulpa que se ha descrito precedentemente. (Decreto N.º 248, p. 164)

Depósito de relave: toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. (Decreto N.º 248, p. 163)

En octubre de 2022 el número total de depósitos de relaves en el país era de 764, de los cuales 646 están inactivos o abandonados. Según ha definido el Ministerio de Minería (2019), dentro de las faenas abandonadas, los relaves abandonados o inactivos son aquellos que significan un mayor riesgo para la población y los ecosistemas.

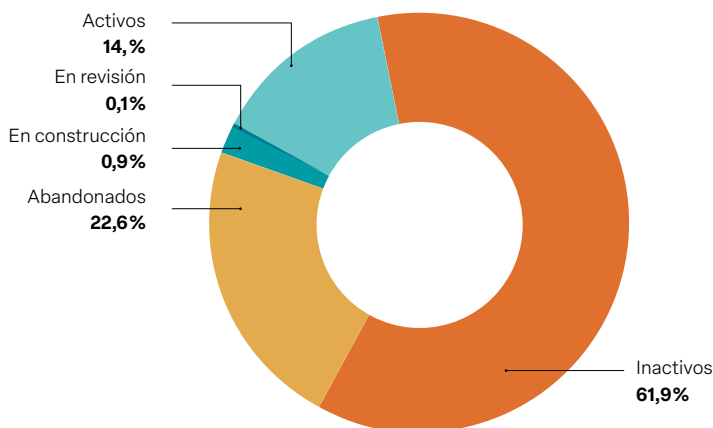
Cuadro 4. Estado de depósitos de relaves en Chile

Estado de depósitos de relaves	N.º
Activos	110
Inactivos	473
Abandonados	173
En construcción	7
En revisión	1
Total	764

Fuente: elaboración propia en base a SERNAGEOMIN (19 de octubre de 2022).

Del total de los relaves existentes en el país, el 84,55 % se encuentran abandonados o inactivos. El gráfico 2 exhibe los relaves que corresponden a cada una de las categorías catastradas.

Gráfico 2. Estado del relave



Fuente: elaboración propia.

La gran mayoría de los relaves abandonados o inactivos (93,19%) corresponden a dos metales y su combinación: 36,69% corresponde a relaves que han quedado de la extracción de cobre; el 28,33% a la de cobre y oro y el 28,17% a la de oro. La infraestructura que refiere a los depósitos de relaves se clasifica en dos grandes categorías: de tipo convencional y de tipo no convencional. Los depósitos de tipo convencional se subdividen en embalse, tranque y pretilles. Los no convencionales se diferencian en las siguientes subcategorías: pasta; espesado, filtrado y dreim.

En Chile, la mayoría de los depósitos de relave corresponde a tranques de relave (86,9%) o a embalses de relave (12,07%).⁴ Apenas siete depósitos de relave en Chile corresponden a la categoría de no convencional.

Cuadro 5. Depósito de relaves de tipo convencional

	Embalse	Tranque	Pretilles
Abandonado	6	167	0
Inactivo	72	393	1

Fuente: elaboración propia.

⁴ Según la diferenciación realizada por SERNAGEOMIN (2023), el tranque de relave refiere a un tipo de depósito en el cual el muro fue construido a partir del mismo material desechado, mientras que el embalse de relave es construido con materiales complementarios.

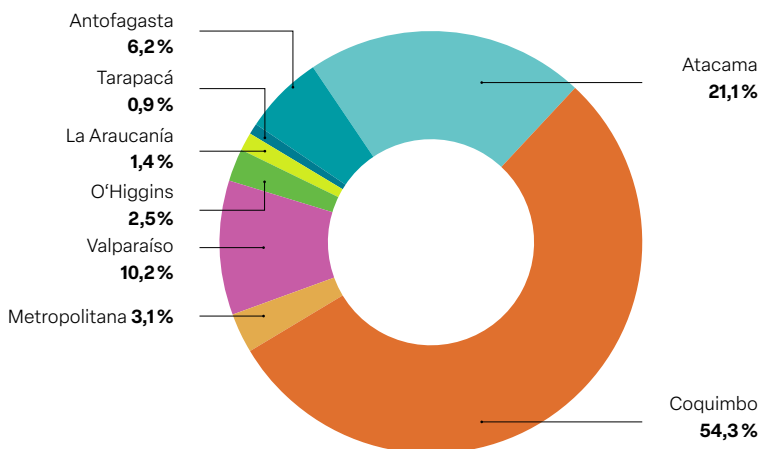
En sintonía con los datos referidos a las faenas abandonadas presentados anteriormente, los 646 relaves inactivos o abandonados se encuentran principalmente en las siguientes regiones: Coquimbo (54,3%); Atacama (21,1%); Valparaíso (10,2%) y Antofagasta (6,2%).

Cuadro 6. Relaves abandonados o inactivos según región

Región	N.º de relaves
Tarapacá	6
Antofagasta	40
Atacama	136
Coquimbo	351
Metropolitana	20
Valparaíso	66
O'Higgins	16
Maule	2
La Araucanía	9
Total	646

Fuente: elaboración propia en base a datos disponibles de SERNAGEOMIN (2022).

Gráfico 3. Relaves abandonados e inactivos según región



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta un cuadro en el cual se pueden visualizar las 20 comunas del país que concentran el principal número de relaves abandonados o inactivos.

Cuadro 7. Cantidad de relaves inactivos o abandonados en las 20 comunas del país con más casos

	Región	Provincia	Comuna	Cantidad	% regional	% nacional
1	Coquimbo	Elqui	Andacollo	113	32,19	17,49
2	Atacama	Copiapó	Copiapó	69	50,74	10,68
3	Coquimbo	Choapa	Illapel	60	17,09	9,29
4	Coquimbo	Elqui	La Higuera	42	11,97	6,50
5	Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	28	20,59	4,33
6	Antofagasta	Antofagasta	Taltal	21	52,50	3,25
7	Coquimbo	Elqui	La Serena	21	5,98	3,25
8	Coquimbo	Elqui	Vicuña	20	5,70	3,10
9	Coquimbo	Limarí	Combarbalá	19	5,41	2,94
10	Valparaíso	Petorca	Cabildo	17	25,76	2,63
11	Valparaíso	Petorca	Petorca	17	25,76	2,63
12	Coquimbo	Limarí	Ovalle	16	4,56	2,48
13	Atacama	Chañaral	Diego de Almagro	15	11,03	2,32
14	Coquimbo	Limarí	Punitaqui	15	4,27	2,32
15	Coquimbo	Choapa	Salamanca	14	3,99	2,17
16	Coquimbo	Elqui	Coquimbo	13	3,70	2,01
17	Atacama	Huasco	Vallenar	12	8,82	1,86
18	Coquimbo	Limarí	Monte Patria	12	3,42	1,86
19	Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	8	20,00	1,24
20	Antofagasta	Antofagasta	Sierra Gorda	8	20,00	1,24

Fuente: elaboración propia.

La información relevada en ambos catastros analizados podría ser de utilidad para el desarrollo de una política de gestión de pasivos ambientales mineros. Sin embargo, no existe una evaluación integral de las faenas abandonadas que permita realizar una priorización respecto de su tratamiento (OLACEF, 2021). Tampoco existe un marco regulatorio que establezca responsabilidades referidas a la generación de los

PAM, su tratamiento o remediación. Además, aún no se han elaborado estándares para los procesos de regeneración o mitigación de las áreas afectadas por PAM o una estrategia nacional que permita actuar en casos de contingencias ocasionadas por la presencia de PAM (OLACEF, 2021).

Gestión de pasivos ambientales mineros en Chile: avances y limitaciones

A partir de la literatura sistematizada se registran cuatro dimensiones fundamentales a considerar en el desarrollo de una gestión integral de pasivos ambientales mineros: la dimensión legal; la dimensión económica; la dimensión de evaluación técnica del estado de los PAM y la dimensión social. En los últimos años, los reportes relativos a la gestión de PAM se han focalizado principalmente en el aspecto legal, el económico o incluso en la dimensión técnica. Sin embargo, la dimensión social de los pasivos ha sido escasamente mencionada por los reportes sobre esta temática. Por tal motivo, a continuación, se presenta de manera resumida las primeras tres dimensiones (legal, económica y técnica) y se profundiza sobre la dimensión social. Esta dimensión refiere al modo en que los PAM son percibidos socialmente y la serie de significantes que los pobladores locales le asignan a las faenas mineras abandonadas. A partir del análisis y sistematización de fuentes secundarias se aporta un diagnóstico novedoso sobre la problemática de los PAM en Chile.

Dimensión legal: marco regulatorio e instrumentos administrativos

Chile, a diferencia de otros países de la región como Perú no cuenta con una legislación específica referida a la gestión de los PAM. Esta ausencia implica que los PAM como tal no están definidos en la legislación vigente y, por lo tanto, tampoco existe un inventario de pasivos ambientales mineros. La Organización Latinoamericana y del Caribe de Entidades Fiscalizadoras Superiores [OLACEF] (2021) indica que para avanzar en una gestión integral de PAM es necesario contar con un marco regulatorio acorde, en el que se precisen los siguientes elementos:

- a) la definición del PAM;
- b) se delimiten responsabilidades y competencias de los actores implicados;
- c) se determinen instrumentos de financiamiento para la gestión;
- d) se asignen lineamientos y responsabilidades de fiscalización y sanción en materia de PAM y;
- e) se establezcan estándares para su prevención.





Andacollo, Región de Coquimbo. Gentileza de Paul Haslam (2013).

Respecto de estos elementos, una de las cuestiones más complejas en torno a la gestión de los PAM es la delimitación sobre las responsabilidades. Es decir, identificar quién es el responsable del pasivo y por tanto de su remediación. Tal como indican las publicaciones previas (Chappuis, 2019; Lavín Valdés, 2022; Saade, 2014) en diversos países, la búsqueda de las responsabilidades en materia de pasivos ambientales mineros es uno de los elementos más complejos a resolver en términos legales por varias razones. Por un lado, la dificultad está dada por el hecho de que, como la mayoría de los PAM han sido producidos en el pasado, sus generadores (ya sea personas naturales o jurídicas) han dejado de existir como tales. Por el otro, los proyectos que generaron los PAM iniciaron y concluyeron sus actividades de forma previa a la legislación vigente, por ejemplo, la legislación sobre cierre de mina y la normativa no se aplica con retroactividad (en Chile, según artículo N.º 24 de la ley sobre Efecto Retroactivo de las Leyes).

A pesar de esta dificultad, hay países que han propuesto esquemas para identificar y asignar responsabilidades que permiten avanzar con la implementación de una política de PAM. Por ejemplo, la legislación de Perú sobre PAM (Ley N.º 28.271) distingue cuatro tipos de responsabilidades:

- 1) la responsabilidad de la entidad que causó el PAM;
- 2) la responsabilidad de aquel que adquirió el área en el cual se encuentra el PAM;
- 3) la responsabilidad de un remediador voluntario o;
- 4) frente a la falta de otros responsables, el Estado asume responsabilidad.

Otro ejemplo es el caso de Alemania, cuya ley sobre protección de suelo (1999) también establece cuatro tipos de responsables:

1. el operador de la mina;
2. el autor de la contaminación;
3. el sucesor del suelo contaminado; o
4. el dueño de la propiedad.⁵

En Chile, a pesar de la falta de legislación específica sobre PAM, existe un marco regulatorio referido a la cuestión ambiental y minera que permite prevenir la generación de nuevos PAM y posibilitaría avanzar en ciertos aspectos relativos a la gestión de los

5 Para un análisis comparativo de legislación y tipos de responsables véase Lavín Valdés (2022).

existentes. Además de las legislaciones vigentes relativas a la protección ambiental y la regulación de la actividad minera, también existen una serie de instrumentos técnicos y administrativos que orientan la evaluación y gestión del sector. A continuación, se hace una enumeración, no exhaustiva, de la legislación e instrumentos técnico-administrativos vigentes que sirven de referencia para la elaboración de una política de gestión de PAM en Chile.

Cuadro 8. Marco regulatorio y guías

Nombre de la norma o guía	Número	Año
Código de Minería	Ley N.° 18.248	1983
	Ley N.° 20.720	2014
Aprueba ley sobre bases generales del medioambiente	Ley N.° 19.300	1994
Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de depósitos de relaves	Decreto N.° 248	2006
Fija contenido del formulario E700 para el informe trimestral sobre operación y mantención de depósito de relaves	Resolución N.° 680, Ministerio de Minería	2007
Crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente	Ley N.° 20417	2010
Regula el cierre de faenas e instalaciones mineras	Ley N.° 20551	2011
Aprueba metodología para la identificación y evaluación de suelos abandonados con presencia de contaminantes	Resolución N.° 1690. Ministerio del Medio Ambiente	2011
Aprueba Reglamento que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras	Decreto N.° 41	2012
Crea los Tribunales Ambientales	Ley N.° 20.600	2012
Guía metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes	Resolución N.° 406. Ministerio del Medio Ambiente	2013
Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental	Decreto N.° 40. Ministerio del Medio Ambiente	2014

Nombre de la norma o guía	Número	Año
Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA	Según dispone Art. 11 de la ley N.° 19.300	2014
		2022
Modifica la Ley N.° 20.551 que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras e introduce otras modificaciones legales	Ley N.° 20.819	2015
Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje	Ley N.° 20.920	2016
Modifica la ley N.° 20.551, que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras	Ley N.° 21.169	2019
Guía metodológica para la evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes	Resolución Exenta N.° 0480, SERNAGEOMIN	2019
Promulga el acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe y su anexo 1	Decreto N.° 209	2022
Ley Marco de Cambio Climático	Ley N.° 2.455	2022
Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA	Según dispone Art. 11 de la Ley N.° 19.300	2022
Reforma el Código de Aguas	Ley N.° 21.435	2022

Fuente: elaboración propia.

Además de la legislación mencionada, Chile cuenta con otra serie de normas que también constituyen marcos de referencia claves para la elaboración de una política de PAM, tales como las Normas de calidad ambiental referidas a calidad del agua y del aire⁶ o las Normas de emisión hacia cuerpos de agua y la atmósfera.⁷ Además de

6 El Registro de Normas de Calidad Ambiental se encuentra disponible en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental: <https://snifa.sma.gob.cl/Instrumento/Tipo/3>

7 El compendio de la normativa sobre emisiones al agua y la atmósfera se encuentra disponible en el portal de la Superintendencia de Medio Ambiente: <https://portal.sma.gob.cl/index.php/portal-regulados/instructivos-y-guias/normas-de-emision/>

éstas, en los últimos años se han implementado programas que podrían servir de guía para elaborar una iniciativa de política pública orientada a la gestión de PAM. Entre ellas, se destaca, en 2005, el anteproyecto de ley sobre Remediación de pasivos ambientales mineros, que fue elaborado en el marco de un proyecto de cooperación entre el Servicio Nacional de Geología y Minería y el Instituto Federal de Geociencias de Alemania. En 2009 también se elaboraron las siguientes guías y políticas: a) la Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes; b) la Política de Sustancias Químicas y c) el Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Mercurio (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 2009). Otro ejemplo destacable ha sido la implementación de la Política Nacional de Seguridad Química (2017-2022) del Ministerio de Medio Ambiente.

En 2005, el Servicio Nacional de Geología y Minería⁸ elaboró un anteproyecto de ley sobre remediación de pasivos ambientales mineros que entregó al Ministerio de Minería. Los principales elementos de la propuesta planteaban lo siguiente:

- ♦ realizar un catastro de faenas abandonadas y de pasivos ambientales mineros,
- ♦ catalogar los PAM según nivel y tipo de riesgo,
- ♦ establecer una priorización para avanzar en la remediación de PAM,
- ♦ identificar la responsabilidad sobre la generación del PAM,
- ♦ estipular mecanismos de financiamiento, y
- ♦ elaborar planes de remediación, fiscalización y monitoreo.

Aunque, la propuesta no ha sido tratada por el Congreso, este documento constituye un antecedente clave para proyectar un debate sobre el tema.

Otro de los antecedentes que vale la pena mencionar es la labor de la comisión investigadora sobre la situación de los depósitos de relaves mineros en Chile que realizó la Cámara de Diputados y Diputadas de Chile. En 2011 se publicó el reporte final de la comisión, en el cual se relevó información disponible sobre relaves y PAM. En las conclusiones del informe se plantea, entre otras cuestiones, que «la inexistencia de regulación sobre el particular [PAM], motiva que en diversas zonas del país, existan faenas abandonadas y residuos con grave riesgo para la población y para las

8 La elaboración del anteproyecto de ley sobre PAM involucró a un grupo consultivo conformado por representantes del Ministerio de Minería, la Comisión Nacional de Medio Ambiente, el SERNAGEOMIN, algunos asesores del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Este grupo consultivo trabajó en la elaboración del proyecto durante treinta semanas.



Paipote, Copiapó, Región de Atacama.
Gentileza de Paul Haslam (2022).

actividades productivas locales» (Cámara de Diputados, 2011, p. 40). Asimismo, en las conclusiones se plantea que se considera urgente agilizar la elaboración de una iniciativa legal para la regulación de PAM que le otorgue al Estado, al menos, las siguientes facultades (2011, p. 41):

- ♦ crear mecanismos para intervenir sobre los PAM,
- ♦ realizar un complejo catastro, inventario y caracterización de minas abandonadas y paralizadas,
- ♦ evaluación de riesgos y clasificación de las faenas abandonadas, y
- ♦ desarrollar propuestas de remediación.

En el apartado sobre la dimensión legal queda en evidencia que, en los últimos años, Chile ha fortalecido su marco regulatorio para mejorar el control ambiental y prevenir impactos negativos de actividades industriales o mineras. La legislación existente —mencionada en este apartado— sirve también de guía para orientar el debate hacia una legislación específica sobre los pasivos ambientales mineros. Contar con una legislación específica resultaría clave para que las autoridades e instituciones responsables puedan avanzar en el tratamiento de la problemática de los PAM en el país.



Dimensión económica

Las diferentes actividades involucradas en la gestión de PAM pueden resultar costosas y complejas, sobre todo los procesos de remediación y su monitoreo (Chappuis, 2019). En caso de que pueda identificarse una entidad (empresa, persona jurídica, etc.) responsable del PAM, la misma debería asumir los costos para la elaboración, ejecución y seguimiento del plan de remediación (siguiendo el planteo del anteproyecto de ley sobre PAM elaborada por el SERNAGEOMIN en 2006). Sin embargo, como los PAM han sido producidos en el pasado, es probable que se den situaciones en las cuales ya no sea posible identificar a la entidad responsable. Por tal motivo, a la hora de diseñar políticas de gestión de PAM, es crucial pensar en instrumentos de financiamiento económico que hagan viable la implementación de la política.

La literatura especializada (Oblasser, 2016; De Miguel y Pereira, 2019; Sánchez Albavera, 2004; Chappuis, 2019) propone los siguientes instrumentos económicos para financiar una política de gestión de PAM:

- ♦ fondos presupuestarios públicos,
- ♦ fondos privados a través del pago de multas, cargos o impuestos relativos a la actividad minera,

- ♦ fondos de protección ambiental,
- ♦ fondos concursables de carácter internacional,
- ♦ alianzas o convenios público-privados, o
- ♦ programas de asistencia internacional.

Tal como se desprende de esta enumeración, existe una diversidad de alternativas para financiar este tipo de políticas. El principal desafío es que las políticas de gestión de PAM requieren de la coordinación de múltiples instituciones, diversos tipos de actores y una planificación de largo plazo.

En los últimos diez años, se han dado en Chile algunas experiencias de remoción de relaves abandonados con fondos privados: en Andacollo, La Higuera o en Copiapó⁹ (Ministerio de Minería, 2019). Por ejemplo, en el caso de Andacollo, se realizaron algunas iniciativas de gestión de PAM a partir de un Convenio entre la Subsecretaría del Medio Ambiente y dos empresas privadas instaladas en la zona. El convenio se estableció porque las empresas mineras en operación debían realizar medidas de «compensación de emisiones» según lo establece el Plan de descontaminación atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños (D.S.N.° 59/2014 del Ministerio del Medio Ambiente). Ahora bien, en la mayoría de las experiencias registradas sobre remoción de relaves abandonados en el país, estas iniciativas se implementaron para dar cumplimiento a compromisos de planes de descontaminación o a requerimientos establecidos como parte del proceso para obtener la Resolución de Calificación Ambiental de un proyecto minero en curso.

Otro tipo de mecanismo para financiar una iniciativa orientada a la gestión de PAM refiere a la reutilización o reaprovechamiento de residuos mineros provenientes de actividades pasadas (desmontes, relaves o escorias). Al respecto, en Chile, en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, la empresa Minera Valle Central reutiliza cobre y molibdeno desde relaves antiguos. Los relaves que son reaprovechados por Minera Valle Central fueron generados durante el período 1939-1977 y depositados en el tranque Cauquenes, propiedad de Codelco, Chile, división El Teniente.

Otro de los instrumentos implementados en el país ha sido el programa público-privado Tranque. Esta iniciativa reúne a diversas entidades públicas (Ministerio de Minería, SERNAGEOMIN, Superintendencia del Medio Ambiente, ONEMI), a empresas mineras públicas (CODELCO, ENAMI) y empresas privadas (Antofagasta

9 Para conocer el detalle de las iniciativas de remoción de relaves véase el Anexo N.º 2 del Plan Nacional de Relaves (Ministerio de Minería, 2019).



Andacollo, Región Coquimbo.
Gentileza de Paul Haslam
(2013).

Minerals, BHP, Minera Los Pelambres), para el monitoreo de depósitos de relaves (Fundación Chile, 2019). En este sentido, si bien la implementación de una política de PAM puede resultar costosa, también existen posibilidades innovadoras que involucran en su implementación a actores públicos y privados.

El apartado sobre la dimensión económica permite visualizar que existe una heterogeneidad de mecanismos posibles para financiar una política de gestión de pasivos ambientales mineros. Cabe señalar que una gran parte de la literatura especializada ha centrado su atención sobre este tópico por lo cual hay diversos modelos y mecanismos que pueden ser considerados a la hora de diseñar una política pública sobre el tema. Al respecto, si bien este tipo de políticas tienden a ser económicamente costosas (por la diversidad de procedimientos a implementar, los materiales, los tiempos involucrados, etc.), la posibilidad de combinar diferentes tipos de instrumentos financieros puede aumentar la factibilidad de implementar este tipo de políticas en un país.

Dimensión técnica en la evaluación, registro y monitoreo de pasivos ambientales mineros

Si bien en Chile no existe aún una definición legal relativa a los PAM, en los últimos años se han producido una serie de avances que permitieron mejorar el registro y la evaluación técnica de las faenas abandonadas y, por lo tanto, su consideración podría servir para la implementación de una política integral sobre PAM. Al respecto, el SERNAGEOMIN realizó dos proyectos de cooperación internacional en esta materia: 1) con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y 2) con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR).

El convenio con la agencia JICA¹⁰ se realizó entre 2003 y 2007. Su objetivo fue elaborar un registro de faenas mineras abandonadas y hacer un análisis preliminar de riesgos ambientales. Como resultado de este proyecto se publicó, en 2007, el primer catastro de minas abandonadas o paralizadas de Chile.

Por su parte, el convenio con BGR¹¹ tuvo lugar entre 2003 y 2008. Su objetivo fue elaborar un manual para determinar el riesgo de las faenas mineras abandonadas para el medioambiente, la salud o la seguridad de las personas. Producto de esta colaboración se elaboró el Manual de evaluación de riesgos para faenas mineras abandonadas/paralizadas (SERNAGEOMIN y BGR, 2008).

Posteriormente, el SERNAGEOMIN, el Ministerio del Medio Ambiente y otras instituciones han publicado guías metodológicas que también podrían contribuir en el relevamiento, evaluación de PAM o diseño de estrategias de remediación. A continuación, se menciona un listado, no excluyente, de guías metodológicas:

- ♦ *Guía metodológica de gestión de sitio con potencial presencia de contaminantes* (Ministerio del Medio Ambiente, 2013)
- ♦ *Guía metodológica de evaluación de riesgos para el cierre de faenas mineras* (Ministerio de Minería, 2014)
- ♦ *Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados* (Fundación Chile, 2015)
- ♦ *Catastro de medidas y tecnologías para la prevención, control y tratamiento del drenaje minero* ((Fundación Chile, 2015)

10 El convenio se denominó Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en Gestión Ambiental Minera (FOCIGAM).

11 El convenio se denominó Bases para la Remediación de Pasivos Ambientales Mineros.

- ♦ *Guía metodológica para estabilidad química de faenas e instalaciones mineras* (SERNAGEOMIN, 2015)
- ♦ *Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes* (SERNAGEOMIN, 2018).

Además de las guías y metodologías mencionadas cabe destacar, también, que se han desarrollado en el país proyectos de investigación e iniciativas público-privadas para avanzar en el desarrollo de tecnologías y modelos de monitoreo de relaves. Al respecto, nos interesa señalar al menos tres iniciativas.

Programa Tranque. Comenzó a funcionar en 2015 y es financiado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), el Fondo de Inversión Estratégica y empresas mineras (AMSA, CODELCO, BHP y Anglo American). El objetivo del programa es monitorear la estabilidad fisicoquímica de los depósitos de relaves en operación y el monitoreo y evaluación de las aguas circundantes a las instalaciones mineras. El programa ha elaborado y propuesto un «estándar de monitoreo» de depósitos de relaves. Este estándar propone, por un lado, medir una serie de variables para considerar la estabilidad física y, por el otro, implementar herramientas para la evaluación y monitoreo de aguas circundantes.¹² Como parte del programa, se planteó el desarrollar una «plataforma para el sistema global de monitoreo» de relaves en el país. El producto final desarrollado en el marco de esta iniciativa corresponderá a un bien público que será entregado a SERNAGEOMIN. Si bien el desarrollo de esta tecnología de monitoreo ha sido pensada inicialmente para los depósitos de relaves de proyectos de gran minería en operación, los avances en la materia podrían contribuir a diseñar un monitoreo que contemple también aquellos depósitos abandonados o inactivos.

FONDEF N.º IT2010016 Plataforma inteligente para la evaluación periódica de la estabilidad física en vista a un cierre progresivo y seguro de depósitos de relaves de la mediana minería. El proyecto inició en 2021 y concluye en 2023 y consiste en un estudio interdisciplinario en el que participan las escuelas de Ingeniería de Construcción y Transporte; Ingeniería Eléctrica; Ingeniería Informática e Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y es financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile. El objetivo es diseñar una plataforma para trabajar con más de 100 depósitos de relave y gestionar la información para evaluar la estabilidad física de relaves de

¹² La información detallada sobre las variables consideradas en el estándar de monitoreo puede encontrarse en el documento publicado por COCHILCO (2022b) Monitoreo del estado de los relaves mineros en Chile o en la página web de la Fundación Chile <https://fch.cl/noticianoticia-antigua/estandar-de-monitoreo-programa-tranque/>

mediana minería. Se espera que el estudio aporte al desarrollo de nuevas tecnologías para el proceso de cierre de faenas mineras de forma más segura.

FONDEF N.º IDeA I+D ID22110199 Sistema de monitoreo de riesgo en torno a depósitos de relaves. El proyecto inició en 2023 y articula a una serie de instituciones tales como el Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile, el Advanced Mining Technology Center, la Subsecretaría de Minería y el SERNAGEOMIN. El objetivo es generar una herramienta de monitoreo que se focalice en el problema de la estabilidad física de los depósitos inactivos y abandonados.

El monitoreo de la estabilidad física y química de los depósitos de relaves es una cuestión fundamental y está cobrando cada vez mayor relevancia (Piciullo *et al.*, 2022). Las fallas de los depósitos de relaves pueden implicar la liberación de residuos mineros que se desplazan cientos de kilómetros y pueden contaminar fuentes hídricas, inundar terrenos con material tóxico y afectar la flora, la fauna y la vida humana de diversas poblaciones (Lumbroso *et al.*, 2021). En distintas partes del mundo, las fallas en los depósitos de relave han generado eventos de significativa magnitud que involucraron la pérdida de vidas humanas, impactos negativos sobre los ecosistemas, afectación de fuentes hídricas y pérdidas económicas (Lumbroso *et al.*, 2021; Villavicencio *et al.*, 2014). Distintas bases de datos (WISE, World Mine Tailings Failure, CSP2) han registrado 257 fallas de depósitos de relave alrededor del mundo, entre 1915 y 2021, que produjeron al menos la pérdida de 2.650 vidas humanas y cerca de 250 millones de metros cúbicos de material contaminante volcado al medioambiente. Un ejemplo de la magnitud de la catástrofe que se puede ocasionar a partir de las fallas de depósitos de relaves han sido los casos en Brasil de Brumadinho, en 2019, y de Mariana, en 2015, que tuvieron efectos devastadores para la población y los ecosistemas (Rotta *et al.*, 2020 y Lumbroso *et al.*, 2021).

En el caso de Chile, el estudio realizado por Villavicencio *et al.* (2014) señala que, en entre los años 1901 y 2013, en el país se registraron 38 fallas en depósitos de relaves. De los 38 que presentaron fallas, el 53 % se encontraba en operación y el 47 % eran depósitos de relave cerrados o abandonados. El 68 % de las fallas estudiadas por Villavicencio *et al.* (2014) se relacionan a eventos sísmicos y presentan las siguientes características: bajos niveles de compactación de sus muros, construcciones con el método aguas arriba; alto grado de saturación y elevados ángulos de inclinación de talud de muros.¹³

13 Para un análisis detallado sobre estabilidad física de relaves abandonados en Chile véase Pulgar Morales (2020).

Cuadro 9. Principales fallas de tranques de relaves en Chile

Nombre del depósito de relave	Año	Magnitud del sismo
Barahona	1928	8.3
El Cobre viejo	1965	7.4
El Cobre nuevo	1965	7.4
Veta del Agua	1981	6.5
Cerro Negro	1985	7.8
Veta del Agua	1985	7.8
Planta Chacón	2010	8.8
Veta del Agua	2010	8.8
Veta del Agua	2010	8.8
Las Palmas	2010	8.8

Fuente: elaborado con base en Troncoso, Verdugo y Valenzuela (2017).

Una de las fallas severas en Chile ha sido el de los tranques de relave de El Cobre, pertenecientes a la faena minera El Soldado, en 1965, de la compañía minera Disputada de Las Condes. El 28 de marzo de 1965 se produjo un sismo, cerca de La Ligua (127 km al noroeste de Santiago), que devino en el derrumbe de dos de los tranques de relave de la mina El Soldado ubicada en la comuna de Nogales, en la Región de Valparaíso. Alrededor de 2.400.000 toneladas de material fueron arrastradas hacia el pueblo El Cobre y la falla generó la muerte de más de 200 personas (Dobry, 1965). En el presente, el yacimiento minero El Soldado es explotado por otra empresa que ha construido un nuevo tranque de relave llamado El Torito. Si bien han pasado más de 50 años de la falla, aún persiste, en la población de la localidad de El Melón, una percepción negativa y de riesgo respecto de un eventual colapso del tranque (Fundación Casa de la Paz, 2018).

En el cuadro 9 se puede visualizar que las fallas más recientes en Chile se produjeron en 2010, derivadas del sismo de magnitud 8.8 MW, que tuvo lugar el 27 de febrero y con epicentro en la Región de Ñuble. A partir del sismo se produjo la falla de cuatro tranques de relave en la zona central de Chile: Veta del Agua, Chacón, Bellavista y Las Palmas. La falla acontecida en el tranque Las Palmas generó el flujo de 231.660 m³ de material y fallecieron cuatro personas (Moss *et al.*, 2019; Troncoso *et al.*, 2017).

Tal como afirman los estudios mencionados, es fundamental monitorear la estabilidad física y química de los relaves abandonados o inactivos ya que al ser éstos muy



antiguos y cerrados de manera inadecuada su inestabilidad constituye un riesgo para las poblaciones circundantes y para los ecosistemas. Esta cuestión se torna aún más relevante en un país sísmico como Chile y de alta vulnerabilidad al cambio climático (Aldunce *et al.*, 2021).

En este apartado, referido a la cuestión técnica de los pasivos ambientales mineros, se han destacado una serie de avances en materia de guías, metodologías y desarrollo de tecnologías que podrían contribuir a evaluar diferentes aspectos vinculados al control o remediación de sitios con presencia de faenas mineras en estado de abandono o cierre inapropiado. Las guías y los equipos técnicos involucrados en su elaboración pueden servir de referencia para las dinámicas de evaluación y monitoreo técnico que son necesarias para la gestión de PAM. Una de las ventajas que presenta Chile para avanzar hacia una política adecuada de gestión de PAM es que cuenta



El Melón, comuna de Nogales, Región de Valparaíso. Gentileza de Paul Haslam (2022).

con una extensa red de profesionales, técnicos, académicas y académicos dedicados al sector minero que podrían aportar al diseño e implementación de la dimensión técnica de una política pública sobre la gestión de PAM. Asimismo, cuenta con instituciones claves como el Servicio Nacional de Geología y Minería, con una extensa experiencia en el sector minero.

Dimensión social

La dimensión social de los pasivos ambientales mineros se refiere a la relación entre la existencia de los PAM y las poblaciones locales. Bajo esta dimensión se contemplan diferentes aspectos como, por ejemplo, las problemáticas habitacionales que se generan a partir de la presencia de PAM en una zona, el modo en que los PAM son percibidos por la sociedad o los conflictos sociales que surgen derivados de una

gestión inadecuada de PAM, entre otros. A diferencia de las anteriores dimensiones, la social ha sido la menos abordada por los estudios o reportes referidos a los pasivos ambientales mineros.

La minería contemporánea es una de las actividades que mayor grado de conflictividad social enfrenta a nivel global (Scheidel *et al.*, 2020). Diversas investigaciones han estudiado, en términos cuantitativos y cualitativos, los conflictos sociales referidos a la minería en la región andina (Arce, 2014; Arellano-Yanguas, 2017; De Echave *et al.*, 2009; Haslam y Tanimoune, 2016; Haslam *et al.*, 2018; Orihuela *et al.*, 2019; Paredes 2016 y 2022; Reeder *et al.*, 2022; Walter y Wagner, 2021). En Chile también se registra una multiplicación de conflictos en torno a la actividad. El Instituto Nacional de Derechos Humanos en Chile, señala que de los 131¹⁴ conflictos socioambientales identificados en el país el 25 % corresponden a la minería (INDH, 2023).

Acorde a la literatura existente, en Chile, los conflictos relativos a la minería son heterogéneos e incluyen una diversidad de cuestionamientos. Sin embargo, los estudios destacan que una parte significativa de éstos refieren a componentes ambientales (Carranza *et al.*, 2020; Delamaza *et al.*, 2017; Bolados, 2016) y, en particular, están vinculados al agua, ya sea en torno a su utilización o la potencial contaminación (Akchurin, 2020; Aitken *et al.*, 2016; Bauer, 2015; Calderón *et al.*, 2016; Prieto, 2017). También, en zonas preminentemente mineras, se han desarrollado conflictos de tipo redistributivos, en los cuales se demanda empleo o una mejor provisión de servicios públicos en la zona (Irrarrázabal, 2022; Valenzuela *et al.*, 2016; Vásquez y Van Treek, 2014).

Tal como explican diversos estudios (Acuña *et al.*, 2019; Pouchucq Marinkovic *et al.*, 2017; González Castillo, 2021; Castillo Gallardo, 2016) los cuestionamientos sociales respecto de la minería no obedecen exclusivamente a situaciones del presente sino también a la minería del pasado. Es decir, la conflictividad no sólo se explica por el accionar de los proyectos mineros en operación, sino que también se vinculan con los antecedentes de la actividad minera en una zona, por ejemplo, con los cierres inadecuados, las prácticas ambientales de las empresas o las instancias de relacionamiento con las comunidades.

La conflictividad en torno a la minería debe leerse bajo una «perspectiva histórica» (Folchi, 2001) que permita comprender la temporalidad de largo plazo de ciertas dinámicas sociales y, a la vez, el modo en que el cambio de contexto sociocultural

14 El Instituto de Derechos Humanos de Chile inició el mapeo de conflictos socioambientales en 2012 y la última actualización de estos se hizo en 2018.

permite reevaluar los acontecimientos del pasado a la luz del presente. De manera complementaria, para comprender los conflictos hay que tener en cuenta que las experiencias y percepciones respecto de una actividad en una zona se acumulan a lo largo del tiempo.

Siguiendo la noción propuesta por Delamaza *et al.* (2019)¹⁵ las dinámicas sociales tienen «efectos acumulativos» lo cual

refiere a aquellos procesos mediante los cuales la sucesión de intervenciones, problemas y conflictos genera tanto un efecto de «saturación» (la percepción de una excesiva afectación o daño en los territorios) como uno de «suma y cimentación» de conocimientos, experiencias, demandas, redes y/o recursos para los actores locales —incluyendo tanto a los actores de los movimientos sociales como de la política y burocracia local—. (p. 187)

La perspectiva de «historicidad de los conflictos» y los «efectos acumulativos» resultan de especial interés para comprender la problemática de los pasivos ambientales mineros ya que estas nociones exhiben que, en el proceso de problematización sobre la minería, se articulan fenómenos del presente y del pasado. En especial, es clave prestar atención a las zonas donde hay alta presencia de PAM y el modo en que las poblaciones que allí habitan perciben la cuestión.



Mural en Tierra Amarilla, Región de Atacama.
Gentileza de Julieta Godfrid (2022).

¹⁵ En Delamaza *et al.* (2019) realizan una elaboración propia de la noción de «efectos acumulativos» principalmente a partir de los aportes de Silva (2015).

Percepción social sobre faenas abandonadas en Chile

Si bien la cuestión de los PAM y el modo en que tales se perciben socialmente es un tema central para comprender la relación entre la minería del pasado y del presente, aún existen relativamente pocas investigaciones que hayan explorado esta temática. Sin embargo, se han desarrollado en Chile algunas investigaciones sobre cómo se percibe socialmente a las faenas abandonadas y qué significados los pobladores y pobladoras atribuyen a estas instalaciones o a la minería en términos más generales. Los resultados plantean matices y ciertas diferenciaciones relativas a cada una de las zonas o tipo de población sobre la cual se indagó. Aquí se presentarán exclusivamente aquellos elementos en común, que son de interés para comprender la dimensión social de los pasivos ambientales mineros.

Los estudios sobre poblaciones que viven en zonas con presencia de faenas mineras abandonadas destacan que la principal preocupación de éstas refiere a la afectación de la salud (Quispe- Jofré *et al.*, 2021; Castillo Gallardo, 2016; González- Castillo, 2021). Las faenas abandonadas tienden a ser percibidas cada vez más como fuente de contaminación y riesgo para la salud (González Castillo, 2021; Pouchucq Marinkovic *et al.*, 2017; Rodríguez Torrent *et al.*, 2022). La percepción del riesgo a la salud se articula a una sensación de incertidumbre en la cual las y los habitantes expresan sentir que esos pasivos afectan su salud, pero que en la mayoría de los casos no se les ha brindado información precisa sobre de qué forma o en qué medida ella se puede ver afectada por tales (Ureta *et al.*, 2018).

Complementariamente, en términos más generales, en las zonas con presencia de faenas abandonadas la minería tiende a ser percibida como una actividad que ha deteriorado la salud de las y los trabajadores en particular y de las y los pobladores en general (Bolados, 2017; Henniecke Laporte y Davinson Pacheco, 2021; Tironi, 2018; Quispe- Jofré *et al.*, 2021). Los estudios también destacan que esta asociación entre desechos de la minería y riesgo es más bien reciente, ya que en varias ocasiones las y los habitantes, participantes de los estudios, relatan que en el pasado era habitual que las niñas y los niños utilizarán los predios abandonados, por ejemplo, cerros de estériles mineros, para jugar o hacer deportes (González Castillo, 2019; Ureta *et al.*, 2018; Pouchucq Marinkovic *et al.*, 2019).

Vinculado al problema de la salud, otra de las preocupaciones refiere a la alta presencia de polvo y material particulado. El polvo no sólo es visto como un elemento



Tierra Amarilla, Región de Atacama. Gentileza de Julieta Godfrid (2022).

de molestia en la vida cotidiana, ya que ensucia las viviendas y las calles, sino que también se percibe como un elemento contaminante que deteriora la capacidad respiratoria (Castillo Gallardo, 2016; Rodríguez Torrent *et al.*, 2022; Pouchucq Marinkovic *et al.*, 2019; Ureta *et al.*, 2018). Entre los casos relevados, particularmente importantes resultan las experiencias de las y los pobladores de Andacollo, Región de Coquimbo, y de Tierra Amarilla, Región de Atacama, primera y quinta ciudad con mayor número de relaves abandonados respectivamente. Ambas zonas han sido declaradas saturadas de material particulado MP10,¹⁶ problemática que se explica por la presencia de relaves abandonados, alta concentración de operaciones mineras alrededor y, en menor proporción, presencia de otras actividades económicas (Parodi *et al.*, 2022; Pastén *et al.*, 2022).

Otra de las preocupaciones se vincula con la contaminación de agua; se teme que los materiales utilizados en el pasado, para la extracción o procesamiento y que hayan podido quedar en las faenas abandonadas, sean una fuente de contaminación para los cursos de agua cercanos (Hennicke Laporte y Davinson Pacheco, 2021; Ureta *et al.*, 2018). Al respecto, en el Informe de la Comisión Especial Investigadora sobre

¹⁶ Andacollo fue declarada como zona saturada de material particulado MP10 en 2009 (Decreto N.º 8, Secretaría General de la Presidencia) y Tierra Amarilla fue declarada como zona saturada de material particulado MP10 en 2021 (Decreto N.º 15 Ministerio del Medio Ambiente, 18 de octubre de 2021).

Depósitos de Relaves Mineros en Chile, elaborado por la Cámara de Diputados y Diputadas, se presentan varios testimonios referidos al tema. Por ejemplo, se expone el testimonio de representantes de la Junta de Vigilancia del Río Illapel, quienes planteaban que los depósitos de relaves ubicados en la comuna de Illapel, Región de Coquimbo, escurrían material hacia el estero Aucó, afluente del río Illapel, poniendo en riesgo a los usuarios y las usuarias de agua y a las producciones de la zona (Cámara de Diputados y Diputadas de Chile, 2011, p. 22).

Asimismo, la presencia de faenas abandonadas es percibida como un riesgo habitacional para la seguridad de las viviendas y la población. Al respecto, es importante tener presente que el 72 % de los relaves en Chile (tanto los activos como los inactivos) se concentran en comunas con un nivel de pobreza multidimensional por encima de la media nacional (Ojeda-Pereira, Pezoa-Quevedo y Campos-Medina, 2023). Es decir, que existe una concentración de relaves (activos o inactivos) en comunas que cuentan con características como mayor número de viviendas precarias y déficit de infraestructura urbana. Dada esta situación, la exposición al riesgo y a los potenciales efectos negativos derivados de la presencia de PAM en un área es aún mayor.

Los habitantes de áreas con presencia de infraestructura minera abandonada y con alta presencia de relaves expresan temor a que en caso de precipitaciones extremas se arrastre material potencialmente contaminante proveniente de las faenas abandonadas hacia las casas o cultivos (Quintana Muñoz, 2022; González Castillo, 2019; Rodríguez Torrent *et al.*, 2022). Al respecto, cabe mencionar que, en 2015, producto de las intensas precipitaciones, varias localidades de la Región de Atacama se vieron cubiertas por barro con un alto contenido de desechos mineros (Cortés Nodarse y Tchernitchin Varlamov, 2018). Las lluvias del 24 y 25 de marzo de ese año, en especial en la cuenca del río Salado, produjeron aluviones y el arrastre de material desde los sectores altos de las cuencas hasta las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, Copiapó, Paipote, Tierra Amarilla, entre otras. El aluvión arrastró material proveniente de relaves mineros abandonados hacia las calles, viviendas y predios de las localidades mencionadas. Las experiencias acontecidas durante el aluvión profundizaron entre la población la sensación de temor, vulnerabilidad y riesgo de vivir en una zona con presencia de faenas abandonadas y relaves activos (Vargas Easton *et al.*, 2018).

Junto con lo anterior, hay una noción social negativa respecto de la presencia de relaves abandonados o relaves de gran tamaño. Las poblaciones que habitan próximas a tranques de relaves perciben que sus territorios se tornan inseguros y riesgosos por la posibilidad de que existan quebraduras en los tranques, situaciones de colapso o contaminación de napas por infiltración (Quintana Muñoz, 2022; Fundación Casa de la Paz, 2018).



Mural en El Melón, comuna de Nogales, Región de Valparaíso. Gentileza de Julieta Godfrid (2022).

En los estudios también se mencionan algunas percepciones referidas a la política pública relacionada con el tema de las faenas abandonadas. Las y los habitantes de zonas con presencia de faenas abandonadas han manifestado una sensación de descontento y frustración respecto del accionar del Estado en la gestión de estas faenas y sus desechos (León Pardo, 2021; Ureta *et al.*, 2018). Se percibe que el Estado ha desatendido las preocupaciones sociales sobre el tema (Rodríguez Torrent *et al.*, 2022) y que las autoridades subnacionales están indiferentes al tratamiento del problema (Ureta *et al.*, 2018; Castillo Gallardo, 2016). La falta de acciones sobre las faenas abandonadas es percibido por la ciudadanía como una situación frustrante (Ureta *et al.*, 2018) y de injusticia (Castillo Gallardo, 2016). Algunos estudios han profundizado en el análisis de cómo la falta de gestión estatal devino en conflictos sociales y procesos de judicialización (González Castillo, 2019).



A modo de síntesis, es crucial entender que la gestión de los PAM también implica una dimensión social que involucra a las poblaciones que habitan en zonas de alta presencia de faenas mineras abandonadas. Las poblaciones locales son quienes regularmente experimentan los efectos negativos de convivir con faenas abandonadas y están expuestas a situaciones de riesgo, temor e incertidumbre respecto de su calidad de vida.

Teniendo en cuenta estos elementos, es importante considerar que la existencia de pasivos ambientales de la minería puede no solamente impactar negativamente sobre la salud de las poblaciones, su calidad de vida y los ecosistemas, tal como señala la vasta literatura, sino que, también, una inadecuada gestión de los PAM repercute negativamente sobre el modo en que la actividad minera es percibida.



Mineroducto, comuna de Los Vilos. Región de Coquimbo. Gentileza de Paul Haslam (2013).

La presencia de PAM puede impactar negativamente sobre el sector minero del presente y del futuro. Al respecto, Oblasser y Chaparro (2008) han planteado que «los impactos ambientales, sociales y económicos de los PAM no solamente dañan la imagen y la reputación de las empresas mineras si no que provocan un creciente rechazo de todas las actividades presentes y futuras» (2008, p. 8). En un registro similar, Lagos (2017) plantea que el aumento de los conflictos sociales relativos a la minería puede ser uno de los factores limitantes para el crecimiento de la minería en Chile.

Habiendo planteado esta cuestión entendemos que el promover un debate sobre la gestión integral de los PAM es de interés para una multiplicidad de actores, no sólo de las comunidades afectadas por esta realidad, sino también para aquellas instituciones y entidades involucradas con el desarrollo de la minería en el país.

Hacia una política pública de pasivos ambientales mineros con involucramiento social

En la actualidad, no existen mecanismos ni legislación suficiente referida a la gestión integral de PAM en Chile. Es necesaria una legislación específica sobre la materia y, a su vez, es posible utilizar los marcos normativos existentes para mejorar la actual gestión de PAM. Asimismo, tal como se ha mencionado en el apartado referido a la dimensión legal, en los últimos veinte años se han promovido propuestas que de retomarse podrían contribuir a idear una nueva política de gestión integral de PAM. En el proceso de formulación de una política de pasivos ambientales mineros es fundamental que se disponga de mecanismos de participación de la ciudadanía en las distintas fases que involucran los planes de gestión de estos.

Así, en la construcción de una nueva política de gestión integral de PAM es clave que se garanticen los procesos de participación y consulta hacia la ciudadanía, que cumplan con la normativa nacional e internacional en materia de derechos humanos. Chile como firmante del Acuerdo de Escazú se ha comprometido a mejorar el acceso a la información, justicia y participación en materia ambiental por lo que una nueva política de gestión de PAM debería estar alineada con estos principios.

Involucramiento de la sociedad civil en una política integral de los pasivos ambientales mineros

Tal como se destacó en el apartado anterior, las poblaciones que viven en zonas con presencia de faenas abandonadas mineras le otorgan una serie de significaciones negativas a la infraestructura o a los desechos abandonados. Debido a que las y los pobladores locales son quienes se pueden ver afectados y afectadas de manera más directa por los PAM es crucial que las políticas públicas sobre el tema consideren la dimensión social e involucren la participación de la ciudadanía.

Para diseñar el proceso de involucramiento ciudadano en materia de gestión de PAM son de utilidad las guías y recomendaciones elaboradas por el programa Superfund¹⁷ de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Para la serie de recomendaciones que siguen a continuación, se toma como referencia la publicación *Superfund Community Involvement Handbook* (2020, p. 13) y se las reformula específicamente para pensar el involucramiento ciudadano referido a una política integral de gestión de PAM.

De esta forma, para idear un proceso de involucramiento y participación ciudadana en una política de gestión de PAM se sugiere realizar los siguientes procedimientos:

- ♦ Promover una participación temprana, frecuente y significativa de la población local.
- ♦ Mantener a las y los pobladores locales bien informados e informadas sobre las actividades en curso y las planificadas por la política pública referida al tema.
- ♦ Alentar y facilitar que la ciudadanía se involucre con la iniciativa contemplando las limitaciones de movilidad o comunicación que pudieran existir en zonas rurales.
- ♦ Escuchar atentamente qué es lo que dicen las y los pobladores locales sobre el tema PAM: ¿qué significados le atribuyen a la presencia de PAM?, ¿Qué les parece lo más urgente a resolver?, ¿Qué les gustaría que se hiciera en el sector o zona en el que se encuentran los PAM?, ¿De qué manera consideran que pueden aportar a un proyecto que contemple etapas de identificación, remediación o monitoreo sobre el sector que contiene PAM?
- ♦ Considerar la opinión de las y los ciudadanos (temores, inquietudes o propuestas) para cambiar las acciones originalmente planificadas en la iniciativa.
- ♦ Explicarle a la comunidad cómo la unidad ejecutora del programa o política¹⁸ de PAM consideró sus comentarios y de qué manera se pueden incluir o no en el diseño de la iniciativa y por qué.

Involucrar a las comunidades locales puede traer múltiples beneficios, tanto para el diseño como para la implementación de una política pública referida a la gestión de zonas que presentan riesgos ambientales (EPA, 2020). Tomando como referencia los

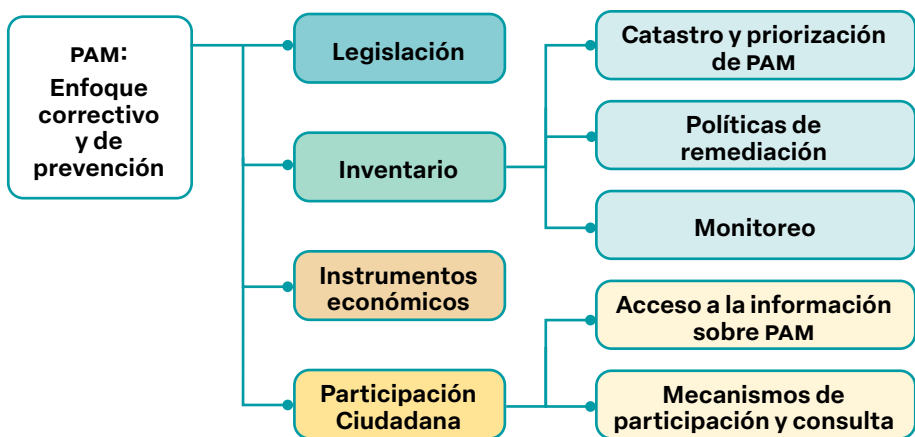
17 Coloquialmente, el programa es conocido como Superfund, formalmente la legislación se denomina Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA) y fue aprobada en diciembre de 1980.

18 Nos referimos aquí a la unidad ejecutora del programa o política de PAM como a aquella institución o autoridad responsable de diseñar o implementar la iniciativa, podría ser el SERNAGEOMIN, el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minería, etc.

elementos destacados por *Superfund Community Involvement Handbook* (2020), aquí se señalan potenciales beneficios que podría generar la participación ciudadana para una política pública de gestión de PAM:

- ♦ Mejorar la comprensión entre las y los ciudadanos acerca de la política o programa de PAM.
- ♦ Permitir a las y los implementadores de la política pública una mejor comprensión de las necesidades y preocupaciones de la comunidad en torno a los PAM.
- ♦ La generación de una relación de confianza y respeto entre la comunidad local y las y los implementadores puede prevenir o minimizar la generación de tensiones o conflictos en torno al proceso de implementación de la política en cualquiera de las etapas del proceso (inventario, evaluación, remediación, monitoreo) y, por lo tanto, reducir costos derivados de las demoras de los procesos.
- ♦ Mejorar la calidad de las decisiones relativas a la gestión de PAM a partir de la inclusión de diversidad de actores y perspectivas.
- ♦ Acceder a información local e histórica puede brindar una caracterización más precisa sobre el modo en que los habitantes locales están y han estado expuestos a los PAM dados sus comportamientos y prácticas de la vida cotidiana. Por ejemplo, el acceso a esta información permitiría diseñar una política de remediación que tenga en cuenta los usos locales sobre el espacio.

Diagrama 1. Componentes de una política pública de PAM



Fuente: elaboración propia con base en Oblasser (2016) y Donoso (2019).

El enfoque correctivo y de prevención de los PAM es una propuesta para comenzar a abordar de manera integral la problemática de los pasivos ambientales mineros. Tal como se ha expresado en los diferentes apartados, para planificar una política pública sobre PAM se deben tener en consideración la dimensión legal, la económica, la técnica y también la social.

Por largos años el país ha centrado su actividad económica en la explotación minera, pero no ha avanzado en el tratamiento de los PAM. Esa situación ha conducido a que en la actualidad una vasta cantidad de residuos, infraestructura y faenas mineras se encuentren en estado de abandono, lo cual pone en riesgo la salud de los ecosistemas y de las poblaciones cercanas. De este modo, y en línea con los enfoques expuestos en la nueva normativa chilena (Ley Marco de Cambio Climático, N.º 21.455) y los tratados internacionales (Acuerdo de Escazú), es necesario que se trabaje en una política pública que contemple la evaluación y gestión de los pasivos ambientales mineros en Chile.

Conclusiones y recomendaciones de política pública

Chile es uno de los principales productores mundiales de metales como cobre y litio, los cuales son fundamentales para el proceso de transición energética y cuya explotación se espera que aumente considerablemente en los próximos años. Como país líder en la producción de minerales es clave que se fortalezca una política pública minera sostenible. Los cambios en la legislación incorporados en materia de cierre de minas (desde 2012 en adelante) han implicado un significativo avance para prevenir la generación de nuevos pasivos. Sin embargo, aún persiste un enorme desafío relativo a controlar y gestionar los pasivos que han sido producidos históricamente por la actividad minera en amplias zonas del país.

Dada sus características geográficas, Chile es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático (Aldunce *et al.*, 2021; Rojas *et al.*, 2019) como pueden ser, por ejemplo, los aluviones extremos o la mega sequía. En un país que presenta esta alta vulnerabilidad, la existencia y dispersión de múltiples faenas, relaves e infraestructura minera abandonada agrava la situación de riesgo que produce la existencia de estos.

En este marco, y por las razones expuestas a lo largo del documento, resulta clave ampliar el conocimiento disponible relativo al estado de los pasivos ambientales mineros en el país. Para ello es recomendable que se promuevan seminarios y se aliente la investigación al respecto.

Aumentar el conocimiento disponible permitiría conocer, con mayor profundidad, los riesgos que la exposición a los PAM está produciendo en el país y diseñar un tratamiento de los pasivos basados en evidencias que permita minimizar los riesgos, tanto para los ecosistemas como para la población.

La existencia de PAM constituye un motivo de preocupación social y, por lo tanto, el diseño de una política de gestión de pasivos debe contemplar también la dimensión social de este problema.

Ahora, con el fin de promover el debate y avanzar en el abordaje de una política pública sostenible sobre pasivos ambientales mineros se recomienda:

1. Generar una política pública específica que aborde los pasivos ambientales mineros en Chile y dotarla de los instrumentos económicos que permitan el cumplimiento de sus objetivos.
2. Elaborar legislación específica para la gestión integral de pasivos ambientales mineros.
3. Realizar un registro de responsables de pasivos ambientales mineros.
4. Mantener un catastro actualizado de las faenas, infraestructura minera y relaves abandonados o cerrados de manera inadecuada en Chile con el fin de asegurar la estabilidad física y química en conformidad con la normativa ambiental chilena.
5. Evaluar amenazas y riesgos socioambientales asociados a la existencia de PAM, que permitan catalogarlos según el nivel y tipo de riesgo.
6. Elaborar un plan de áreas prioritarias de remediación según niveles de riesgos evaluados y medir grados de avance en la remediación de áreas afectadas.
7. Establecer un programa de monitoreo de PAM.
8. Fortalecer los mecanismos de participación ciudadana, acceso a la información ambiental y justicia ambiental (comprendidos en el Acuerdo de Escazú) para involucrar a las comunidades locales en la implementación de una política sobre PAM.
9. Alentar la sinergia institucional entre las autoridades públicas de diferentes escalas (nacional, regional y local) para optimizar los recursos disponibles y facilitar la toma de decisiones.
10. Promover espacios de colaboración intersectorial (sector público, privado, academia y sociedad civil) para generar instrumentos que permitan solventar una política integral de gestión de PAM y desarrollar las capacidades técnicas que son necesarias para el monitoreo y remediación de éstos.

Bibliografía

- Acuña, C.; Salas, K.; Vidal, P.; Cea, J. y Pouchucq, L. (2019). Contradicciones de la megaminería chilena: El Toro como lugar de resistencia. Aportes desde el trabajo social. *Horizontes en intervenciones sociales* (3): 23-49.
- Aitken, D.; Rivera, D.; Godoy-Faúndez, A. y Holzapfel, E. (2016). Water Scarcity and the Impact of the Mining and Agricultural Sectors in Chile. *Sustainability*, 8(2), 128. <https://doi.org/10.3390/su8020128>
- Akchurin, M. (2020). Mining and Defensive Mobilization: Explaining Opposition to Extractive Industries in Chile. *Sociology of Development*, 6(1): 1–29.
- Aldunce, P.; Lillo-Ortega, G.; Araya-Valenzuela, D.; Maldonado-Portilla, P. y Gallardo, L. (2021). Evaluating adaptation to drought in a changing climate: experience at the local scale in the Aconcagua Valley. *Climate and Development*, 14(2): 121-132. <https://doi.org/10.1080/17565529.2021.1893150>
- Álvarez, E; Fernández Marcos, M.L.; Vaamonde, C; Fernández-Sanjurjo, M. J. (2003). Heavy metals in the dump of an abandoned mine in Galicia (NW Spain) and in the spontaneously occurring vegetation. *Science of The Total Environment*, (313):185–197.
- Aparicio, M. (2009). Los riesgos de la contaminación minera y su impacto en los niños. *Tinkazos*, 12(27): 83-101.
- Arce, M. (2014). *Resource extraction and protest in Peru*. University of Pittsburg Press.
- Arellano- Yanguas, J. (2017). Inequalities in mining and oil regions of Andean countries. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 6(2): 98-122.
- Bauer, C.J. (2015). Water conflicts and entrenched governance problems in Chile's market model. *Water Alternatives*, 8(2): 147–172.
- Barberis, S.; Piñeiro, A. y López, C.M. (2006). Estudio sobre contaminación ambiental por plomo en niños de la localidad de Abra Pampa (Jujuy-Argentina). *Acta Toxicol. Argentina*, (14), (Suplemento): 2-6.
- Besser, J. M.; Finger, S. E.; y Church, S. E. (2008). Impacts of Historical Mining on Aquatic Ecosystems an ecological risk assessment. En Church, S.E.; von Guerard, P. y Finger, S.E. (Ed.). *Integrated investigations of Environmental Effects of Historical Mining in the Animas River Watershed, San Juan County, Colorado*, 87-106. U.S. Geological Survey.
- Beyer W.N.; Dalgarn, J.; Dudding, S.; French, J.B.; Mateo, R.; Miesner, J; Sileo, L. y Spann, J. (2005). Zinc and lead poisoning in wild birds in the Tri-Sate Mining District (OK, KS, MO). *Arch Environ Contam Toxicol*, 48(1): 108–17. <https://doi.org/10.1007/s00244-004-0010-7>

- Bolados, P. (2016). Conflictos socio-ambientales/territoriales y el surgimiento de identidades post neoliberales (Valparaíso-Chile). *Izquierdas*, (31): 102-129.
- Bolados, P. (2017). Una ecología política feminista en construcción: El caso de las “Mujeres de zonas de sacrificio en resistencia”, Región de Valparaíso, Chile. *Psicoperspectivas*, 16(2): 33-42.
- Cacciuttolo, C. y Atencio, E. (2022). Past, Present, and Future of Copper Mine Tailings Governance in Chile (1905–2022): A Review in One of the Leading Mining Countries in the World. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, (19): 13060.
- Calderón, M.; Benavides, C.; Carmona, J.; Gálvez, D.; Malebrán, D.; Rodríguez, M.; Sinclair, S. y Urzúa, J. (2016). Gran minería y localidades agrícolas en el norte de Chile: comparación exploratoria de tres casos. *Chungara*, 48(2): 295-305.
- Cámara de Diputados de Chile (18/8/2011). *Informe de la comisión investigadora sobre la situación en que se encuentran los depósitos de relaves mineros existentes en el país*.
- Carranza, D.; Varas-Belemmi, K.; De Veer, D.; Iglesias-Müller, C.; Coral-Santacruz, D.; Méndez, F.; Torres-Lagos, E.; Squeo, F. y Gaymer, C. (2020). Socio-environmental conflicts: An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. *Environmental Science & Policy*, (110): 46-59.
- Castillo Gallardo, M. (2016). Desigualdades socioecológicas y sufrimiento ambiental en el conflicto “Polimetales” en Arica. *Convergencia*, (72): 89-114.
- Cidu, R.; Dadea, C.; Desogus, P.; Fanfani, L.; Manca, P. y Orrù, G. (2012). Assessment of environmental hazards at abandoned mining sites: A case study in Sardinia, Italy». *Appl. Geochemistry*, 27(9): 1795-1806.
- COCHILCO (2022a). *Producción chilena de cobre de mina por empresa - anual y mensual Chilean copper mine production by company*. Disponible en <https://boletin.cochilco.cl/productos/boletin.asp?anio=2023&mes=06&tabla=tabla22>
- COCHILCO (2022b). *Monitoreo del estado de los relaves mineros en Chile*. Disponible en chrome-extension://efaidnbmninnip-cajpcglclefindmkaj/<https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20Monitoreo%20del%20estado%20relaves%20mineros%20en%20Chile.pdf>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (2009). *Balance de gestión integral 2009*.
- Conko, K. M.; Landa, E. R.; Kolker, A.; Kozlov, K.; Gibb, H. J.; Centeno, J. A. y Panov, Y. B. (2013). Arsenic and mercury in the soils of an industrial city in the Donets Basin, Ukraine. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 22(5): 574-593. <https://doi.org/10.1080/15320383.2013.750270>
- Consejo Minero (2022). *Cifras actualizadas de la minería*. <https://consejominero.cl/mineria-en-chile/cifras-actualizadas-de-la-mineria/>
- Cooperación Alemana (2018). *Estudio de caso de pasivos ambientales mineros en la región La Libertad/Perú*. Disponible en <https://bit.ly/36WwCjv>

- Cortés Nodarse, I. y Tchernitchin Varlamov, A. (2018). "Metales y metaloides en muestras de polvo depositado en diferentes sectores de Atacama, afectados por los aluviones de marzo 2015" (p. 181-201). En Easton Vargas, Pérez Tello, S., & Aldunce Ide, P. (Eds.) *Aluviones y resiliencia en Atacama: construyendo saberes sobre riesgos y desastres* (1a. ed.). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales, Social-Ediciones.
- Cuentas Alvarado, M.; Velasquez Viza, O.; Arizaca Avalo, A. y Huisa Mamani, F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque – Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2): 42-57.
- CSP2 (s/d) *Tailings Dam Failures, 1915–2016*. Disponible en: <http://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>
- De Echave, J.; Diez, A.; Revesz, B.; Huber, L.; Tanaka, M. y Lanata, R. (2009). *Minería y conflicto social*. Lima: Cipca, IEP, CIES, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas.
- Decreto N° 15 (2021). *Declara zona saturada por material particulado respirable MP10 como concentración de 24 horas y anual, a la zona de Copiapó y Tierra Amarilla*. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://bcn.cl/3ak7x>
- Decreto N° 8 (2009). *Zona declarada saturada por material particulado respirable MP10*. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Disponible en: <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/DS-8-2009-Zona-declarada-saturada-por-MP10-como-concentracion-de-24-horas-y-como-concentracion-anual-a-la-localidad-de-Andacollo-y-sectores-aledanos.pdf>
- Delamaza Escobar, G.; Arriagada, E. y Cortez, M. (2019). Marea y movimientos: cuando la acumulación de conflictos territoriales alcanza resultados políticos limitados. El caso de Chiloé, Chile. *Apuntes* (93): 181-211.
- Delamaza, G., Maillat, A., y Neira-Martinez, C. (2017). Socio-territorial conflicts in Chile: Configuration and politicization (2005-2014). *European Review of Latin American and Caribbean Studies*, (104): 23–46.
- De Miguel, C. y Pereira, M. (2019). Pasivos ambientales mineros: retos para la sostenibilidad. pp. 373-393. En Sánchez, R. (Editor). *La bonanza de los recursos naturales para el desarrollo Dilemas de gobernanza*. CEPAL: Santiago.
- Donoso, J. A. (2019). *Propuesta de política pública para la gestión de pasivos ambientales mineros en Chile*. (Tesis de Ingeniería Civil en Minas). Santiago: Universidad Andrés Bello. Facultad de Ingeniería.
- EPA (United States Environmental Protection Agency) (2020). *Superfund Community Involvement Handbook*. Disponible en: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-community-involvement-tools-and-resources#general>
- Folchi, M. (2001). Conflictos de contenido ambiental y ecologismo de los pobres: no siempre pobres, ni siempre ecologistas. *Ecología Política*, (22): 79-100.
- Fundación Casa de la Paz (2018). *Resultados aplicación SEAT operación El Soldado. Evaluación de impacto en el territorio*. Disponible en: <https://chile.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-Group/Chile/sustentabilidad/comunidades/seat-el-soldado-2017.pdf>

- Fundación Chile (2015a). *Catastro de medidas y tecnologías para la prevención, control y tratamiento del drenaje minero*. Disponible en: <https://www.sernageo-min.cl/wp-content/uploads/2017/11/Catastro-de-Medidas-y-Tecnologias.pdf>
- Fundación Chile (2015b). *Manual de Tecnologías de Remediación de Sitios Contaminados*. Disponible en: <https://fch.cl/publicacion/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados/>
- Fundación Chile (2019). *Avances y retos para la gestión de los depósitos de relaves en Chile*. Disponible en: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/05/TRANQUE-2018-1.pdf>
- Fundación Encuentros del Futuro (2022). *Chile tiene futuro desde sus territorios: minería verde para enfrentar la emergencia climática*. Santiago: Congreso Futuro.
- González Castillo, P. (2019). Historia ambiental de Chañaral. Intrusión de relaves mineros, transformación territorial y conflicto de contenido ambiental. *Revista de Geografía Histórica*, (2): 29-46.
- González Castillo, P. (2021). Habitar entre arenas de relaves. Incertidumbre sanitaria y sufrimiento ambiental en Chañaral (Chile). *Revista INVI*, 36(101): 1-7.
- González Castillo, P. (2019). Historia ambiental de Chañaral. Intrusión de relaves mineros, transformación territorial y conflicto de contenido ambiental. *Territorio Histórico: Espacio, territorio y conflicto*, 2(2): 29-47.
- Guzmán Martínez, F.; Arranz González, J. C.; Smoll, L. F.; Collahuazo, L.; Calderón, E. M.; Otero, O. y Arceo, F. (2020). *Pasivos Ambientales Mineros. Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas*. Disponible en: <https://asg-mi.org/wp-content/uploads/2020/06/Manual-Inventario-PAM-y-Anexos.pdf>
- Hamilton, E. (2000). Environmental variables in a holistic evaluation of land contaminated by historic mine wastes: a study of multielement mine wastes in West Devon, England using arsenic as an element of potential concern to human health. *Sci. Total Environ.*, 249(1-3): 171- 221.
- Haslam, P.A., y Tanimoune, N.A., (2016). The determinants of social conflict in the Latin American mining sector: new evidence with quantitative data. *World Dev.*, 78: 401-419.
- Haslam, P.A.; Tanimoune, N.A. y Razeq, Z.M. (2018). Do Canadian mining firms behave worse than other companies? Quantitative evidence from Latin America. *Can. J. Polit. Sci.*, 51: 521-551.
- Hennicke Laporte, K.M. y Davinson Pacheco, G. (2021). Conflictividad ambiental en botaderos mineros de comunidades del Lago General Carrera. Retrospectiva desde actores locales de Aysén, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 80: 209-225.
- Higueras, P.; Oyarzún, R.; Oyarzún, J.; Maturana, H.; Lillo, J. y Morata, D. (2004). Environmental assessment of copper-gold-mercury mining in the Andacollo and Punitaqui districts, northern Chile. *Applied Geochemistry*, 19(11): 1855-1864.

- Hu, W.; Xin, C.L.; Li, Y.; Zheng, Y.S.; Van Asch, T.W. y McSaveney, M. (2021). Instrumented flume tests on the failure and fluidization of tailings dams induced by rainfall infiltration. *Engineering Geology*, 294(5).
- Ilizaliturri, C.A.; González-Mille, D.; Pelallo, N.A.; Domínguez, G.; Mejía-Saavedra, J.; Torres Dosal, A.; Pérez-Maldonado, I.; Batres, L.; Díaz-Barriga, F. y Espinosa-Reyes, G. (2009). Revisión de las metodologías sobre evaluación de riesgos en salud para el estudio de comunidades vulnerables en América Latina. *Interciencia*, 34(10).
- Instituto de Derechos Humanos (2023). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile*. Disponible en: <https://mapaconflitos.indh.cl/#/>
- International Energy Agency 2022. *World Energy Outlook*.
- International Resource Panel (2020). *Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries towards Sustainable Development*. Disponible en: <https://www.resourcepanel.org/reports/mineral-resource-governance-21st-century>
- Irrarázabal, F. (2022). Social protest at mining territories: Examining contentious politics at mining districts in Chile. *Resources Policy*, 78: 102787. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102787>
- Jacob, D. y Otte, M. (2004). Long-term effects of submergence and wetland vegetation on metals in a 90-year old abandoned Pb–Zn mine tailings pond. *Environmental Pollution*, 130: 337–45. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.01.006>
- Jones, B.; Acuña, F. y Rodríguez, V. (2021). *Cambios en las demandas de minerales. Análisis de los mercados del cobre y el litio y sus implicancias para los países de la región Andina*. CEPAL.
- Lavín Valdés, J. (2022). Marcos Legales existentes en torno a los Pasivos Ambientales Mineros. *Desafíos para la Gestión Sostenible de los Pasivos Ambientales Mineros*. Lima, 1 al 4 de agosto. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/dialogo_de_politicas_i_-_marcos_legales_-_julio_lavin.pdf
- Lagos, G. (2017). Mining nationalization and privatization in Peru and in Chile. *Mineral Economics*, 31: 127-139.
- León Pardo, P.I. (2021). *Tierra Amarilla, zona de crisis medioambiental: problemas y consecuencias en sus habitantes*. Memoria para optar al título de Periodista. Santiago: Universidad de Chile.
- Lumbroso, D.; McElroy, C.; Goff, C.; Roca Collell, M.; Petkovsek, G. y Wetton, M. (2019). The potential to reduce the risks posed by tailings dams using satellite-based information. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38.
- Mackenzie, A.B., & Pulford, I.D. (2002). Investigation of contaminant metal dispersal from a disused mine site at Tyndrum, Scotland, using concentration gradients and stable Pb isotope ratios. *Applied Geochemistry*, 17(8): 1093-1103. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00007-0)
- Madejón, P.; Murillo, J.M.; Marañón, J.M.; Cabrera, F. López, R. (2002). Bioaccumulation of As, Cd, Cu, Fe and Pb in wild grasses affected by the Aznalcóllar mine spill (SW Spain) *The Science of the Total Environment*, 290: 105–120.

- Moss R.; Gebhart T.; Frost D. y Ledezma C. (2019). Flow-Failure Case History of the Las Palmas, Chile, Tailings Dam. *PEER Report No. 2019/01*. Disponible en: https://peer.berkeley.edu/sites/default/files/publications/2019_01_moss.pdf
- Ministerio de Energía y Minas del Perú (2016). *Plan de Manejo de Pasivos Ambientales Mineros 2017-2019*.
- Ministerio de Minería (2014). *Guía metodológica de evaluación de riesgos para el cierre de faenas mineras*.
- Ministerio de Minería (2019). *Plan nacional de depósitos de relaves para una minería sostenible*. Disponible en: https://www.minmineria.cl/media/2021/05/Plan_Nacional_de_Despositos_de_Relaves_para_una_Mineria_Sostenible_2021.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente (2022). *Política Nacional de Seguridad Química: Plan de Acción 2017-2022*.
- Ministerio del Medioambiente (2013). *Guía Metodológica de Gestión de Sitio con Potencial Presencia de Contaminantes*. Disponible en: https://www.grn.cl/Res_406_GuiaMetodologicaSuelosContaminantes.pdf
- Miranda-Avilés, R.; Puy-Alquiza M.J. y Pérez Arvizu, O. (2012). Anthropogenic Metal Content and Natural Background of Overbank Sediments from the Mining District of Guanajuato, Mexico, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 21(5): 604-624, <https://doi.org/10.1080/15320383.2012.672488>
- Oblasser, A. y Chaparro Avila, E. (2008). Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura, (131): 1-84.
- Oblasser, A. (2016). Estudio sobre lineamientos, incentivos y regulación para el manejo de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), incluyendo cierre de faenas mineras. CEPAL, *Serie Medio Ambiente y desarrollo*, (163): 1-107.
- OCDE/ CEPAL (2005). *Evaluaciones de desempeño ambiental. Chile 2005*. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ce-231b7f-17ef-40fc-be71-2b992fbd1fa9/content>
- OCDE/ CEPAL (2016). *Evaluaciones de desempeño ambiental. Chile 2016*. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/81773534-351c-4e0d-81b1-36f4543714c8/content>
- Ojeda-Pereira, I.; Pezoa-Quevedo, H. y Campos-Medina, F. (2023). Mining tailings dumps and socio-territorial inequalities in Chile: an exploratory study. *Journal of Maps*, 19(1): 2217514. <https://doi.org/10.1080/17445647.2023.2217514>
- Organización Latinoamericana y del Caribe de Entidades Fiscalizadoras Superiores (2021). *Auditoría coordinada sobre estructuras de gobernanza para el manejo integral de los pasivos ambientales mineros*. Contraloría General de la República. Disponible en <https://minsus.net/olacefs-presenta-principales-resultados-y-hallazgos-de-la-auditoria-coordinada-de-pasivos-ambientales-mineros-en-latinoamerica/>
- Orihuela, J.C.; Pérez, C.A. y Huaroto, C. (2019). Do fiscal windfalls increase mining conflicts? Not always. *The Extractive Industries and Society*, 6(2): 313–318.
- Paredes, M. (2016). The glocalization of mining conflict: cases from Peru. *The Extractive Industries and Society*, 3(4): 1046-1057.

- Paredes, M. (2022). One industry, different conflicts: A typology of mining mobilization. *The Extractive Industries and Society*, 9: 101052.
- Parodi, M.; Alencar Da Silva, K.; Pacheco, P. y Mera, E. (2022). Estudio comparativo de factores de emisión en relaves abandonados e inactivos y su contribución al inventario de PM10: el caso Andacollo, Región de Coquimbo, Chile. *Información tecnológica*, 33(2): 129-144.
- Penaglia Vásquez, F.E. y Van Treek, E. (2014). Rebeldía en Calama: desafío al orden centralista chileno en un contexto de boom minero. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, (222): 161-186.
- Pouchucq Marinkovic, L.; Riquelme, N.; Fuenzalida, D. y Valdés, C. (2017). *Andacollo desde adentro. Historia, percepción, impacto y riesgos en un conflicto socio-ambiental profundo*. CODECIAM.
- Piciullo, L.; Briseid Storrøsten, E.; Liu, Z.; Nadim, F. y Lacasse, S. (2022). A new look at the statistics of tailings dam failures. *Engineering Geology*, (303): 106657.
- Prieto, M. (2017). El riego que el mercado no quiere ver: historias del despojo hídrico en las comunidades de Lasana y Chiu Chiu (Desierto de Atacama, Chile). *Journal of Latin American Geography*, 16(2): 69-91.
- Pulgar Morales, M.B. (2020). *Metodología de evaluación de estabilidad física de depósitos de relaves abandonados en la zona centro norte de Chile*. Memoria para optar por el título de Ingeniera Civil. Santiago: Universidad de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176844>
- Quintana Muñoz, J. (2021). Haciendo territorio (in)seguro en medio de desastres socioambientales: significados del territorio y emociones en Chañaral, Chile. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 42: 107-128.
- Quispe- Jofré, A.; Ponce Philimon, P. y Alfaro-Lira, S. (2021). Socio-environmental conflict over abandoned mining waste in Copaquilla, Chile. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 68773–68791.
- Reeder, B.W; Arce, M. y Siefkas, A. (2022). Environmental justice organizations and the diffusion of conflicts over mining in Latin America. *World Development*, 154: 105883.
- Reglero, M.M.; Monsalve-González, L.; Taggart, M.A. y Mateo, R. (2008). Transfer of metals to plants and red deer in an old lead mining area in Spain. *Science of the Total Environment*, 406(1-2): 287-297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.001>
- Rodríguez Torrent, J.C.; Broitman Rojas, C. y Ortiz Calderón, C. (2022). Contaminación, apego al lugar, riesgo y circulación de saberes en la región minera de Atacama (Chile). *Revista de geografía Norte Grande*, (82): 313-332. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000200313>
- Rojas, M.; Aldunce, P.; Farías, L.; González, H.; Marquet, P.; Muñoz, J.C.; Palma-Behnke, R.; Stehr, A. y Vicuña, S. (ed.) (2019). *Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones*. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

- Rotta, L.H.S.; Alcantara, E.; Park, E.; Negri, R.G.; Lin, Y.N.; Bernardo, N.; Mendes, T.S.G. y Sousa Filho, C.R. (2020). The 2019 Brumadinho tailings dam collapse: possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 90: 102119.
- Saade, M., (2014). *Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable. La problemática en torno a los pasivos ambientales mineros en Australia, el Canadá, Chile, Colombia, los Estados Unidos, México y el Perú. Macroeconomía del desarrollo.* CEPAL.
- Sánchez Albavera, F. (2004). Pasivos Ambientales Mineros: Un desafío en la gestión del Medio Ambiente poco aceptado en América Latina. *Revista SERNAGEOMIN*.
- Scheidel, A.; Del Bene, D.; Liu, J.; Navas, G.; Mingorría, S.; Demaria, F.; Avila, S.; Roy, B.; Ertor, I.; Temper, L.; Martínez-Alier, J. (2020). Environmental conflicts and defenders: a global overview. *Glob. Environ. Change*, (63): 102104
- SERNAGEOMIN – BGR. (2008). *Manual de Evaluación de Riesgos de Faena Mineras Abandonadas/Paralizas (FMA/P)*. Santiago.
- SERNAGEOMIN (19/10/2022). *Catastro de Depósitos de Relaves en Chile (actualización 19-10-2022)*. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNAGEOMIN (2018). *Guía metodológica para la evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes*. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2019/06/GUIA-METODOLOGICA.pdf>
- SERNAGEOMIN (2020). *Investigación de faenas abandonadas*. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/investigacion-de-faenas-abandonadas/>
- SERNAGEOMIN (2023). Preguntas frecuentes sobre relaves. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>
- Silva, E. (2015). Social movements, protest, and policy. *Erlacs*, (100): 27-39.
- Sims, D. B.; Hooda, P.S.; & Gillmore, G.K. (2013). Sediment Contamination along Desert Wash Systems from Historic Mining Sites in a Hyperarid Region of Southern Nevada, USA. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 22(7): 737-752. <https://doi.org/10.1080/15320383.2013.768200>
- Sims, D.B.; Hooda, P.S. y Gillmore, G. (2013). Mining Activities and Associated Environmental Impacts in Arid Climates: A Literature Review. *Environment and Pollution*, 2(4): 22-43.
- Solimano, A. y Calderón, D. (2018). The Copper Sector, Fiscal Rules, and Stabilization Funds in Chile: Scope and Limits. En Addison, T. y Roe, A. (eds.), *Extractive Industries: The Management of Resources as a Driver of Sustainable Development*. Oxford: Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198817369.001.0001>

- Taggart, M.A; Carlisle, M.; Pain, D.J; Williams, R., Green, D.; Osborn, D. y Meharg, A.A. (2005). Arsenic levels in the soils and macrophytes of the 'Entremuros' after the Aznalcóllar mine spill. *Environmental Pollution*, 133(1): 129-138.
- Tironi, M. (2018). Hypo-interventions: Intimate activism in toxic environments. *Social Studies of Science*, 48(3): 438– 455.
- Troncoso, J. H.; Verdugo, R. y Valenzuela, L. (2017). Seismic performance of tailings sand dams in Chile. *6th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017*. Santiago de Chile, 9 al 13 de enero. Paper N.º 4230.
- Ureta, S.; Mondaca, F. y Landherr, A. (2018): Sujetos de desecho: violencia lenta e inacción ambiental en un botadero minero abandonado de Chile. *Canadian Journal of Latin American and Caribbean Studies*, 43(3): 337-355. <https://doi.org/10.1080/08263663.2018.1491685>
- USGS (United States Geological Survey) (2022). *Copper Data Sheet—Mineral Commodity Summaries 2022*. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-copper.pdf>
- Valenzuela, E.; Penaglia, F. y Basure, L. (2016). Acciones colectivas territoriales en Chile, 2011-2013: de lo ambiental-reivindicativo al autonomismo regionalista. *EURE*, 42(125): 225-250.
- Vargas Easton, G.; Pérez Telloonia, S. y Aldunce Ide, P. (Ed.) (2018). *Aluviones y resiliencia en Atacama: Construyendo saberes sobre riesgos y desastres*. Santiago: Universidad de Chile.
- Villavicencio, G.; Espinace, R.; Palma, J.; Fourie, A. y Valenzuela, P. (2014). Failures of Sand Tailings Dams in a Highly Seismic Country. *Canadian Geotechnical Journal*, 51(4): 449–464.
- Walter, M. y Wagner, L. (2021). Mining struggles in Argentina. The keys of a successful story of mobilization. *Extractive Industries and Society*, 8(4): 100940.
- Wcisło, E.; Ioven, D.; Kucharski, R. y Szdzuj, J. (2002). Human health risk assessment case study: an abandoned metal smelter site in Poland. *Chemosphere*, 47(5): 507-515.
- Wilson, B. y Pyatt, F.B. (2007). Heavy metal dispersion, persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey, UK. *Ecotoxicol Environ Saf*, 66:224–231. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2006.02.015](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.02.015)
- WISE Uranium Project (2019). Chronology of Major Tailings Dam Failures. Disponible en: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>
- World Mine Tailings Failures. Disponible en: <https://worldminetailingsfailures.org/>
- Worrall, A.; Neil, D.; Brereton D. y Mulligan, D. (2009). Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine. *Journal of Cleaner Production*, (17): 1426–1434.
- Younger, P.L (2001). Mine water pollution in Scotland: Nature, extent and preventative strategies. *Science of the Total Environment* 265(1-3):309–326. DOI:[10.1016/S0048-9697\(00\)00673-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00673-2)
- Zerraga D. y Frías O. (2003). Toxicología Ambiental en Minería: Herramientas Para la Evaluación de Impacto. *ESAN-Cuadernos de Difusión*, 8(15): 39-47.



Sobre las y los autores

Julieta Godfrid es doctora en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires (UBA, Argentina), licenciada en Sociología y magíster en Investigación en Ciencias Sociales, ambos grados también por la UBA. Realizó un postdoctorado en University of Ottawa. Es investigadora en la Universidad Autónoma de Chile y sus investigaciones se centran en la gobernanza de recursos naturales en América Latina, la responsabilidad social empresarial en el sector minero y los conflictos socioambientales.

Pamela Poo Cifuentes es politóloga por la Universidad de Concepción (Chile) y magíster en Sociología por la Universidad Arcis (Chile). Es directora de Políticas Públicas e Incidencia de la Fundación Ecosur (Chile) e integrante de la Red de Politólogas además de vicepresidenta de ACCION Consumidores. Cuenta con más de diez años de experiencia en investigación y asesoría pública en medioambiente, cambio climático y análisis de modelos productivos vinculados a la minería.

Tomás Palmisano es doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires (UBA, Argentina), licenciado en Ciencia Política y magíster en Investigación en Ciencias Sociales, ambos grados también por la UBA. Es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina y ha sido investigador postdoctoral FONDECYT en Chile. Se especializa en estudios sociales agrarios, conflictos territoriales y políticas públicas en torno a recursos naturales.

Claudia Fuentes Pereira es ingeniera en recursos naturales renovables y máster en Governance of Risk and Resources (Universität Heidelberg). Es la directora de Transición Energética Justa de la Fundación Ecosur. Se desarrolla profesionalmente en el Centro de Acción Climática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

En Chile, la existencia de una gran cantidad de pasivos ambientales mineros (PAM) —que son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos que se generaron en el pasado por el cierre inadecuado o el abandono de faenas mineras— constituye un riesgo potencial para la salud de las poblaciones y los ecosistemas y, a pesar de que el país es el principal productor de cobre a nivel mundial, no cuenta con una legislación específica para abordar los efectos producidos por estos.

Este libro aborda el problema de los pasivos ambientales mineros en Chile, sistematiza la información existente y brinda evidencias de la necesidad de avanzar hacia una política pública integral sobre la temática a la vez que propone recomendaciones para llevarlo a cabo.

En el escenario de transición energética, que proyecta que la producción de cobre se incremente significativamente en los próximos años y con ello aumente la generación de desechos mineros, hoy resulta clave conocer los PAM y comprender sus impactos a nivel social.

