

Apalancando el Crecimiento de la Demanda en Minerales y Metales por la Transición a una Economía Baja en Carbono

Banco Interamericano de Desarrollo

Editores:

Adriana Unzueta

Carlos Sucre

Natascha Nunes Da Cunha

Infraestructura y Energía (INE)
Grupo de Minería

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02348

Apalancando el Crecimiento de la Demanda en Minerales y Metales por la Transición a una Economía Baja en Carbono

Banco Interamericano de Desarrollo

Editores:

Adriana Unzueta

Carlos Sucre

Natascha Nunes Da Cunha

Enero 2022

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Apalancando el crecimiento de la demanda en minerales y metales por la transición a una economía baja en carbono / editado por Adriana Unzueta, Carlos Sucre, Natascha Nunes da Cunha.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2348)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Mines and mineral resources-Environmental aspects-Latin America. 2. Mines and mineral resources-Environmental aspects-Caribbean Area. 3. Mines and mineral resources-Social aspects-Latin America. 4. Mines and mineral resources-Social aspects-Caribbean Area. I. Unzueta Adriana, editora. II. Sucre, Carlos, editor. III. Nunes da Cunha, Natasha, editora. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Infraestructura y Energía. V. Serie.

IDB-TN-2348

Códigos JEL: Q01, Q30, Q31, Q38, Q54, Q56

Palabras Clave: Energía y Minería, Transición Energética, Crecimiento Verde, Cobre, Plomo, Litio, Zinc, Manganeseo.

<http://www.iadb.org>

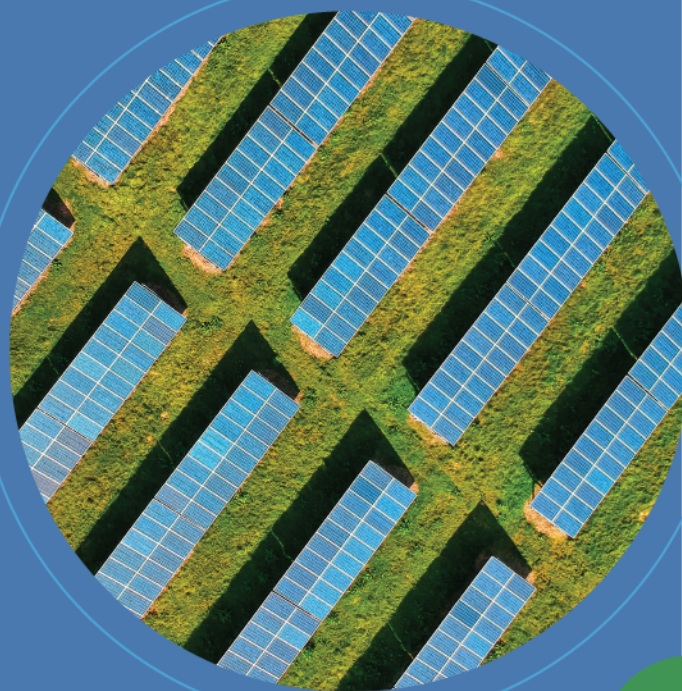
Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





**Apalancando el Crecimiento de la Demanda en
Minerales y Metales por la Transición a una
Economía Baja en Carbono**

Contenido

Sobre el Reporte	7
Resumen ejecutivo	9
1. Introducción	17
2. Crecimiento en la demanda y el suministro en América Latina y el Caribe (ALC)	20
2.1 Metodología para la demanda global	22
2.2 Metodología para el suministro regional	24
2.3 Resultados de la demanda global	27
2.4 Resultados del suministro regional	34
3. Potenciales oportunidades y desafíos socioambientales	51
3.1 Marco socioambiental	52
3.2 Oportunidades y desafíos socioambientales	54
3.3 Maximizar las oportunidades y enfrentar los desafíos relacionados con la actividad minera en un escenario de transición baja en carbono	67
4. Recomendaciones y estrategias para aprovechar las ventajas de una demanda creciente por una minería sustentable en el marco de la transición baja en carbono	74
4.1 Política pública - regulación y fomento	81
4.2 Commodities responsables: demanda aguas-abajo	87
4.3 Gobierno corporativo y mercado financiero: exigencias de los inversionistas	95
5. Conclusiones y recomendaciones	101
A. Metodología detallada	107
Modelado orientado a la demanda	107
Modelado orientado a la oferta	114
B. Sensibilidad de suministro limitado	122
C. Entrevistas y encuestas realizadas	125
C.1 Cuestionario en línea «Escenarios de proyección de minerales»	125
C.2 Cuestionario en línea y entrevistas «Oportunidades y desafíos ambientales y sociales de metales selectos en países de la región ALC»	130

D. Casos de estudio	146
D.1 Caso de estudio de referencia para ejemplificar medida: Los Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos en Perú	146
D.2 Caso de estudio de referencia para ejemplificar medida: Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (involucramiento de PRI, UNEP FI, ICMM)	147
E. Agradecimientos	150
F. Referencias	152

Índice de tablas

Tabla 1.1 - Tabla resumen de las recomendaciones y acciones concretas del capítulo 4	16
Tabla 2.1 - Escenarios de reciclaje por mineral	23
Tabla 2.2 - El crecimiento en la demanda de diferentes escenarios de descarbonización comparado con la demanda de 2020	29
Tabla 3.1 - El crecimiento en la producción de diferentes escenarios de descarbonización comparado con la producción de 2020	51
Tabla 3.2 - Definición de factores ambientales analizados	52
Tabla 3.3 - Definición de factores sociales analizados	53
Tabla 3.4 - Oportunidades más relevantes por mineral a partir de la encuesta en línea	60
Tabla 3.5 - Desafíos más relevantes por mineral a partir de la encuesta en línea	66
Tabla 3.6 - Recomendaciones para aprovechar las oportunidades y abatir los desafíos socioambientales que más se perciben como relevantes	70
Tabla 4.1 - Tabla síntesis de las oportunidades más recurrentes y su relevancia en el tiempo, considerando el escenario de crecimiento de 1.5 °C con línea base 2020	143
Tabla 4.2 - Desafíos más recurrentes y su relevancia en el tiempo	144

Índice de figuras

Figura 1.1 - Oportunidad económica por mineral y por país en 2050 en el escenario de 1.5 °C	9
Figura 1.2 - Desglose del excedente del productor por mineral y por país en 2020 y 2050 en el escenario de 1.5 °C	10
Figura 2.1 - Descripción de escenarios de descarbonización (1.5 °C y 2.0 °C) y la de referencia (3.0 °C)	21
Figura 2.2 - Gráfica ilustrativa para mostrar división de demanda	23
Figura 2.3 - Enfoque la demanda de minerales de los sectores afectados por la transición en diferentes escenarios, 2020 y 2050	27

Figura 2.4 - Enfoque la demanda de minerales de los sectores afectados por la transición en el escenario de 1.5 °C, 2020-2050	28
Figura 2.5 - Comparativa de los resultados del escenario de 2 °C del Banco Mundial (2020) con la del modelo TIAM utilizado para este reporte	32
Figura 2.6 - Comparación con los resultados del Banco Mundial, alineando supuestos	33
Figura 2.7 - Enfoque la producción de los minerales por país en % del total nacional en un escenario de 1.5 °C en 2050	34
Figura 2.8 - Enfoque la producción de los minerales por país en un escenario de 3.0 °C en 2050	35
Figura 2.9 - Producción por mineral en % de la producción total del país	27
Figura 2.10 - Desglose de utilidades por mineral en 2020 y 2050 en el escenario de 1.5 °C	39
Figura 2.11 - Producción anual de minerales en Argentina en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	41
Figura 2.12 - Producción anual de minerales en Bolivia en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	42
Figura 2.13 - Producción anual de minerales en Brasil en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	44
Figura 2.14 - Producción anual de cobre en Chile en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	46
Figura 2.15 - Producción anual de minerales (excluyendo cobre) en Chile en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	46
Figura 2.16 - Producción anual de minerales en México en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	48
Figura 2.17 - Producción anual de minerales en Perú en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia	49
Figura 3.1 - Mapa de calor de oportunidades (impactos positivos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono.	55
Figura 3.2 - Mapa de calor de desafíos (impactos negativos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono	61
Figura 4.1 - Abastecimiento responsable a través de la cadena de producción de un producto	77
Figura 4.2 - Actores relevantes en la implementación de iniciativas de sostenibilidad voluntarias	78
Figura 4.3 - Nivel de cumplimiento socioambiental	80
Figura 5.1 - Relación entre actores y estándares de producción voluntarios y obligatorios (regulación)	104
Figura 5.4 - Mapa de oportunidades (impactos positivos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono	145
Figura 5.5 - Mapa de desafíos (impactos negativos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono	145

Lista de acrónimos

Acrónimo	Definición
AISC	Costo de Sostenimiento Total
ALC	América Latina y el Caribe
ASG	Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ESG en Inglés)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BSI	British Standards Institution
BEV	Vehículos Eléctricos de Batería Eléctrica
CAMCHAL	Cámara Chileno-Alemana de Comercio
CCS	Captura y Almacenamiento de Carbono
CEPAL	Comisión Económica Para América Latina y El Caribe
CMVAP	Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos
DAM	Drenaje Ácido de Mina
EOL	Final de Vida Útil
ETSAP	Programa de Análisis de Sistemas de Tecnología Energética
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIS	Sistema de Información Geográfica
GIZ	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional
ICMM	Consejo Internacional de Minería y Metales
IEA	Agencia Internacional de Energía
IGF	Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático
IRMA	Iniciativa para Garantizar la Minería Responsable
LME	Bolsa de Metales de Londres
LMO	Óxido de Manganeso de Iones de Litio
METS	Equipos, Tecnologías y Servicios para la Minería
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación

Acrónimo	Definición
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
NMC	Níquel, Cobalto y Manganeseo
ONG	Organización No Gubernamental
PIB	Producto Interno Bruto
PRI	Principios para La Inversión Responsable
RIR	Tasa de Reciclaje Inicial
SASB	Consejo de Normas de Contabilidad de la Sostenibilidad
SEIA	Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental
TCFD	Grupo de Trabajo sobre Declaraciones Financieras Relacionadas con el Clima
TIAM	Modelo Integrado TIMES
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio
VE	Vehículos Eléctricos
VSI	Iniciativas de Sostenibilidad Voluntarias

Sobre el Reporte

Este reporte cuantifica la oportunidad económica que brinda el crecimiento de los minerales relevantes a la transición hacia una economía baja en carbono. Examina el crecimiento de la demanda a 2050 con metas actualmente establecidas por diferentes países y considera el caso donde existe una mayor ambición de descarbonización. El reporte resalta que, para materializar los beneficios sociales y económicos sin poner el riesgo el medioambiente, se requiere salvaguardar factores socioambientales permitiendo que las empresas mineras tengan la licencia social y ambiental necesaria para operar y atraer más inversión, aprovechando el gran potencial de América Latina y el Caribe (ALC) con sus abundantes recursos minerales necesarios en una economía de bajo carbono. Este reporte brinda recomendaciones para maximizar la captura de beneficios económicos relacionados con una mayor demanda de minerales y metales (cobre, plomo, litio, manganeso y zinc) que cuando son gestionados adecuadamente tienen el potencial de impulsar el desarrollo y crear prosperidad en la región. En este reporte se analizan las oportunidades y los desafíos sociales y ambientales potenciales relacionados con el aumento de la demanda para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú.

El reporte busca:

- (i) desarrollar y comparar escenarios de demanda existentes para 2030 y 2050 para minerales y metales clave asociados con una transición a tecnologías de energía bajas en carbono;
- (ii) evaluar las oportunidades y los desafíos económicos, ambientales y sociales del aumento de la demanda en los países de ALC; y
- (iii) proporcionar recomendaciones sobre cómo ALC puede capturar los beneficios del potencial crecimiento significativo de demanda de minerales, anticipándose a los estándares ambientales, sociales y de gobernanza, requeridos por los compradores e inversionistas, en la rápida tendencia global de adopción de estándares ASG, los cuales además contribuyen a la adecuada gestión de los recursos minerales para impulsar el desarrollo.

Este informe fue escrito en consorcio por Carbon Trust, Vivid Economics e Implementa Sur. Fue editado por Adriana Unzueta, Carlos Sucre y Natascha Nunes Da Cunha del Departamento de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo, que patrocinó la investigación que contiene con recursos de cooperación técnica del gobierno de Canadá bajo el Mecanismo de Financiamiento para el Sector Extractivo (CANEF).



Carbon Trust

Firma consultora internacional sin ánimo de lucro basada en el Reino Unido, con oficinas en siete países incluyendo México, China y Sudáfrica, con la misión de acelerar la transición hacia una economía baja en carbono. Brinda apoyo especializado a gobiernos, instituciones y al sector privado en el diseño de estrategias y programas para reducir emisiones de carbono.



Vivid Economics

Firma consultora basada en el Reino Unido, líder en economía estratégica con alcance global, consultora de primer nivel en la interfaz política-comercio y los sectores intensivos en recursos y medioambiente.



ImplementaSur

Firma consultora con sede en Chile, dedicada a acelerar acciones de adaptación y mitigación del cambio climático en América Latina. Con una visión institucional de «convertir el cambio climático en una oportunidad de creación de valor».

Agradecemos el apoyo de todas las personas expertas que participaron en las entrevistas y encuestas en línea, utilizadas como insumo de este reporte (ver Anexo para mayor detalle).

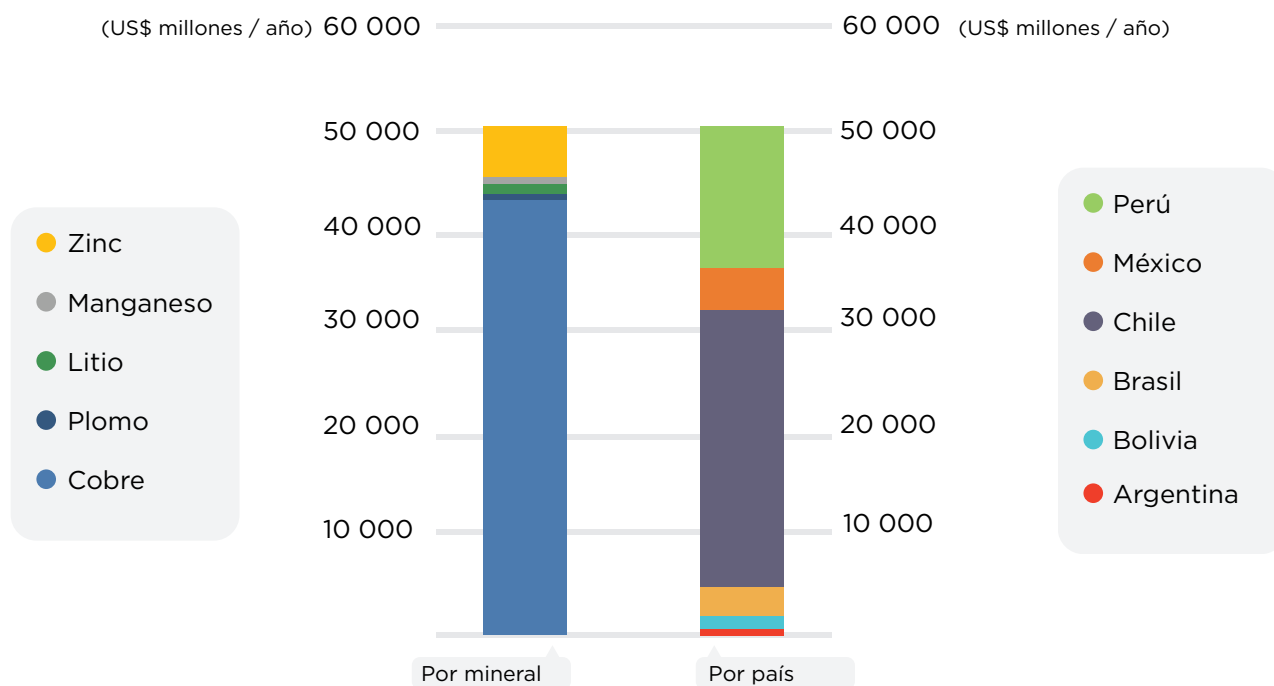
También queremos agradecer a Lenin H. Balza, Nicolás Gomez, Julio Rojas Lara, Carolina Rojas Hayes y Osvaldo Urzua por sus útiles comentarios. Las opiniones expresadas en este documento son exclusivamente las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Junta Directiva o de los países a los que representan.

Resumen ejecutivo

El cambio climático trae grandes desafíos, pero también grandes oportunidades de las cuales América Latina y el Caribe pueden beneficiarse. Para evitar los enormes impactos negativos del cambio climático nos vemos obligados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) limitando el aumento de la temperatura del planeta a 1.5°C.

Hay una oportunidad económica para América Latina y el Caribe (ALC) estimada en USD 50 mil millones por año en 2050 (equivalentes al producto interno bruto [PIB] nominal de Uruguay de 2020) debido al aumento en la demanda de minerales para la descarbonización (Figura 1.1 y Figura 1.2). Este beneficio económico resalta la oportunidad de la región en aprovechar sus reservas de minerales para la descarbonización y, a la vez, limitar el aumento en la temperatura global a 1.5 °C.

Figura 1.1 - Oportunidad económica por mineral y por país en 2050 en el escenario de 1.5 °C

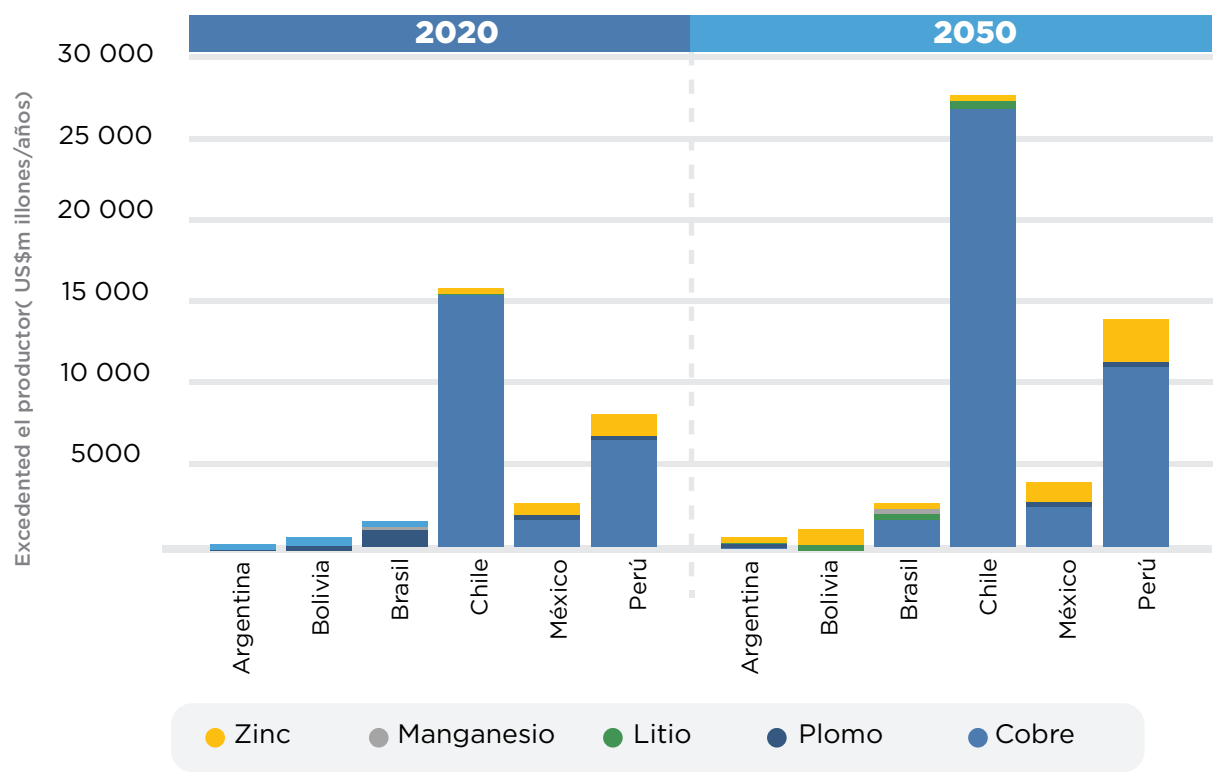


Comentarios: Bajo el escenario central de reciclaje de 1.5 °C – Se estimó calculando el excedente del productor

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

Cobre, litio, manganeso, plomo y zinc se definen como los minerales de enfoque dada su relevancia en la descarbonización y en la región de ALC (Figura 1.2). Estos minerales forman parte de tecnologías relacionadas a la descarbonización como los vehículos eléctricos, energías renovables, sistemas eléctricos y tecnología de captura y almacenamiento de carbono.

Figura 1.2 - Desglose del excedente del productor por mineral y por país en 2020 y 2050 en el escenario de 1.5 °C



Comentarios: Bajo el escenario central de reciclaje de 1.5 °C
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

Una gran parte del beneficio económico resulta de la demanda de minerales requeridos para cumplir los objetivos ya determinados nacionalmente (NDC por sus siglas en inglés). Se estiman unos USD 45 mil millones de beneficios netos en un escenario de referencia donde se cumplen las NDC de 2015 y no se superan los 3.3 mil Gt de CO2. Este escenario resulta en un aumento en la temperatura global de 3.0 °C, como indica la plataforma Climate Action Tracker¹. Este caso de referencia y los dos escenarios de bajas emisiones de carbono, donde se limita el aumento en la temperatura a 1.5 °C y a 2.0 °C, implican un aumento significativo en la generación global de energía renovable no convencional,

¹ Para más información ver el siguiente [enlace](#).

almacenamiento de energía, vehículos eléctricos y captura y almacenamiento de carbono (CCS por sus siglas en inglés) que requieren como insumo de materia prima minerales y metales que ALC puede proveer.

El cobre representa la mayoría del total de los beneficios: un 86 % del total, esto es, USD 43 mil millones de dólares. Hoy en día, el cobre ya representa la mayor parte de las ganancias de la producción de minerales² en los países más relevantes a los metales de enfoque: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú. A medida que aumenta la demanda de cobre junto con las crecientes cuotas de mercado de los países focales, sus ganancias de la producción de cobre siguen aumentando. Entre 2020 y 2050, las ganancias del litio crecerán más de diez veces hasta casi USD 1000 millones. Esto se debe al hecho de que el litio tiene una tasa de crecimiento de producción más alta y un margen de beneficio mayor que otros minerales. Sin embargo, con solo el 2 % de las ganancias minerales totales, el mercado del litio sigue siendo mucho más pequeño que el del cobre, ya que el cobre se produce en volúmenes mucho mayores. Chile tiene la mayor ganancia anual absoluta (USD 28 mil millones)³ de todos los países en 2050 resultado principalmente del cobre, mientras que Argentina tiene la tasa de crecimiento anual más alta (5.2 %) en ganancias entre 2020 y 2050.

En ambos escenarios de bajas emisiones de carbono, se producirá más energía a partir de fuentes renovables como la eólica y la solar, y aumentará el uso de vehículos eléctricos y de consumo de hidrógeno verde. La electrificación de la flota de vehículos de pasajeros es mucho más rápida en los escenarios de bajas emisiones de carbono que en el caso de referencia de 3.0 °C. Estas transiciones también requieren una amplia actualización de las redes eléctricas, particularmente para mejorar la infraestructura de almacenamiento y distribución de energía, así como para expandir la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. El secuestro de carbono es más alto en el escenario de 1.5 °C, ligeramente más bajo en el escenario de 2.0 °C e insignificante en el caso de referencia.

El caso de referencia de 3.0 °C considera un aumento del 92 % en la demanda de minerales de enfoque comparado con 2020. De ese aumento estimado en 62 500 kt, el 20 % es debido al aumento en la demanda en tecnologías relevantes a la descarbonización. El aumento va desde -20 % del plomo al 1010 % del litio con un aumento del manganeso del 145 % y del cobre y del zinc de alrededor del 100 % durante el mismo período. La escala de este aumento en la demanda de minerales es relativamente similar en todos los escenarios, particularmente debido a la fuerte aceptación de vehículos eléctricos. Esto incorpora los últimos anuncios de política de muchos países sobre prohibiciones de venta de vehículos con motor de combustión interna convencional. Estos grandes aumentos en la demanda de minerales están en línea con los hallazgos de otros informes, detallados en la Sección 2.4.

² La ganancia es el producto de la producción, el precio del mineral y el margen de ganancia esperado para ese mineral. Las ganancias son equivalentes al concepto de excedente del productor, que describe los beneficios que un productor obtiene de la producción. Por tanto, es igual a los ingresos brutos menos los costes directos de producción. En el caso de los mineros, el costo de producción es el «costo total de mantenimiento». Este es el costo para los mineros de mantener la producción de minerales al ritmo actual.

³ en dólares constantes de 2019.

La demanda de minerales es mayor en los escenarios de bajas emisiones de carbono que en el caso de referencia de 3.0 °C y la demanda es mayor en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2.0 °C. Para 2050, en un escenario de 1.5 °C, los minerales de enfoque aumentan entre un 2 % y un 12 % comparado con el escenario de referencia de 3.0 °C, siendo el manganeso el más bajo y el plomo el más alto. En el escenario de 2.0 °C, la demanda en 2050 aumenta entre un 0.8 % (manganeso) y un 2.4 % (litio) comparado en el escenario de referencia de 3.0 °C. Esta diferencia se debe a un mayor despliegue de tecnologías de energía, distribución y almacenamiento estacionario en el escenario de 1.5 °C.

El cobre y el litio son los minerales que más impactan en un compromiso hacia una transición baja en carbono. El cobre y el litio aumentan un de un 1 % al 10 % cuando se aumenta la ambición de descarbonización comparado con el caso de referencia del 3.0 °C. Esto se debe al crecimiento de la demanda de los sectores de vehículos ligeros para pasajeros y electricidad. El cobre se utiliza ampliamente en la infraestructura de almacenamiento de energía, distribución y almacenamiento. El litio es un elemento clave en las baterías de litio que se utilizan en vehículos eléctricos y puntos de carga. Para 2050, la demanda anual de cobre será más del doble que el nivel de 2020, mientras que la demanda de litio será más de diez veces mayor.

Los productores de cobre se benefician de una descarbonización más agresiva. Para 2050, la diferencia en la demanda de cobre en relación con el caso de referencia de 3.0 °C es siete veces mayor en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2 °C, en comparación con aproximadamente cuatro veces para el litio y el zinc. Por lo tanto, los principales productores de cobre como Chile y Perú podrán beneficiarse si el mundo sigue una ruta de transición de 1.5 °C.

En el caso que se cumplen las NDC y se alcanza a limitar el aumento de la temperatura a 3.0 °C, los países de enfoque (Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, México y Perú) aumentan un 30 % su producción de minerales relevantes a la descarbonización en 2050 comparado con 2020. El litio aumenta un 990 %, el zinc un 74 %, el cobre un 54 %, manganeso un 28 % y el plomo se reduce un 62 %. El aumento es considerable aun en el caso de referencia de 3.0 °C.

Para 2050, los países más relevantes producirán un 10 % más de litio y cobre, un 2 % más de manganeso y un 7 % más de zinc en el escenario de 1.5 °C que en el caso de referencia de 3.0 °C. Los productores clave de litio y cobre como Chile, Argentina y Perú tienen cuotas de mercado grandes y crecientes, lo que les permite capitalizar el fuerte crecimiento de la demanda mundial de estos minerales. Mientras tanto, el rápido crecimiento de la demanda de manganeso y zinc compensa con creces la disminución de las cuotas de mercado de los países para esos minerales. Entre hoy y 2050, la producción total en los países focales crece a una tasa anual del 8 % para el litio, el 2 % para el zinc y el cobre, el 1 % para el manganeso y el -2 % para el plomo.

Si bien estos resultados establecen los beneficios potenciales de la transición de bajas emisiones de carbono para los países de ALC, la producción real dependerá de factores ambientales, sociales y de gobernanza específicos del país. La minería es un factor clave para la economía de muchos países de ALC. La importante demanda de minerales como el cobre y el litio de las tecnologías bajas en carbono también significa que los países de ALC desempeñarán un papel clave en los esfuerzos de descarbonización global. Sin embargo, la minería a menudo conlleva importantes riesgos ambientales y sociales que deben gestionarse con cuidado para garantizar el desarrollo sostenible. Esto se desarrolla en secciones posteriores de este informe.

La adopción de estándares ASG son un habilitador para capturar las oportunidades económicas en la minería, principalmente por tres razones. Primero, contribuye a obtener las licencias ambientales y sociales requeridas para operar. Segundo, disminuye potenciales huelgas o manifestaciones locales que implican significativos retrasos en las operaciones mineras que conllevan impactos negativos en los flujos de caja del proyecto y su rentabilidad. Tercero, hay una rápida tendencia global en la adopción de estándares ASG exigida por compradores e inversionistas.

Un crecimiento en la producción de minerales de enfoque puede implicar una huella socioambiental significativamente alta. Ejemplos de estas huellas incluyen los desafíos en torno a la gestión de la energía, la gestión del agua, la gestión de residuos y materiales peligrosos, incluyendo la gestión adecuada de relaves y los impactos en la biodiversidad. Adicionalmente, la explotación minera ha estado asociada a tensiones en los territorios, principalmente por la oposición de las comunidades huéspedes a la instalación de proyectos que impactan negativamente en sus formas tradicionales de vida y en el medioambiente a su alrededor.

La adopción de mejores prácticas que disminuyan el impacto negativo de la minería y que a la vez traigan beneficios sociales pueden posibilitar el crecimiento en la producción de la minería en ALC. Se resalta la importancia de las alianzas para crear mecanismos de comunicación para fomentar innovación, mejor manejo de los impactos socioambientales y crear sinergias con otras industrias. En el corto plazo, se identificó la gestión del agua y la energía como factores de mayor relevancia por su impacto en otros factores socioambientales y, por ende, en las operaciones de las mineras. En el largo plazo, se identificó la percepción del público como un elemento de suma relevancia para las mineras en su licencia social, la cual se identificó en este estudio como un promotor de actividades más socioambientalmente conscientes.

La adopción de mejores prácticas requiere participación de los inversionistas, los clientes finales de los minerales y/o productos finales y el gobierno. La misma participación se requiere para promover ese entorno donde las mineras puedan y deban considerar factores socioambientales en sus operaciones.

Los inversionistas están en posición de tener un involucramiento proactivo en el gobierno

corporativo de algunas empresas mineras, para transparentar y divulgar sus esfuerzos en materias socioambientales. Alcanzar la meta de 1.5 °C implica necesariamente una evolución acelerada de las finanzas tradicionales hacia las finanzas sostenibles que permitan la inversión necesaria para alcanzar la meta de 1.5 °C. Esto se traduce en la adopción de mejores prácticas ambientales y sociales como los estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) que son instrumentos habilitadores para ayudar a los inversionistas a redirigir sus flujos de capital hacia proyectos que generen valor socioambiental.

La demanda de cadena de suministro socioambientalmente responsables va en aumento y la capacidad de la demanda de articular la cadena de valor basada en un abastecimiento responsable (AR) promoverá mejores prácticas socioambientales. Esto implica que los fabricantes de tecnologías para la transición baja en carbono cumplan el rol de promover la armonización e interoperabilidad del gran número de estándares vigentes, de modo de que, por un lado, reflejen las expectativas de clientes finales y, por otro, incentiven la adopción de estas prácticas por parte de la industria minera.

El gobierno, sus políticas públicas y regulación deben ser parte de esta armonización, a modo de atender las particularidades de empresas grandes en relación con las medianas y pequeñas (considerando las limitaciones y diversidad en tamaño o madurez de la oferta de empresas mineras en ALC). Se identifica la regulación local como mecanismo de evolucionar en coherencia con los aprendizajes derivados de la implementación local de estándares voluntarios.

Las debilidades institucionales son un obstáculo para obtener el beneficio total de la regulación. Para que una regulación sea efectiva es necesario que se cumplan ciertas condiciones, como la presencia de instituciones fuertes con la capacidad fiscalizadora y la aplicación de sanciones claras cuando sean necesarias. En este sentido, las leyes que rigen la operación de las instalaciones mineras se enmarcan en un círculo virtuoso junto con los estándares voluntarios, en donde la regulación define un piso para las obligaciones a las que deben regirse las operaciones mineras, y los estándares voluntarios apoyan las aristas más débiles de la regulación, teniendo un rol de laboratorio natural para la puesta en práctica y posterior implementación de nueva regulación más estricta.

Las principales recomendaciones y acciones concretas que puede realizar tanto el sector público, sector privado e instituciones multilaterales se presentan en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 - Tabla resumen de las recomendaciones y acciones concretas del capítulo 4

Actor	Recomendación	Estrategias de política pública
Regulación	La regulación debe evolucionar en coherencia con los aprendizajes derivados de la implementación local de estándares voluntarios.	Apoyar la generación de evidencia sobre los impactos de los distintos estándares voluntarios (observatorio de prácticas responsables asociado al órgano encargado de la evaluación legislativa) y en el mejoramiento de la transparencia.
	Una capacidad de fiscalización robusta por parte del Estado para asegurar estándares mínimos exigibles y la aplicación de sanciones claras cuando sean necesarias.	a. Fortalecer la institucionalidad de fiscalización social y ambiental por parte del Estado (considerando atribuciones y recursos). b. Generación de capacidades para empoderar el monitoreo desde partes afectadas/denunciantes (ejemplo: comités de monitoreo y vigilancia). c. Entregar recursos para fortalecer los sistemas de monitoreo y vigilancia, incluyendo nuevas soluciones de trazabilidad (ejemplo: Blockchain).
	Promover la suscripción de acuerdos internacionales que sirvan de marcos habilitadores para mayor transparencia en la información.	Promover instancias para generar consensos en torno a acuerdos internacionales, que reflejen una evolución en los estándares socioambientales mínimos de la región.
	Diseñar una regulación que considere las limitaciones de las empresas medianas y pequeñas.	Diagnóstico claro sobre las capacidades de las empresas locales para hacer frente a las exigencias de implementar estándares voluntarios y mejores prácticas socioambientales.
Consumidores finales (Demanda)	Promover la armonización e interoperabilidad de los estándares vigentes.	Promover instancias de acuerdo en los clientes de la minería para la convergencia de estándares.
	Promover la implementación de sistemas confiables de monitoreo, reporte y verificación independiente a lo largo de toda la cadena de producción.	Fomento financiero y creación de capacidades para la adopción de estándares y la verificación independiente.
	Generar un precedente de «abastecimiento responsable» en los procesos de compras públicas de productos derivados de la minería, por parte de empresas estatales de la región.	Generación de instrumentos financieros para reducir la incertidumbre de precios en procesos de abastecimiento responsable. Generación de capacidades a nivel de empresas estatales para la instauración de estos criterios de abastecimiento responsable.
	Transitar hacia una trazabilidad en el origen de los insumos para refinerías y fundidoras, con tal de que a largo plazo puedan dedicarse exclusivamente a minerales con un abastecimiento responsable.	a. Postulación a fondos internacionales o generación de fondo por parte de la demanda para la adopción de estándares de empresas proveedoras de servicios. b. Identificar empresas que podrían tomar este rol en el mediano y largo plazo. c. Identificar brechas para incorporar minerales con criterios de responsabilidad socioambiental y apoyar en el establecimiento de metas para hacer la transición a una operación exclusivamente responsable.

Inversionistas	Involucramiento proactivo de inversionistas para identificación de riesgos socioambientales y adopción de estándares hacia la mitigación de estos.	Creación de capacidades a nivel de inversionistas para generar atención sobre estándares existentes y tendencias de mercado. Promover la regulación sobre el sector financiero en torno a nuevos requerimientos de evaluación y reporte de riesgos socioambientales.
	Colaboración por parte de los inversionistas en la elaboración y promoción de estándares.	Instancias de generación de diálogos y consensos en torno a estándares responsables, en conjunto con iniciativas como los Principios para la Inversión Responsable (PRI).

Para asegurar el beneficio económico y social de la minería en ALC impulsada por la descarbonización global, se requiere considerar factores socioambientales en las operaciones mineras. Si no se consideran los impactos socioambientales, pueden poner en peligro las operaciones mineras en ALC. Más allá de determinar los factores relevantes e intentar salvaguardarlos individualmente, se debe promover el entorno donde las mineras tomen decisiones para ser socioambientalmente responsables con sus actividades. La adopción de mejores prácticas por parte de las empresas mineras se considera la forma más efectiva de fomentar la protección socioambiental. Aun en un escenario sin mayores ambiciones de las NDC, se estima que la producción aumentará entre 1 y 10 veces más desde 2020, resaltando la importancia de acelerar la adopción de las mejores prácticas cuanto antes. Las políticas públicas y la regulación juegan un papel fundamental en acelerar su adopción. El gobierno requiere formular una política pública que facilite al inversionista y a la demanda de los minerales acceder a la información relevante para fomentar una minería sostenible.

1. Introducción

El cambio climático trae grandes desafíos, pero también grandes oportunidades de las cuales América Latina y el Caribe pueden beneficiarse. Para evitar los enormes impactos negativos del cambio climático nos vemos obligados a reducir las emisiones de GEI limitando el aumento de la temperatura del planeta a 1.5-2.0 °C. Para alcanzar este objetivo, debemos descarbonizar nuestras fuentes de energía, descarbonizar el transporte y minimizar el impacto agroindustrial. Las dos primeras acciones implican un aumento de minerales y metales que ALC puede proveer al tener una ventaja competitiva en acceso a estos recursos. Este reporte cuantifica los potenciales beneficios económicos para ALC y brinda recomendaciones para capturar los beneficios de la transición hacia una economía baja en carbono.

Limitar el aumento de la temperatura global a 1.5 °C o a 2.0 °C requerirá el despliegue a gran escala de tecnologías bajas en carbono en numerosos sectores económicos, sobre todo en el sector energético y en el de transporte. Para reducir las emisiones de energía y del transporte, las fuentes de energía renovables y de energía bajas en carbono reemplazarán a los combustibles fósiles, mientras que las flotas de vehículos de pasajeros deberán ser electrificadas en gran medida. Se reforzarán las redes eléctricas y se instalará almacenamiento estacionario para integrar energías renovables intermitentes y satisfacer el aumento resultante en la demanda de electricidad. La captura de carbono también se implementará ampliamente para reducir aún más las emisiones netas.

El despliegue de estas tecnologías generará un aumento significativo en la demanda global de minerales debido a la intensidad mineral de tecnologías clave, como las baterías de vehículos. Por ejemplo, el cobre sirve como conductor eléctrico en redes eléctricas y vehículos eléctricos. Del mismo modo, las baterías que utilizan los vehículos eléctricos y el almacenamiento estacionario requieren grandes cantidades de litio y manganeso. La combinación de las intensidades minerales de cada tecnología con la escala de su despliegue bajo cada escenario de temperatura permite estimar el aumento resultante en la demanda de minerales. Este análisis se enfoca en un conjunto de minerales que tienen un potencial significativo en su demanda por la transición a una economía baja en carbono: cobre, plomo, litio, manganeso y zinc.

El aumento en la demanda global, a su vez, conduce a un aumento de la producción de minerales, con un potencial significativo para las economías de ALC. Para determinar la producción de minerales de cada país, se utilizan las tendencias históricas de producción de cada uno para estimar sus cuotas de mercado futuras. Estas cuotas de mercado se utilizan luego para distribuir la demanda global entre los países productores. Entre los países de ALC, este análisis se centra en un conjunto de países focales que son productores

importantes de minerales clave: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú. Se incluyeron a Chile y Perú, ya que son los mayores y segundos productores de cobre del mundo, respectivamente, mientras que la minería de zinc es una actividad económica clave en Bolivia, Argentina, Brasil y México.

Dadas las consecuencias sociales y ambientales de la industria minera, la preocupación por consumir productos que han sido fabricados de forma sostenible y responsable va en aumento. Este aumento en interés se ve reflejando en la creación de iniciativas que tienen como objetivo promover prácticas de abastecimiento responsable buscando asegurar que las cadenas de suministro de minerales de las empresas sean sostenibles, minimizando sus impactos negativos sobre las comunidades y en el medioambiente. Existe una gran variedad de iniciativas de distintas características para abordar las complejidades en la implementación de las estrategias para proteger el contexto socioambiental de las mineras de forma rigurosa, transparente, con calidad y que permita ser lo suficiente flexible para abordar las diferencias dentro de las actividades mineras. Ejemplos de estas iniciativas incluyen la Iniciativa para Garantizar la Minería Responsable IRMA, Responsible Mining Index y Consejo de Normas de Contabilidad de la Sostenibilidad (SASB).

Este reporte identifica los riesgos y oportunidades socioambientales en la que la minería puede contribuir a sus contextos locales mientras producen la minería requerida en un escenario de 1.5 °C. Personas expertas con notables años de experiencia en el sector minero, un historial probado de conocimiento sobre operaciones mineras relevantes y posicionamientos estratégicos contribuyeron a ampliar los conocimientos recopilados y validar y adaptar mapas de calor obtenidos para las dimensiones socioambientales a través de encuestas y entrevistas⁴. **Los mapas generados muestran los impactos positivos y negativos de mayor relevancia para las operaciones mineras en los años siguientes,** y sirven como base para identificar las oportunidades y los desafíos socioambientales asumiendo la demanda proyectada del escenario 1.5 °C.

Basado en lo anterior, los factores limitantes para el aumento de la producción no se relacionan con la disponibilidad geológica de yacimientos, sino con las condiciones administrativas, sociales y ambientales para operar. Si las empresas extractivas no resuelven las exigencias por mejoras de estándares en sus relaciones con las comunidades y en la protección ambiental, es difícil pensar que los proyectos necesarios para satisfacer la demanda de materiales se lleven a cabo en los tiempos que la descarbonización de la economía lo exige.

Hay una tendencia global importante por compradores e inversionistas en la adopción de estándares ASG. En ALC aún se está lejos de incorporar efectivamente prácticas responsables en la minería, lo cual se traducirá en un obstáculo para capturar los beneficios de una mayor demanda. 87 % de las 23 mayores empresas mineras del mundo dedicadas a la extracción de minerales clave para una transición energética (cobalto, cobre, litio, manganeso, níquel y zinc) ha sido objeto de diversas denuncias relativas a la violación

⁴Ver Sección Cuestionario en línea y entrevistas «Oportunidades y desafíos ambientales y sociales de metales selectos en países de la región ALC».

de derechos humanos de uso de tierras, con ALC a la cabeza de las denuncias (61 % de las denuncias globales) (Business & Human Rights Center, 2020).

En el capítulo 2 se evidencia que, para transitar hacia una economía baja en carbono, es necesario un aumento significativo en la extracción, el procesamiento y la producción de minerales críticos. ALC se encuentra bien posicionada para satisfacer el aumento de la demanda mundial de algunos de estos minerales «críticos», como cobre, litio y manganeso por los yacimientos existentes como por los menores costos de producción comparativos. Dicha oportunidad puede ser una fuente de ingresos que, si se aprovecha adecuadamente, influiría positivamente en el desarrollo económico y social de la región gracias a que la minería atrae inversiones, genera riqueza económica y provee empleo directo e indirecto y cuenta con una disposición inicialmente favorable de parte de los gobiernos (OECD, 2019).

Por su parte, en el capítulo 3 se identifican las oportunidades y desafíos socioambientales por una mayor producción de minerales «críticos» asumiendo un escenario de 1.5 °C. Se destacan con mayor énfasis los desafíos en torno a la gestión de la energía, la gestión del agua, la gestión de residuos y materiales peligrosos, incluyendo la gestión adecuada de relaves y los impactos en la biodiversidad. Adicionalmente, la explotación minera ha estado asociada a tensiones en los territorios, principalmente por la oposición de las comunidades aledañas a la instalación de proyectos que impactan negativamente en sus formas tradicionales de vida y en el medioambiente a su alrededor y este capítulo destaca como desafíos los derechos de comunidades indígenas y la preservación de derechos humanos.

En el capítulo 0 se presentan medidas que se pueden adoptar para asegurar que las operaciones mineras gestionen sus impactos socioambientales, adaptándose a la tendencia global de compradores e inversionistas en la adopción de estándares ASG y asegurando la licencia social y ambiental para operar y evitar retrasos operacionales que afectan negativamente los flujos de caja de los proyectos y su rentabilidad. Se exploran distintas estrategias para acelerar una efectiva adopción de sistemas de gestión y reporte socioambiental. Se resalta el papel de política pública en realizar esta gestión de la forma efectiva.

2. Crecimiento en la demanda y el suministro en América Latina y el Caribe (ALC)

Este capítulo detalla los resultados de los modelos producidos para proyectar el crecimiento en la producción cobre, litio, plomo, manganeso y zinc en los países focales: Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, México y Perú. El crecimiento proyectado detalla el contexto de los factores socioambientales más relevantes en los próximos 30 años.

Este análisis incluye dos escenarios de bajas emisiones de carbono, uno de 1.5 °C y uno de 2.0 °C, y un escenario de referencia de 3.0 °C (Figura 2.1). Los escenarios de temperatura se caracterizan por presupuestos de carbono. Los presupuestos de carbono definen la cantidad de carbono que se puede emitir a la atmósfera para limitar el calentamiento global a una determinada temperatura. En cada una de sus evaluaciones recientes e informes especiales sobre el cambio climático, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha publicado los presupuestos de carbono estimados para mantenerse por debajo de 1.5 °C y 2.0 °C de calentamiento con 50 % y 66 % de probabilidad. Aquí, se utilizan los presupuestos de carbono asociados con permanecer por debajo de 1.5 °C y de 2.0 °C con una probabilidad del 50 %. Por lo tanto, se utilizan presupuestos de carbono de aproximadamente 580 Gt CO₂ un escenario de 1.5 °C y 1500 Gt de CO₂ para el escenario de 2.0 °C⁵. El presupuesto de carbono del escenario de referencia es de alrededor de 3.300 Gt de CO₂ y asume que se implementan los compromisos de las contribuciones determinadas a nivel nacional aplicados en el Acuerdo de París (NDC, por sus siglas en inglés).

⁵ Para más detalles ver [Reporte especial: Calentamiento global de 1.5°C](#).

Figura 2.1 – Descripción de escenarios de descarbonización (1.5 °C y 2.0 °C) y la de referencia (3.0 °C).



Fuente: Elaboración propia

El capítulo empieza con una breve explicación de la metodología de cómo se construyó el modelo para la demanda global y el suministro de minería en ALC (para información detallada sobre la metodología, ver Anexo A). Después de la metodología, se presentan los resultados sobre la demanda global y termina presentando los resultados de la producción en los países focales.

2.1 Metodología para la demanda global

Para modelar el crecimiento global de cobre, litio, plomo, manganeso y zinc, se utilizó el modelo de Vivid Economics complementado con el modelo TIMES de evaluación integrado (TIAM Model) (ver Anexo A). Se dividió la demanda en «demanda relacionada a la transición energética» y «demanda no relacionada a la transición energética» (Figura 2.2).

La demanda relacionada a la transición energética es impulsada por los sectores de energía (incluyendo CCS) y transporte que necesitarán de estos materiales para adecuar sus actividades (cambio de maquinaria o procesos) de acuerdo con una economía baja en carbono. Dentro de estos sectores, se modela en la demanda de minerales, la contribución de las tecnologías tradicionales y las tecnologías bajas en carbono. Las siguientes tecnologías bajas en carbono están modeladas:

- Vehículos de pasajeros y mercancías (motor de combustión interna, batería eléctrica, hidrógeno, etc.);
- Cargadores de vehículos eléctricos (cargadores lentos y rápidos);
- Captura y almacenamiento de carbono industrial y por oleoductos (CCS por sus siglas en inglés);
- Generación de energía eólica, solar, nuclear, gas, petróleo, etc.;
- Infraestructura de transmisión y distribución de electricidad y almacenamiento estacionario.

Los pronósticos se basaron en los factores de uso de materiales para la manufactura de las tecnologías anteriores y las proyecciones de estas tecnologías en diferentes escenarios de acuerdo con el modelo *TIMES Integrated Assessment Model (TIAM)*.

Los factores de uso de materiales se obtienen de la literatura, asumiendo que estos factores se mantienen constantes a lo largo del tiempo, a excepción de aquellos asociados a las tecnologías de almacenamiento estacionario y de vehículos eléctricos, de pasajeros y mercancías. Esto se debe a que los factores de uso de estas tecnologías cambian con el tiempo de acuerdo con las cuotas de mercado de las sustancias químicas clave de las baterías.

La demanda no relacionada a la transición energética es la porción de la demanda actual que no se explica por los sectores relacionados con la transición y se supone que crecerá en línea con las proyecciones de población y el PIB consistentes con los escenarios de TIAM. Igualmente, se divide la demanda en «demanda reciclada» y «demanda minada» (Figura 2.2), para sumar la **demanda total**.

Figura 2.2 - Gráfica ilustrativa para mostrar división de demanda



La demanda total es dividida en: **demanda minada** y **demanda reciclada**. La primera es toda demanda que es cubierta a través de la actividad de extracción de minerales, mientras que la segunda corresponde a la demanda que es cubierta a través del reciclaje de ese mineral. De esta forma, la demanda total será la suma de la demanda minada y la demanda reciclada.

Se consideraron tres escenarios de reciclaje que describen posibles evoluciones de las tasas de reciclaje a lo largo del tiempo:

- **Baja:** tasas de reciclaje se mantienen constantes en los niveles actuales;
- **Central:** el contenido reciclado global aumenta a las tasas actuales de reciclaje al final de la vida útil de la Unión Europea, las cuales tienden a ser más altas en comparación al resto del mundo (Mathieux et al., 2017);
- **Alta:** el contenido reciclado global aumenta a un nivel que es consistente con las tasas de reciclaje al final de su vida útil del 100 %.

Tabla 2.1 - Escenarios de reciclaje por mineral

Mineral	Tasa de reciclaje actual	Tasa de reciclaje proyectada en 2050 por escenario		
		Baja	Central	Alta
Cobre	35 %	35 %	55 %	59%
Plomo	54 %	54 %	75 %	85%
Litio	0 %	0 %	20 %	39 %
Manganeso	12 %	12 %	37 %	60 %
Zinc	25 %	25 %	31 %	60 %

Fuente: Elaboración propia

Para la demanda de minerales de las baterías en almacenamiento estacionario, el análisis también considera el mercado de baterías de segunda vida. Cuando las baterías de los vehículos eléctricos lleguen al final de su vida útil en el sector del transporte, es probable que sigan utilizándose en el sector de almacenamiento estacionario, donde las especificaciones de las baterías son menos estrictas. Si bien este mercado de baterías de segunda vida aún no se ha desarrollado, se espera que este mercado crezca significativamente a medida que aumente el despliegue de vehículos eléctricos (Engel et al., 2019). Para tener en cuenta este cambio esperado, el análisis supone que las baterías reutilizadas satisfacen el 50 % de la demanda de litio, manganeso y cobre del almacenamiento estacionario para 2050, aumentando linealmente desde cero, que es la participación de mercado actual⁶. Este supuesto es parigual para todos los escenarios de temperatura y reciclaje. Este análisis no considera el impacto de un mercado de baterías de segunda vida para satisfacer la demanda de almacenamiento en el transporte, ya que actualmente hay poca evidencia de que esto se pueda hacer a nivel comercial (Hund et al., 2020).

2.2 Metodología para el suministro regional

Se modeló el suministro de los minerales de enfoque utilizando un modelo de Vivid Economics.

Los minerales de enfoque se seleccionaron en función de la demanda esperada de las tecnologías energéticas que son cruciales para permitir una transición baja en carbono.

En primer lugar, se identificaron tecnologías clave de bajas emisiones de carbono en cada sector con base en la literatura y el juicio de expertos. Por ejemplo, la descarbonización del transporte depende en gran medida del despliegue de vehículos eléctricos, mientras que las energías renovables, como los paneles solares fotovoltaicos y las turbinas eólicas, son necesarias para descarbonizar la industria eléctrica. La selección también se basó en la experiencia del consocio que trabaja con partes interesadas en los sectores de minerales y bajas emisiones de carbono para estimar la exposición de cada mineral a la transición de bajas emisiones de carbono. Para garantizar que estas estimaciones fueran razonables, se realizó una revisión de la literatura existente sobre minerales críticos y demanda de minerales, incluidos estudios del Banco Mundial y la Comisión Europea⁷. Al final de este proceso, se identificó que el cobre, el litio, el plomo, el manganeso y el zinc son los

⁶ No se considera la posibilidad de que se desarrolle un mercado secundario para las baterías de plomo-ácido debido a la alta tasa de reciclaje del plomo. La vida útil de una batería de plomo-ácido es mucho más corta que una batería de iones de litio y el hecho de que las baterías de iones de litio de segunda vida podrían superar a las nuevas baterías de plomo-ácido [ver aquí](#)). El zinc no se utiliza en ninguna de las químicas de las baterías consideradas en este estudio, por lo que no es necesario suponer cómo afectará el mercado de las baterías de segunda vida a la demanda de zinc. Esta suposición está alineada con el Banco Mundial. (2020). [Minerales para la acción climática: La intensidad mineral de la transición a las energías limpias](#).

⁷ Ver más detalle en [Banco Mundial \(2017\)](#), [Moss et al. \(2011\)](#), [Moss et al. \(2013\)](#).

minerales que tienen más probabilidades de verse afectados significativamente por una transición de bajas emisiones de carbono debido a su importancia en las tecnologías de bajas emisiones de carbono.

El modelo de suministro de minerales calcula la producción anual de minerales de los países de ALC requerida para cumplir con las proyecciones de demanda global, así como las ganancias resultantes. El análisis consta de cuatro pasos:

- 1. Se estima la participación de mercado futura de cada país.** Este paso estima la producción futura de cada país hasta 2050 según las tendencias históricas de producción. La proyección de participación de mercado utiliza la participación actual de cada país en la proyección de producción total. Para obtener la participación de mercado futura de cada país, el modelo de oferta proyecta la producción futura de cada país utilizando tendencias históricas y encuentra su participación en la producción total. El supuesto es que las tendencias históricas de producción de los países continúen manteniéndose.
- 2. Se calcula la producción implícita para cada país dada la demanda global en todos los escenarios de demanda si la producción no estuviera restringida por los recursos (escenario «no restringido»).** Este escenario no limita la producción futura de los países por los recursos actualmente conocidos. La producción de cada país se compone de su participación de mercado proyectada en el Paso (1) multiplicada por la demanda global bajo cada escenario de temperatura y reciclaje, que son resultados del modelo de demanda.
- 3. Se calcula la producción implícita para cada país dada la demanda global en los escenarios de demanda si la producción estuviera restringida por los recursos conocidos actualmente (escenario «restringido»).** En este escenario, los países agotan gradualmente sus recursos conocidos actualmente a través de su producción. Este escenario utiliza las cuotas de mercado calculadas en el Paso (1) para determinar la producción «sin restricciones» como en el Paso (3) anterior, pero comprueba continuamente si la producción acumulada implica que un país agota sus recursos conocidos actualmente. Si es así, la producción cae a cero para ese país. La «brecha de producción» dejada por el país agotado es cubierta por otros países, en proporción a sus cuotas de mercado.
- 4. Se estima el superávit del productor para los países focales de ALC.** El excedente del productor es una medida de la cantidad de beneficio monetario que recibe un productor por suministrar una determinada cantidad de producto. Esto implica proyectar el precio de cada mineral y el margen de beneficio probable para los productores de cada mineral.

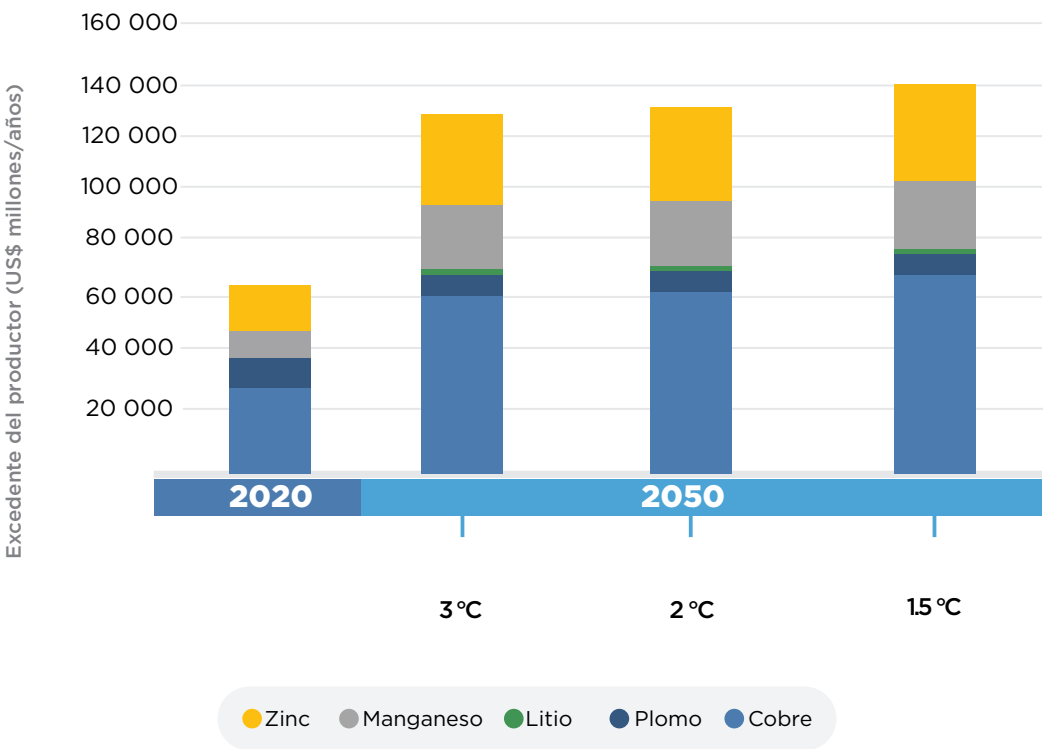
Los supuestos que subyacen al modelo son:

- **La demanda global siempre se satisface con la oferta.** El modelo supone que la oferta siempre cumple con las proyecciones de la demanda resultantes del modelo de la demanda.
- **La cuota de mercado futura evoluciona de acuerdo con las tendencias históricas de producción.** Para cada país, se supone que la participación de mercado futura es la participación de la producción futura si todos los países continúan produciendo de acuerdo con una tendencia histórica de 30 años. La producción futura de los países en el modelo de oferta se determina multiplicando las proyecciones de participación de mercado por la demanda mundial.
- **Los recursos actualmente conocidos no limitan la producción.** Se supone que las estimaciones actuales de los recursos son representaciones inexactas de la disponibilidad futura de minerales y, por lo tanto, no se consideran en el pronóstico de la producción del país en el análisis central de suministro. El modelo se complementa con un análisis de sensibilidad en el que la oferta está limitada por los recursos conocidos actualmente. Este análisis asume que la producción del país no puede exceder los recursos actualmente conocidos. Cuando esto ocurre, la demanda restante se distribuye entre otros países productores en función de la participación de mercado.
- **Los precios se mantienen constantes en términos reales durante el período hasta 2050.** Dada la falta de tendencias claras al alza o a la baja en los precios de los minerales durante períodos prolongados, este análisis asume que los precios se mantienen constantes en términos reales.
- **Los márgenes de beneficio de los países de ALC están en línea con los promedios mundiales.** Se supone que los márgenes de beneficio de las empresas mineras latinoamericanas se alinean ampliamente con los márgenes de beneficio globales promedio por mineral.
- **Los beneficios nacionales se pueden calcular como producción multiplicando por precio multiplicado por margen de beneficio.** Este análisis define las ganancias como el producto de la producción del país, el precio constante y el margen de ganancia promedio. Todas las estimaciones de beneficios están en dólares estadounidenses de 2019.

2.3 Resultados de la demanda global

Los resultados del modelo resaltan el incremento importante en la demanda global de los minerales en 2050 comparado con 2020. Se observa que se duplica la producción actual para 2050. Los resultados del modelo también sugieren que entre los escenarios de descarbonización (1.5 °C y 2.0 °C) y los resultados de caso de referencia (3.0 °C) hay aumentos menores del 1-8 % en la demanda de los metales de enfoque. Esto se debe a que incluso en el caso de referencia, donde se prevé que se cumplen las metas de descarbonización de países, habrá un crecimiento significativo en la demanda global.

Figura 2.3 - Enfoque la demanda de minerales de los sectores afectados por la transición en diferentes escenarios, 2020 y 2050



Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

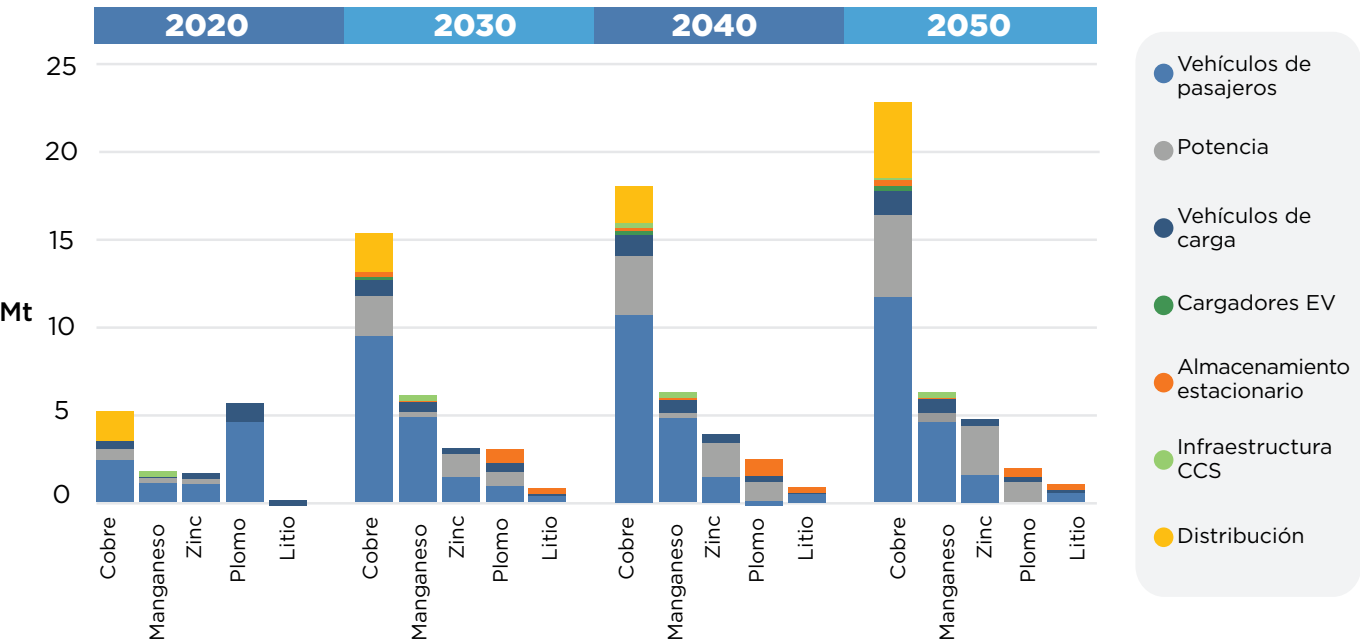
2.3.1 Demanda proyectada entre los escenarios 1.5 °C, 2.0 °C y 3.0 °C

Para 2050, la demanda de minerales en el escenario de 2.0 °C es solo entre 0.8 % (manganeseo) y 2.4 % (litio) más alta que en el escenario de referencia. En ambos escenarios de bajas emisiones de carbono, la demanda de minerales no aumenta linealmente entre

2020 y 2050. En cambio, la demanda crece rápidamente entre 2020 y 2030, y luego aumenta gradualmente hasta 2050. Este aumento está relacionado con el rápido despliegue de vehículos eléctricos en el transporte por carretera y la importante expansión de las energías renovables y la infraestructura asociada a partir de 2020. Figura 2.4 muestra la demanda de minerales clave en el escenario 1.5 °C de los sectores relacionados con la transición.

Para 2050, el escenario de 1.5 °C da como resultado una demanda entre un 2 % y un 12 % más alta de los minerales clave que el escenario de referencia (3.0 °C), con la mayor diferencia en la demanda de plomo. Las diferencias en la demanda de minerales entre los escenarios de temperatura surgen de los sectores que se ven afectados por la transición de bajas emisiones de carbono, siendo el sector de vehículos ligeros para pasajeros el más afectado. De los sectores en Figura 2.4, el sector de vehículos de pasajeros constituye la mayor parte de la demanda de minerales en ambos escenarios de bajas emisiones de carbono por su electrificación. Para 2050, los vehículos de pasajeros contribuirán con el 71 % de la demanda de litio, el 20 % de la demanda de manganeso y el 17 % de la demanda de cobre. Como el costo de la reducción en el transporte de pasajeros por carretera es barato en comparación con otros sectores, la electrificación de los vehículos de pasajeros se produce con la misma rapidez en los escenarios de 1.5 °C y 2.0 °C. Esto da como resultado una demanda de minerales similar del transporte de pasajeros en ambos escenarios.

Figura 2.4 - Enfoque la demanda de minerales de los sectores afectados por la transición en el escenario de 1.5 °C, 2020-2050



Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

El aumento de la demanda de minerales en el escenario de 1.5 °C en comparación con el escenario de 2.0 °C se debe principalmente a un mayor despliegue de tecnologías de energía, distribución y almacenamiento estacionario. Estas tecnologías son intensivas en minerales y se implementan ampliamente como parte de la electrificación necesaria para lograr un objetivo de 1.5 °C. En particular, las baterías utilizadas en el sector de almacenamiento estacionario requieren grandes cantidades de minerales. En el escenario de 1.5 °C, la demanda de almacenamiento estacionario para todos los minerales (excepto zinc) es aproximadamente dos veces y media más alta que en el escenario de 2.0 °C. De manera similar, los sectores de energía y distribución requieren más de tres veces más plomo y casi el doble de cobre y zinc en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2.0 °C.

Aunque la demanda anual de minerales de los vehículos de pasajeros en 2050 es similar entre los escenarios de referencia (3.0 °C) y los escenarios bajos en carbono (1.5 °C y 2.0 °C), la demanda acumulada de minerales es mayor en los escenarios de bajo carbono. Esto se debe a que la flota de vehículos estará electrificada en gran medida para 2050, incluso en el escenario de referencia (3.0 °C). Sin embargo, dado que ambos escenarios de bajas emisiones de carbono logran altos niveles de electrificación de la flota entre 2030 y 2040, mientras que el escenario de referencia se electrifica principalmente durante el período de 2040 a 2050, la demanda acumulada de minerales para 2050 es mayor en el escenario de 1.5 °C que en el caso de referencia.

2.3.2 Demanda proyectada entre 2020 y 2050

Con base en los resultados del modelo utilizado en este reporte, el crecimiento en la demanda de minerales respecto a 2020 en el escenario de 1.5 °C está entre -10 % (plomo) y 1100 % (litio) (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 - El crecimiento en la demanda de diferentes escenarios de descarbonización comparado con la demanda de 2020.

Crecimiento en la demanda comparado con 2020							
Año	Escenario	Cobre	Plomo	Litio	Manganeso	Zinc	Total
2050	3.0 °C	105 %	-20 %	1009 %	145 %	102 %	92 %
	2.0 °C	108 %	-19 %	1036 %	147 %	105 %	95 %
	1.5 °C	126 %	-10 %	1124 %	149 %	116 %	108 %

Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario central de reciclaje de 1.5 °C, donde las tasas de reciclaje globalmente son igual que las de la Unión Europea, los minerales provenientes de nuevas minas cubren entre el 25 % (plomo) y el 81 % (litio) de la demanda de minerales para 2050 y el reciclaje suministra el resto. En el escenario de reciclaje bajo, la producción de la mina es entre un 9 % y un 84 % más alta que en el escenario de reciclaje central, siendo el zinc el más bajo y el plomo el más alto. En el escenario de alto reciclaje, la producción de la mina es entre 9 % (cobre) y 42 % (zinc) menor que en el escenario central. Esta variación en la demanda minada en los escenarios de reciclaje es impulsada en diversos grados por diferentes minerales. Esto se debe a que la evolución de la tasa de reciclaje a lo largo del tiempo difiere para cada mineral, como se describe en la Tabla 2.1 y más en detalle en el Anexo A.

En el escenario de 1.5 ° C, la demanda mundial total de **cobre** crece de 32 Mt en 2020 a 72 Mt en 2050, y la contribución de los sectores relacionados con la transición se duplicó durante el mismo período, del 17 % al 32 % del total demandado del mineral. En el escenario central de reciclaje, la producción de cobre extraído crece de 21 Mt en 2020 a 32 Mt en 2050 en el escenario de 1.5 °C, lo que destaca la gran parte del aumento de la demanda total que se satisface con el reciclaje. El crecimiento de la demanda de cobre está impulsado por tecnologías bajas en carbono en los sectores de transporte y energía. La demanda de cobre de los vehículos de pasajeros es muy similar en todos los escenarios, pero la contribución del sector eléctrico es mayor en el escenario de 1.5 °C.

En el escenario de 1.5 °C, la demanda global total de **plomo** cae de 10 Mt en 2020 a 9 Mt en 2050 y la demanda relacionada con la transición se reduce a la mitad del 55 % al 21 % del total durante el mismo período. Los escenarios de reciclaje tienen un impacto significativo en las perspectivas del plomo, reflejado en el rango de la demanda minada entre 1 Mt y 4 Mt en 2050 dependiendo del escenario en el reciclaje. En el escenario de una tasa de reciclaje baja, en el que se mantienen las tasas de reciclaje globales actuales, la producción extraída representa 4 Mt en 2050, mientras que en el escenario de reciclaje central y alto la producción extraída es de solo de 2 Mt y de 1 Mt, respectivamente. De los minerales considerados en este informe, el plomo tiene la tasa de reciclaje global más alta actual con 54 % (International Lead Association, 2015)⁸. La caída de la demanda de plomo se debe a un alejamiento de las baterías de plomo-ácido en el sector de vehículos. La diferencia clave entre los escenarios de temperatura para el plomo radica en el crecimiento de la demanda de los sectores de energía, que es más alto en el escenario de 1.5 °C.

La demanda de **litio** exhibe el mayor crecimiento relativo hasta 2050 en el escenario de 1.5 °C entre los minerales de enfoque con un 1100 %, aumentando de menos de 0.1 Mt en 2020 a 1.1 Mt en 2050, impulsada por la demanda de vehículos eléctricos ligeros. Dada la baja tasa de reciclaje de litio en la actualidad, los escenarios de reciclaje muestran tres futuros significativamente diferentes en términos de demanda de litio extraído, que van desde 0.7 Mt (alto) a 1.1 Mt (bajo) en 2050. Los vehículos ligeros proporcionan la mayor fuente de crecimiento para demanda de litio hasta 2050, seguida de vehículos de carga y almacenamiento estacionario.

⁸Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

En el escenario de 1.5 °C, la demanda global total de **manganeso** se duplica de 10 Mt en 2020 a 24 Mt en 2050 y la contribución de los sectores relacionados con la transición aumenta del 19 % al 27 % del total. La demanda de manganeso minado en 2050 varía de 10 Mt en el escenario de alto reciclaje a 21 Mt en el escenario de bajo reciclaje, lo que ilustra la importancia de la posible expansión del reciclaje de manganeso. De manera similar al litio, los vehículos de pasajeros son la fuente clave de demanda de manganeso hasta 2050, seguidos por los vehículos de carga.

La demanda global total de **zinc** crece de 16 Mt en 2020 a 35 Mt en 2050 en el escenario de 1.5 °C, y la contribución de los sectores relacionados con la transición aumenta de 10 % a 14 % del total durante el período. La demanda de zinc extraído en 2050 varía entre 14 Mt en el escenario alto y 26 Mt en el escenario de bajo reciclaje, y el escenario central alcanza 24 Mt, lo que destaca la ambición significativa del escenario alto. La demanda de zinc está impulsada por tres sectores relacionados con la transición: generación de energía, vehículos de pasajeros y vehículos de carga.

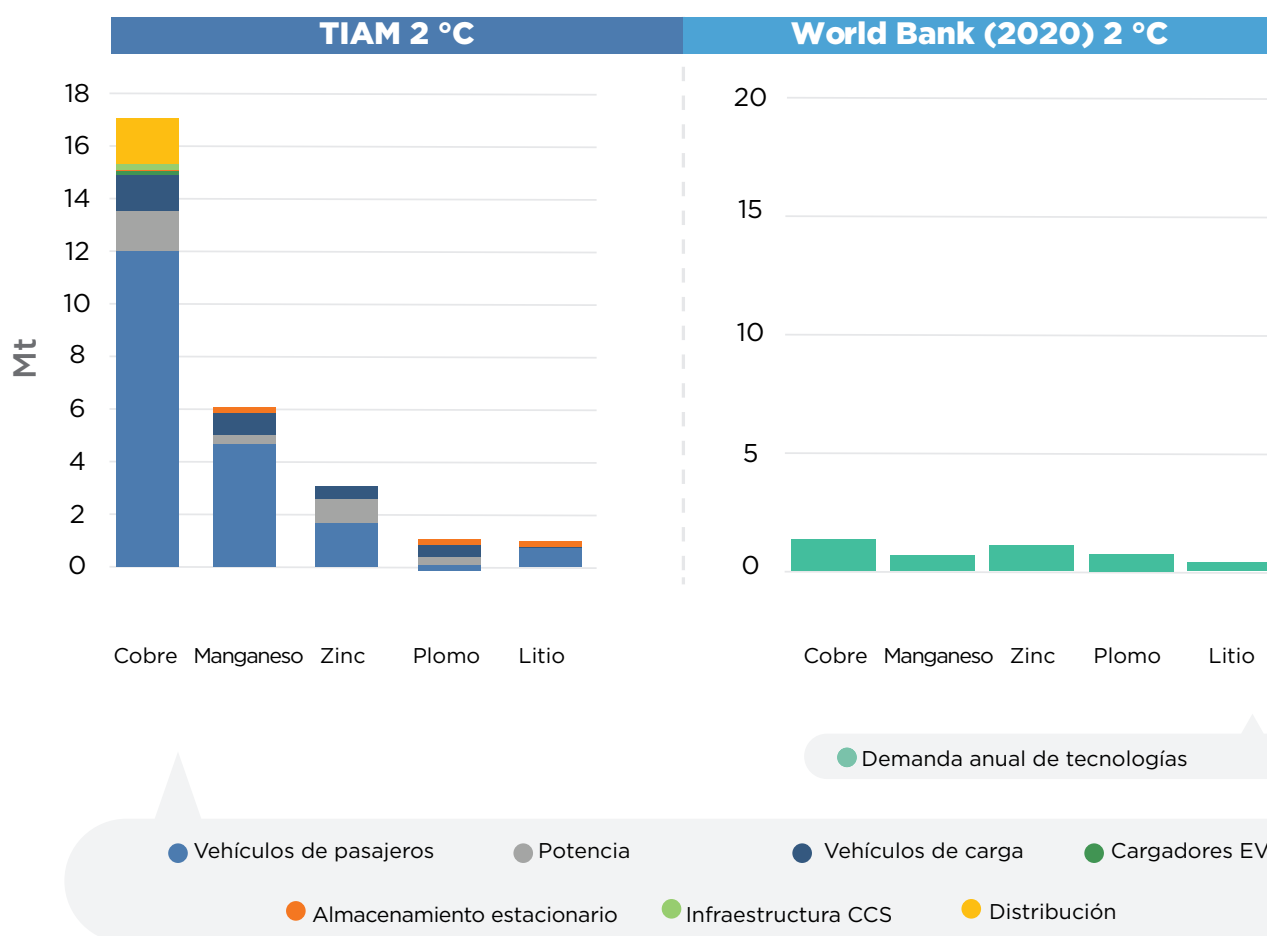
2.3.3 Benchmarking - análisis comparativo de los resultados

Esta sección compara los resultados de la demanda global de minerales brindados en este estudio con un informe reciente del Banco Mundial que evalúa la demanda de minerales que surge del despliegue de tecnologías de almacenamiento de energía y energía hasta 2050 (Hund et al., 2020). El propósito de esta comparación es establecer los resultados de este análisis en el contexto de literatura reciente similar.

El reporte del Banco Mundial utiliza una metodología similar a este análisis, donde utiliza insumos de literatura, datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), para determinar factores de minerales por tecnología y para obtener una proyección de crecimiento en la demanda. Los factores de minerales por tecnología se aplican a los resultados de un modelo de sistema energético. Por lo tanto, los resultados presentados en el informe del Banco Mundial se prestan bien a la comparación con los resultados presentados aquí. Sin embargo, existen diferencias en la cobertura del análisis y los resultados se presentan aquí utilizando diferentes escenarios de temperatura de un modelo de sistemas de energía diferente. Como el informe del Banco Mundial no produce resultados para un escenario de 1.5 °C, este análisis comparativo se hace con los escenarios de 2.0 °C.

Al comparar los resultados de la demanda de este análisis con los del Banco Mundial, existe una diferencia significativa (Figura 2.5) debido a las diferencias en las tecnologías cubiertas. Este reporte incluye el análisis de tecnologías en los sectores de energía, vehículos de pasajeros, vehículos de carga, almacenamiento estacionario, infraestructura de captura y almacenamiento de CO₂, cargador de vehículos eléctricos y distribución de energía. Mientras que el análisis del Banco Mundial solamente se centra en la energía y las tecnologías de almacenamiento de energía.

Figura 2.5 - Comparativa de los resultados del escenario de 2 °C del Banco Mundial (2020) con la del modelo TIAM utilizado para este reporte

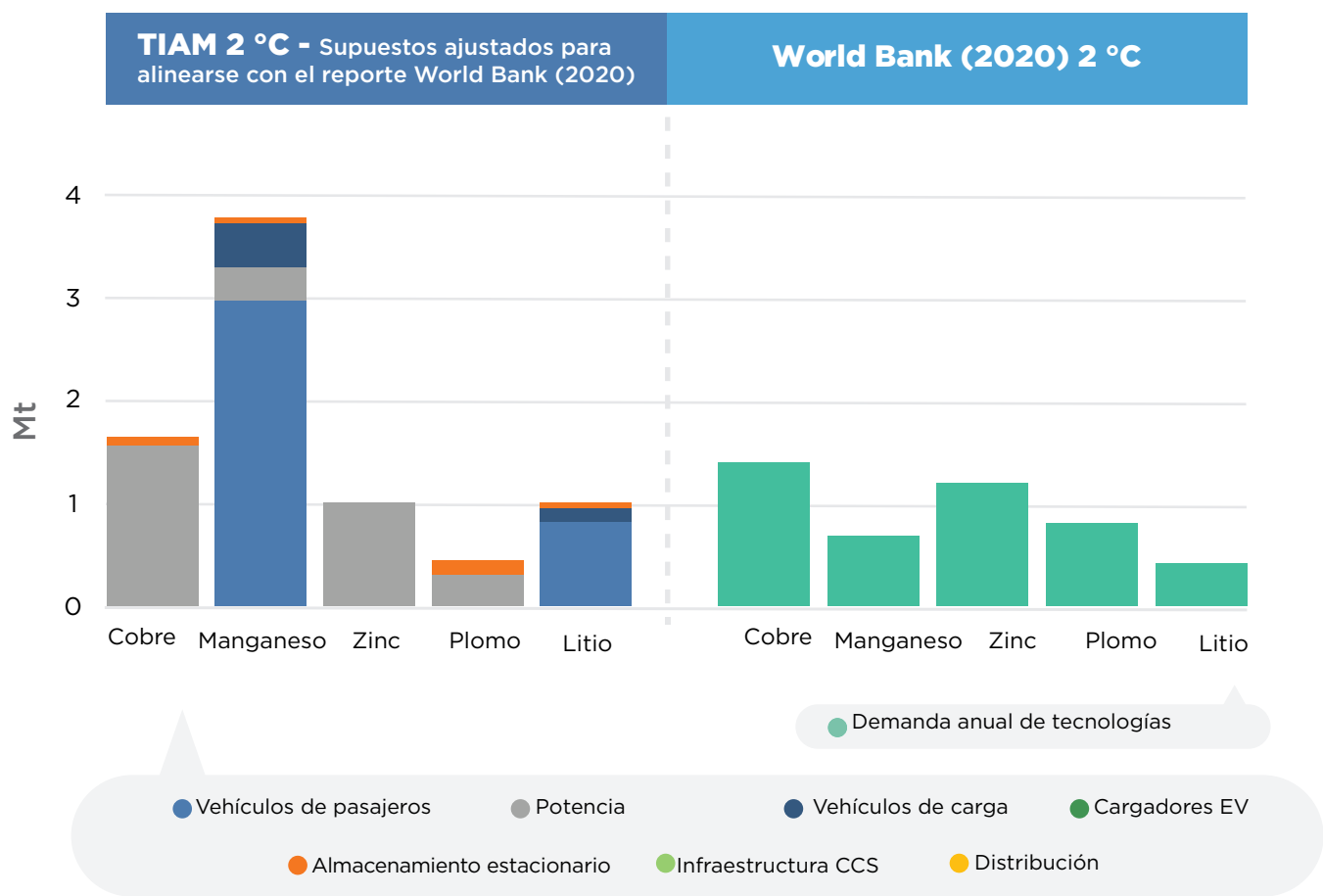


Fuente: Elaboración propia con base en [Banco Mundial \(2020\)](#) y resultado del modelo de Vivid Economics

Entre los sectores que cubren ambos análisis, la mayor diferencia en los resultados es la demanda de minerales de los vehículos de pasajeros. El análisis de los vehículos eléctricos del informe del Banco Mundial se limita al componente de la batería, mientras que este análisis se extiende a los minerales y metales contenidos en la carrocería del automóvil. Esto es particularmente relevante para el cobre, ya que la mayor parte del cobre en un vehículo proviene del cableado alrededor de la batería, en lugar de la batería en sí. De manera similar, la demanda de manganeso de los vehículos de pasajeros en nuestras estimaciones incluye el manganeso utilizado en la carrocería de acero del vehículo. Esta diferencia en la cobertura explica la mayor parte de la gran discrepancia en los resultados para el cobre y el manganeso.

Una vez que las tecnologías energéticas consideradas se alinean con las utilizadas en el informe del Banco Mundial, los resultados son muy similares en todos los minerales, excepto el manganeso y el litio. Esto se muestra en Figura 2.6, donde se reproducen las estimaciones de este reporte, pero excluyendo la demanda de minerales de las carrocerías de los vehículos y no se incluyen la distribución, la infraestructura de captura y almacenamiento de CO2, y los cargadores de vehículos eléctricos como lo hace el reporte del Banco Mundial. El Banco Mundial también asume que todas las baterías de plomo-ácido de los automóviles serán reemplazadas por iones de litio para 2030, por lo que este supuesto también se ha alineado.

Figura 2.6 - Comparación con los resultados del Banco Mundial, alineando supuestos



Fuente: Elaboración propia con base en [Banco Mundial \(2020\)](#) y resultado del modelo de Vivid Economics

Es probable que dos factores clave impulsen las diferencias restantes en la demanda de litio y manganeso entre los dos análisis:

1. En primer lugar, el informe del Banco Mundial utiliza un escenario de 2 °C de 2017, mientras que los escenarios utilizados en este análisis consideran los últimos avances

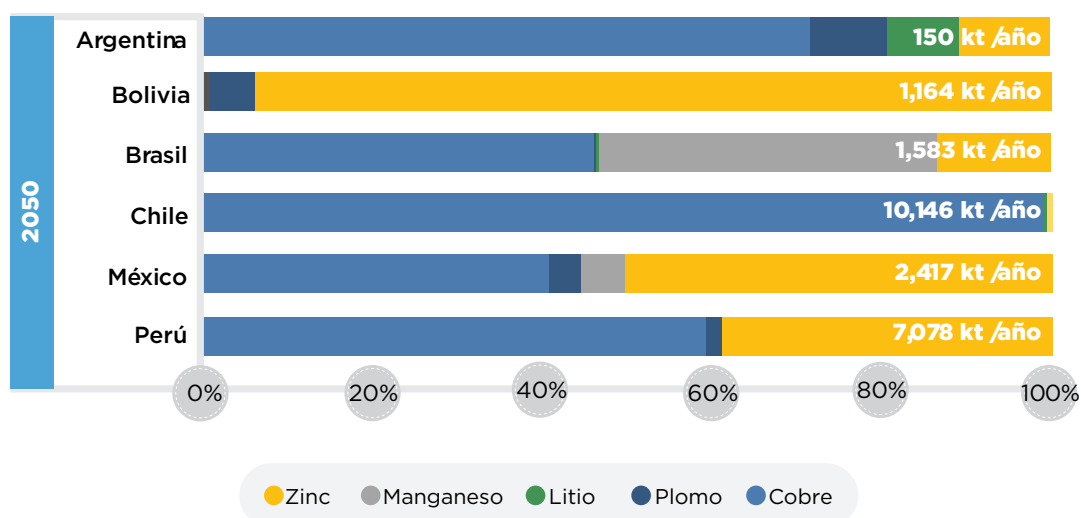
en costos de tecnología energética. Dado que los escenarios de TIAM utilizados para modelar la demanda de este reporte se basan en los supuestos de costos de vehículos eléctricos más recientes, incluyen una mayor electrificación del transporte por carretera y, por lo tanto, una mayor demanda de minerales de los vehículos de pasajeros. Dado que el almacenamiento de energía automotriz en el escenario TIAM 2 °C es aproximadamente el doble que en el escenario de 2.0 °C utilizado por el Banco Mundial, esta diferencia probablemente explica la discrepancia total en los resultados para el litio.

2. En segundo lugar, el Banco Mundial no publica los supuestos bioquímicos de las baterías de iones de litio que utiliza en su análisis. El análisis presentado en este informe supone una eliminación gradual, pero no total, de la batería de óxido de manganeso de iones de litio (LMO), que tiene una intensidad de manganeso sustancialmente más alta que la batería de níquel, cobalto y manganeso (NMC) NMC 111 y el NMC 811. Si el informe del Banco Mundial asume una eliminación total de LMO, esto podría explicar el resto de la diferencia en las estimaciones de manganeso.

2.4 Resultados del suministro regional

Esta sección presenta los resultados del crecimiento en la producción minera en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú (países focales). Se seleccionaron estos países por ser productores clave de minerales que se ven afectados por la transición a una economía baja en carbono.

Figura 2.7 - Enfoque la producción de los minerales por país en % del total nacional en un escenario de 1.5 °C en 2050



Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central

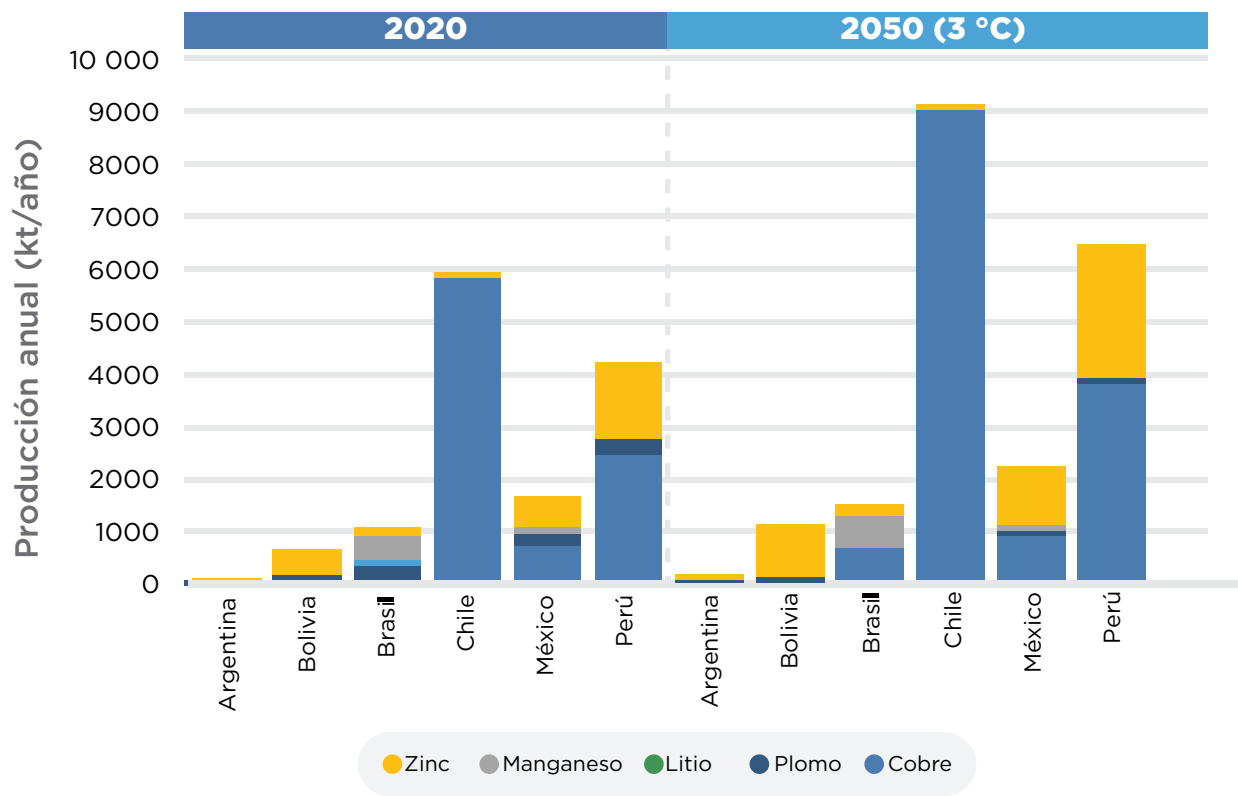
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

La primera parte (2.4.1) presenta una descripción general de los resultados para todos los países de interés; la segunda sección (2.4.2) proporciona resultados detallados por país.

2.4.1 Descripción general de los resultados para todos los países de interés

Cumpliendo las metas de descarbonización (escenario 3.0 °C), la producción de ALC en los minerales de enfoque aumenta un 52 % para 2050 comparado con 2020. El mayor aumento se espera en el litio, de un 990 %, seguido por zinc (74 %), cobre (54 %), manganeso (28 %), y con una disminución en el plomo (-62 %) (Figura 2.8). Estos crecimientos resaltan el potencial en el aumento de la producción de ALC.

Figura 2.8 - Enfoque la producción de los minerales por país en un escenario de 3.0 °C en 2050



Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

El crecimiento de la producción de minerales en los países focales está impulsado principalmente por el crecimiento de la demanda global de los minerales clave. Para 2050, los países focales producirán entre un 2 % y un 12 % más de minerales anualmente en el escenario de 1.5 °C en relación con **el caso de referencia (3.0 °C)**, siendo el manganeso el más bajo y el plomo el más alto.

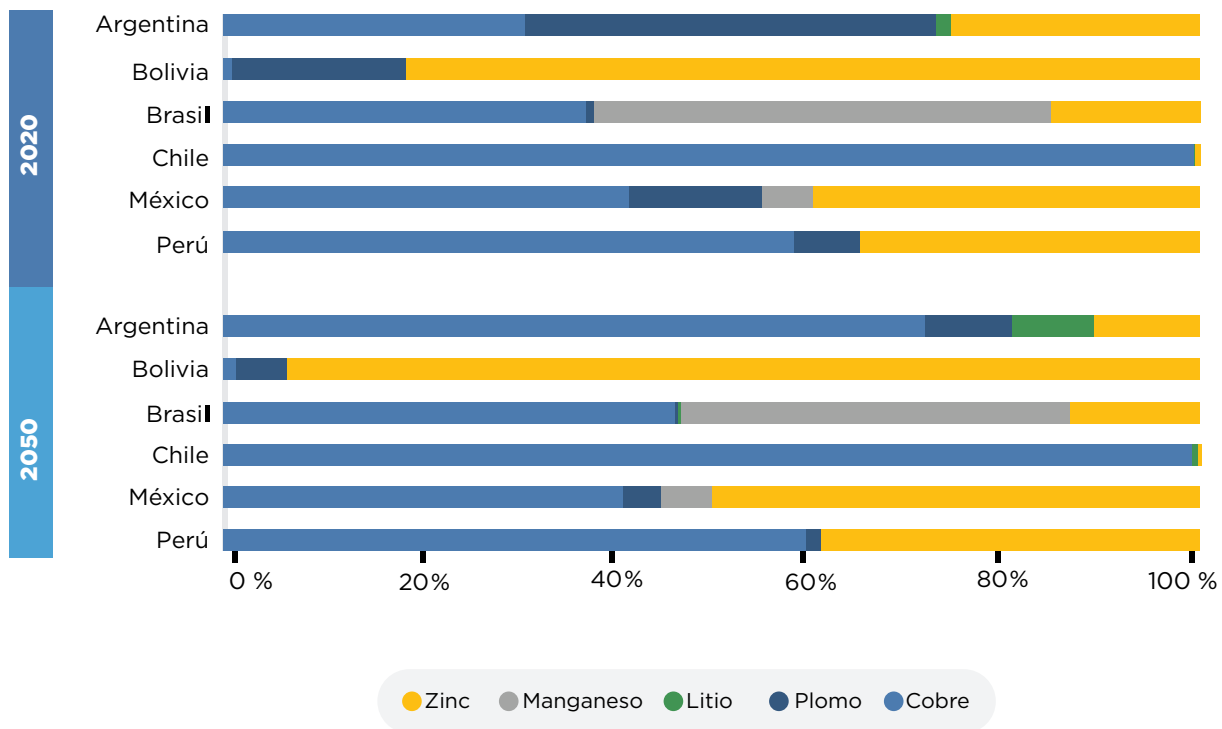
Los países focales producen un 10 % más de litio y cobre en el escenario de 1.5 °C que el caso de referencia (3.0 °C), debido a su creciente participación de mercado junto con un fuerte crecimiento de la demanda. Los principales productores de litio y cobre, como Chile, Argentina y Perú, ya tienen grandes cuotas de mercado que aumentan con el tiempo. Por ejemplo, en la actualidad Chile proporciona aproximadamente el 28 % del cobre extraído del mundo, que aumentará al 31 % para 2050. La participación de Argentina en el mercado del litio aumenta del 1.1 % actual al 1.4 % para 2050. La amplia y creciente participación de mercado de estos países les permite capitalizar el fuerte crecimiento de la demanda mundial de estos minerales.

Los países focales producen aproximadamente un 2 % más de manganeso y un 7 % más de zinc en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de referencia (3.0 °C). El rápido crecimiento de la demanda de manganeso y zinc compensa con creces la disminución de las cuotas de mercado de los países para esos minerales.

Para 2050, la producción de plomo es un 12 % más alta en el escenario de 1.5 °C en comparación con el escenario de referencia (3.0 °C), aunque la demanda de plomo cae con el tiempo a medida que se descarta gradualmente por razones de salud y ambientales. La importancia del plomo para las aplicaciones de almacenamiento estacionario significa que sigue siendo un mineral clave para una transición baja en carbono. El plomo se mantiene relevante por el uso en el revestimiento de cables eléctricos submarinos para energía eólica marina y baterías de plomo ácido para almacenamiento estacionario.

Aunque la producción de minerales es generalmente más alta en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2 °C, es especialmente probable que los productores de cobre se beneficien de una descarbonización más agresiva (Figura 2.4). Para 2050, los países focales producirán un 2.4 % más de litio y un 1.5 % más de cobre y zinc en el escenario de 2 °C comparándolo con el escenario de referencia (3.0 °C). En otras palabras, el aumento en la demanda de cobre (cuando se compara con el escenario de referencia) es siete veces mayor en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2 °C. Esto se compara con un aumento de aproximadamente cuatro veces para el litio y el zinc. Por lo tanto, los principales productores de cobre como Chile y Perú enfrentan una mayor ventaja si el mundo sigue una ruta de transición de 1.5 °C en lugar de una ruta de 2 °C.

Figura 2.9 – Producción por mineral en % de la producción total del país



Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario de 1.5 °C, la producción de minerales crece entre -3 % y 9 % anual desde 2020 hasta 2050. El plomo tiene la tasa de crecimiento más baja, mientras que el litio tiene la más alta.

El litio tiene la tasa de crecimiento de producción más alta de todos los minerales, con más del 8 % anual. Las mayores tasas de crecimiento se encuentran en Argentina (8.8 % anual), Chile (8.6 %) y Brasil (8.4 %). Cuando se mide en términos absolutos, la producción de litio de Chile crece a más de 1 kt/año al año. Esta tasa es más del doble que la de Argentina (0.4 kt/año anual) y casi diez veces superior a la de Brasil (0.1 kt/año anual). Esto se debe a que Chile ya es el tercer mayor proveedor mundial de litio, lo que le permite capitalizar la demanda del creciente despliegue de vehículos eléctricos y almacenamiento estacionario.

El zinc tiene la tasa de crecimiento de la producción más alta, de poco más del 2 % anual. La tasa de crecimiento más alta de 2.5 % se encuentra en Bolivia, seguida por Perú con 2.1 % y México con 2.0 %. Sin embargo, Perú tiene el mayor crecimiento absoluto de producción de más de 42 kt/año. Esto es más del doble que Bolivia y México, los cuales aumentan la producción anual en aproximadamente 18 kt/año.

La producción de cobre crece un 1.8 % cada año. Las mayores tasas de crecimiento se encuentran en Argentina (5.3 % anual), Bolivia (2.8 %) y Brasil (2.1 %). Como el mayor productor mundial de cobre, Chile tiene el mayor crecimiento absoluto, aumentando su tasa de producción anual en 139 kt/año cada año.

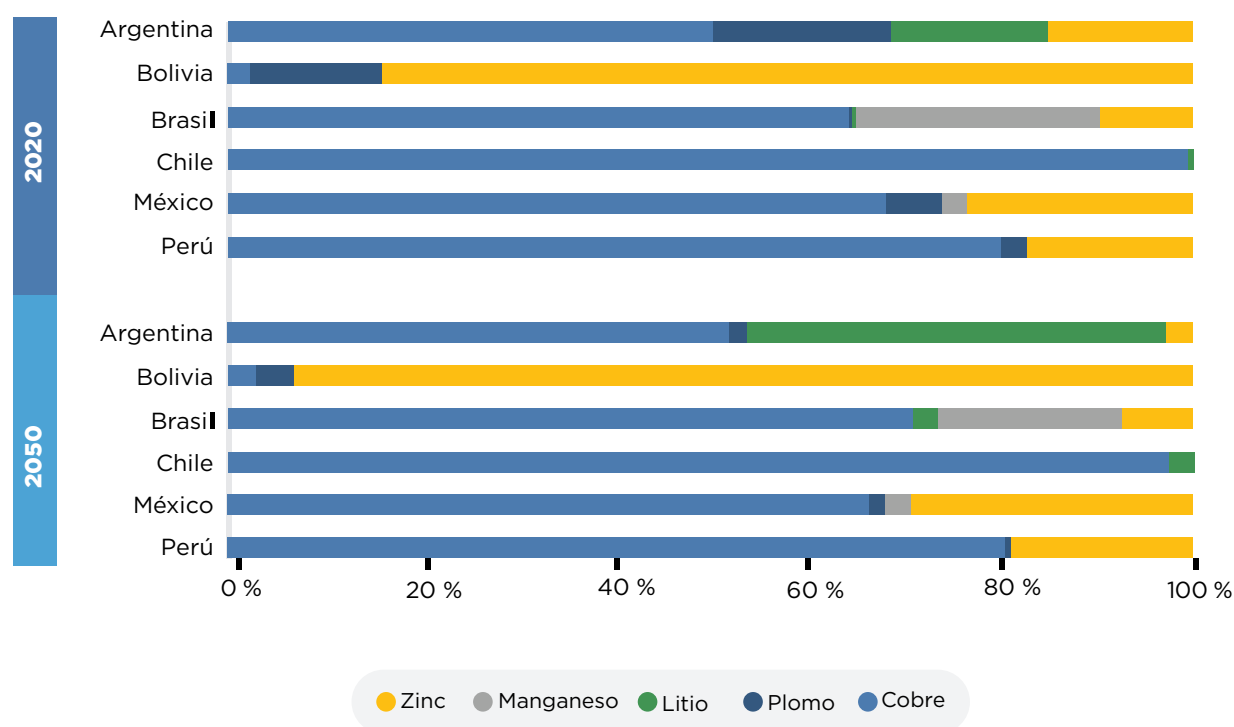
El manganeso, que es producido solo por dos países focales, tiene una tasa de crecimiento de producción relativamente baja de 0.9 % por año. La producción de manganeso en Brasil crece un 0.8 % o casi 5 kt al año, mientras que México aumenta su producción en un 1.2 % o más de 1 kt al año.

La producción de plomo disminuye aproximadamente un 2 % cada año, debido a la caída de la demanda mundial de plomo. Este descenso oscila entre el 0.8 % en Chile y el 2.4 % en Perú. Sin embargo, el plomo actualmente representa menos del 2 % de las ganancias minerales totales en los países focales, lo que limitaría la desventaja de la disminución de la demanda de plomo.

El crecimiento de la producción de cobre es el principal impulsor de las ganancias mineras y se espera que el cobre contribuya con aproximadamente USD 43 mil millones para 2050. Este es un aumento del 70 % en comparación con las ganancias del cobre en 2020 y equivale al 1.2 % del PIB combinado de 2019 de los países focales. En todos los países focales, excepto Bolivia, el cobre ya representa la mayor parte de las ganancias de los minerales clave. En 2020, el cobre representa la mitad de todas las ganancias minerales en Argentina y casi el 100 % de las ganancias minerales de Chile. A medida que la demanda de cobre aumenta junto con las crecientes cuotas de mercado de los países focales, sus ganancias de la producción de cobre seguirán aumentando.

Una parte más pequeña pero significativa de las ganancias proviene del litio, ya que tiene una tasa de crecimiento de producción más alta y un margen de ganancia mayor que otros minerales. La participación total de las ganancias de la producción de litio en los países focales aumenta del 0.3 % al 2 % entre 2020 y 2050. Las ganancias totales del litio en 2050 son de USD 990 millones de dólares, más de diez veces las ganancias en 2020. En Argentina, las ganancias del litio se multiplican por más de diez, de aproximadamente USD 19 millones de dólares (16 % de las ganancias totales) hoy a más de USD 240 millones de dólares (43 % de las ganancias totales) en 2050. Sin embargo, el mercado del litio sigue siendo mucho más pequeño que el del cobre, ya que el cobre se produce en volúmenes mucho mayores.

Figura 2.10 - Desglose de utilidades por mineral en 2020 y 2050 en el escenario de 1.5 °C



Comentarios: Bajo el escenario central de reciclaje de 1.5 °C

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

Chile tiene la mayor ganancia absoluta de todos los países, con USD 28 mil millones por año para 2050. Chile también tiene el mayor crecimiento absoluto de ganancias, con ganancias anuales que aumentan en casi USD 0.4 mil millones cada año. Esto se debe al enorme tamaño del sector minero del cobre del país, que representó el 9.2 % del PIB de Chile en 2016 (OCDE, 2018). El cobre contribuirá con el 97 % de las ganancias mineras totales de Chile para 2050, lo que asciende a USD 24 mil millones de dólares anuales. Casi todo el resto (2.4 % o USD 0.6 mil millones al año) proviene de la producción de litio.

La mayor tasa de crecimiento de las utilidades se encuentra en Argentina, con un crecimiento anual del 5.2 % por los beneficios que le trae litio y el cobre. Esto se traduce en ganancias minerales anuales que aumentan en más de USD 14 millones cada año. Para 2050, el 52 % de las ganancias minerales en Argentina provienen del cobre y el litio aporta aproximadamente el 43 %.

2.4.2 Descripción detallada por país

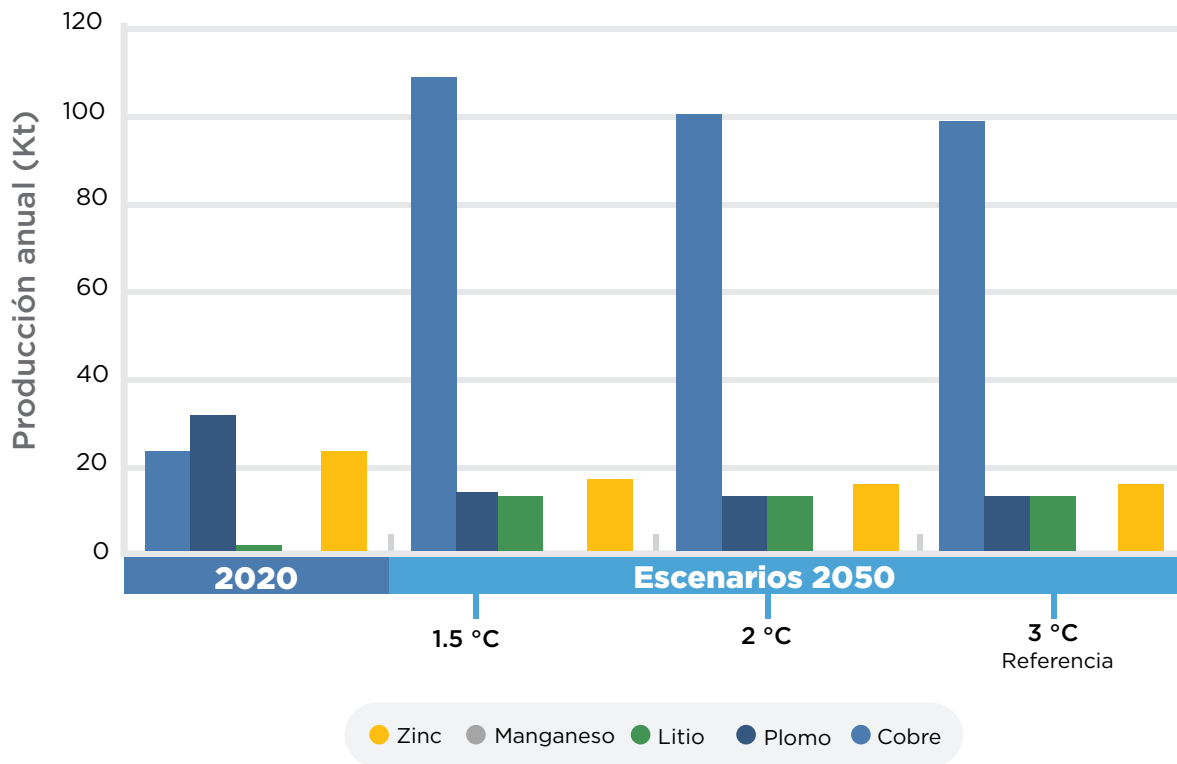
2.4.2.1 Argentina

Entre los minerales de enfoque, actualmente Argentina produce cobre, plomo, litio y zinc. Argentina no produce cantidades significativas de manganeso. Los recursos actualmente conocidos de Argentina de todos los minerales de enfoque (excepto el zinc) son suficientes para sustentar la producción en el escenario de 1.5 °C hasta al menos 2050. Según las proyecciones de producción de este análisis, Argentina agotaría sus recursos de zinc conocidos actualmente para 2047 a menos que se descubran nuevos recursos de zinc. Esto no se tiene en cuenta en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. En el Anexo B los impactos de límites en el suministro se exploran en un análisis de sensibilidad.

La participación de Argentina en la producción mundial de litio y cobre aumenta entre 2020 y 2050, mientras que la participación de mercado de plomo y zinc permanece constante y cae, respectivamente. Argentina tiene una participación de mercado del 1.1 % para el litio en la actualidad, que crecerá hasta el 1.4 % para 2050, en línea con el fuerte crecimiento de la producción durante los últimos 30 años. Argentina también tiene participaciones relativamente pequeñas del mercado de plomo (0.6 %), zinc (0.2 %) y cobre (0.1 %). Suponiendo que continúen las tendencias históricas, su participación en el mercado del cobre se triplicará al 0.3 % para 2050. Su participación en el mercado del plomo se mantendrá constante, mientras que su participación en el mercado del zinc se reducirá a menos del 0.1 %.

En el escenario de 1.5 °C, Argentina produce 108 kt de cobre, 13 kt de plomo, 13 kt de litio y 16 kt de zinc anualmente para 2050. En comparación con 2020, la producción en 2050 será aproximadamente cuatro veces mayor para el cobre y 12 veces mayor para el litio. La producción de plomo es un 57 % menor debido a la caída de la demanda de plomo, mientras que la producción de zinc es un 14 % menor debido a la caída de la participación de mercado de Argentina. El gran aumento en la producción de litio se debe a que la creciente participación de mercado de litio en Argentina coincide con un fuerte crecimiento en la demanda mundial de litio. En el escenario con reciclaje alto, Argentina produce anualmente 98 kt de cobre, 8 kt de plomo, 10 kt de litio y 9 kt de zinc para 2050. Esto se compara con su producción anual de 156 kt de cobre, 25 kt de plomo, 16 kt para litio y 18 kt para zinc en el escenario de reciclaje bajo. En el escenario base, la producción anual en 2050 es de 98 kt de cobre, 12 kt de plomo, 12 kt de litio y 15 kt de zinc.

**Figura 2.11 - Producción anual de minerales en Argentina en 2050
bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia**



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

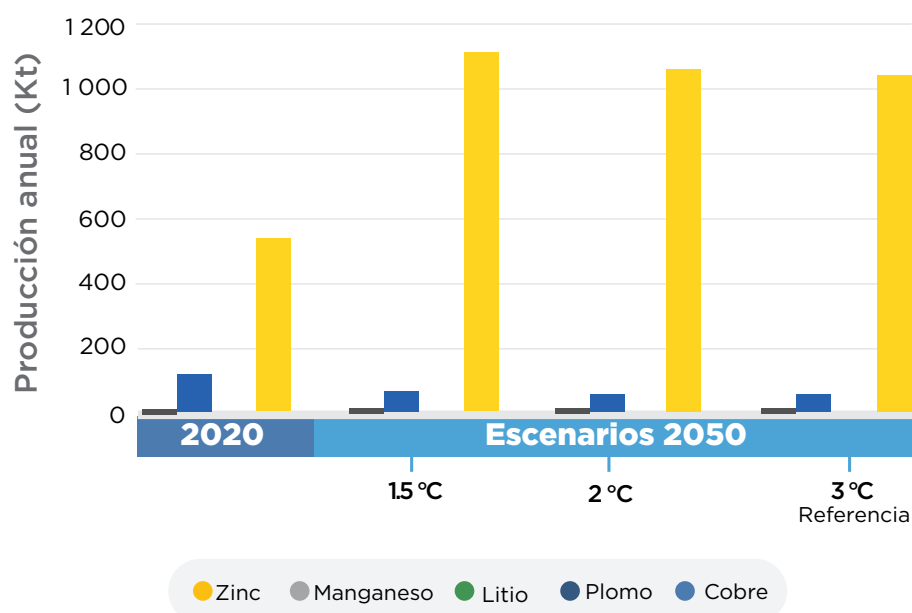
Argentina obtiene USD 550 millones por año en ganancias minerales totales para 2050 en el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 52 % es atribuible al cobre. Esto equivale al 0.12 % de su PIB de 2019, o más de tres veces las ganancias mineras estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a USD 290 millones del cobre, USD10 millones del plomo, USD 242 millones del litio y USD 60 millones del zinc. Si bien el cobre sigue contribuyendo con la mayor parte de los ingresos minerales en 2050, el rápido crecimiento de la producción de litio y su mayor margen de beneficio significa que la participación de los beneficios del litio entre los minerales de interés aumenta del 16 % al 43 % entre 2020 y 2050. En contraste, la participación de las ganancias atribuibles al cobre disminuye levemente, de 52 % a 50 % entre 2020 y 2050. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 462 millones por año en el escenario de reciclaje alto y de USD 754 millones por año en el escenario de reciclaje bajo. Las ganancias minerales totales bajo el escenario central en 2050 son USD 505 millones por año, de los cuales USD 263 millones provienen del cobre, USD 9 millones del plomo, USD 219 millones del litio y USD15 millones del zinc.

2.4.2.2 Bolivia

De los minerales de enfoque, Bolivia produce actualmente cobre, plomo y zinc y no produce cantidades significativas de litio ni manganeso, a pesar de tener una de las reservas más grandes de litio en el mundo. Con base en los pronósticos de producción de este análisis, Bolivia agotaría sus recursos actualmente conocidos de plomo y zinc para 2032 y 2028, respectivamente, en el escenario de 1.5 °C, a menos que se descubran nuevos recursos. No hubo datos suficientes sobre el tamaño de los recursos de cobre en Bolivia para realizar un análisis similar para el cobre. Esto no se tiene en cuenta en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. En el Anexo B los impactos de límites en el suministro se exploran en un análisis de sensibilidad.

Las participaciones de Bolivia en los mercados mundiales de plomo y zinc aumentan ligeramente entre 2020 y 2050, mientras que su participación en el mercado del cobre se mantiene constante durante el mismo período. Bolivia tiene actualmente una participación de mercado del 2.4 % para el plomo, el 4.3 % para el zinc y menos del 0.1 % para el cobre. Su participación de mercado para el cobre se mantiene por debajo del 0.1 % entre 2020 y 2050. Suponiendo que continúen las tendencias históricas, para 2050 sus participaciones en los mercados de plomo y cobre aumentarán levemente a 2.7 % y 4.5 % respectivamente, mientras que su participación en el cobre se mantendrá constante.

Figura 2.12 - Producción anual de minerales en Bolivia en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario de 1.5 °C, Bolivia produce 13 kt de cobre, 62 kt de plomo y 1.1 Mt de zinc anualmente para 2050. La producción de cobre y zinc es aproximadamente el doble en 2050 que en 2020. La producción de plomo es un 46 % menor debido a caída de la demanda de plomo. Bajo el escenario de reciclaje alto, Bolivia produce 11 kt de cobre, 37 kt de plomo y 631 kt de zinc al año para 2050. Esto se compara con su producción anual de 18 kt de cobre, 114 kt de plomo y 1.2 Mt de zinc bajo el escenario de reciclaje bajo. En el escenario central, la producción anual en 2050 es de 11 kt de cobre, 55 kt de plomo y 1.0 Mt de zinc.

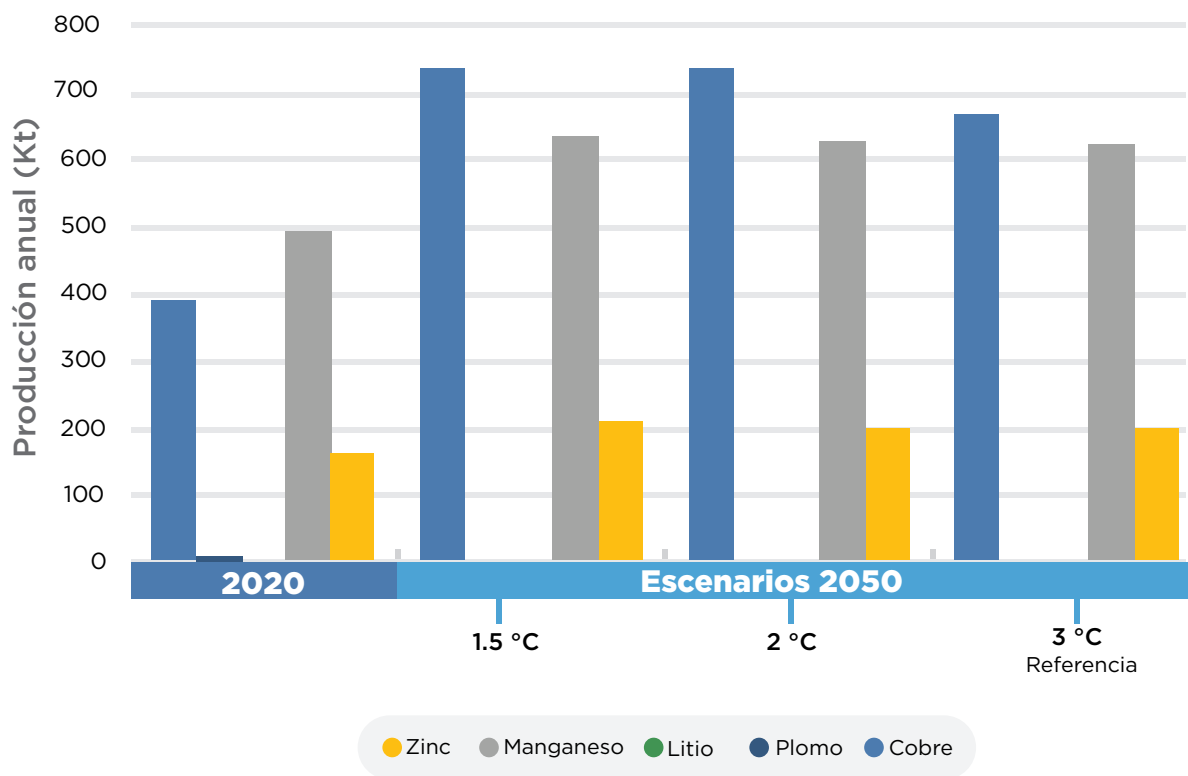
Bolivia gana USD 1100 millones por año en ganancias minerales totales para 2050 en el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 93 % es atribuible al zinc. Esto equivale al 2.7 % de su PIB de 2019, o un 87 % más que sus ganancias minerales estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a USD 34 millones del cobre, USD 45 millones del plomo y USD 1.1 mil millones del zinc. La participación de las ganancias atribuibles al zinc aumenta del 84 % al 93 % entre 2020 y 2050. Por el contrario, la participación de las ganancias de la producción de plomo cae del 14 % al 4 % durante el mismo período debido a la disminución de la demanda mundial de plomo. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 1.2 mil millones por año en el escenario de reciclaje alto y de USD 667 millones por año en el escenario de reciclaje bajo. Las ganancias minerales totales bajo el escenario base en 2050 son de USD 1.1 mil millones por año, de los cuales USD 31 millones provienen del cobre, USD 40 millones del plomo y USD 984 millones del zinc.

2.4.2.3 Brasil

Brasil produce los cinco minerales: cobre, plomo, litio, manganeso y zinc. Los recursos actualmente conocidos de plomo y manganeso de Brasil son suficientes para sustentar la producción en el escenario de 1.5 °C hasta al menos 2050. Según las proyecciones de producción de este análisis, Brasil agotaría sus recursos actualmente conocidos de litio y zinc para 2042, a menos que haya nuevos recursos descubiertos. No hubo datos suficientes sobre el tamaño de los recursos de cobre para realizar un análisis similar para el cobre. Esto no se tiene en cuenta en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. En el Anexo B los impactos de límites en el suministro se exploran en un análisis de sensibilidad.

La participación de Brasil en el mercado mundial del cobre aumenta entre 2020 y 2050, mientras que su participación en los mercados de plomo, manganeso y zinc disminuye. Su cuota de mercado de litio se mantiene constante durante el período. Brasil tiene actualmente una participación de mercado del 1.9 % para el cobre, el 0.2 % para el plomo, el 0.4 % para el litio, el 5.8 % para el manganeso y el 1.3 % para el zinc. Suponiendo que continúen las tendencias históricas, para 2050 su participación en el mercado del cobre aumentará a 2.3 %, mientras que sus participaciones en los mercados de plomo, manganeso y zinc disminuirán a 0.1 %, 4.2 % y 0.9 %, respectivamente. Su cuota de mercado de litio se mantiene en 0.4 %.

Figura 2.13 - Producción anual de minerales en Brasil en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentarios: Suponiendo un escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario de 1.5 °C, Brasil produce 733 kt de cobre, 3 kt de plomo, 4 kt de litio, 632 kt de manganeso y 211 kt de zinc anualmente para 2050. La producción de cobre es 88 % mayor en 2050 que en 2020, con manganeso 29 % más alto y zinc 31 % más alto. La producción de litio crece significativamente, siendo más de 10 veces mayor en 2050. La producción de plomo es un 46 % menor. En el escenario de reciclaje alto, Brasil produce anualmente 668 kt de cobre, 2 kt de plomo, 3 kt de litio, 401 kt de manganeso y 122 kt de zinc para 2050. Esto se compara con su producción anual de 1.1 Mt de cobre, 6 kt de plomo, 5 kt de litio, 883 kt de manganeso y 229 kt de zinc en el escenario de reciclaje bajo. En el escenario central, la producción anual en 2050 es de 664 kt de cobre, 3 kt de plomo, 3 kt de litio, 620 kt de manganeso y 197 kt de zinc.

Brasil gana USD 2.7 mil millones por año en ganancias minerales totales para 2050 en el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 71 % es atribuible al cobre. Esto equivale al 0.15 % de su PIB de 2019, o un 71 % más que sus ganancias minerales estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a mil millones del cobre, USD 5 millones del plomo, USD 6 millones del litio, USD 412 millones del manganeso y USD 155 millones del zinc. La

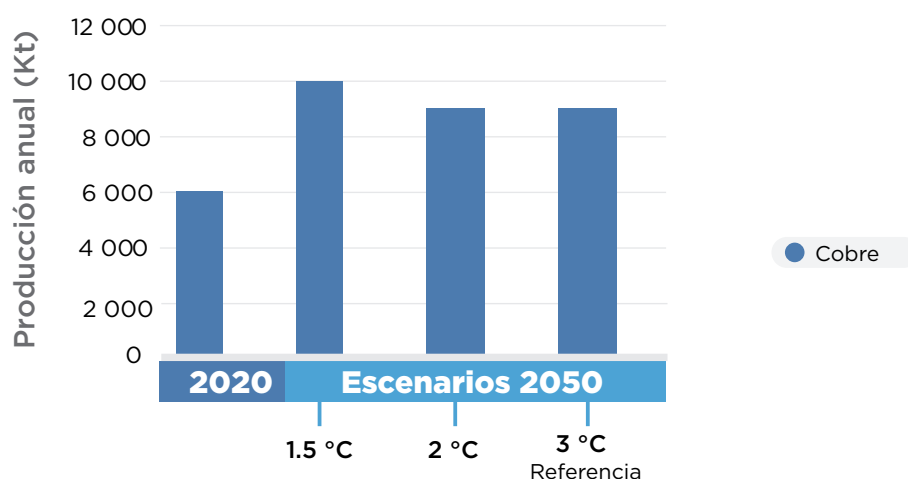
participación de las ganancias atribuibles al cobre aumenta del 65 % al 71 % entre 2020 y 2050, y la participación del litio en las ganancias también aumenta del 0.4 % al 2.6 %. Por el contrario, la participación de los beneficios de la producción de zinc cae del 10 % al 7 % durante el mismo período. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 2.3 mil millones por año en el escenario de alto reciclaje y de USD 3.9 mil millones por año en el escenario de bajo reciclaje. Las ganancias minerales totales bajo el escenario de referencia en 2050 son de USD 2.6 mil millones por año, de los cuales USD 1.7 mil millones de dólares provienen del cobre, USD 2 millones del plomo, USD 65 millones del litio, USD 520 millones del manganeso y USD 190 millones del zinc.

2.4.2.4 Chile

De los minerales de enfoque, Chile produce actualmente cobre, plomo, litio y zinc; no produce cantidades significativas de manganeso. Los recursos actualmente conocidos de cobre y plomo de Chile son suficientes para sustentar la producción en el escenario de 1.5 °C hasta al menos 2050. Según los pronósticos de producción de este análisis, Chile agotaría sus recursos actualmente conocidos de litio y zinc para 2050 y 2041 respectivamente, a menos que se descubran nuevos recursos. Esto no se tiene en cuenta en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. En el Anexo B los impactos de límites en el suministro se exploran en un análisis de sensibilidad.

Las participaciones de Chile en los mercados mundiales de cobre y litio aumentan entre 2020 y 2050, mientras que sus participaciones en los mercados de plomo, manganeso y zinc se mantienen constantes durante el mismo período. En 2019, se estimó que Chile era el mayor productor mundial de cobre y el tercer mayor productor de litio. Actualmente tiene una participación de mercado del 29 % para el cobre, menos del 0.1 % para el plomo, 3.3 % para el litio, menos del 0.1 % para el manganeso y 0.2 % para el zinc. Suponiendo que continúen las tendencias históricas, para 2050 su participación en el mercado del cobre aumentará al 31% y su participación en el mercado del litio aumentará al 4.0 %. Sus cuotas de mercado de los mercados de plomo, manganeso y zinc se mantienen constantes durante el mismo período.

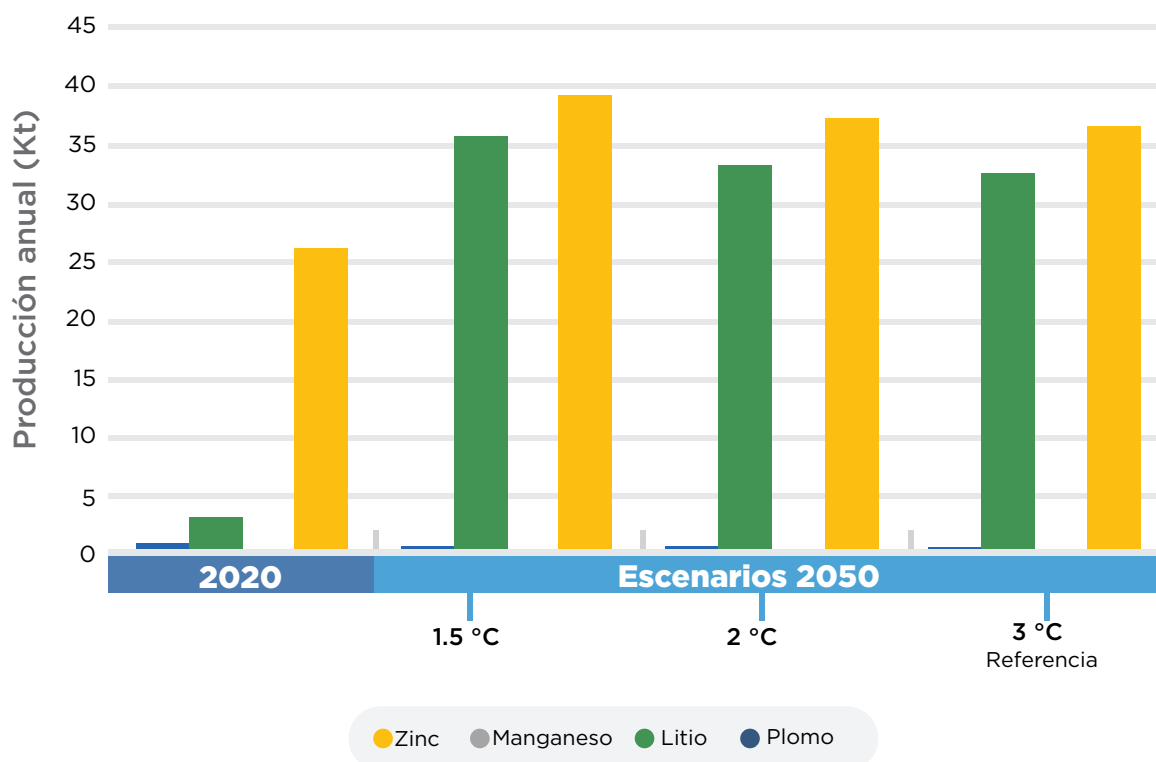
Figura 2.14 - Producción anual de cobre en Chile en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central. Los resultados de cobre se presentan por separado para Chile debido a la gran escala de producción de cobre.

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

Figura 2.15 - Producción anual de minerales (excluyendo cobre) en Chile en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics.

En el escenario de 1.5 °C, Chile produce 10 Mt de cobre, 0.5 kKt de plomo, 36 kt de litio y 39 kt de zinc anualmente para 2050. La producción de cobre es 71 % mayor en 2050 que en 2020, mientras que la de zinc es 49 % mayor. La producción de litio crece significativamente, siendo más de 10 veces mayor en 2050. En contraste, la producción de plomo es un 36 % menor. Bajo el escenario de reciclaje alto, Chile produce 9 Mt de cobre, 0.3 kKt de plomo, 27 kt de litio y 23 kt de zinc al año para 2050. Esto se compara con su producción anual de 14 Mt de cobre, 0.9 kt de plomo, 44 kt de litio y 42 kt de zinc en el escenario de reciclaje bajo. En el escenario central, la producción anual en 2050 es de 9.1 Mt de cobre, 0.4 kt de plomo, 32 kt de litio y 37 kt de zinc.

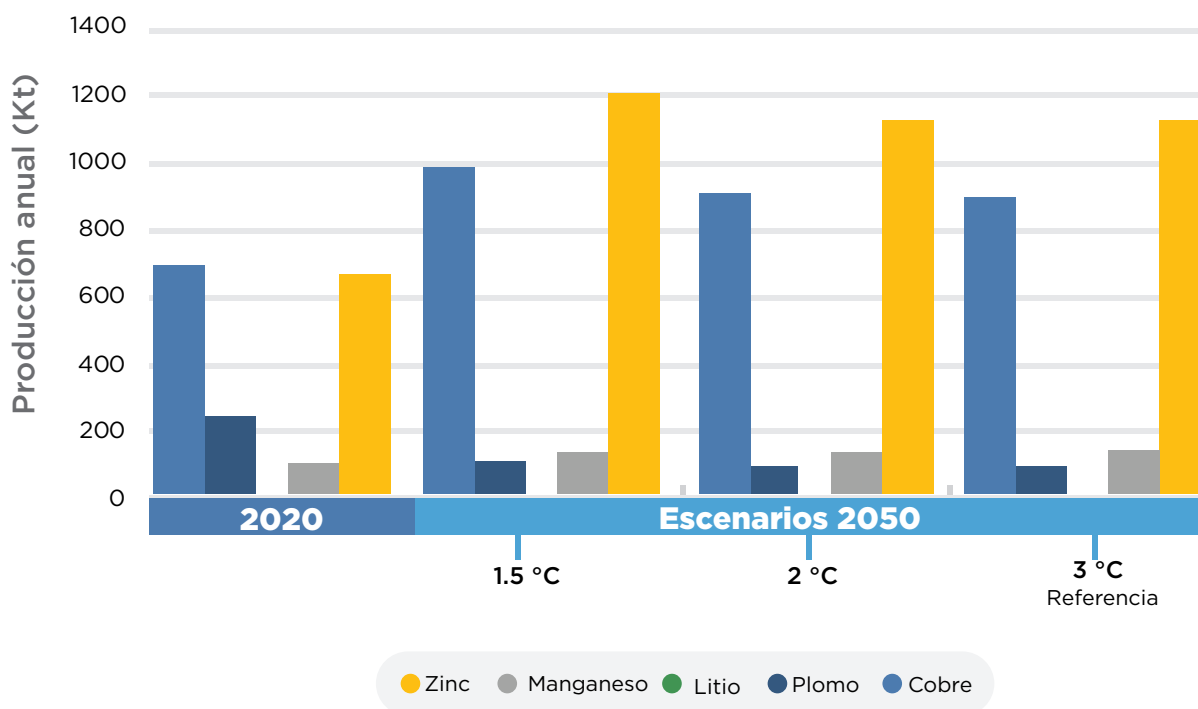
Chile gana USD 28 mil millones por año en ganancias minerales totales para 2050 en el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 97 % es atribuible al cobre. Esto equivale al 9.8 % de su PIB de 2019, o 74 % más que sus ganancias minerales estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a USD 27 mil millones del cobre, USD 0.3 millones del plomo, USD 675 millones del litio, y USD 38 millones del zinc. La participación de las ganancias atribuibles al litio crece del 0.4 % al 2.4 % entre 2020 y 2050, mientras que la participación del cobre en las ganancias cae del 99 % al 97 %. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 25 mil millones por año en el escenario de reciclaje alto y de USD 40 mil millones por año en el escenario de reciclaje bajo. Las ganancias minerales totales bajo el escenario de referencia en 2050 son de USD 25 mil millones por año, de los cuales USD 24 mil millones provienen del cobre, USD 0.3 millones del plomo, USD 611 millones del litio y USD 35 millones del zinc.

2.4.2.5 México

México produce actualmente cobre, plomo, manganeso y zinc, y no produce cantidades significativas de litio. Los recursos de cobre, plomo y manganeso actualmente conocidos de México son suficientes para sustentar la producción en el escenario de 1.5 °C hasta al menos 2050. Según los pronósticos de producción de este análisis, México agotaría sus recursos de zinc actualmente conocidos para 2043, a menos que nuevos recursos sean descubiertos. Esto no se tiene en cuenta en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. Sin embargo, en el Anexo B los impactos de límites en el suministro se exploran en un análisis de sensibilidad.

Las acciones de México en los mercados de cobre, plomo, manganeso y zinc caen levemente entre 2020 y 2050. Actualmente, México tiene una participación de mercado de 3.4 % para el cobre, 4.8 % para el plomo, 1.0 % para el manganeso y 5.4 % para el zinc. Suponiendo que continúen las tendencias históricas, sus participaciones de mercado se reducirán a 3.1 % para el cobre, 3.9 % para el plomo, 0.8 % para el manganeso y 5.0 % para el zinc para 2050.

Figura 2.16 - Producción anual de minerales en México en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario de 1.5 °C, México produce 991 kt de cobre, 91 kt de plomo, 124 kt de manganeso y 1.2 Mt de zinc anualmente para 2050. La producción de cobre es 43 % mayor en 2050 que en 2020, mientras que la de manganeso es 44 % más alto y el zinc es 83 % más alto. La producción de plomo es un 60 % menor. Bajo el escenario de reciclaje alto, México produce anualmente 903 kt de cobre, 55 kt de plomo, 79 kt de manganeso y 701 kt de zinc para 2050. Esto se compara con su producción anual de 1.4 Mt de cobre, 168 kt de plomo, 174 kt de manganeso y 1.3 Mt de zinc en el escenario de reciclaje bajo. En el escenario central, la producción anual en 2050 es de 897 kt de cobre, 81 kt de plomo, 122 kt de manganeso y 1.1 Mt de zinc.

México genera USD 4 mil millones por año en ganancias minerales totales para 2050 bajo el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 67 % es atribuible al cobre. Esto equivale al 0.3 % de su PIB de 2019, o un 47 % más que sus ganancias minerales estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a USD 2.6 mil millones del cobre, USD 66 millones del plomo, USD 104 millones del manganeso, y USD 1.1 mil millones del zinc. La participación de las ganancias relacionadas al zinc aumenta del 23 % al 29 % entre 2020 y 2050, mientras que la participación del plomo en las ganancias cae del 6.0 % al 1.7 %. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 3.2 mil millones por año en el escenario de reciclaje alto y de USD 5.3 mil millones por año en el escenario de reciclaje bajo. Las ganancias minerales

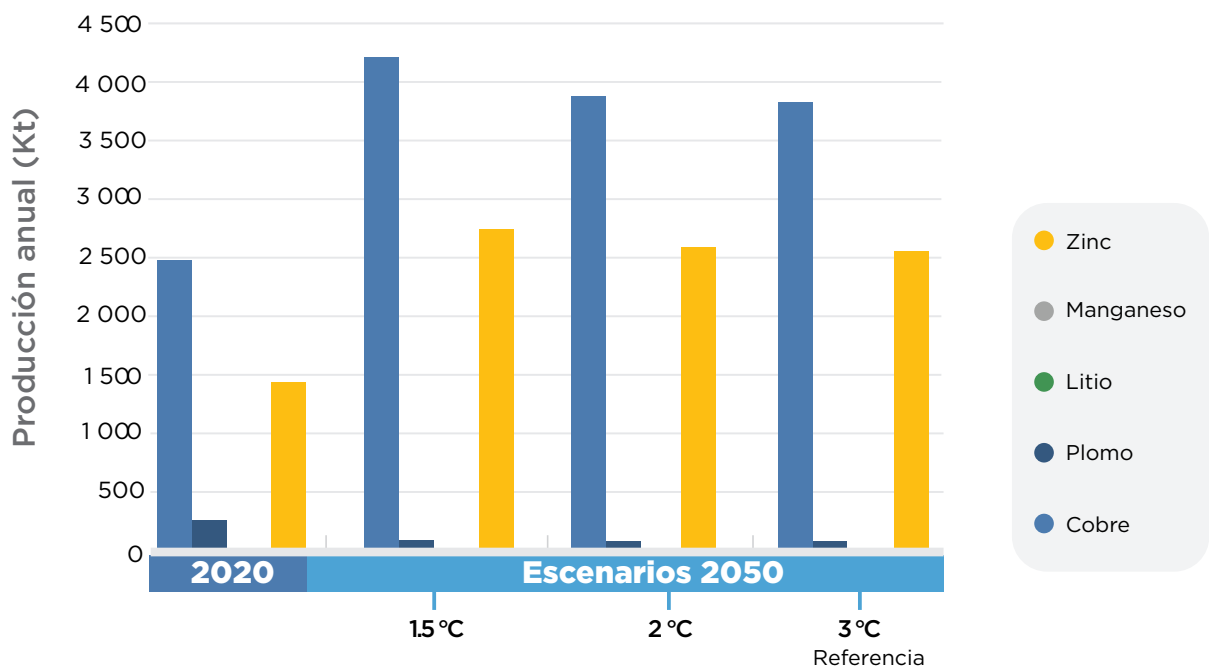
totales bajo el escenario de referencia (3.0 °C) en 2050 son de USD 3.6 mil millones por año, de los cuales USD 2.4 mil millones provienen del cobre, USD 59 millones del plomo, USD 102 millones de dólares el manganeso y USD 1.1 millones del zinc.

2.4.2.6 Perú

Perú produce actualmente cobre, plomo y zinc, y no produce cantidades significativas de litio ni manganeso. Los recursos actualmente conocidos de cobre y plomo de Perú son suficientes para sustentar la producción en el escenario de 1.5 °C hasta al menos 2050. Según las proyecciones de producción de este análisis, Perú agotaría sus recursos de zinc actualmente conocidos para 2038, a menos que se descubran nuevos recursos. Esto no se considera en el análisis de la producción o los beneficios económicos que se presentan en esta sección. Sin embargo, en el Anexo B los impactos de limitar la producción pronosticada de los países en el límite de recursos como un análisis de sensibilidad.

La participación de Perú en el mercado mundial del cobre aumenta entre 2020 y 2050, mientras que su participación en los mercados de plomo y zinc disminuye durante el mismo período. En 2019, se estimó que Perú era el segundo productor mundial de cobre. Actualmente tiene una participación de mercado del 12 % en el cobre, 6 % en el plomo y 12 % en el zinc. Suponiendo que continúen las tendencias históricas, su participación en el mercado del cobre aumentaría al 13 % para 2050. Esto contrasta con una disminución en las participaciones de mercado a 4.8 % en el plomo y 11.4 % en el zinc para 2050.

Figura 2.17 - Producción anual de minerales en Perú en 2050 bajo escenarios de bajo carbono y en el caso de referencia



Comentario: Suponiendo un escenario de reciclaje central
Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

En el escenario de 1.5 °C, Perú produce 4.2 Mt de cobre, 112 kt de plomo y 2.7 Mt de zinc anualmente para 2050. La producción de cobre es 71 % mayor en 2050 que en 2020, mientras que el zinc es 87 % mayor. En contraste, la producción de plomo es un 61 % menos. En el escenario de reciclaje alto, Perú produce 3.8 Mt de cobre, 67 kt de plomo y 1.6 Mt de zinc al año para 2050. Esto se compara con su producción anual de 6.1 Mt de cobre, 205 kt de plomo y 3.0 Mt de zinc bajo el escenario de reciclaje bajo. En el escenario central, la producción anual en 2050 es de 3.8 Mt de cobre, 99 kt de plomo y 2.5 Mt de zinc.

Perú genera USD 14 mil millones por año en ganancias minerales totales para 2050 bajo el escenario de 1.5 °C, de los cuales el 81 % es atribuible al cobre. Esto equivale al 6.2 % de su PIB de 2019, o un 70 % más que sus ganancias minerales estimadas en 2020. Para 2050, las ganancias anuales ascienden a USD 11 mil millones del cobre, USD 81 millones del plomo y USD 2.7 mil millones del zinc. La participación de las ganancias atribuibles al zinc aumenta del 17% al 19% entre 2020 y 2050, mientras que la participación del plomo en las ganancias cae del 2.5 % al 0.6 %. Las ganancias minerales totales en 2050 son de USD 12 mil millones por año en el escenario de reciclaje alto y de USD 19 mil millones por año en el escenario de reciclaje bajo. Las ganancias minerales totales bajo el escenario referencia en 2050 son de USD 13 mil millones por año, de los cuales USD 10 mil millones provienen del cobre, USD 72 millones del plomo y USD 2.4 mil millones del zinc.

3. Potenciales oportunidades y desafíos socioambientales

Este capítulo analiza las potenciales oportunidades y desafíos socioambientales relacionados con un incremento en la producción de minerales específicos (cobre, litio, manganeso, plomo y zinc) bajo un escenario de 1.5 °C, con línea base 2020, presentados en la sección 2.4, para capturar los beneficios económicos estimados en USD 50 mil millones anuales a 2050 (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 El crecimiento en la producción de diferentes escenarios de descarbonización comparado con la producción de 2020.

Crecimiento en la producción comparado con 2020 (% por peso)							
Año	Escenario	Cobre	Plomo	Litio	Manganeso	Zinc	Total
2050	3.0 °C	54 %	-62 %	990 %	28 %	74 %	56 %
	2.0 °C	57 %	-62 %	1016 %	30 %	76 %	59 %
	1.5 °C	70 %	-58 %	1102 %	31 %	86 %	72 %

Comentarios: Los resultados que se muestran son para el escenario de reciclaje central

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del modelo de Vivid Economics

Para ello, desarrollamos un marco socioambiental que permite evaluar y priorizar dichas oportunidades y desafíos buscando incluir los probables impactos positivos y negativos asociados a las operaciones mineras en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú. En las siguientes secciones se detallan los factores socioambientales identificados para el marco de evaluación (sección 3.1), luego se presentan las oportunidades y desafíos más relevantes utilizando el marco de análisis (sección 3.2), y se brindan recomendaciones específicas a los factores socioambientales (sección 3.3), finalmente se discute su implementación en el capítulo 0.

3.1 Marco socioambiental

Para desarrollar el marco socioambiental, analizamos informes de sostenibilidad, reportes de huella de carbono de empresas mineras y marcos ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) generales y específicos a la minería donde se identificaron los factores socioambientales transversales a las operaciones mineras⁹. Posteriormente, se validaron y complementaron los supuestos identificados a través de encuestas y entrevistas con personas expertas en la materia (Ver Sección Cuestionario en línea y entrevistas «Oportunidades y desafíos ambientales y sociales de metales selectos en países de la región ALC»). Asimismo, se obtuvieron perspectivas sobre la importancia de los impactos y su relevancia en el corto y largo plazo. Los resultados se enmarcan en mapas de calor de desafíos y oportunidades que permitirán identificar políticas y estrategias a implementar en los países de ALC relacionados con el grupo de metales relevantes. Cabe señalar que estos factores socioambientales fueron una base para explorar los dos tipos de impacto, tanto como oportunidades como desafíos. Para compensar aquellos factores que no fueron considerados, se solicitó a las personas entrevistadas que, con base en su experiencia, los agregaran a los mapas de calor y elaboraran sus respuestas sobre ellos.

3.1.1 Factores ambientales

Este estudio consideró una base de siete factores ambientales relevantes a los cinco minerales en los países seleccionados para el análisis. Dichos factores ambientales se definen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 - Definición de factores ambientales analizados

Factores ambientales	Definición
Gases de efecto invernadero (GEI)	Los GEI que son emitidos en la extracción y proceso de los minerales. Mayormente, CO ₂ eq; CH ₄ originados sobre todo en minería de carbono; N ₂ O y F-gases son gases menormente emitidos.
Calidad del aire	Se refiere a la concentración de contaminantes en aire cerca de la operación de las mineras. Incluye tolvánicas y emisiones de polvo que son percibidas por las poblaciones cercanas y asociadas a las operaciones mineras.
Gestión del agua	Considera la calidad y el manejo del recurso hídrico desde la entrada hasta la salida, todo lo que tiene que ver con descargas de aguas residuales, así como los procesos de aprovisionamiento de agua.

⁷ Entre los documentos revisados, destacan: Folchi, 2005; True Footprint, 2019; Allianz, 2018; Church y Crawford, 2018; SASB, 2018; Responsible Mining Foundation, 2019; World Economic Forum, 2015; Murray & Roberts, 2018; El Dorado Gold, 2018; Rocky Mountain Institute, 2019; SRK Exploration Services, 2019; Baker McKenzie, 2019; Fitch Ratings, 2020; Dufey, 2020; International Council on Mining and Metals, 2015a; Naciones Unidas, 2011; entre otros.

Gestión de residuos y materiales peligrosos	Es donde típicamente se centra la gestión ambiental minera abordando las preocupaciones sobre el impacto de la eliminación de residuos en la superficie, en forma de residuos (tailing en inglés) y roca estéril. Incluye la gestión de relaves.
Impacto medioambiental e impacto a la biodiversidad	Potencial contaminación al medioambiente debido a las operaciones mineras y daños a la biodiversidad que sustenta las economías, proporciona alimentos, combustible, materiales de construcción y agua dulce, y ayuda a mitigar los impactos del cambio climático y los desastres naturales. Incluye impactos directos por el establecimiento de operaciones, así como impactos indirectos fuera del polígono de actuación de las mineras.
Gestión energética	La gestión energética considera los procesos asociados a la compra y el uso de la energía; también considera la eficiencia energética en los distintos pasos de la minera (extracción, purificación, refinamiento y refinamiento).
Impactos físicos del cambio climático	Es un factor holístico que incluye elementos de los anteriores. Considera elementos como cambios en temperatura, inundaciones debido a lluvias torrenciales, sequías, incendios, disminución en la productividad de zonas agrícolas, que son asociados al cambio climático.

3.1.2 Factores sociales

Este estudio considera como base seis factores sociales relevantes a los cinco minerales en los países seleccionados para el análisis¹⁰. Los factores sociales se definen a grandes rasgos en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 - Definición de factores sociales analizados

Factores sociales	Definición
Condiciones de salud y seguridad de los empleados	Se considera en este factor todo lo que tiene que ver con la seguridad y la salud de empleados dentro de sus labores en la minería. Incluye la gestión de los riesgos de salud y seguridad en la parte administrativa, las condiciones de trabajo en las actividades mineras y el soporte de la compañía en casos de accidente.
Seguridad	Incluye la seguridad tanto de los bienes como la seguridad de los recintos mineros. Se asocia con la seguridad de las residencias de empleados fuera de la actividad minera, así como con los impactos percibidos en las condiciones de seguridad de las poblaciones colindantes (aumento de violencia intrafamiliar, alcoholismo, robos).

¹⁰ Entre los estudios revisados, destacan: Folchi, 2015; International Council on Mining and Metals, 2020; Pont Vidal, 2008.

Derechos humanos	Se refiere al papel que Estados y empresas conllevan para que los derechos inherentes a todos los seres humanos, sin distinción, sean respetados y protegidos. Entre otros, resalta el derecho a la vida y a la libertad, no estar sometido a esclavitud ni torturas, libertad de opinión, de tránsito, derecho a la educación, al trabajo, al agua potable, a un medioambiente seguro.
Comunidades indígenas	Relaciones con los pueblos considerados indígenas (...), cualquiera que sea su situación jurídica y conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas o parte de ellas (Organización Internacional del Trabajo, 1989).
Relaciones comunitarias	Este factor incluye la gestión social, manejo de conflictos, diálogo con las comunidades locales, incluyendo estrategias especiales para incluir género y la capacidad de llegar a acuerdos con esas comunidades en busca del favorecimiento del entorno social.
Relaciones laborales	Este factor incluye todo lo relacionado con los términos de empleo entre los trabajadores en las mineras. Incluye salario, prestaciones, empleo, procesos de reclamos y relaciones sindicales. Las quejas se refieren a abordar las infracciones de los derechos y prerrogativas existentes, desde la amenaza o el acoso, hasta el pago insuficiente de salarios, la negativa a conceder períodos de descanso, días de descanso semanales o días festivos, discriminación o pago insuficiente de bonificaciones u otros derechos.

3.2 Oportunidades y desafíos socioambientales

Como fue mencionado en la sección anterior, utilizando el marco de factores socioambientales, desarrollamos mapas de calor para las oportunidades y desafíos en estas dimensiones, en el contexto de un compromiso para descarbonizar y mantener la temperatura global por debajo del 1.5 °C, y un potencial crecimiento significativo en las actividades mineras en ALC.

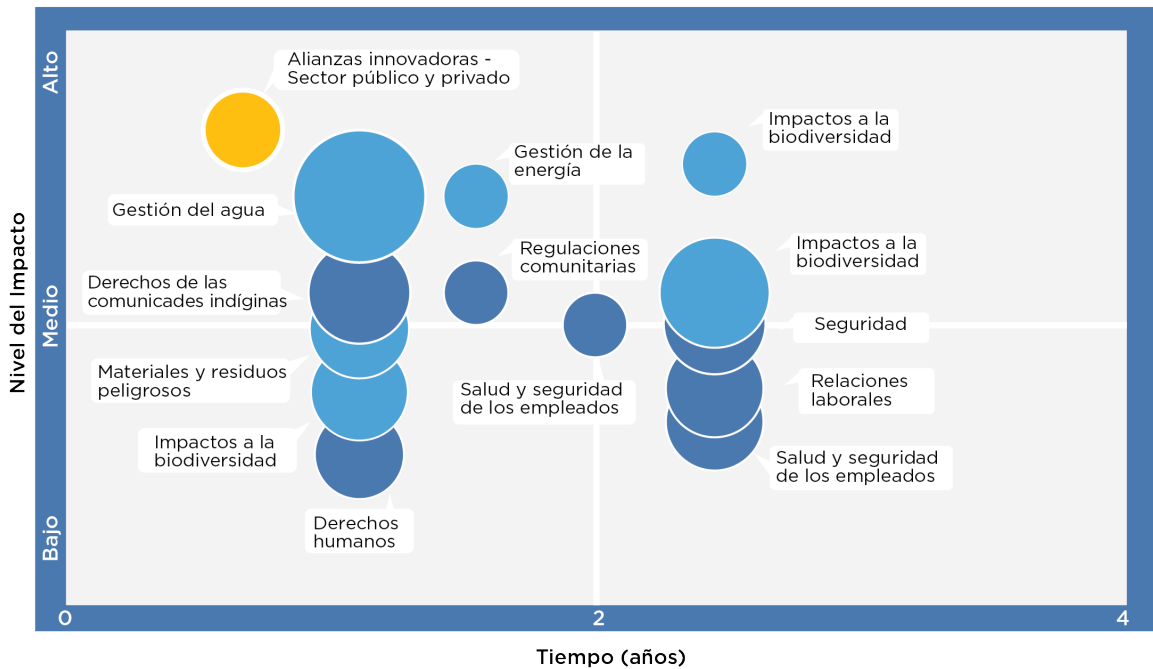
Para la elaboración de los mapas de calor, se analizaron más de 40 estudios de caso relacionados con los minerales litio, manganeso, cobre, zinc y plomo en los 5 países de Latinoamérica dentro del alcance del proyecto: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú. Se identificaron: i) las oportunidades que las operaciones mineras han generado y tienen potencial para seguir generando; y, ii) los desafíos que las operaciones mineras enfrentan en términos socioambientales, teniendo en cuenta el crecimiento esperado (presentado en la sección 2.4), resumido en la Tabla 3.1.

Los supuestos establecidos en los mapas fueron confirmados y adaptados, a partir de la visión brindada por personas expertas de distintos sectores con experiencia en los minerales y países en el alcance del proyecto, a través de entrevistas y encuestas en línea¹¹; a quienes se les presentó el crecimiento esperado de los minerales relevantes como introducción para dar comienzo a la entrevista. A partir de la triangulación de entrevistas, reportes y conocimiento del equipo, se generaron los mapas de calor mostrados a continuación¹².

3.2.1 Oportunidades socioambientales (impactos positivos) identificados para ALC

Las principales oportunidades mencionadas por cada una de las personas entrevistadas, en términos de nivel de impacto y prioridad en el tiempo, se presentan en el mapa de calor siguiente. El tamaño de la burbuja representa el grado de relevancia del factor para las personas entrevistadas; en color verde se presentan los factores ambientales, en color azul los factores sociales y en amarillo los factores más relevantes añadidos durante las entrevistas. Para el objetivo de este reporte no se presenta una discusión exhaustiva de cada factor, si no que se realiza una presentación breve de cada uno de ellos, con el entendimiento de que todos los factores presentados son de suma importancia para la industria y se podrá profundizar en el análisis individual de cada uno en futuras investigaciones.

Figura 3.1 - Mapa de calor de oportunidades (impactos positivos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono.



Comentario: En color verde se presentan los factores ambientales, en color azul los factores sociales y en amarillo los factores más relevantes añadidos por las personas entrevistadas
Fuente: Elaboración propia

¹¹ Ver Anexo C - Cuestionario en línea y entrevistas «Oportunidades y desafíos ambientales y sociales de metales selectos en países de la región LAC».

¹² Para más información sobre la construcción de los mapas de calor, ver Anexo C 2.2.

La **gestión del agua** se observa como una gran oportunidad debido a las prácticas que, históricamente, han desarrollado las empresas mineras mejorando el suministro de agua con las comunidades, al mismo tiempo que aseguran el provisionamiento para sus operaciones. Cabe resaltar la experiencia chilena en los procesos de desalinización de agua y remediación de cuencas hidrológicas. Según la Comisión Chilena del Cobre son cada vez más las compañías mineras que se suman a la construcción de plantas desalinizadoras o utilizan directamente agua de mar para enfrentar las limitaciones de agua, en la medida en que es técnica y económicamente factible (Comisión Chilena del Cobre, 2016). En los escenarios de incremento de producción de cobre, lo anterior puede ser un indicativo del potencial aumento de nuevas plantas desalinizadoras y de la inclusión de este tipo de proyectos, que contribuyen a obtener la licencia social necesaria para operar. Generalmente, las comunidades locales tienden a percibir nuevos proyectos mineros como una amenaza en aquellos lugares donde el agua es escasa, porque compite con sus actividades productivas y necesidades básicas. La materialización de la oportunidad empieza por reducir o eliminar la presión en las fuentes de agua local y un manejo integral que considere la salud y calidad de la fuente de agua y las necesidades de la zona.

Las **alianzas innovadoras** se perciben como una oportunidad de alto impacto por el fomento que compañías mineras en Latinoamérica le han dado a la asociatividad de diferentes áreas de interés: empresas y comunidades; y empresas-academia, para un fin de provecho para la comunidad¹³. Por ejemplo, centros de educación y programas de desarrollo de capacidades para mujeres y hombres de la comunidad. También, se mencionaron las relaciones asociativas entre la cadena de valor de las operaciones mineras y las ventajas de que, a través de sistemas de gestión integrales que incluyan a la cadena de valor, se mejore la trazabilidad y transparencia de los impactos. Adicionalmente, las alianzas público-privadas han sido un mecanismo para un uso más eficiente de los impuestos locales provenientes de las compañías mineras, asegurando que las inversiones tengan una repercusión positiva a nivel local y que estén alineadas con las necesidades de las comunidades¹⁴.

Las oportunidades en temas de **gestión de la energía** son mencionadas como mecanismos a través de los cuales las operaciones mineras han logrado reducir sus emisiones de carbono, al mismo tiempo que han impulsado iniciativas para enverdecer su suministro energético con energía renovable. Un marco regulatorio que habilite la generación de energía distribuida renovable ayuda a que se materialicen más de estas oportunidades, en particular en zonas no conectadas a la red eléctrica. La eficiencia energética se identificó como otra oportunidad aplicable a los minerales considerados en este estudio. Por ejemplo,

¹³ Cabe resaltar el estudio realizado entre la CEPAL y la Universidad Pontificia Católica de Chile («Proyecto Mapa de Adaptación al Cambio Climático de la Cuenca de la Región Metropolitana») con el objeto de proveer información para implementar políticas de resiliencia y adaptación al cambio climático. Del informe se deriva que el cambio climático afecta de forma sustancial la disponibilidad hídrica de la cuenca. Por tanto, bajo este nuevo contexto, todos los actores terminarían compitiendo por el recurso, lo que se expresaría, entre otras cosas, a través del mercado de Derechos de Aprovechamiento de Agua (CEPAL, 2019).

¹⁴ Iniciativas como la Extractive Industries Transparency Initiative, que presentan al contrato social como un aspecto clave, puede ser un ejemplo de esto.

la implementación de medidas de eficiencia energética en el proceso refinamiento de litio, en el que es usada la mayor parte de la energía (equipos eficientes en bombeo y para la electrólisis), especialmente relevante para Chile y Argentina. Para otros minerales, como el cobre, manganeso y el plomo, las medidas de eficiencia energética brindan beneficios en toda la cadena de producción debido a que para estos metales el uso de energía es similar en su extracción, purificación y refinamiento; por su parte, el zinc utiliza la mayor parte de la energía en la purificación y el refinamiento (Nuss, 2014). Cabe señalar que las medidas de eficiencia energética más utilizadas en las operaciones mineras se centran en medidas que mejoran la eficiencia de los vehículos involucrados en las operaciones, así como en su patrón de manejo; seguido del uso de variadores de frecuencia en motores eléctricos, estos últimos relacionados con ventiladores, bombas, cintas transportadoras, equipo de molienda y separación, entre otros equipos usados en los procesos mineros (Montagú et al., 2019).

En la dimensión social, la perspectiva de salvaguardar los **derechos de las comunidades indígenas** se identificó como una oportunidad que las compañías mineras han ido adoptando, en particular por la adherencia de las compañías a iniciativas internacionales que contemplan este aspecto prioritario. Así mismo, resaltan marcos de sostenibilidad que incluyen la protección a comunidades indígenas en sus procesos de debida diligencia, los cuales contribuyen a la obtención de la licencia social.

La **gestión de residuos y materiales peligrosos** se identifica como una oportunidad debido a que los residuos están inherentemente asociados a las operaciones mineras y, por lo tanto, son los que históricamente han sido incluidos en los sistemas de gestión para su evaluación y seguimiento. Resalta el tipo de residuos de que se trata, por ejemplo, la minería del cobre es una fuente principal de drenaje ácido de mina (DAM), que se produce cuando los sulfuros de cobre se oxidan y se mezclan con el agua. Adicionalmente, el cobre está asociado con los metales pesados radiactivos uranio, torio y radio, que pueden ser lixiviados por el drenaje ácido de mina (DAM). En otros casos mencionados por las personas entrevistadas, la importancia de la gestión adecuada de los residuos mineros es que su falta de gestión se relaciona con la aparición de accidentes (mala gestión de relaves), contaminación hídrica, contaminación del suelo e impactos negativos a la biodiversidad ¹⁵.

Las personas encuestadas sugirieron que una de las formas de materializar la oportunidad de reducir los residuos y el material peligroso es a través de la búsqueda de utilidad valorable en los residuos e implementar principios de **economía circular**. Es clave buscar **alianzas** entre las propias mineras y entre otras industrias que igual generen residuos similares para así invertir en tecnologías e investigación y poder desarrollar tecnologías para tratar los desechos y encontrar usos alternativos de esos materiales. Los encuestados también resaltan la importancia en aumentar la trazabilidad, el monitoreo y el cumplimiento de la normativa, y en el aumento en los estándares.

Referente a los **impactos ambientales y a la biodiversidad**, este aspecto se mantiene en el

¹⁵ Para más información vea Estándar Global de Gestión de Relaves, en Anexo E.2.

corto y mediano plazo; en este sentido, se reconoce que las operaciones mineras afectan inherentemente a la biodiversidad en múltiples escalas espaciales. Sin embargo, se han identificado oportunidades derivadas de la implementación de **planes de sostenibilidad ambiental** y compromisos realizados por las compañías mineras para el saneamiento de sus alrededores. Para garantizar un impacto sostenible se requiere pensar en el largo plazo, trabajar con organizaciones locales que puedan implementar sistemas de monitoreo de biodiversidad en el largo plazo, que existan evaluaciones periódicas diferenciadas para lugares con alto valor en biodiversidad y que contengan elementos cuantitativos para comparar los progresos y alcances de las intervenciones que se realizan. Estas propuestas, combinado con legislaciones ambientales, pueden incentivar a tener una mejor gestión al **cierre de una mina** y proveer una recuperación de especies nativas cerca de los proyectos.

Se identificó un caso donde la compañía minera implementó un plan de saneamiento de residuos y cuencas hídricas, con el fin de capturar los óxidos de minerales presentes producidos en operaciones previas. Estas iniciativas son importantes para recuperar suelo, restaurar el ecosistema y mitigar los impactos del **cambio climático**.

Las acciones para proteger los **derechos humanos** también son consideradas oportunidades relevantes en el corto plazo debido a que, a través de los procesos de debida diligencia solicitados por inversionistas y clientes con capital internacional, algunas empresas mineras, sobre todo las asociadas al Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), han incorporado lineamientos que les ayudan a saber si están cumpliendo con sus responsabilidades en la materia (International Council on Mining and Metals, 2012), a través de sus marcos normativos e inversiones sociales.

Las oportunidades en **seguridad** incluyen los esfuerzos que han hecho las compañías mineras en evitar robos y controlar el acceso indebido a las áreas de trabajo. Este factor se incluye en los planes de inversión social que han sido históricamente desarrollados por las compañías mineras, dichos planes contienen estrategias para enfrentar problemáticas sociales relacionadas con la seguridad de las comunidades circundantes; por ejemplo, acciones para evitar alcoholismo y uso de drogas, así como prevenir violencia intrafamiliar.

Las **relaciones laborales** se visualizan como una oportunidad a mediano plazo debido a que las personas entrevistadas mencionaron lecciones aprendidas sobre esta materia. Uno de los ejemplos más comentados es que empleados de las operaciones mineras son la carta de presentación de las compañías mineras en las comunidades aledañas y, por lo tanto, el bienestar de este personal es clave para evitar potenciales conflictos sociales a tiempo. Cabe resaltar el caso de México, en el que las operaciones mineras históricamente presentan altos potenciales de conflictos sindicales, surgidos por inconformidades en las condiciones de seguridad y salud de empleados, además de conflictos generados entre las mismas asociaciones gremiales.

En el contexto del párrafo anterior, las condiciones de **salud y seguridad de los empleados**,

cuando son incorporadas dentro de los **sistemas de gestión integral**, son consideradas una oportunidad a mediano plazo. Las medidas exitosas implementadas incluyen iniciativas de salud, ejecución y transparencia en los datos proporcionados en términos de accidentes y fatalidades en las operaciones mineras, así como el seguimiento supervisado de las medidas en sitio, tales como: normas para explosivos utilizados en minería, sistemas de protección contra incendios de equipos, tecnología y controles mejorados de la lámpara de casquillo, mejoras en los sistemas de ventilación, instalación de muros a prueba de explosiones para sellar áreas, sistemas regionales de apoyo en minas sísmicamente activas, puntales hidráulicos y otras formas de soporte activo del techo. Las estrategias para la mejora de las condiciones de salud y seguridad tienen el objetivo de reducir las muertes relacionadas con el trabajo y simultáneamente aumentar la eficiencia de las operaciones.

Entre los resultados de la encuesta en línea, resaltó la recomendación de que se tiene que motivar a las compañías a hacer campañas de seguridad por convicción y no por obligación. En este sentido, se menciona que se requiere aumentar el alcance y tener programas completos que incluyan la gestión de seguridad hacia las comunidades y la difusión de programas de seguridad para ellas. También, se sugiere incluir elementos de comportamiento como pieza importante para beneficiarse de la seguridad.

Cabe resaltar un desafío de largo plazo, relacionado con la percepción de las compañías mineras: **la transición cultural para la mejora de la percepción del público**, debido a que en algunos países se han cancelado proyectos como resultado de las presiones socioambientales. Uno de los entrevistados sugirió, al respecto, evitar la desinformación y brindar opiniones de tercera parte específicas sobre la calidad o desempeño de los proyectos.

Finalmente, de acuerdo con los resultados de la encuesta en línea, se identificaron las oportunidades más relevantes en las dimensiones socioambientales para los cinco metales en el alcance de este estudio¹⁶.

¹⁶ De las 33 personas que contestaron la encuesta en español e inglés, la sección de oportunidades y desafíos se nutrió de las respuestas de 19 personas; la metodología para encontrar los factores más relevantes mostrados en esta tabla fue escoger el que tuviera más del 50% de selección, únicamente, en la categoría «Muy relevante».

Tabla 3.4 - Oportunidades más relevantes por mineral a partir de la encuesta en línea

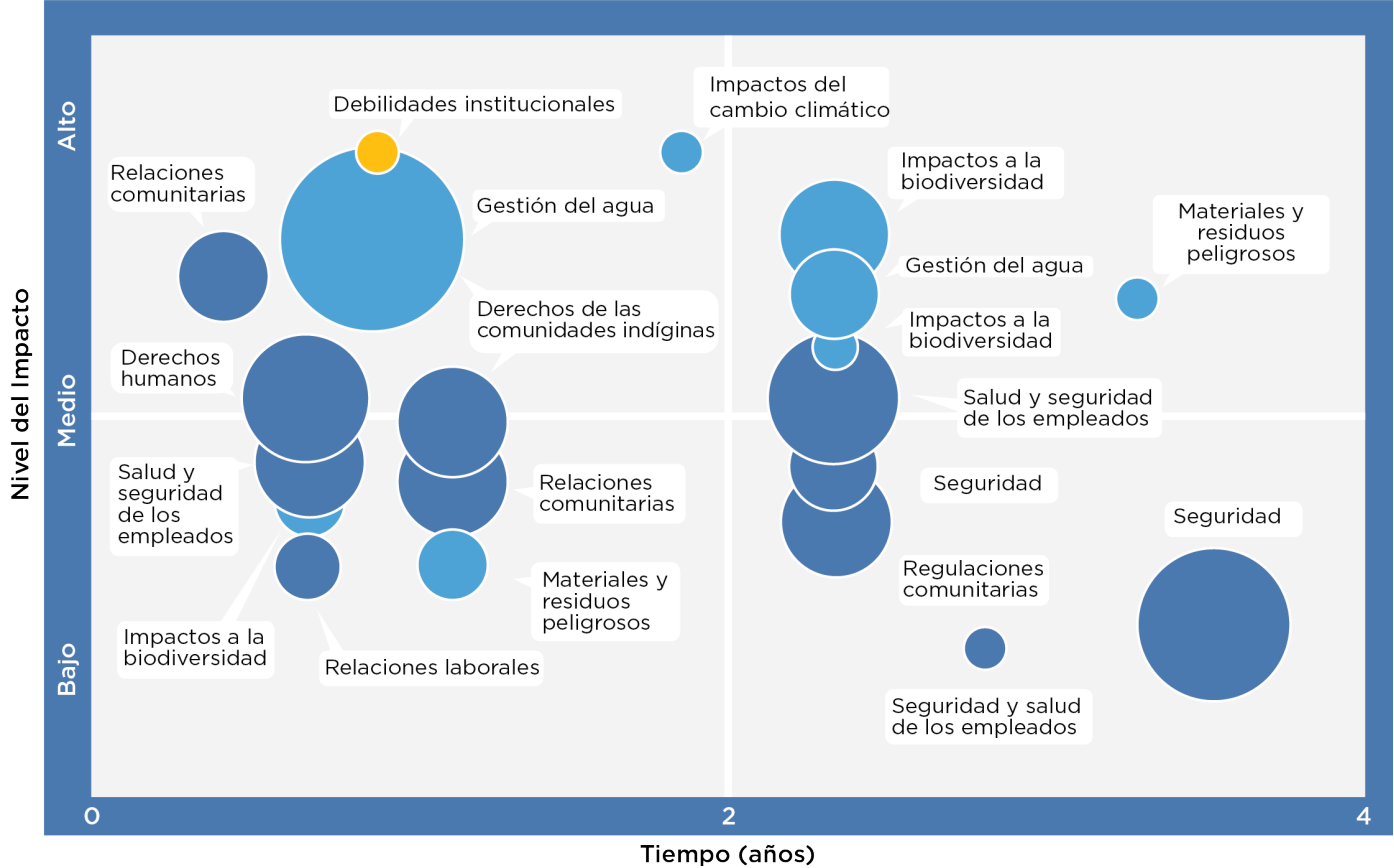
Oportunidades		Cobre	Litio	Manganeso	Plomo	Zinc
Factores ambientales	Gases de efecto invernadero (GEI)	✓	✓			
	Calidad del aire					
	Gestión del agua	✓	✓		✓	✓
	Gestión de residuos y material peligroso		✓			
	Impacto medioambiental y biodiversidad					
	Gestión energética			✓		
	Impactos físicos del cambio climático			✓		✓
Factores sociales	Condiciones de salud y seguridad de los empleados	✓	✓	✓	✓	✓
	Seguridad					
	Derechos humanos					
	Comunidades indígenas					✓
	Relaciones comunitarias		✓		✓	✓
	Relaciones laborales					✓

3.2.2 Desafíos socioambientales (impactos negativos) identificados para ALC

Los desafíos más recurrentemente mencionados por las personas entrevistadas, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono y, por lo tanto, un crecimiento en la producción de los minerales en los diferentes países se presentan en el mapa siguiente; el tamaño de la burbuja representa la relevancia en términos de nivel impacto y prioridad en el tiempo. Los factores más relevantes añadidos por las personas entrevistadas se muestran en amarillo, los factores ambientales en color verde y los factores sociales en color azul.

La **gestión del agua** es identificada como un desafío de alto impacto en el corto plazo,

Figura 3.2 - Mapa de calor de desafíos (impactos negativos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono



Comentario: En color verde se presentan los factores ambientales, en color azul los factores sociales y en amarillo los factores más relevantes añadidos por las personas entrevistadas

Fuente: Elaboración propia

debido a la gran cantidad de agua que se percibe es utilizada en las operaciones mineras. Por ejemplo, el consumo utilizado para las operaciones de producción de litio, en el que la razón es 500 000 galones consumidos por tonelada de litio producida. En algunas zonas, este alto consumo tiene un gran impacto en la agricultura local, modificando los procesos sociales al hacer que las comunidades obtengan agua o pastoreen animales en lugares distintos o más lejanos a lo acostumbrado. Este desafío en términos de agua también está relacionado con la liberación de sustancias químicas por lixiviación o derrames que dañan a comunidades y fuentes de alimentación.

A partir de lo anterior, se infiere que los desafíos en gestión del agua están ampliamente relacionados con los temas de relaciones comunitarias, que, al percibir estos cambios y relacionarlos con las operaciones mineras, generan conflictos sociales que ponen en riesgo la continuidad de las operaciones y generan daños reputacionales.

En el tema de **relaciones comunitarias**, hay un desafío que cada vez toma más relevancia en las operaciones mineras. Por un lado, las comunidades están expuestas a mayor información sobre los impactos potenciales que las operaciones mineras pueden generar y, por otro lado, tienen un mayor poder de presionar a las compañías para atender aspectos socioambientales. Uno de los aspectos mencionados como clave fue el de uso de suelo y tenencia de la tierra, donde las concesiones brindadas a los proyectos mineros suelen percibirse como una invasión y amenaza para sus territorios, lo cual ha sido causa de protestas y conflictos con las operaciones mineras por amenazas a los derechos humanos de las poblaciones circundantes, incluyendo pueblos indígenas y campesinos.

Lo anterior pone de manifiesto el desafío de las empresas mineras en obtener **licencia social** en las zonas donde comienzan desde exploraciones hasta operaciones, para asegurar un entorno social favorable, así como lograr una visión compartida del territorio, ya que, en zonas con actividades mineras, en muchos casos, las comunidades no tienen beneficios directos provenientes de las rentas mineras o tienen limitado acceso al Estado, lo que genera presiones de las comunidades sobre las empresas mineras para obtener compensaciones (CEPAL, 2019). Los mecanismos que históricamente han dado resultados positivos incluyen procesos de diálogo permanente, inclusivos y transparentes con las comunidades. Asimismo, el tema de las relaciones comunitarias va ligado al desafío en violaciones a **derechos humanos** por la contratación de seguridad privada, uso de fuerzas gubernamentales de seguridad y, en algunos casos, fuerzas paramilitares que atacan a la población al carecer de procesos de debida diligencia.

Algunos entrevistados mencionaron como un tema recurrente las **debilidades institucionales** en sus países para i) promover las relaciones comunitarias, a través de adecuados procesos de evaluación de impacto social, consulta pública y la transparencia en las concesiones mineras; y ii) exigir el cumplimiento de regulaciones socioambientales a las empresas mineras de pequeña y mediana escala. Este tema es relevante, por ejemplo, en Bolivia, generado por las condiciones de informalidad de las cooperativas mineras pequeñas y medianas, que cubren la mayor parte de las operaciones mineras en el país; además,

enfrentan menos exigencias en el cumplimiento de regulaciones mineras, ambientales y de impacto social. En el caso de México, se mencionó la corrupción a nivel local, que requiere capacitación interna para identificar con tiempo señales de corrupción, tener mecanismos puestos en marcha para evitar que ocurra y crear mecanismos de denuncias de irregularidades. Para Brasil, al contrario, se mencionó una percepción de sobrerregulaciones ambientales donde la problemática está dada por la falta de supervisión adecuada. También, las personas entrevistadas mencionaron que la delincuencia organizada y seguridad es el desafío de mayor impacto, en cualquier operación minera, en relación con las debilidades institucionales.

La adopción de estrategias de reducción de GEI por lineamientos de inversionistas

es mencionada como un desafío de alto impacto y en el corto plazo debido a que se estima que el sector minero es responsable de un 4 a 7 % de las emisiones a nivel global (Deleavingne et al, 2020). Dichas emisiones pueden ser directas o indirectas, es decir, proceden directamente de los combustibles fósiles (mayormente diésel) utilizados en las operaciones o por la energía consumida para sus actividades. Adicionalmente, las operaciones de perforación y las explosiones requeridas para la minería también emiten CO².

A partir de la información brindada por las personas expertas, obtenemos que el zinc y el plomo no tienen mucha oportunidad de reducir su impacto de GEI, naturalmente relacionado a la gestión de la energía. Mientras que los minerales que más oportunidad tienen son el cobre y el litio; dichas oportunidades se centran en cambios en el transporte de carga y transporte de minerales y combustibles de las maquinarias utilizadas en las operaciones. Personas expertas mencionaron las buenas prácticas de implementar filtros de combustión para todos los vehículos usados en las operaciones mineras o transitar a vehículos eléctricos como lo ha pensado una minera en Perú en el transporte de sus trabajadores. En el caso del cobre, una oportunidad detectada para reducir el impacto de la operación en términos de GEI es mejorar los procesos en molinos, trituradoras y chancadores, y en ventilación.

A la fecha, los inversionistas han sido los más activos en conocer dónde tienen sus capitales y, a decir de personas entrevistadas, son los que mueven a la industria minera hacia la sostenibilidad, reconociendo que los riesgos asociados a no considerar aspectos de sostenibilidad son muy altos¹⁷. Las personas entrevistadas resaltan ejemplos de estándares globales de almacenamiento y gestión de relaves, y convenios entre inversionistas. (Mayor información sobre la adopción de estrategias corporativas se aborda en el siguiente capítulo).

¹⁷ (Deleavingne et al, 2020) también concuerda en que varias grandes empresas mineras han instalado sus propios comités de sostenibilidad, lo que indica que la minería se está sumando a la ola de informes y actividad de sostenibilidad corporativa. Menciona que informar las emisiones y comprender las vías de descarbonización son los primeros pasos para establecer objetivos y tomar medidas.

Los derechos de las comunidades indígenas son abordados particularmente por su figura como sujetos de derecho específicos; sin embargo, uno de sus principales desafíos es la diferencia de definiciones entre países. En México se define a los *pueblos indígenas* como «aquellos que descienden de poblaciones que habitaban en el territorio actual del país al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas o parte de ellas» y a las comunidades indígenas como «aquellas que forman una unidad social, económica y cultural, asentada en un territorio y que reconocen autoridades propias, de acuerdo con sus usos y costumbres». En Perú, la Ley de Consulta Pública las define como «aquellos que se autorreconocen como tales, mantienen una cultura propia, se encuentran en posesión de un área de tierra, forman parte del Estado peruano conforme a la Constitución. En estos se incluye a los pueblos indígenas en situación de aislamiento o en situación de contacto inicial».

En México y Perú y otros países de Latinoamérica se han emprendido batallas por la vía legal, con el fin de obtener amparos contra concesiones mineras en los que reclaman que el Estado transgrede territorios ancestrales, en el amparo de estas definiciones (Villegas, 2016). Las personas entrevistadas mencionan que se debe incluir en los presupuestos de factibilidad de las operaciones los costos reales para cubrir las consideraciones sociales; por ejemplo, estudios de impacto social y costos asociados a la mejora en la percepción y relación con las comunidades, mismos que son evaluados a través del Plan de Inversión Social. Cabe señalar que, en algunos países, este Plan de inversión social es parte de la tramitación ambiental local.

Seguridad y salud en el trabajo. La relevancia de este desafío es alta porque cuando no se tiene una gestión adecuada se pone en riesgo la vida y seguridad de los empleados dentro de sus labores profesionales y también puede repercutir en impactos directos a la biodiversidad. Uno de los ejemplos más comentados por las personas entrevistadas fue el rompimiento de la represa de relave Corrego do Feijão en Brasil de la minera Vale S.A., en 2019 (sección 4.3.1), con consecuencias humanas y ambientales. Las alternativas mencionadas para minimizar los riesgos que las operaciones mineras enfrentan van desde el aumento de información hacia los empleados para comprender los riesgos a los que están expuestos, hacer uso de políticas en contra del abuso al alcohol y drogas, a través de pruebas espontáneas; y programas de educación inclusivos; hasta la introducción de normas de seguridad laboral y ambiental para todo el proceso de producción, certificadas y reconocidas con distinciones nacionales e internacionales.

Impactos ambientales y a la biodiversidad. Son considerados desafíos con diferentes niveles de impacto en el corto y mediano plazo, ya que pueden afectar a la biodiversidad y causar impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, tanto en forma directa como indirectamente. Por lo general, los impactos directos son más fácilmente identificables y pueden abarcar actividades de despeje de tierra, apertura de operaciones a cielo abierto, descargas directas sobre cuerpos de agua. En el caso de los impactos indirectos, estos pueden resultar de cambios ambientales o sociales inducidos por las operaciones mineras (International Council on Mining and Metals, 2017). Por ejemplo, el

desarrollo de la infraestructura asociada a la minería puede atraer poblaciones humanas y causar nuevas amenazas o agravar las amenazas preexistentes, como la sobreexplotación (ej. caza, pesca), especies invasoras y pérdida de hábitat para otros usos de la tierra. Los impactos acumulativos ocurren cuando múltiples minas causan más pérdida de biodiversidad que la suma de minas individuales.

Las relaciones laborales, aunque son consideradas un desafío de bajo impacto, se mencionan como un tema prioritario por las personas entrevistadas, el desafío principal reside en que en países de la región ALC, se han presentado movimientos sociales y laborales en torno a trabajadores de compañías mineras que derivaron en la formación de sindicatos organizados y reconocidos por las legislaciones nacionales. Las relaciones con los sindicatos son de especial importancia para escuchar y abordar las preocupaciones de los trabajadores y mantener un canal abierto de diálogo es vital para evitar relaciones laborales precarias, que, como se ha mencionado, son un problema a través de toda la región ALC. Esta temática tiene especial importancia en el tránsito hacia la formalidad de cooperativas mineras pequeñas y medianas ya que algunas legislaciones amparan el derecho de asociación sindical y de negociación colectiva.

Finalmente, para el tema de **regulación minera**, como un desafío, se observa la disparidad en que las regulaciones son aplicadas en operaciones pequeñas y medianas (cooperativas) y las operaciones de grandes compañías mineras. En el caso de países como Brasil, a decir de las personas entrevistadas el tema central no es la falta de regulación, sino que esta no puede ser aplicada al cada vez más grande sector de mineras ilegales. En el caso de México, se menciona que la regulación es poco estricta y hay una falla en la supervisión, lo cual promueve casos de corrupción. Para países como Chile, se refiere a la capacidad para acatar nuevas regulaciones, por ejemplo, la recién discutida Ley de Glaciares, a través de la cual se pretende prohibir la actividad minera en áreas circundantes a glaciares, incluyendo permafrost y zonas periglaciares.

Finalmente, de acuerdo con los resultados de la encuesta en línea, se identificaron los desafíos más relevantes en las dimensiones socioambientales para los minerales, en el alcance de este estudio¹⁸.

¹⁸ De las 33 personas que contestaron la encuesta en español e inglés, la sección de oportunidades y desafíos se nutrió de las respuestas de 19 personas; la metodología para encontrar los factores más relevantes presentados en la tabla fue escoger el que tuviera más del 50 % de selección, únicamente, en la categoría «Muy relevante».

Tabla 3.5 - Desafíos más relevantes por mineral a partir de la encuesta en línea

Desafíos		Cobre	Litio	Manganeso	Plomo	Zinc
Factores ambientales	Gases de efecto invernadero (GEI)					
	Calidad del aire					
	Gestión del agua	✓	✓		✓	✓
	Gestión de residuos y material peligroso		✓			
	Impacto medioambiental y biodiversidad			✓		
	Gestión energética	✓	✓			
	Impactos físicos del cambio climático					
Factores sociales	Condiciones de salud y seguridad de los empleados	✓	✓	✓	✓	✓
	Seguridad					
	Derechos humanos					
	Comunidades indígenas					
	Relaciones comunitarias	✓	✓	✓	✓	✓
	Relaciones laborales	✓	✓	✓	✓	✓

3.3 Maximizar las oportunidades y enfrentar los desafíos relacionados con la actividad minera en un escenario de transición baja en carbono

A partir de las entrevistas y encuestas en línea, se confirmó que existen particularidades dependiendo del mineral, el país donde se desarrollan las operaciones mineras y el tamaño de las compañías que realizan dichas operaciones. A continuación, se muestra un resumen para tomar en cuenta como contexto para la adopción de políticas y estrategias.

Mineral: cobre

Principales países productores en el alcance del proyecto: Chile, México y Perú

Impactos socioambientales destacados, identificados por las personas entrevistadas.

Considerado un metal básico no ferroso. En la minería de cobre los principales procesos productivos se clasifican en: mina rajo, mina subterránea, concentradora, fundición, refinera, lixiviación LX-SX-EW y el área de servicios (Comisión Chilena del Cobre, 2019).

Emisiones de GEI. Debido a que se estima que el cobre emite alrededor de 600 kg CO₂ por tonelada de cobre concentrado extraída y procesada, es uno de los metales con mayores emisiones de GEI; también, el manganeso y el zinc (Norgate, 2010). También se considera que el cobre, de todos los metales, es el de mayor potencial agregado de daño a la salud humana y ambiental (Nuss, 2014).

Gestión del agua: Chile es uno de los países con mayores inversiones en procesos de desalinización de agua de mar, lo cual los convierten en un factor de alto impacto, relacionado con la gestión de la energía para su extracción y bombeo hacia las operaciones.

Mineral: litio

Principales países productores en el alcance del proyecto: Argentina, Bolivia y Chile

Impactos socioambientales destacados, identificados por las personas entrevistadas. Es un metal que ha servido como insumo para procesos productivos y, desde hace décadas, es altamente demandado para la fabricación de baterías de ion-litio. En países como Argentina y Chile, el litio se extrae a través de la evaporación de salmuera en acuíferos libres y confinados que contienen este mineral, puede pasar por un proceso químico de separación de otros minerales y procesos en plantas de secado, hasta convertirse en un producto terminado (BID, 2019).

Gestión del agua: El mayor problema es el agua: aproximadamente 500 000 galones por tonelada de litio. La liberación de sustancias químicas por lixiviación, derrames o emisiones atmosféricas puede dañar a las comunidades, los ecosistemas y la producción de alimentos. Esta temática es particularmente importante para los mercados de Argentina, Chile y Bolivia, al conformar el triángulo de litio, donde mayormente se esperaría un incremento en la producción en un escenario de bajas emisiones de carbono.

Impactos ambientales y a la biodiversidad. En el caso de la zona nombrada como triángulo de litio, es conocido el impacto de la extracción del litio por dañar inevitablemente el suelo y contaminar el aire.

Debilidades institucionales. Se resalta el caso específico de Bolivia, donde se estimó un incremento en la producción de alrededor del 800 %, el impacto social y ambiental generado por las condiciones de informalidad de las cooperativas mineras pequeñas y medianas, que cubren la mayor parte de las operaciones mineras en el país; así como la politización de la implementación de políticas. En el caso de México, los conflictos sociales por extracción de litio se perciben influenciados por movimientos políticos, fuera del control del desempeño de las compañías mineras. En el caso de Argentina, donde el escenario de bajas emisiones está asociado a un crecimiento de litio de aproximadamente 1100 %, dicho mineral no tiene las restricciones legales a la propiedad que tiene en Chile y en Bolivia, por lo que el procedimiento de obtención de permisos para exploración y explotación no varía mayormente respecto a otros minerales. Es importante destacar que en este país la propiedad minera corresponde a cada una de las provincias. En este país no hay restricciones de la cantidad de agua que pueden extraer las empresas del salar ni de la cantidad de litio o salmuera que producen, por lo que las empresas que operan en este territorio extraen prácticamente sin restricciones (Jerez Henríquez, 2018).

Mineral: manganeso

Principales países productores en el alcance del proyecto: Brasil

Impactos socioambientales destacados, identificados por las personas entrevistadas. Los dos impactos mencionados con mayor relevancia son:

Calidad del aire. Su extracción se realiza en minas de tajo abierto con consecuencias documentadas en la salud de las comunidades cercanas (Duka et al., 2011). Según datos de la Organización Mundial de la Salud, la ingesta diaria de Mn en el aire por parte de la población en general en áreas sin industrias emisoras de Mn es inferior a 2 µg/día. En áreas con instalaciones de fundición importantes, la ingesta puede aumentar a 4-6 µg/día, y en áreas asociadas con industrias de ferro o silicomanganeso, puede ser tan alta como 10 µg/día, con valores máximos superiores a 200 µg/día. A decir de las personas entrevistadas, estos valores han sido poco estudiados/medidos en Latinoamérica. De las encuestas pudimos obtener 2 tipos de recomendaciones para aprovechar la oportunidad de reducir los impactos negativos en calidad del aire: con la tecnología y con medición.

Por un lado, las gestiones tecnológicas permiten operar de mejor forma los procesos de voladura, transporte y fundición. Se propone utilizar más la humidificación para reducir los impactos negativos a la calidad del aire. Se propone también concientizar sobre el potencial de mitigación por controlar la velocidad de los equipos, para así disminuir la concentración de gases nocivos. Además, se invita a considerar que los impuestos sean inversamente proporcionales a la antigüedad de equipos, buscando que haya una renovación de las tecnologías presentes en la minera en el corto y mediano plazo.

Impactos ambientales y a la biodiversidad: Derivado de que las nuevas operaciones mineras tienen lugar mayormente en Amazonía, alejado de centros de población. Los impactos ambientales son los más relevantes de atención para los nuevos sitios de extracción de manganeso. También, enfrentan otro problema, la alta aparición de minería ilegal, debido al precio del mineral¹⁹.

Mineral: plomo

Principales países productores en el alcance del proyecto: Bolivia, Perú y México

Impactos socioambientales destacados, identificados por las personas entrevistadas.

El impacto mencionado con mayor relevancia, sobre todo por la zona de operación son las debilidades institucionales, por las que las compañías mineras se enfrentan a mayores demoras y aumento de costos en el desarrollo de líneas base socioambientales (tramitación).

Mineral: zinc

Principales países productores en el alcance del proyecto: Bolivia, Perú y México

Impactos socioambientales destacados, identificados por las personas entrevistadas:

gestión del agua y cambio climático. Las compañías mineras enfrentan temas de agua y adaptación al cambio climático en zonas consideradas vulnerables ya sea por sequía o por inundaciones. Este tema está asociado a las relaciones comunitarias, ya que las operaciones mineras se perciben como una competencia directa por el consumo de agua. Esta situación es particular para Perú y México. También, se reporta la contaminación de mantos acuíferos en Brasil por extracción subterránea, profunda de zinc²⁰.

Derivado de los factores identificados en la Tabla 3.6 y con base en las respuestas de personas expertas, a continuación, se hace una síntesis de las recomendaciones para aprovechar las oportunidades y abatir los desafíos socioambientales que más se perciben

¹⁹ En Perú también se ha identificado la práctica de minería ilegal, a la que relacionan con tres desencadenantes: i) el alza sostenida del precio internacional del mineral, en este caso oro, que hizo cada vez más atractiva y rentable esta actividad pese a las abiertas condiciones de riesgo que genera operar en la ilegalidad; ii) la falta de empleo adecuado, tanto en zonas rurales como urbanas, que provoca que parte de los pobladores opte por una actividad que genera ingresos importantes; y iii) la debilidad institucional del Estado en sus diferentes instancias, nacionales y subnacionales, que se traduce en una limitada capacidad de control y fiscalización de los territorios (Proética, 2019).

²⁰ Otros estudios sugieren que la producción de zinc se concentra en áreas donde el estrés hídrico ya es alto. Combinado con cambio climático, se estima que esto empeorará en las próximas décadas (Delevingne et al., 2020).

como relevantes: **gestión del agua, salud y seguridad de los empleados, relaciones comunitarias y relaciones laborales.**

Tabla 3.6 - Recomendaciones para aprovechar las oportunidades y abatir los desafíos socioambientales que más se perciben como relevantes

Recomendaciones para aprovechar las oportunidades y abatir los desafíos socioambientales que más se perciben como relevantes	
Gestión del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo y cumplimiento de las normativas en cada país • Implementación de sistemas de tratamiento pasivo de agua • Motivar y promover el reúso de agua, reconociendo iniciativas innovadoras • Manejo adecuado de cuencas, incluyendo manejo de actores sociales y control al aporte de agua en función de las necesidades de la zona • Incluir la instalación de plantas de tratamiento de agua en los planes de sostenibilidad e inversión social • Promover campañas de reemplazo tecnológico, que difundan sus efectos y el impacto de la innovación tecnológica entre industrias
Condiciones de salud y seguridad de los empleados	<ul style="list-style-type: none"> • Convertir a la seguridad ocupacional en seguridad, a través de sistemas de gestión / implementación de estándares internacionales • Implementar políticas «cero tolerancia» y otras medidas de control eficientes en el largo plazo. • Fortalecer los programas y sistemas de gestión de salud y seguridad.
Relaciones comunitarias	<ul style="list-style-type: none"> • Generar acercamientos con las comunidades y la implementación de foros de discusión y escucha permanente para identificar actividades reales y aprovechables por la comunidad • Promover campañas de inclusión de las comunidades en la fuerza laboral, directa o indirectamente • Implementar política de buen vecino • Promover y orientar el trabajo en equipo con las comunidades • Intercambiar experiencias y proveer tecnologías amigables y útiles al entorno • Interactuar con las comunidades desde las etapas de exploración o etapas tempranas de desarrollo de un área minera
Relaciones laborales	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciones asertivas con las agrupaciones sindicales y políticas de salario justo • Programas de capacitación continua para favorecer el acceso a tecnologías • Implementar políticas de prevención de conflictos laborales. • Promover la actualización y fortalecer la supervisión de regulaciones de cada país. • Implementar campañas para la mejora la calidad de vida de los empleados y ambientes laborales • Implementar mecanismos de escucha permanente

Derivado de la identificación de los factores socioambientales más relevantes a las operaciones mineras y las particularidades de cada mineral en diferentes países, se vislumbra la dificultad de encontrar una solución única para maximizar los beneficios y enfrentar los desafíos del crecimiento de operaciones mineras. La interrelación entre los factores socioambientales fue resaltada en la narrativa por todos entrevistados. Lo anterior sugiere que se requiere analizar dichos factores no individualmente, sino en su contexto-país y en sus relaciones con otros factores.

Como se mencionó en la sección 2, el incremento en la producción de minerales como el cobre y el litio tendrán un impacto significativo en los mercados de Chile, Perú y México si el mundo busca alcanzar el escenario de 1.5 °C, lo que implica una evolución hacia finanzas sostenibles que garanticen flujos de capital a proyectos bajos en carbono alineados con la ciencia de 1.5 °C. Lo anterior significaría un cambio acelerado hacia la adopción de nuevos mecanismos como iniciativas, estándares y taxonomías que brindan herramientas e información necesaria para que los bancos, inversionistas institucionales (fondos de pensión y aseguradoras) y administradores de activos tengan una dirección clara hacia dónde y cómo deben ir los flujos de capital en una economía baja en carbono. Aunque actualmente no hay un consenso global de un marco conceptual de finanzas sostenibles que defina entre otros su taxonomía, estándares, y mecanismos de verificación y control, se está comenzando a evidenciar una convergencia orgánica hacia la adopción del marco conceptual ASG en el sistema financiero, liderado por el EU Action Plan- Sustainable Finance²¹ en particular los componentes de reportes de ASG y Debida Diligencia en Cadenas de Suministro (*Supply Chain Due Diligence*).

Las potenciales implicaciones de esta tendencia de mercado hacia la adopción de estándares socioambientales para el sector minero en Latinoamérica son: primero, una mayor presión por adoptar estándares socioambientales por parte de los inversionistas financieros (internacionales y locales) hacia las compañías mineras y, a la vez, una mayor presión por parte de los clientes de las empresas mineras que demandarán productos que cumplan con criterios socioambientales específicos. Adicionalmente, la adopción de estándares ASG contribuye a que los proyectos reduzcan cierres operacionales (ejemplos específicos en la sección 4.3.1) o incrementen sus desafíos debido a la falta de licencia social y ambiental que se traducen en huelgas que impactan negativamente los flujos de caja del proyecto y su rentabilidad. Por lo tanto, la adopción de estándares ASG en la región ALC ayudaría a crear condiciones de mercado más favorables para atraer más inversión a la región y, a la vez, potencializar los beneficios sociales. No obstante, en las entrevistas encontramos que la tendencia hacia la adopción de estándares ASG requiere una contextualización específica en el contexto de América Latina y el Caribe (ALC). Se identifica que la forma de entender ASG es diferente dentro de ALC que en otras regiones. En particular, se reconoce un cierto retraso en la implementación de estándares ASG en ALC con respecto a otras regiones como Norteamérica, Europa y el este asiático²². Las presiones

²¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

²² Más información en el siguiente [enlace](#).

del mercado por parte de los inversionistas, clientes y regulación hacia la adopción de mejores prácticas de ASG en ALC, son menores relativas a otras regiones. Esto puede explicar por qué se entienden de una manera distinta y se gestionan con menor urgencia.

Dicho lo anterior, el escenario de 1.5 °C representa una gran oportunidad para Latinoamérica (USD 50 mil millones anuales a 2050) para suministrar los minerales necesarios de una economía baja en carbono, pero podría anticiparse a las nuevas tendencias de requerimientos socioambientales por parte de los clientes y de sus inversionistas que demandarán productos sostenibles para ganar una posible ventaja competitiva. En la siguiente sección se explorarán distintos ángulos para acelerar la adopción de estándares socioambientales en las empresas mineras en Latinoamérica.

Más allá de este ámbito, existen otras medidas estratégicas que pueden derivar de la implementación de estos estándares, pero que merecen un estudio por sí mismo (por lo que se recomienda profundizar en su aplicabilidad y valor para la industria). Entre estas se cuentan:

- Promover el vínculo de la industria minera con el ecosistema de innovación en equipos, tecnologías y servicios de la minería (METS por su acrónimo en inglés)²³. Lo anterior en busca de soluciones para resolver desafíos socioambientales y de productividad, reducir costos de mantenimiento y aumentar la vida útil de la mina (Ruiz, 2018). En la medida de lo posible, integrar servicios y contenido doméstico local en estas soluciones (velando por que sea suficientemente competitivo) (UNDP, 2018).
- Fomentar el desarrollo e inversión de infraestructura asociativa, que permita proveer servicios a más de una empresa y más de una mina. La infraestructura asociativa tiene como objetivo reducir los costos y la huella ambiental al compartir infraestructura común, y es aplicable para líneas de trenes, concentradores, línea de transmisión eléctrica, carreteras, desalinizadoras, ductos y puertos (CESCO y Spencer Stuart, 2018; BID, 2020).
- Profundizar el entendimiento en las oportunidades de economía circular aplicable a la minería, a partir del tipo de infraestructura para el procesamiento metalúrgico que permita aumentar la tasa de reciclaje. Esto implica también promover el uso del etiquetado sobre recursos provenientes de procesos de reciclaje, de modo de permitir la comparación entre los atributos económicos y ambientales de distintos productos. Finalmente, tener presente que el acceso al mercado de productos irreparables y no reciclables debe regularse de manera más estricta (Rasiewicz et al., 2020). No obstante, lo anterior, incluso con tasas de reciclaje muy ambiciosas, la producción primaria seguirá siendo necesaria para alcanzar la demanda de estos minerales y ofrecer un escenario de descarbonización importante.
- Asegurar un régimen fiscal que, por un lado, sea estable en el tiempo (que redunde en

²³ Destaca la experiencia del programa *Expande* de BHP. Cabe destacar la experiencia de BHP promoviendo programas como [Expande](#), que realiza convocatorias con desafíos de innovación para resolver algunos de sus principales problemas socioambientales.

un marco regulatorio predecible) y, por otro lado, sea flexible con tal de responder a la naturaleza cíclica del mercado de materias primas y minerales (UNDP, 2018; Smith y Davis, 2020).

- Considerar que la adopción de estrategias corporativas a través de la implementación de marcos ASG o la adhesión a iniciativas de sostenibilidad es la opción con mayor potencial de crecimiento para las operaciones mineras. Estas estrategias dependiendo del marco elegido, pueden incluir: i) Aprovechar las nuevas tecnologías para hacer mejor uso de la energía, reducir emisiones GEI y reducir contaminantes. Por ejemplo, a través del suministro de energía utilizando fuentes renovables en los proyectos mineros; ii) Estrategias para combatir la deforestación que puede ser causada por una operación minera en sitio nuevo y boscoso, evitando a una pérdida en la capacidad natural de reducir emisiones de CO₂, del ecosistema; iii) Estimar un costo de GEI generados para medir y comparar el impacto de reducir las emisiones y objetivos de participación de las empresas mineras en los países de Latinoamérica con mercados de emisiones.

4. Recomendaciones y estrategias para aprovechar las ventajas de una demanda creciente por una minería sustentable en el marco de la transición baja en carbono

Afrontar los desafíos de una transición baja en carbono implica un aumento considerable en la demanda por minerales críticos (sección 2.3), con tal de proveer las tecnologías que permitan limitar el aumento de temperatura global en 1.5 °C. Se espera que para 2050 los países ALC producirán anualmente entre un 2 % y un 12 % más de minerales anualmente en el escenario de 1.5 °C comparado con 2020. Dentro de este escenario los minerales que se beneficiarán en mayor medida por una creciente demanda serán el cobre y el litio; se prevé que la demanda anual de cobre será más del doble que el nivel actual, mientras que la demanda de litio será más de diez veces mayor.

Esta mayor demanda implica una serie de beneficios para la región, tales como una mayor recaudación estimada en USD 50 mil millones, mayor actividad económica asociada a empleos y la aceleración de la demanda por servicios y capacidades tecnológicas locales. Sin embargo, estos beneficios solo podrán ser aprovechados por parte de los países de ALC cuya industria minera pueda proveer una oferta consistente con un aprovisionamiento responsable (desde la perspectiva socioambiental) (sección 3.2).

En particular, esta es la expectativa del sector financiero y los clientes de las empresas mineras, que imponen una mayor presión por adoptar estándares socioambientales. Por ejemplo, se está comenzando a evidenciar una convergencia orgánica hacia la adopción del marco conceptual ASG en el sistema financiero, liderado por el EU Action Plan- Sustainable

Finance²⁴ en particular los componentes de reportes de ASG y una cadena de suministro con debida diligencia (due diligence en inglés).

Existe un amplio espectro de ámbitos desde los cuales la industria y la política pública pueden colaborar para consolidar una oferta de producción minera consistente con un aprovisionamiento responsable. Estos se presentan a continuación²⁵:

- **La institucionalidad y el desarrollo minero:** generar una institucionalidad sectorial (ministerios, servicio y empresas públicas) más sólida mediante el análisis de cómo se relaciona cada uno de los actores que la conforman. De este modo lograr dirigir de mejor manera los esfuerzos por un desarrollo sostenible en el sector. Considerar, además, la gestión de la información y mejoramiento de transparencia entre cada actor involucrado.
- **Participación ciudadana y desarrollo territorial:** promover el diálogo y desarrollo en conjunto de las actividades productivas. Profundizar en el entendimiento y aprendizaje de aquellas experiencias en las cuales las empresas mineras han compartido parte de los beneficios con la comunidad local, para fortalecer la relación con ella y garantizar la licencia social²⁶. Es fundamental entender hasta qué punto esto no implica una relación transaccional empresa-comunidad, y en qué medida realmente se logra abordar un desarrollo de proyecto eficiente en la etapa de preinversión y coherente con estándares socioambientales claros.
- **Pueblos indígenas:** trabajar en conjunto con las comunidades indígenas locales, identificando sus derechos e identidad de acuerdo con sus instituciones sociales, económicas, culturales y políticas.
- **Infraestructura asociativa:** la infraestructura asociativa tiene como objetivo reducir los costos y la huella ambiental al compartir infraestructura común, y es aplicable para líneas de trenes, concentradores, línea de transmisión eléctrica, carreteras, desalinizadoras, ductos y puertos (CESCO y Spencer Stuart, 2018). Se busca fomentar el desarrollo e inversión de infraestructura asociativa, que permita proveer servicios a más de una empresa y más de una mina.
- **Las relaciones laborales y equidad de género:** garantizar condiciones apropiadas para velar por la salud, la seguridad ocupacional, la equidad de género y oportunidades de desarrollo laboral.
- **El capital humano y la productividad:** disponer de las condiciones para formar y perfeccionar el capital humano, de modo que este pueda participar y aprovechar el cambio tecnológico.

²⁴ Para más información visite el siguiente [enlace](#).

²⁵ La mayoría de estos ámbitos constituyen las bases desde las cuales algunos gobiernos de la región están liderando estrategias para modernizar su industria minera. Este es el caso de Chile, a través de su Política Nacional Minera a 2050.

²⁶ Ver, por ejemplo, Gobierno de Australia, 2020, capítulos 4, 5 y 6.

- **La cadena de valor y la innovación:** promover el vínculo de la industria minera con el ecosistema de innovación en equipos, tecnologías y servicios de la minería (METS por su acrónimo en inglés)²⁷. Lo anterior en la búsqueda de soluciones para resolver desafíos socioambientales, de productividad, reducción de costos de mantenimiento y aumento de la vida útil de la mina (Ruiz, 2018).
- **Los impuestos e inversión pública:** asegurar un régimen fiscal que, por un lado, disponga de una estructura tributaria estable en el tiempo (que redunde en un marco regulatorio predecible) y, por otro lado, sea flexible con tal de responder a la naturaleza cíclica del mercado de materias primas y minerales (UNDP, 2018). Es clave que dicha recaudación se oriente a aquellas inversiones públicas que contribuyan a consolidar una oferta de minerales competitiva y consistente con el aprovisionamiento responsable.
- **La minería verde:** desarrollar una actividad minera que prioriza el uso eficiente de los recursos hídricos y la minimización de pasivos ambientales mineros, como también la gestión de emisiones y la protección de la biodiversidad. En particular, se destaca profundizar el entendimiento en las oportunidades de economía circular aplicable a la minería, con la finalidad de reducir la extracción de nuevo mineral. Esto implica un nuevo tipo de infraestructura para el procesamiento metalúrgico que permita aumentar la tasa de reciclaje²⁸, como también promover el uso del etiquetado sobre recursos provenientes de procesos de reciclaje que permitan la comparación entre los atributos de distintos productos (Rasiewicz et al., 2020).
- **La pequeña y mediana minería:** establecer políticas de fomento especialmente orientados para asistir a la pequeña y mediana minería en sus desafíos de productividad y desarrollo sostenible.

Importancia de las iniciativas de sostenibilidad voluntarias (VSI)

Las iniciativas de sostenibilidad voluntarias (VSI por sus siglas en inglés) contribuyen al abastecimiento responsable, ya que complementan, alinean y, en algunos casos, refuerzan las regulaciones gubernamentales y aumentan la transparencia en el sector minero. Diversas iniciativas han surgido buscando mejorar la trazabilidad social y ambiental de la minería, y que están teniendo efectos positivos a lo largo de la cadena de valor. En este contexto, el surgimiento de iniciativas de sostenibilidad voluntarias (VSI)²⁹ ha constituido una contribución significativa para la mejora de los estándares en las compañías mineras y, en general, en las industrias extractivas³⁰. Estas iniciativas, por lo general, se amparan

²⁷ Destaca la experiencia del programa Expande de BHP.

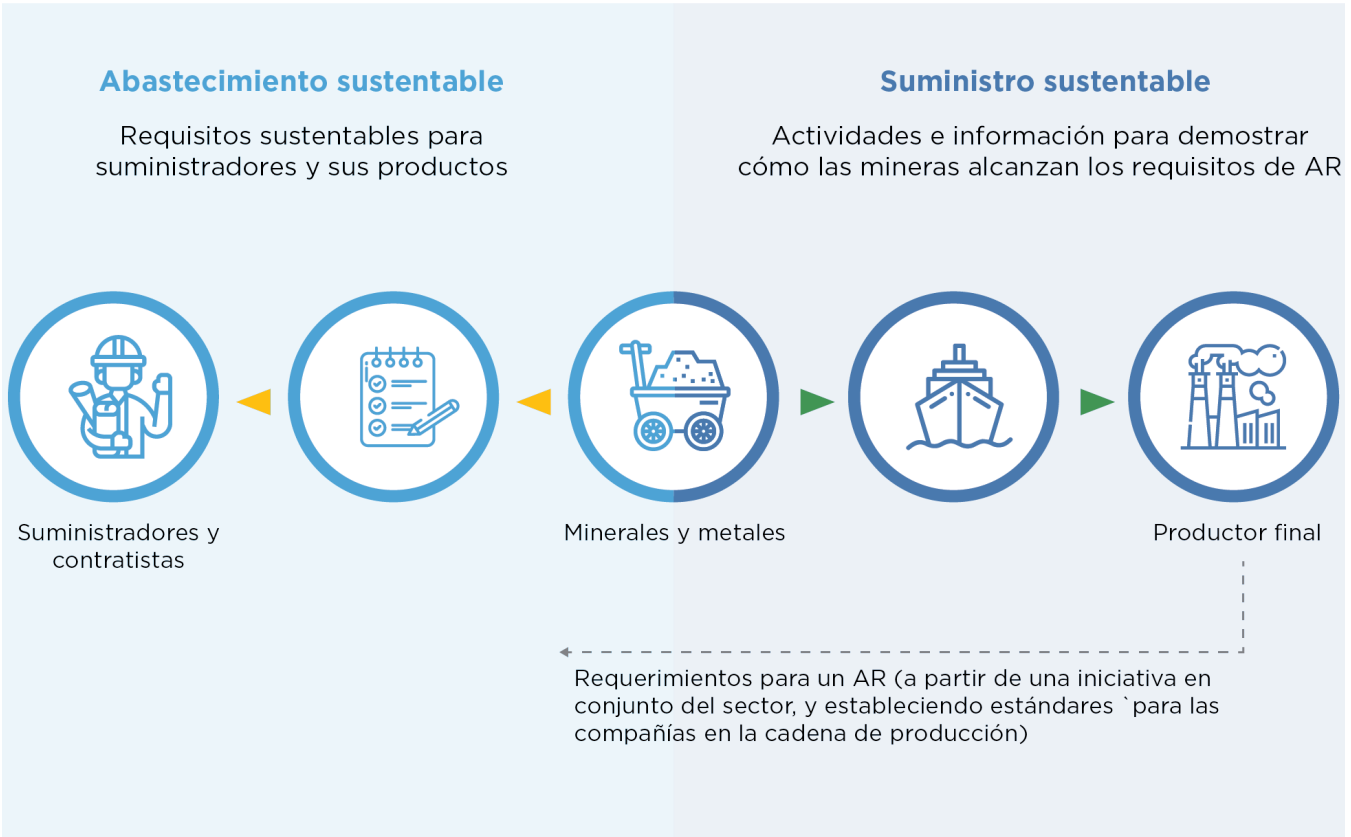
²⁸ No obstante lo anterior, incluso con tasas de reciclaje muy ambiciosas, la producción primaria seguirá siendo necesaria para alcanzar la demanda de estos minerales y ofrecer un escenario de descarbonización importante.

²⁹ «These approaches range from offering guiding principles, due diligence templates, industry standards and standardised reporting practices» (Farooki, 2020, pág. 3).

³⁰ El Foro de Naciones Unidas para los Estándares de Sostenibilidad define las iniciativas voluntarias: «Voluntary sustainability standards are standards specifying requirements that producers, traders, manufacturers, retailers or service providers may be asked to meet, relating to a wide range of sustainability metrics, including respect for basic human rights, worker health and safety, environmental impacts, community relations, land-use planning and others». Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

bajo la definición de «abastecimiento responsable» (AR, o Responsible Sourcing). El AR no posee una definición internacionalmente aceptada, pero se puede entender como la gestión del desarrollo sostenible en el suministro o la adquisición de un producto (International Council on Mining & Metals, 2015b). Se puede apreciar en la Figura 4.1, el alcance del AR en la cadena de producción en la industria minera considerando: abastecimiento de productos y servicios para la industria minera (flechas amarillas), la entrega de información por parte de la empresa minera al cliente final acreditando que se alcanzan los estándares acordados (flechas verdes) y la interacción entre clientes finales y el resto de la cadena de producción en la exigencia de estándares responsables (flecha gris punteada).

Figura 4.1 - Abastecimiento responsable a través de la cadena de producción de un producto



Fuente: International Council on Mining & Metals, 2015

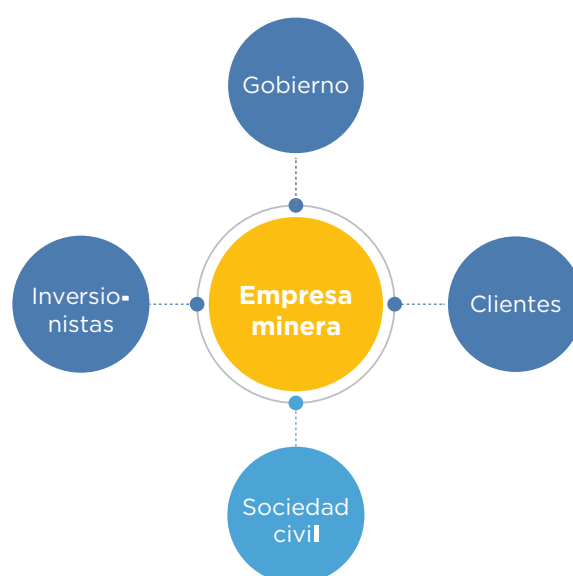
Para lograr que la minería en ALC transite hacia una oferta socioambientalmente sostenible, se requieren esfuerzos coordinados entre distintos actores: políticas públicas, sector privado y sociedad civil. La regulación, los clientes y los inversionistas pueden influir positivamente en la adopción efectiva de estándares socioambientales de las empresas mineras.

- **Regulación:** se refiere a toda exigencia administrativa o normativa que provenga de la institucionalidad sectorial tanto local, regional, nacional como internacional por la cual se deba regir la empresa minera o sus actividades productivas.

- **Clientes:** cualquier actor a lo largo de la cadena de producción que utilice como insumo el material extraído, reciclado o refinado por la empresa minera hasta que este llega al cliente final.
- **Inversionistas:** actores que tienen comprometidos recursos financieros en proyectos o compañías mineras y, por lo tanto, poseen intereses directos en el buen desempeño del negocio y la mitigación de riesgos asociados a sus actividades, ya sea exigido por regulaciones, clientes o mandato propio del inversionista.

Estos tres actores, junto con la sociedad civil, que se ve directamente perjudicada por las externalidades socioambientales de la minería, se representan en la Figura 4.2³¹.

Figura 4.2 - Actores relevantes en la implementación de iniciativas de sostenibilidad voluntarias



Fuente: Elaboración propia

El mejoramiento de los estándares socioambientales con los cuales operan las compañías mineras se rige por dos niveles: un piso mínimo (la regulación local) y un techo (la alineación a estándares voluntarios). Ambos niveles se representan en la Figura 4.3, y van aumentando la expectativa de buenas prácticas socioambientales para la minería. A continuación, se desarrolla cada uno:

- **En el primer nivel (piso mínimo):** Se encuentran los gobiernos que son responsables de establecer una regulación que conjugue los objetivos de desarrollo económico con

³¹ En verde se destacan los actores que serán analizados bajo el marco teórico presentado y en rojo, la sociedad civil, como grupo afectado por las externalidades negativas de la minería.

la promoción social y protección ambiental. Para ello, es necesario que los sistemas regulatorios sean capaces de influir en las operaciones, lo cual ocurrirá en la medida en que los países cuenten con instituciones fuertes, dotadas de recursos adecuados para la implementación y seguimiento de las regulaciones y, si las circunstancias lo exigen, para la fiscalización y sanción de los incumplimientos. Por otro lado, las regulaciones van a distinguirse en función de cuan prescriptivas son, es decir, cuan precisas son las indicaciones sobre cómo se debe alcanzar el nivel de cumplimiento deseado. Es importante indicar que los acuerdos internacionales como convenciones o tratados de libre comercio y, por ende, las expectativas de intermediarios comerciales relevantes, influyen también en el nivel de ambición de la regulación local. Los gobiernos deben trabajar con el sector minero para que la aplicación de prácticas sostenibles se transforme en la base de las operaciones, incluso más allá de las exigencias propias de los Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental. Adicionalmente, es importante que la regulación local garantice un estado de derecho (*rule of law*) robusto y conocido, cuya ausencia podrían trabar el desarrollo de proyectos³².

- **En el segundo nivel (techo):** Se encuentran los actores en la cadena de valor, tanto aguas arriba en el financiamiento de proyectos (inversionistas), como aguas abajo en la demanda por materiales (clientes). Ambos pueden exigir a las compañías mineras un desempeño social y ambiental por encima de las regulaciones locales, para lo cual cuentan con herramientas como la realización de auditorías certificadas, la trazabilidad y los reportes de cumplimiento de contratos en la cadena de suministro. Ya hay evidencia del interés en la inversión con criterios socioambientales³³. Los proyectos mineros suelen depender de las inversiones internacionales para la exploración y el desarrollo de operaciones. Esta posición estratégica (aguas arriba) de los financistas les otorga un rol significativo en el fomento de prácticas mineras responsables que exijan el cumplimiento de determinadas normas ambientales y sociales (German Environment Agency, 2020). Esto redundaría en la clasificación de riesgo para evaluar el financiamiento³⁴. Por otra parte, los clientes de la minería (aguas abajo) están sometidos a regulaciones en sus países de origen, compromisos voluntarios y al escrutinio de sus clientes finales, lo que los obliga a fortalecer la trazabilidad de los sistemas de adquisiciones responsables. Estas clases de iniciativas son instrumentos de mercado que buscan transparentar aspectos

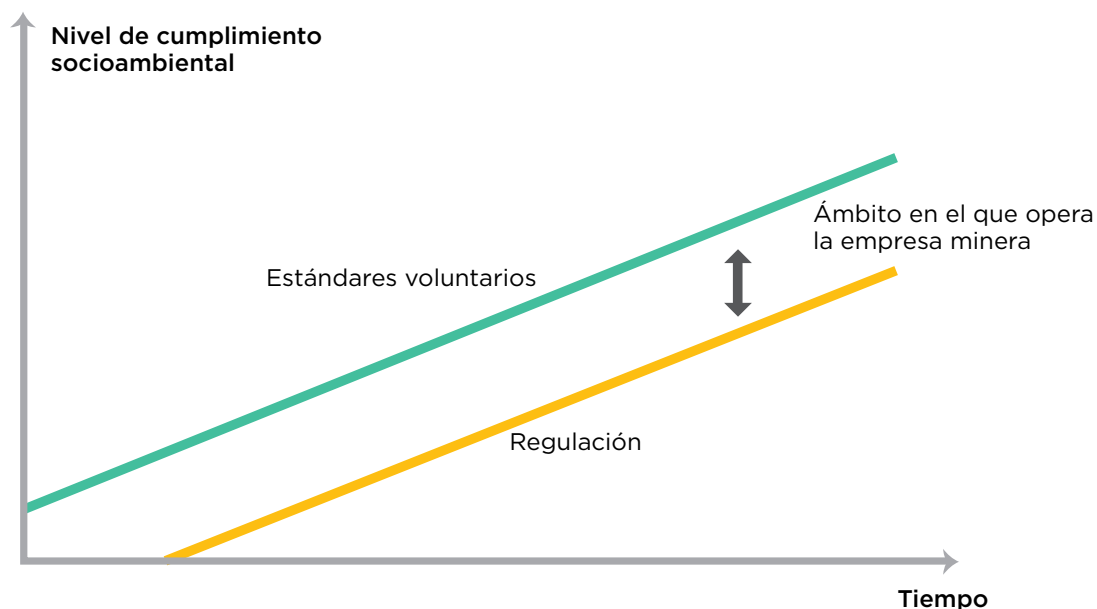
³² Por ejemplo, el litio, un elemento muy importante para la construcción de baterías que permitirían almacenamientos significativos de energía, tiene restricciones legales para su explotación en Chile. Ver diario La Tercera, suplemento Pulso (11 de octubre de 2020) ¿La oportunidad perdida del litio?, donde se indica que, a pesar de la disponibilidad de reservas del país, la producción ha bajado de un 38% de la oferta mundial a un 23% en cuatro años. Disponible en el siguiente [enlace](#). También, vale la pena enfatizar los riesgos al desarrollo de proyectos que pudieran gatillarse debido a incertidumbres provocadas por el marco regulatorio (por ejemplo, asociado a discrecionalidad en la evaluación ambiental de proyectos).

³³ En 2019, las inversiones sostenibles mundiales superaron los USD 30 mil millones, lo que supone un aumento del 68% desde 2014 y diez veces más desde 2004, lo cual muestra que los inversionistas presentan una creciente preocupación de la sociedad por los efectos negativos que la actividad humana está teniendo en el planeta y en las personas (Pennini, 2020).

³⁴ Durante los próximos 15 años se necesitará invertir más de un millón de millones de dólares en los metales necesarios para la transición energética y satisfacer la demanda de la descarbonización, lo que es casi el doble de lo invertido durante los últimos 15 años.

socioambientales a lo largo de la cadena de suministro y que, por lo mismo, están sujetas a las fuerzas y preferencias del mercado.

Figura 4.3 - Nivel de cumplimiento socioambiental



Fuente: Elaboración propia

La relación entre ambas exigencias genera un círculo virtuoso en donde la regulación se actualiza y mejora a través de la experiencia de estándares voluntarios, funcionando como un laboratorio natural. En resumen, ambos niveles evidencian la necesidad de un trabajo conjunto y coordinado entre los diferentes actores asociados para lograr que la minería se convierta en un contribuidor pleno para el desarrollo económico, social y ambiental al que aspiran los habitantes de la región (Hund et al., 2020).

Para la elaboración de este capítulo, se ha recurrido a la bibliografía disponible y se han realizado entrevistas a expertos en actividad minera, de regulación y de promoción de estándares, cuya visión ha sido complementaria a los hallazgos de la literatura, particularmente en relación con cuales son los impulsores (drivers) de los cambios de conducta en las empresas para la adopción de estándares en materias socioambientales. Todas las personas expertas consultadas tuvieron acceso a las proyecciones detalladas en el capítulo 2.

Se han considerado como referencias relevantes distintas iniciativas tanto de la industria como de organismos multilaterales, en virtud de un desarrollo responsable para la minería.

Entre estos destacan: la iniciativa *Climate-Smart Mining*³⁵ (del Banco Mundial); los principios establecidos por el trabajo *Mineral Resource Governance in the 21st Century*³⁶ (de UNEP, el cual destaca la importancia de contar con una licencia social para la operación); así como textos del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y del Foro Intergubernamental Sobre Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible (IGF).

Las recomendaciones en las próximas secciones se delimitan a acelerar la adopción de esquemas de estándares y de trazabilidad para una minería responsable.

4.1 Política pública - regulación y fomento

4.1.1 Descripción de la medida y cómo puede tener un impacto en acelerar la adopción efectiva de sistemas de gestión y reporte socioambiental

El Estado cumple un papel importante para que las actividades productivas, en particular en la industria minera, mejoren sus estándares en materias sociales y ambientales, entre otras. Este rol es complementario al que cumplen otros actores, tales como las comunidades, la sociedad civil en su conjunto, los inversionistas, los trabajadores o los mercados de destino de los productos.

En un contexto de aumento de demanda por minerales críticos para la transición hacia una economía baja en carbono, los sistemas de evaluación ambiental en ALC enfrentarán mayores solicitudes por aprobación de proyectos y los gobiernos deberán responder a las demandas crecientes de las comunidades por el respeto a sus condiciones de vida, incluyendo la protección ambiental. Como se presenta en la introducción del capítulo, **los estándares voluntarios son complementarios a las regulaciones gubernamentales**. Estas últimas fijan los **mínimos exigibles para el accionar de las empresas, mientras que la promoción de estándares voluntarios permite complementar los esfuerzos regulatorios y, al mismo tiempo, constituirse en ejemplos que desemboquen en nuevas regulaciones** y mejoren así el desempeño ambiental y social de las empresas mineras, contribuyendo al bienestar social en su conjunto. En este sentido, es necesario nutrir esta relación mediante la divulgación de evidencia acerca de los impactos positivos que resultan a partir de la adopción de prácticas responsables.

Al ser la minería una actividad definida por proyectos bien delimitados, la puerta de entrada para la mayor parte de las consideraciones socioambientales está constituida por los Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)³⁷. En estos, los proyectos

³⁵ Mayores antecedentes respecto de están disponibles en el siguiente [enlace](#).

³⁶ Disponible en el siguiente [enlace](#).

³⁷ Que se complementan con la institucionalidad para la fiscalización ambiental y con las cortes ambientales.

son sometidos al escrutinio del conjunto del gobierno (no de un solo sector) y son verificados en relación con el cumplimiento de las normas vigentes en varias materias, incluyendo efectos significativos en la comunidad e impactos ambientales. En este último caso, las resoluciones que aprueban los proyectos establecen medidas de gestión de riesgo, adaptación, mitigación, compensación y recuperación³⁸ asociadas a impactos bien delimitados, relacionados con los medios de agua, aire, suelo, gestión de residuos e impactos en la biodiversidad, entre los más importantes. En el caso social, se establecen medidas vinculadas a impactos en los modos tradicionales de vida, modificación a los sistemas sociales, impactos culturales, movilidad y desplazamiento de personas o poblaciones, etc. Los Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental establecen bases mínimas que todos los proyectos deben cumplir en relación con los impactos ambientales y sociales, pero no alcanzan a cubrir o mitigar en forma satisfactoria la totalidad de los mismos ni logran hacerse cargo de los efectos sinérgicos que varios proyectos diferentes pueden tener en un territorio relativamente restringido³⁹. Prueba de ello es la conflictividad que la actividad minera sigue mostrando en la región y la oposición que muchos proyectos enfrentan de parte de las comunidades y la sociedad civil.

Incluso, algunos elementos importantes del ámbito social no alcanzan a ser cubiertos por los SEIA⁴⁰ y deben referirse a otros sistemas de regulación. Tal es el caso del respeto a los derechos humanos, que se basa en la adhesión de los países a la carta de Derechos Humanos de Naciones Unidas y su aplicación local (Naciones Unidas, 1948) o a estándares de debida diligencia.

En un sentido similar, **los tratados internacionales establecen pisos mínimos de exigencias que los gobiernos traducen en legislaciones nacionales y que pueden afectar a la minería.** Por ejemplo, el tratado Aarhus en Europa define derechos de acceso a la información, participación y justicia ambiental, estableciendo bases a partir de las cuales los gobiernos adherentes exigen a los agentes prácticas que aseguren el cumplimiento de los derechos consagrados en el tratado. En el caso de ALC, el Acuerdo de Escazú se inspira en el tratado de Aarhus para definir estándares mínimos de derechos de acceso en materias ambientales⁴¹. Este tipo de instrumentos internacionales cumple la función de grandes **marcos habilitadores para la canalización de estos estándares de sostenibilidad al interior de las empresas** y que abren camino para generar una mayor transparencia de la información en manos del sector privado.

³⁸ Ver, por ejemplo, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Chile), DS. 40/2013; Título III, párrafo 2,º, artículo 18, literal i) (Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación).

³⁹ Ver, por ejemplo, Hervé e Insunza, 2019, p. 5.

⁴⁰ Esto ocurre porque los EIA o DIA solo evalúan los impactos propios del proyecto. Dado que la intervención provocará efectos más allá de estos impactos, siempre hay elementos no resueltos. En los casos de violación de DD. HH., hay elementos que van más allá de los ámbitos propios del proyecto.

⁴¹ A la fecha de redacción de este informe, el Acuerdo de Escazú no había entrado aún en vigor, ya que solo contaba con 9 de las 11 ratificaciones requeridas. Argentina ratificó el acuerdo, pero aún no había depositado el instrumento en Naciones Unidas. México anunció la ratificación del acuerdo el 5 de noviembre de 2020.

De igual modo, los tratados asociados a sustancias peligrosas, como Basilea, Estocolmo y Minamata⁴² o los tratados de libre comercio, tienen efectos en la actividad minera, si bien dichos efectos toman tiempo en llegar a la implementación⁴³. En el caso de Chile, estos tratados han sido importantes en la formación de capacidades, particularmente en el manejo de sustancias peligrosas y en la preparación de la ley de cierre de faenas mineras⁴⁴.

De manera adicional a la regulación, las empresas pueden adoptar estándares voluntarios en diversas materias, incluyendo sociales y ambientales, por encima de lo que la regulación exige. Por su parte, los gobiernos pueden jugar un rol positivo en la promoción de estos estándares voluntarios, más allá de los mínimos legales requeridos. Sin embargo, se reconoce que el elemento que más impulsa el cambio de conducta de largo plazo es la regulación, esto es, la obligación legal para las empresas de cumplir estándares específicos⁴⁵ (Hofmann et al, 2018).

La complementariedad entre regulación y estándares voluntarios se puede dar de dos modos principales. Por una parte, donde la regulación es débil, los esquemas voluntarios pueden suplir las lagunas normativas mejorando la relación entre la empresa y las comunidades y facilitando la obtención de la licencia social para operar. El ejemplo de empresas multinacionales que aplican los estándares de sus países de origen en jurisdicciones con legislaciones menos exigentes es una muestra de este tipo de suplencia. Por otra parte, la puesta en marcha de los estándares voluntarios ha llevado a su adopción posterior como exigencias legales, mejorando la regulación local y emparejando la cancha para todos los actores (no solo las empresas que adoptan voluntariamente las mejores prácticas e invierten en la relación con la comunidad y la protección ambiental, sino que estas se convierten en piso de cumplimiento para todas).

En este sentido, los estándares voluntarios sirven de laboratorios de buenas prácticas, donde los gobiernos pueden observar las mejores experiencias para, a partir de ellas, formular una regulación efectiva.

En cualquier caso, los gobiernos deben poner atención en la realidad dispar que presentan las empresas grandes en relación con las medianas y pequeñas. Estas últimas tienen dificultades para establecer sistemas de gestión más robustos y suelen verse complicadas en la transición hacia mejores prácticas. Con todo, la falta de cumplimiento de estándares no es un problema privativo de las empresas de menor tamaño como lo muestran los ejemplos de grandes empresas que no han logrado traspasar a su cultura organizacional las prácticas de transparencia, cumplimiento legal más allá del mínimo y respeto por las culturas y

⁴² Tratado que regula la presencia del Mercurio en el ambiente. Entre otras disposiciones, prohíbe la minería primaria de mercurio.

⁴³ En muchos casos, estos tratados establecen disposiciones generales que requieren la promulgación de leyes especiales en los niveles nacionales para su implementación.

⁴⁴ Ministerio de Minería de Chile, comunicación personal (noviembre de 2020). La ley de Cierre de Faenas Mineras, N.º 20.551, fue promulgada en noviembre de 2011.

⁴⁵ Esta afirmación surgió en varias entrevistas con actores expertos en el sector minero y en la promoción de estándares. Se reconoce la regulación como el marco insustituible a partir del cual se pueden construir sistemas de desempeño con estándares mejorados.

prácticas locales. Estas dificultades pueden ser abordadas a través de la generación de un diagnóstico claro sobre las capacidades de las empresas locales para hacer frente a las exigencias de implementar estándares voluntarios.

Para ver caso de estudio de referencia para ejemplificar política pública, ver Anexo D1: Los Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos en Perú.

4.1.2 Discusión y recomendaciones - Política pública

La regulación de la actividad minera demanda una aproximación desde todo el gobierno y no desde un solo sector. La multiplicidad de intereses, factores, impactos (positivos y negativos) requiere que sean varios ministerios y agencias los que intervengan en la aprobación y seguimiento de los proyectos, para asegurar estándares de cumplimiento en materias sociales y ambientales acordes con los objetivos de desarrollo del país y para promover la coherencia regulatoria (por ejemplo, que la regulación de un sector no vaya en contra de la regulación de otro).

La base para el cumplimiento de estándares seguirá siendo la regulación. Se reconoce que una regulación clara y estable es el mejor instrumento para atraer inversiones. La regulación debe ser suficiente, robusta y fiscalizable para asegurar estándares mínimos exigibles, incluyendo el caso de empresas de tamaño mediano y pequeño.

Admitiendo que las regulaciones no son capaces de cubrir todos los problemas, la complementariedad con los estándares voluntarios no solo es deseable sino necesaria. Esta complementariedad se da a través de un diálogo entre gobiernos, comunidades y empresas (donde también pueden estar otros actores). Adicionalmente, la práctica de estándares voluntarios puede ser un vehículo para los esfuerzos de mejora en la regulación (Potts et al, 2018). Finalmente, **un exceso de regulación puede ser inviable, particularmente si el país no cuenta con los medios para realizar su seguimiento y fiscalización adecuados.**

Se aprecia, a partir de la experiencia, que los gobiernos juegan un papel importante en la promoción de estándares voluntarios, aun por encima de los mínimos legales. En este sentido, hay todavía una amplia capacidad de acción por parte de instituciones multilaterales que contribuya a fortalecer la institucionalidad de fiscalización social y ambiental por parte del Estado, generando capacidades para sistemas de monitoreo efectivos (por ejemplo: comités de monitoreo y vigilancia) y entregando recursos para fortalecer los sistemas de monitoreo y fiscalización.

En el mismo sentido, y dada la multiplicidad de estándares existentes, los gobiernos pueden apoyar su convergencia con el fin de facilitar su cumplimiento y mejorar el desempeño de las empresas⁴⁶. Pueden apoyar la generación de evidencia sobre los impactos de los distintos esquemas (si efectivamente conducen a mejoras sociales y ambientales en la industria minera considerando que muchos de estos esquemas certifican sobre estándares

⁴⁶Al respecto, es interesante conocer la experiencia, para el caso de la minería del cobre, de [Copper Mark](#), como esfuerzo por aunar estándares y facilitar la tarea de cumplimiento y reporte a las compañías.

prescriptivos y no miden resultados) y en el mejoramiento de la transparencia. Para ello, deben cooperar con las empresas y los organismos financieros multilaterales (Mori Junior y Ali, 2016). Al respecto, «los gobiernos pueden usar los estándares voluntarios como plataformas de diálogo con los miembros de la industria, (...) para construir confianzas y actuar como herramientas que amplíen el apoyo a iniciativas de política en conductas empresariales responsables». (Church, y Crawford, 2018).

Se citan como atributos claves para los estándares la transparencia, la participación de los actores interesados, el monitoreo y los mecanismos de evaluación, la interoperabilidad, las auditorías independientes, las sanciones para los incumplimientos, el foco en desarrollo local, el entrenamiento y formación de capacidades (Mori Junior y Ali, 2016).

La fortaleza de las instituciones nacionales es un elemento clave en la puesta en marcha de estándares y su fiscalización (sean regulados o voluntarios). Mientras más fuertes los gobiernos y las instituciones, mejor es la capacidad de hacer cumplir las regulaciones y promover buenas prácticas entre las empresas. En cuanto a la fiscalización, existen aproximaciones por grados en el tipo de sanciones que los gobiernos pueden aplicar: amonestación, apoyo a la empresa para el cumplimiento⁴⁷, sanción monetaria, pérdida de licencia para operar. Al ser el fin de las políticas la adopción de los mejores estándares posibles, el uso de sanciones debe dejarse como último recurso (necesario en casos severos o graves), cuidando que los sistemas las lleven al cumplimiento. En un sentido complementario, los gobiernos pueden analizar la conveniencia de otorgar ayuda financiera para el mejoramiento en el cumplimiento de estándares a las empresas mineras de menor tamaño.

La realidad de los países puede ser dispar en relación con la capacidad de regular y hacer cumplir estándares. Las iniciativas voluntarias y los acuerdos internacionales pueden suplir, en parte, situaciones donde los países no cuentan con todos los medios para exigir prácticas sociales y ambientales de alto estándar, particularmente cuando empresas multinacionales llevan los estándares de sus casas matrices a los países donde realizan operaciones importantes, aun en ausencia de regulación local suficiente. El papel de otros actores como las comunidades, la sociedad civil y la prensa internacional puede jugar un rol decisivo en la presión sobre las empresas para el cumplimiento de estándares de alto nivel en materias sociales y ambientales.

El caso de los Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos (CMVAP) es un ejemplo de cómo una iniciativa no vinculante iniciada en un esfuerzo tripartito (Estado, comunidad y empresa) puede derivar en una regulación vinculante que mejora los estándares sociales y ambientales con que las empresas, en este caso mineras, desarrollan sus actividades. Se muestra como elemento importante el concurso de al menos tres actores relevantes para el establecimiento y consolidación de esta iniciativa: el gobierno, las comunidades y las empresas. A ellos se pueden sumar otras instituciones de la sociedad civil o la academia.

⁴⁷ Ver, por ejemplo, (OECD, 2019, pág. 47).

Los CMVAP han tenido un desempeño variado, desde instancias que han tenido poco impacto hasta algunas que han trascendido el mandato inicial, alcanzando logros en favor de la comunidad más allá del solo monitoreo. La diferencia en el desempeño se explica principalmente por el mayor o menor grado de involucramiento de las comunidades locales, la capacitación de sus miembros y su grado de formalización; y por el apoyo de instituciones con competencias en las materias propias del monitoreo (Ménard, 2011, págs. 48, 49). En menor medida, influyen los problemas de financiamiento y la estrategia de comunicación que los comités mantienen con la comunidad. Los gobiernos pueden apoyar la gestión de los comités, como ha sido el caso de algunos municipios que se han involucrado directamente en ellos o han puesto a su disposición la infraestructura municipal. En el caso de los gobiernos, el apoyo de agencias ha sido beneficioso en la gestión directa de los comités y ha mostrado un interés real del gobierno central en sus labores (Ménard, 2011, págs. 32 y 33).

El hecho de que estos comités hayan sido exitosos en el cumplimiento de su misión específica no asegura el fin de la conflictividad en el sector minero. El carácter acotado del monitoreo ambiental principalmente a variables definidas en los estudios de impacto ambiental deja muchos aspectos de la relación empresa-comunidad fuera, donde se pueden dar —y se han dado— conflictos de gran magnitud, aun después de la promulgación de las regulaciones sobre los comités.

En línea con lo identificado en capítulo 3, la alta conflictividad experimentada en ALC en relación con proyectos mineros muestra la necesidad imperiosa de avanzar en el mejoramiento de las prácticas por parte de las empresas y en la protección de las comunidades, en particular de los defensores de los derechos humanos en materias ambientales. La adopción del acuerdo de Escazú por parte de algunos países de la región implica un avance en este sentido, toda vez que el acuerdo reconoce la necesidad de fortalecer los derechos de estos actores, particularmente cuando establece que: «Cada parte tomará medidas apropiadas, efectivas y oportunas para prevenir, investigar y sancionar ataques, amenazas o intimidaciones que los defensores de derechos humanos en asuntos ambientales puedan sufrir en el ejercicio de los derechos contemplados en el presente acuerdo» (Naciones Unidas, 2018).

Lo anterior indica la necesidad de continuar con programas e iniciativas que promuevan un entendimiento entre las partes, mejorando las confianzas mutuas y que aseguren la protección social de las comunidades y la integridad ambiental de sus territorios (Tabla 3.6).

Un mejoramiento efectivo de los estándares generará un atractivo adicional para las inversiones y un atributo diferenciador para los mercados de destino. Para los gobiernos, la promoción de un desempeño de alto nivel en la minería mejora las metas de inversión y redundará en beneficios para las comunidades y una protección ambiental reforzada. De

este modo, un sector minero de alto desempeño, que incluya a las empresas medianas y pequeñas, se convierte en un activo para el país en su conjunto. Si bien, la mayor parte del esfuerzo por mejorar en el desempeño vendrá de las propias empresas, los gobiernos deben impulsar mediante los instrumentos a su disposición, regulatorios o voluntarios, la mejora continua de las industrias que operan en sus territorios, en particular, de las mineras.

En esta línea, se resumen las principales recomendaciones para lograr lo anteriormente descrito:

1. Lograr una evolución en la regulación en coherencia con los aprendizajes derivados de la implementación local de estándares voluntarios a través del apoyo a la generación de evidencia sobre los impactos que tienen los distintos estándares voluntarios y en el mejoramiento de la transparencia.
2. Desarrollar una capacidad de fiscalización robusta por parte del Estado para asegurar estándares mínimos exigibles, y la aplicación de sanciones claras cuando sean necesarias. Esto se puede lograr a través de un fortalecimiento de la institucionalidad de fiscalización social y ambiental estatal, de la generación de capacidades para empoderar el monitoreo desde partes afectadas/denunciantes y a través entrega de recursos para fortalecer los sistemas de monitoreo y vigilancia, incluyendo nuevas soluciones de trazabilidad.
3. Promover la suscripción de acuerdos internacionales que sirvan de marcos habilitadores para mayor transparencia en la información a través de instancias en donde se genere consenso en torno a estos acuerdos y se apliquen para mejorar los estándares socioambientales mínimos de la región.
4. Diseñar regulación que considere las limitaciones de las empresas medianas y pequeñas a través de un diagnóstico claro sobre las capacidades de las empresas locales para hacer frente a las exigencias de implementar estándares voluntarios y mejores prácticas socioambientales.

4.2 Commodities responsables: demanda aguas-abajo

4.2.1 Descripción de la medida y cómo puede tener un impacto en acelerar la adopción de sistemas de gestión y reporte socioambiental

Hoy en día los alcances de responsabilidad no se limitan solo a la operación interna de una empresa, sino también a las prácticas realizadas a lo largo de toda la cadena de valor de un producto (Grimm et al, 2014); son las empresas que están ubicadas más abajo en la cadena de valor las que se encuentran más expuestas a los clientes finales. Estas empresas suelen

estar en una posición de poder y poseen recursos para establecer sofisticados mecanismos de gobernanza en la cadena de suministro (Hofmann et al, 2018). Así, por ejemplo, Mitsubishi Materials integró, en 2014, criterios de adquisición responsable a su política de responsabilidad social corporativa, desarrollando un marco para abordar los problemas ligados a minerales conflictivos y educando a sus suministradores acerca de la política de responsabilidad social corporativa interna⁴⁸.

La motivación de las empresas por proveerse de materiales con un menor impacto socioambiental responde a dos razones principales: cumplir con la regulación local y no verse expuestas al escrutinio público. Los compradores de minerales y metales están sujetos a un gran número de leyes en varios de los países en donde operan al momento de adquirir estos minerales, lo que los obliga a aumentar los estándares de sus proveedores de servicios y productos⁴⁹. Por otro lado, los medios de comunicación, las organizaciones no gubernamentales y organizaciones internacionales han evidenciado la importancia de un abastecimiento responsable, lo cual pone en riesgo la competitividad de quienes están más abajo en la cadena de producción (y más cerca del cliente final), afectando la posibilidad de ver interrumpidas sus operaciones por oposición ciudadana u otras organizaciones (RCS Global, s.f.).

En sectores como las industrias de infraestructura, electrónica y automotriz, se ha instaurado el desafío de evaluar la procedencia de los materiales utilizados para la manufactura de sus productos (International Council on Mining & Metals, 2015b). Esta discusión se inició con base en los minerales conflictivos o 3TG⁵⁰, pero hoy en día se ha traspasado a otros minerales (Farooki, 2020a) como el cobalto en donde se ha dejado al descubierto prácticas que atentaban contra los derechos humanos⁵¹, e incluso otros minerales como el cobre o aluminio. A modo de ejemplo, durante 2017 Amnistía Internacional analizó los procesos de debida diligencia en el abastecimiento de minerales provenientes de zonas de conflicto⁵² por parte de los principales fabricantes de autos eléctricos. El reporte concluyó que las medidas tomadas por las empresas no eran suficientes como para asegurar que su cadena de suministro estaba libre de conflictos en contra de los derechos humanos (International Institute for Sustainable Development, 2018).

⁴⁸ Otros ejemplos interesantes son el compromiso de Apple de transparentar aspectos socioambientales a lo largo de sus cadenas de proveedores y alcanzar 100% de neutralidad de carbono a 2030; y la iniciativa Drive Sustainability, conformada por 10 empresas de la industria automotriz europea que buscan administrar la gestión socioambiental en toda su cadena de valor.

⁴⁹ Un ejemplo de estos son la Ley Dodd Frank Sección 1502 en los Estados Unidos (para 3TG), la Legislación de Minerales en Conflicto de la UE (para importadores de 3TG), la ley francesa de vigilancia empresarial y la Ley de Esclavitud Moderna en el Reino Unido (RCS Global Group, s.f.).

⁵⁰ Los minerales de conflicto son aquellos cuya explotación y comercio sistemáticos en un contexto de conflicto contribuyen, se benefician o dan lugar a la materialización de graves violaciones de los derechos humanos, violaciones del derecho internacional humanitario o violaciones que equivalgan a crímenes de derecho internacional.

⁵¹ Por ejemplo, los reportes publicados por el Amnesty International o The Washington Post que ligaban el cobalto al trabajo infantil en el Congo (Amnesty International, 2016) (Amnesty International, 2017) (Frankel, 2016).

⁵² Los minerales de zonas de conflicto son aquellos cuya extracción sistemática y comercio contribuyen a la violación de derechos humanos en el país de extracción y las zonas circundantes.

Lo anterior ha gatillado una discusión sobre cómo limpiar la cadena de suministro asociada a un producto, y se ha acuñado el término «abastecimiento responsable» (AR) para describir los esfuerzos puestos en esa línea. El International Council on Mining and Metals (ICMM) declara que no existe una definición internacionalmente aceptada para el AR, pero algunas instituciones poseen sus propias definiciones, como la Cámara Internacional del Comercio, que define el AR como «compromiso voluntario de las empresas de tener en cuenta consideraciones sociales y ambientales al gestionar sus relaciones con los proveedores». Por otro lado, la British Standards Institution (BSI) ha desarrollado un estándar de esquemas de certificación del sector de abastecimiento responsable para productos de construcción (BS 8902: 2009) que define el abastecimiento responsable como «la gestión del desarrollo sostenible en el suministro o adquisición de un producto».

Lo anterior combina dos dimensiones importantes del AR: la primera es la gestión de las operaciones comerciales internas de una empresa y la supervisión de las cadenas de suministro. La segunda se centra en la recopilación de datos e información, el seguimiento de las condiciones en la ubicación/origen de los minerales y la documentación del proceso desde el origen hasta la fundición/fabricación (Farooki, 2020b). La AR consiste en cuatro niveles de compromiso para una empresa que ha adoptado este tipo de prácticas:

- 1. Compromiso:** la empresa reconoce y se compromete a respetar la agenda del AR, y se compromete a respetar las convenciones internacionales sobre AR.
- 2. Estrategia:** la empresa formula estrategia operativa y comercial, con iniciativas identificadas, para seguir los principios que ha firmado.
- 3. Implementación:** la empresa implementa las iniciativas identificadas. Varios enfoques del AR abordan directamente la fase de implementación, proporcionando medidas de debida diligencia, documentos de vigilancia y evaluación, plantillas para la presentación de informes, etc.
- 4. Reporte y auditoría:** última etapa para la adopción de prácticas de AR. Considera el reporte de la empresa, el uso de una plantilla para reportar que se acoja a un estándar específico, y la auditoría y certificación de un tercero.

El AR es gatillado por quienes conforman el mercado de usuarios finales en conjunto con otros actores como organizaciones no gubernamentales (Susan van den Brink, 2019). El AR da garantías a los actores de toda la cadena de suministro: los fabricantes y los minoristas obtienen información sobre las condiciones de fiabilidad y seguridad de un producto, mientras que los consumidores reciben información sobre los esfuerzos de sostenibilidad realizados durante el ciclo de vida del producto. El proceso en sí mismo puede ser complejo, ya que en él intervienen una serie de agentes mundiales de todas las cadenas y sectores de suministro (Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development, 2019).

Como consecuencia, han surgido diversos estándares y coaliciones voluntarias de consumidores para asegurar que la compra de sus materiales ha cumplido con altos criterios socioambientales, lo cual incluso ha dado lugar a preocupaciones sobre la potencial dilución de su eficacia (GIZ, 2018). Hoy en día, se estima que existen sobre 160 estándares voluntarios enfocados en la minería, los cuales se suman a las regulaciones gubernamentales aplicadas a las empresas mineras y consumidores de materiales (Dufey, 2020). Esto ha dado pie a la discusión de **cómo los diferentes estándares pueden trabajar en conjunto de manera eficiente, sin duplicar esfuerzos y reconociéndose unos a otros** (GIZ, 2018) independiente de la industria, actor de la cadena de valor, tamaño de la empresa, etc⁵³. Para esto es importante que existan instancias en donde se puedan generar consensos entre las diferentes partes para poder reconocer tendencias y sinergias entre diferentes estándares disponibles en el mercado.

Actualmente, las empresas aguas abajo en la cadena de valor están demandando cada vez más información a sus proveedores en términos de la procedencia (las minas de origen) y los métodos de producción (RCS Global Group, s.f.). **Para lograr una trazabilidad robusta, se requiere de sistemas de monitoreo y reporte a lo largo de toda la cadena de valor. Esto implica la coordinación y armonización del mercado, desde los consumidores en torno a las variables y estándares que demandarán por sus productos, hasta los suministradores y quienes conforman la cadena de valor**, con el fin de ser capaces de monitorear y reportar estas variables y adaptar sus procesos productivos para alcanzar los requerimientos de sus clientes.

En este sentido, se ha discutido el potencial de la tecnología Blockchain en aplicaciones de trazabilidad de productos en la cadena de suministro dada la seguridad que entrega la tecnología. En esta línea se han desarrollado iniciativas como la *Responsible Sourcing Blockchain Network* para entregar servicios de monitoreo en la cadena de producción de diversos productos (RCS Global Group, s.f.), y guías sobre el uso de Blockchain para la trazabilidad en las cadenas de suministro (desarrollada por el *Responsible Mining Initiative, RMI*) (Responsible Minerals Initiative, 2020). Otras acciones concretas que puede tomar la demanda es la de **financiar organizaciones de certificación a terceros**, con lo que se reducirían los costos de cumplimiento en las fases anteriores para los proveedores, y al mismo tiempo se garantizaría la fiabilidad de la certificación.

Con la diferenciación del origen de los distintos materiales que conforman la cadena de valor, podrían abrirse nuevos espacios para **actores como refinadores o fundidores que se especialicen en el trabajo con minerales de un origen responsable**. Esto permitiría asegurar que los materiales con los que se ha trabajado no han sido mezclados con materiales provenientes de operaciones que no cumplen un criterio mínimo socioambiental. En orden de incentivar la generación de estos negocios es necesario **identificar las empresas que podrían ofrecer estos servicios en el mediano y largo plazo, y apoyarlas a través de la creación de fondos y capacidades** para la consolidación de este servicio.

⁵³ Lo anterior se engloba en el término «interoperabilidad», el cual se define como: [...] el grado en que diversos sistemas, organizaciones e individuos pueden trabajar juntos para lograr un objetivo común.

Por el lado de la demanda, los mayores desafíos que se enfrentan consisten en la definición de un consenso entre todos los actores que conforman la cadena de valor (independiente del riesgo o exposición en la que se encuentran) acerca de los datos a solicitar a sus proveedores. Esto sucede porque los actores aguas abajo en la cadena de valor requieren información a las refinerías, comercializadores o empresas mineras de acuerdo con sus propias necesidades, la cual será diferente a la información requerida por otros compradores. Como ejemplo, el Responsible Jewellery Council (consejo para la joyería responsable), el cual nació en 2005 tras la colaboración de 14 empresas del sector de joyería, desarrolló un estándar único para el mercado de las joyas, lo que facilita enormemente la implementación de medidas socioambientales a lo largo de la cadena de producción. Hoy en día, este consejo posee más de 1100 empresas y ha desarrollado dos estándares: un código de prácticas y un estándar voluntario de Cadena de Custodia (Dufey, 2020).

Por el lado de la oferta, tampoco existe un estándar aceptado por la industria para el control de minerales. Se identifican, además, barreras técnicas específicas para este sector asociadas a: ingreso y gestión de datos de cada una de las variables, transformación de procesos con base en papel a plataformas digitales, puntos de agregación complejos (en especial para mezclas de minerales), altos costos debidos a procesamiento computacional para manejo de datos y que las tecnologías adecuadas para realizar un seguimiento del producto no se encuentran debidamente desarrolladas⁵⁴. En este sentido, **la coordinación e interoperabilidad de los estándares es fundamental**, con las cuales se pueda fomentar aprendizajes entre distintos estándares y se dirijan los esfuerzos en establecer herramientas de certificación e indicadores en conjunto que puedan aplicar a más de un estándar (GIZ, 2018). Para generar esto es necesario **promover el uso de estándares flexibles que reconozcan las sinergias que existen con otros instrumentos** de «buenas prácticas», y **potenciar instancias de discusión y generación de acuerdos** para converger en acuerdos comunes.

Cabe destacar que las prácticas de abastecimiento responsable se han iniciado como esfuerzos voluntarios por parte de las empresas para cumplir con estándares socioambientales más estrictos que la regulación existente, y que satisfagan los requerimientos de los clientes finales. Aun así, estas prácticas cada vez se acercan más a convertirse en exigencias regulatorias obligatorias como *EU Conflict Minerals Regulation* y los requerimientos del *London Metal Exchange Responsible Sourcing* (Farooki, 2020).

⁵⁴Un ejemplo de esto es el estándar The Copper Mark, el cual busca homologar distintos estándares ya existentes con tal de alcanzar un piso común en términos de producción responsable.

4.2.2 Caso de estudio de referencia para ejemplificar medida: Cadena de suministro responsable de la Bolsa de Metales de Londres (London Metal Exchange, LME)

La Bolsa de Metales de Londres (LME por su sigla en inglés) es la plataforma de transacción de metales (en su mayoría metales no-ferrosos) más grande del mundo. Durante 2019, USD 13.5 mil millones fueron transados, y a la fecha posee 550 depósitos acreditados y distribuidos en 34 puntos internacionales para facilitar la transacción física de los minerales (London Metal Exchange, 2020).

Durante 2017, la LME realizó una encuesta a 350 productores de metales acerca de los estándares de suministro responsable a los cuales se acogían en sus procesos productivos. Este proceso se produjo después de que la sociedad civil hiciera campaña para mejorar los requisitos de transparencia sobre el abastecimiento de minerales, en particular acerca de trabajo infantil con el cobalto procedente de la República Democrática del Congo (Institute of Chartered Accountants in England and Wales, 2020).

En abril de 2019, la LME publicó una «Guía para la cadena de suministro responsable» basada en la Guía de Debida Diligencia de la OCDE (OECD, 2016), siendo el primer paso para involucrarse en el Suministro Responsable de Metales. En la implementación de esta iniciativa, el LME ha establecido que espera que para 2024, todas las marcas asociadas cumplan con la Cadena de Suministro Responsable (London Metal Exchange, 2019a). Con esta iniciativa, la LME se asegura de que cualquier usuario que adquiera un metal desde uno de sus depósitos obtendrá un producto que cumpla con los criterios de suministro responsable de la LME. Para esto, las compañías que quieran transar productos en la LME deberán contar con una «evaluación de alarma» (Red Flag Assessment, RFA), la cual permitirá acreditar que los productores cumplen con criterios mínimos de suministro responsable. Adicionalmente, se solicitará que las empresas productoras se acojan a los estándares ISO14001 y OHSAS 18001/ISO 45001 (o equivalente) para acreditar que los mecanismos de gestión ambiental y de salud están siendo implementados de manera correcta.

La iniciativa busca también integrar a las mineras pequeñas y artesanales en el proceso de transparencia y gestión de sus riesgos socioambientales, por lo que la LME ha buscado evitar criterios discriminatorios entre grande y pequeña minería (London Metal Exchange, 2020). Para eso, busca entregar un modelo de evaluación de riesgos que sea adecuado para ambos tipos de productores, dado que aquellos más grandes poseen mayores recursos legales y administrativos. Por lo anterior, se consideraron plazos holgados para que los pequeños productores pudieran adecuar sus procesos, fijando como plazo 2022 para comprometerse con los diferentes estándares, y 2023 para cumplirlo (London Metal Exchange, 2020).

Uno de los desafíos principales ha sido poder homologar la gran cantidad de estándares existentes con tal de aunar las mismas exigencias al momento de auditar a una empresa que participe de la LME. Para eso, la LME ha definido cuál es el objetivo que busca en las prácticas socioambientales de sus participantes, pero ha dejado a criterio de los productores cómo acreditar esas prácticas (las cuales pueden ser utilizando estándares, auditores externos, etc.) El objetivo de esto es lograr homologar la gran mayoría de estándares que existen, dando la flexibilidad de los productores a utilizar las herramientas que más se acomoden a sus contextos (dependiendo del tamaño del productor, contexto social, contexto regulatorio, prácticas que ya estén utilizando, etc.).

Los productores (exhiban o no banderas rojas) que deseen seguir un estándar industrial pueden adoptar una norma interna o externa alineada con la OCDE («vía A»). Por otro lado, los productores que no identifiquen banderas rojas en su evaluación inicial pueden completar un modelo de formulario estándar de la LME RFA, que luego puede ser auditado externamente («vía B») o revisado y publicado por la LME («vía C») (London Metal Exchange, 2019b). Esta flexibilidad en torno a las vías de cumplimiento garantizará que las empresas que se abastecen de zonas de conflicto no se vean penalizadas de forma preventiva por el hecho de ser consideradas de mayor riesgo. Sin embargo, independientemente de la vía seleccionada, se exigirá a todos los productores que lleven a cabo una evaluación de alarma, y que aborden cualquier problema identificado gracias a esta.

Adicionalmente, la LME ha asignado una contribución inicial de USD 2 mil millones, procedentes de las multas impuestas en el mercado del LME, a iniciativas de beneficencia en el sector de la contratación responsable (London Metal Exchange, 2020).

Hoy en día, de los países sudamericanos que transan en la LME, Chile posee 13 compañías aprobadas para transar en esa plataforma. Perú, por su lado, posee 2 compañías que están aprobadas para transar en la LME, mientras que Brasil posee solo una empresa que transa en la bolsa de Londres (London Metal Exchange - Approved-brands, 2020).

La LME ha declarado que su función es la de equilibrar adecuadamente los diferentes puntos de vista de las partes interesadas del mercado. En este sentido, se ha considerado la retroalimentación de las organizaciones de la sociedad civil y, al mismo tiempo, se han respetado las opiniones de los productores que han pedido plazos más alcanzables para adecuar sus procesos a estos nuevos requerimientos (LME, s.f.). Esto ha ayudado a generar un consenso en el mercado, apoyando la adopción de requerimientos socioambientales por parte de las empresas productivas, unificando criterios por parte de la demanda y ayudando a no discriminar a los diferentes actores del mercado en el proceso de implementación de estas prácticas⁵⁵.

⁵⁵ Para la lista de empresas que transan en el LME, hacer click [aquí](#).

4.2.3 Discusión y recomendaciones

La demanda ha sido uno de los principales impulsores del desarrollo de estándares y prácticas que permitan «limpiar» la cadena productiva de un mineral. En este proceso han sido los actores que están más cerca del cliente final los que han presionado por la incorporación de mejores prácticas productivas por parte de los actores aguas arriba. La implementación de este tipo de estándares presenta una serie de **importantes desafíos en torno a la coordinación de la cadena de valor** con tal de asegurar que se cumplan los requerimientos necesarios por cada uno de los actores involucrados en el proceso productivo. Para eso, es importante que **los estándares que se utilicen vayan de acuerdo con las capacidades de las empresas extractoras, considerando que dentro de este mercado existen empresas más pequeñas con recursos más limitados para implementar estas prácticas.**

Por otro lado, es importante establecer objetivos claros en torno a lo que se quiere exigir a las empresas, y permitir mecanismos flexibles para que estas puedan cumplir las exigencias impuestas. Cada empresa responde a procesos internos y contextos distintos, por lo que la posibilidad de homologar los esfuerzos existentes, o por hacer, es importante, con tal de no generar una mayor presión y evitar duplicidad de esfuerzos. En este sentido, el programa voluntario creado por *The Copper Mark* o el sistema de adhesión utilizado por la LME permite el uso de equivalencias de estándares que estén alineados por un mismo objetivo. Además, son estándares que operan en otras actividades dentro de la cadena de valor, de modo de llegar al cliente final con mejor información.

En el caso estudiado se puede observar que el abordaje de los desafíos identificados anteriormente es más fácil cuando se cuenta con un intermediario (en este caso la LME), que es imparcial y conoce la realidad de las partes (oferta y demanda). Esto permitió una mayor coordinación y acuerdo de todas las partes por involucrarse en un mercado más comprometido con los problemas socioambientales.

Adicionalmente, se observa cómo la demanda puede incorporar mecanismos de fomento para la adopción de estándares, como por ejemplo el fondo de USD 2 mil millones de la LME para proyectos de AR, o el incorporar criterios de AR en los procesos de compras públicas por parte del Estado o empresas estatales, los cuales podrían ayudar a generar antecedentes del uso de estas prácticas en la región. Para lograr esto, será necesario generar instrumentos financieros para reducir la incertidumbre de precios en procesos de AR y generar capacidades a nivel de empresas estatales para la instauración de estos criterios. Otras acciones que se podrían tomar son la contratación de entidades auditoras externas que puedan servir como certificadoras, lo cual facilita el proceso de transición a la adopción de prácticas responsables.

Cabe destacar los desafíos que presenta este mercado en el futuro. Hoy en día, se ha buscado que todos los participantes de este mercado cumplan con un mínimo de criterios establecidos. En el futuro se buscará que, además, se pueda comparar el desempeño

entre distintos productores respecto otros criterios, como, por ejemplo, compromisos relacionados con la gestión de sus emisiones y eficiencia en sus procesos.

A modo de resumen, de la información recopilada se puede distinguir que las principales recomendaciones en cuanto a la demanda son:

1. Promover la **armonización e interoperabilidad** de los estándares vigentes a través de instancias de acuerdo en los clientes de la minería para la convergencia de estándares.
2. Promover la implementación de sistemas confiables de **monitoreo, reporte y verificación** independiente a lo largo de toda la cadena de producción a través de fomento financiero y creación de capacidades para la adopción de estándares y la verificación independiente.
3. Generar un **precedente de «abastecimiento responsable»** en los procesos de compras públicas de productos derivados de la minería, por parte de empresas estatales de la región. Esto se puede lograr a través de la generación de instrumentos financieros para reducir la incertidumbre de precios en procesos de abastecimiento responsable y la generación de capacidades a nivel de empresas estatales para la instauración de estos criterios de abastecimiento responsable.
4. Transitar hacia una **trazabilidad en el origen de los insumos** para refinerías y fundidoras, con tal de que a largo plazo puedan dedicarse exclusivamente a minerales con un abastecimiento responsable. Esto se puede lograr a través de postulación a fondos internacionales o generación de fondo por parte de la demanda para la adopción de estándares de empresas proveedoras de servicios. También, es crucial identificar empresas que podrían tomar este rol en el mediano y largo plazo e determinar brechas para incorporar minerales con criterios de responsabilidad socioambiental y apoyar en establecimiento de metas para transitar hacia una operación exclusivamente responsable.

4.3 Gobierno corporativo y mercado financiero: exigencias de los inversionistas

4.3.1 Descripción de la medida y cómo puede tener un impacto en acelerar la adopción de sistemas de gestión y reporte socioambiental

Los altos niveles de emisiones y las externalidades socioambientales asociadas a la industria minera son cada vez asuntos más prioritarios para los inversionistas (Sanderson y Hume,

2019). Son un actor fundamental en la promoción de criterios de sostenibilidad en la minería a través de exigencias que puedan imponer en las operaciones que financian, ya sea por su mandato o por regulaciones que afecten a los inversionistas y sean traspasados a sus clientes.

Para que el sector pueda cumplir con la demanda de minerales y metales sostenida en el tiempo, deberá ser capaz de incorporar las exigencias de los inversionistas por una correcta gestión y reporte de los desafíos y oportunidades de carácter socioambiental (Responsible Mining Foundation y Columbia Center on Sustainable Development, 2020). Con esto se podrá transitar hacia una minería sustentable junto con la anticipación de consecuencias financieras negativas derivadas de un pobre manejo de estas dimensiones.

Por ejemplo, Newmont Mining⁵⁶ tuvo que retirarse de su proyecto de cobre y oro «Conga», de USD 5 mil millones en Perú en 2016 debido a la oposición de la sociedad civil. Solo en Perú se calcula que entre los años 2010 y 2014 se perdieron USD 62 mil millones del PIB del país debido a proyectos paralizados por conflictos socioambientales (Palomino et al, 2015).

Las acciones de Tahoe Resources⁵⁷, por otro lado, bajaron un 28 % en la bolsa de Toronto y más del 33 % en la de Nueva York en 2017, después de que en julio de ese año la Corte Suprema de Guatemala suspendiera la licencia de su operación a «Escobal», la tercera mina de plata más grande del mundo (Jamasmie, 2017). Esta suspensión fue debido a que las comunidades aledañas no fueron consultadas en el proceso de instalación del proyecto.

Como último caso, se tiene que después del colapso del relave en enero de 2019 en Brumadinho, que terminó en 250 muertos, la empresa Vale sufrió una pérdida USD 19 mil millones en valor de mercado en tan solo un día, y a octubre de 2019, el precio de sus acciones todavía reflejaba un 26 % de devaluación anual (Laier, 2019).

Los casos anteriores sugieren que un desarrollo sostenible en la industria es imperante. El aumento de los inversionistas que demandan un compromiso socioambiental más allá de la regulación no es simplemente una tendencia altruista⁵⁸, sino que aquellas empresas que no lo exijan podrían enfrentar consecuencias financieras y de reputación severas (Deloitte Insights, 2020). **Es crucial que las empresas mineras gestionen los efectos socioambientales adversos asociados a los sitios mineros y el riesgo financiero que estos pueden significar**, para poder captar inversionistas en el largo plazo.

Un crecimiento de exigencias socioambientales, además de ser fundamentales en la reducción del riesgo de inversionistas, podría tener por consecuencia una mayor competencia entre las empresas por conseguir financiamiento. En este momento, requerirá

⁵⁶ Una de las mineras de oro más grandes del mundo y la única que se mantiene actualmente en el índice S&P 500, a noviembre de 2020.

⁵⁷ Actualmente, corresponde a Pan American Silver, compañía que adquirió Tahoe Minerals en 2018.

⁵⁸ A 2019, las inversiones globales con criterios de sostenibilidad alcanzaron los USD 30 millones de millones,– un 68% superior a 2014 y diez veces desde 2004. (Pennini, 2020).

⁵⁹ Como podrían ser las exigencias de sistemas locales de evaluación de impacto ambiental.

que las compañías vayan más allá del cumplimiento obligatorio de la regulación local⁵⁹ y demuestren a los inversionistas que están adoptando buenas prácticas bajo estándares de sostenibilidad voluntarios (Pennini, 2020).

Para velar por la adopción de estándares de sostenibilidad y minería responsable, los inversionistas pueden tomar acciones concretas para movilizar a la industria. Según el tipo de inversionista, son distintos los tipos de medidas que se pueden ejecutar para vincularse efectivamente con las compañías mineras y su gobierno corporativo.

Por ejemplo, los accionistas pueden involucrarse más con el gobierno corporativo a modo de persuadir hacia una adopción de criterios y prácticas responsables, y el *proxy voting*, que corresponde a votar en las resoluciones de las juntas de accionistas —pudiendo votar en contra de aquellas propuestas que no cumplan con las expectativas de inversión—. También, aplican las resoluciones de los accionistas y socios, que corresponden a la solicitud por parte de un grupo de accionistas al resto, a modo de elevar una propuesta para que la empresa resuelva de alguna determinada forma ciertos temas ambientales o sociales.

Por otro lado, instituciones como las agencias crediticias podrían entregar una peor categorización de riesgo para la empresa. Los distintos grupos de inversionistas pueden tomar acciones como entregar peores tasas en créditos, votos en contra de los miembros del directorio por falta de cumplimiento con compromisos socioambientales y/o climáticos, o incluso advertir la posibilidad de desinversión (*divestment*) en la compañía si es que no se gestionan los temas socioambientales que exigen que cumplan las empresas mineras.

En este sentido, el gobierno corporativo del sector minero juega un rol clave en la adopción de exigencias de inversión y tiene un rol proactivo en la integración de criterios socioambientales, dejando clara una visión de cómo los diversos desafíos que enfrentan pueden convertirse en oportunidades (Berkouwer, 2020). Para que este compromiso sea creíble y aceptado por los inversionistas, los estándares deben ser adoptados dentro de la estrategia del negocio de las compañías y no como eventos aislados asociados a un área de responsabilidad social corporativa (Deloitte Insights, 2020).

Asociaciones mineras, en particular el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), están liderando⁶⁰ la acción de vincular a los gobiernos corporativos de la minería con la integración de requisitos de sostenibilidad para participar de su grupo de empresas socias. El ICMM fue el primer cuerpo industrial en comprometerse con los Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos de las Naciones Unidas, en 2018 (International Council on Mining and Metals, 2018) y busca que sus miembros lideren y sean un modelo a seguir para el resto de la industria. Dentro de sus requisitos buscan maximizar los beneficios de la producción minera y de metales para las comunidades locales y minimizar los impactos negativos para gestionar eficazmente los desafíos socioambientales de la minería (Pennini, 2020).

⁶⁰ El ICMM representa a 28 de las principales compañías mineras del mundo, que gestionan casi 650 activos en más de 50 países, y abarcan casi la mitad de la producción mundial de mineral de hierro y cobre, y una cuarta parte de todos los productos mineros. Además, representan a 36 asociaciones regionales y de commodities.

Los desafíos socioambientales asociados a sectores extractivos como la minería se traducen en **riesgos que a los inversionistas les corresponde gestionar en forma proactiva desde la gobernanza de las mineras**. El alto nivel de recursos económicos que debe ser movilizado para la demanda sostenida de metales que supone la transición hacia una economía baja en carbono sitúa a los inversionistas como uno de los actores principales en la responsabilidad de alinear sus negocios con exigencias socioambientales más estrictas. Con esto podrán disminuir sus riesgos de inversión y los efectos nocivos de las operaciones mineras en el ambiente y sociedad.

Vale la pena mencionar un mecanismo innovador del Reino Unido, mediante el cual inversionistas individuales compran acciones en compañías (con pobres prácticas sociales y ambientales) y le transfieren su poder de accionistas a ONG, ShareAction en el Reino Unido) para que los represente en la Junta General Anual de Accionistas y de esta manera ejercen presión para la adopción de estándares ASG. En la medida en que la ONG agrupa más acciones de inversionistas individuales, más poder tienen en la Junta General Anual de Accionistas.

ShareAction es una organización líder en dar voz a aquellos que desean invertir sus valores, así como sus activos. ShareAction busca aprovechar el activismo de los accionistas (Shareholder Activism en inglés) para acelerar la transición de las empresas en la adopción de los estándares ASG. ShareAction aprovecha su influencia como accionistas en la Junta General Anual de Accionistas y su poder de voto como mecanismo para incluir los temas de ASG en la agenda frente a la junta directiva de la compañía.

A manera de ejemplo, ShareAction presentó resoluciones de accionistas en BP y Shell en 2009, exigiendo a dichas compañías que dejaran de invertir en arenas bituminosas «tar sands». Desde ese entonces, Shell ha vendido todos sus activos de arenas bituminosas. ShareAction emplea tácticas con el apoyo de aliados de la sociedad civil y la industria de la inversión, para impulsar la ambición y la acción climática en las grandes empresas. Estas tácticas incluyen un análisis detallado y una investigación del progreso de estas grandes compañías hacia la transición de una economía baja en carbono y luego incorporando preguntas desafiantes en las Juntas Generales Anuales y presentado resoluciones de los accionistas para estimular la adopción de estándares ASG.

Para ver caso de estudio de referencia para ejemplificar gobierno corporativo ver Anexo D.2 Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (involucramiento de PRI, UNEP FI, ICMM)

4.3.2 Discusión y recomendaciones

Los inversionistas juegan un papel clave en contribuir con la elaboración de estándares que permitan plasmar las expectativas de desempeño en materias de sostenibilidad que tienen sobre sus clientes. La iniciativa de seguridad en la minería y los relaves para inversionistas es una muestra de cómo pueden articularse distintos actores del sector

financiero en torno a metas comunes, y definir acciones a seguir ante un no cumplimiento de ellas.

La experiencia de cómo se han involucrado activamente los inversionistas en la exigencia del estándar de gestión de relaves es un precedente para cómo pueden abordar otros desafíos socioambientales. Para esto, es clave que comprendan los desafíos, oportunidades y riesgos a los que se ve enfrentada la minería, y colaboren en iniciativas que permitan **unificar los criterios y exigencias a solicitar a las empresas**.

Por ejemplo, existen iniciativas como el United Nations-Convened Net-Zero Asset Owner Alliance, correspondiente a un grupo de 30 inversionistas institucionales con USD 5 mil millones bajo gestión⁶¹ con el mandato de hacer la transición de sus carteras de inversión a emisiones netas de GEI cero para 2050. Se comprometen a cumplir este deber mediante una gestión integral de los desafíos socioambientales y de gobernanza, a través de la promoción e intervención en diseño de políticas públicas y/o estándares, y acción vinculante con corporaciones e industrias.

Adicionalmente, el rol de los inversionistas en acelerar la adopción de prácticas de sostenibilidad en la minería se puede ver potenciado por futuras regulaciones para el sector financiero que los obligue a ejercer una influencia en sus nichos de inversión o una mejor evaluación y reporte de riesgos socioambientales. Un ejemplo de esto son las exigencias del Reino Unido para que el sector financiero, junto al resto de los sectores de la economía, divulguen los riesgos y desafíos relacionados a la sostenibilidad y cambio climático en línea con el Grupo de Trabajo sobre Declaraciones Financieras Relacionadas con El Clima (TCFD por sus siglas en inglés)⁶² en un plan de acción hacia 2025 (HM Treasury, 2020). Los esfuerzos por estandarizar estas métricas socioambientales, específicamente ASG, también se presentan en la regulación para «non-financial reporting» de la Unión Europea⁶³.

Cabe mencionar que para que se cumpla con este rol de manera efectiva, el involucramiento de los distintos tipos de inversionistas debe ser proactivo. Sin embargo, se identifica que actualmente los accionistas tienden a tener un carácter «reactivo», involucrándose con las temáticas socioambientales cuando los problemas ya emergen y de manera evidentes, y no anticipándose a ellos. Otros actores con horizontes de inversión de plazos más largos, como pueden ser los fondos de pensión, si bien tienen el interés y la proactividad por gestionar estos desafíos, difícilmente tienen la capacidad de abarcar cada tipo de desafío de manera granular. En este sentido, será necesario que las expectativas de los inversionistas vayan

⁶¹ Más información se encuentra disponible en el siguiente [enlace](#).

⁶² Si bien muchos inversionistas han buscado cada vez más la integración de criterios socioambientales y de gobernanza en sus decisiones de inversión, muchos informan a menudo que uno de los mayores obstáculos para estas iniciativas es la falta de datos coherentes y fiables para saber dónde dirigir los esfuerzos y medir, analizar y seguir los progresos. El TCFD se estableció para ayudar a abordar estos asuntos de manera sistematizada (ESG Today, 2020).

⁶³ Más información disponible en el siguiente [enlace](#).

convergiendo a las acciones concretas que pueden tomar para vincular a las empresas mineras en promover una minería sostenible.

Con base en lo anterior, será muy relevante la proactividad del gobierno corporativo de las empresas mineras por transparentar y divulgar sus esfuerzos en materias socioambientales, adoptando iniciativas de gestión voluntarias de estos desafíos como una parte del negocio, y participando activamente de la creación de nuevos estándares o acuerdos en torno a prácticas responsables a nivel de gobierno corporativo. Aquellas compañías que logren incluir los criterios socioambientales dentro de sus modelos de negocio son las que estarán más preparadas para responder eficazmente a las expectativas de los inversionistas (Deloitte, 2020).

Sean o no impulsados por regulaciones que aceleren sus acciones, los inversionistas tienen la capacidad de que las iniciativas de sostenibilidad permeen hacia la gran cantidad de desafíos socioambientales arraigados en la minería. Su rol en vincular a las empresas mineras se puede llevar a cabo a través de la colaboración con la elaboración o promoción de estándares, la claridad en las exigencias sobre los clientes mineros, y la definición de las medidas a implementar como consecuencias si no se cumplen los criterios socioambientales solicitados. Por lo mismo, para promover la adopción de estándares se recomienda el involucramiento proactivo de inversionistas para identificación de riesgos socioambientales y adopción de estándares hacia la mitigación de estos, a través de la creación de capacidades en los inversionistas para que conozcan los estándares existentes y las tendencias del mercado, además de promover la regulación sobre el sector financiero en torno a nuevos requerimientos de evaluación y reporte de riesgos socioambientales. A su vez, se recomienda que se fomente una colaboración por parte de los inversionistas en la elaboración y promoción de estándares, a través de instancias de generación de diálogos y consensos.

5. Conclusiones y recomendaciones

La transición hacia una economía baja en carbono tiene un gran potencial económico para la minería en ALC estimado en más de USD 50 mil millones anuales a 2050 (equivalentes al PIB nominal de Uruguay de 2020). Se sugiere adoptar estándares socioambientales para que ALC logre crear las condiciones de mercado necesarias para atraer más inversión y obtener la licencia social y ambiental que permita a la región capturar los grandes beneficios de una mayor demanda de minerales. La adopción de estándares ASG contribuye a reducir el riesgo operacional percibido por inversionistas, proyectos en pausa o cancelados (sección 4.3.1), por huelgas a causa de falta de licencia social y ambiental que tienen implicaciones negativas en los flujos de caja y la rentabilidad del proyecto. Adicionalmente, en un escenario de 1.5-2.0 °C las finanzas tradicionales evolucionarán a finanzas sostenibles donde la adopción de estándares ASG serán instrumentales para garantizar el flujo de capital a proyectos sostenibles. Aunque encontramos que la tendencia global de estándares ASG está rezagada en ALC (sección 3.3), aún se está a tiempo para ponerse al día.

En un escenario de 1.5 °C y un escenario de 2.0 °C, se producirá más energía a partir de fuentes renovables como la eólica y la solar, mientras que la mayoría de los vehículos funcionan con electricidad o hidrógeno verde. La electrificación de la flota de vehículos de pasajeros es mucho más rápida en los escenarios de bajas emisiones de carbono que en el caso de referencia (3.0 °C). Estas transiciones también requieren una amplia actualización de las redes eléctricas, particularmente para mejorar la infraestructura de almacenamiento y distribución de energía, así como para expandir la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. La demanda de minerales es mayor en los escenarios de bajas emisiones de carbono que en el caso de referencia (3.0 °C), y la demanda es significativamente mayor en el escenario de 1.5 °C que en el escenario de 2.0 °C. El cobre y el litio son los minerales que tienen más probabilidades de beneficiarse de una transición baja en carbono. La demanda global del cobre se espera que se duplique más del doble de 2020 a 2050, cuando las tecnologías bajas en carbono demandarán un 32 % del cobre total. En el caso del litio, es el mineral que exhibe el mayor crecimiento para 2050, con un aumento del 1100 %, llegando a una demanda total de litio del 1.1 Mt en 2050, que proviene principalmente de tecnologías bajas en carbono (94 %), resaltando que las diferentes tecnologías bajas en carbono requieren de más metales relativos a las tecnologías convencionales.

Para 2050, los países focales de este estudio producirán un 990 % más de litio, un 74

% más de zinc, un 54 % más de cobre, un 28 % más de manganeso y un 62 % menos de plomo en el escenario de 1.5 °C que en el 2020. Las diferencias entre los escenarios de descarbonización (1.5 °C, 2.0 °C y 3.0 °C) son mucho menores relativas al aumento esperado entre 2020 y 2050. Por ejemplo, entre el escenario 2 °C y 1.5 °C, el litio solo aumenta un 8 %, mientras que entre 2020 y 2050 aumenta un 990 %. Esto resalta que alcanzar los objetivos de descarbonización del acuerdo de París de 2016 (equivalentes a un escenario de 4 °C) requiere aumentar la producción global de metales significativamente. Por lo tanto, la gran oportunidad para ALC es real con tal solo alcanzar las metas del acuerdo de París de 2016, que evolucionan a ser más ambiciosas con las nuevas tendencias de carbono cero a 2050.

Es muy probable que los productores de cobre se beneficien de una descarbonización más agresiva en el escenario de 1.5 °C. Para 2050, los países focales obtendrán una ganancia de USD 50 mil millones por año de la producción de los minerales clave, con USD 43 mil millones (86 %) provenientes del cobre donde Chile y Perú tienen el mayor potencial. La mayor tasa de crecimiento de las utilidades se encuentra en Argentina, con un crecimiento anual del 5.2 % por los beneficios que le trae litio y el cobre, vislumbrando la oportunidad de Argentina de beneficiarse del crecimiento en la demanda de metales.

Para alcanzar las metas del acuerdo de París, el consumo proyectado de minerales deberá aumentar significativamente en los próximos años. Esto, en un contexto en donde la industria minera enfrenta una presión socioambiental por los impactos de la minería y un creciente escrutinio desde la demanda y los inversionistas que, combinado con la regulación, obliga a aumentar el ritmo de adopción efectiva de mejores estándares socioambientales en sus procesos productivos para participar en el suministro para esa demanda.

Los temas transversales a los países relacionados a la minería requerida para la descarbonización incluyen temas de la gestión del agua, las condiciones de salud y seguridad de los empleados, las relaciones laborales y las relaciones comunitarias. Aunque cabe resaltar que cada mineral y cada país tienen sus particularidades.

La adopción de estándares socioambientales en las empresas mineras en ALC fomentada por política pública se identifica como una buena estrategia que se puede complementar con otras alternativas que se recomienda evaluar:

- Promover el vínculo de la industria minera con el ecosistema de innovación en equipos, tecnologías y servicios de la minería (METS por su acrónimo en inglés)⁶⁴.
- Fomentar el desarrollo e inversión de infraestructura asociativa, que permita proveer servicios a más de una empresa y más de una mina.
- Profundizar el entendimiento en las oportunidades de economía circular aplicable a la minería, a partir del tipo de infraestructura para el procesamiento metalúrgico que permita aumentar la tasa de reciclaje.

⁶⁴ Destaca la experiencia del programa Expande de BHP.

- Asegurar un régimen fiscal que, por un lado, sea estable en el tiempo (que redunde en un marco regulatorio predecible) y, por otro lado, sea flexible con tal de responder a la naturaleza cíclica del mercado de commodities y minerales (UNDP, 2018; Smith y Davis, 2020).
- Considerar que la adopción de estrategias corporativas a través de la implementación de marcos ASG o la adhesión a iniciativas de sostenibilidad es la opción con mayor potencial de crecimiento para las operaciones mineras.
- Profundizar en el entendimiento y aprendizaje de aquellas experiencias donde las empresas mineras han compartido parte de los beneficios con la comunidad local, para fortalecer la relación con ella y garantizar la licencia social⁶⁵.

Identificamos en este reporte que el mayor reto es cómo la industria minera en ALC va a acelerar la adopción y reporte de estándares socioambientales para poder mantener o aumentar su participación de mercado. Si esto no ocurre, se corre el riesgo de que las fuentes de capital y los clientes de la minería desvíen su atención hacia otros mercados mineros donde se perciba un menor riesgo. La adhesión efectiva a estos estándares puede ser una oportunidad para diferenciar los productos en el mercado global y puede representar el deseo de contribuir al buen gobierno corporativo y al desarrollo sostenible.

No obstante lo anterior, esta situación podría cambiar bajo un escenario distinto en que las grandes fuentes de capital y los clientes dominantes desatiendan los atributos socioambientales de la minería, y no permitan consolidar una cadena de valor responsable en los materiales necesarios para una transición baja en carbono. Por ejemplo, ante una mayor influencia de bancos nacionales de desarrollo de grandes economías emergentes⁶⁶, sin interés en la trazabilidad socioambiental de las materias primas, o en clientes intermediarios que no perciben la necesidad de diferenciación de productos por parte de consumidores finales más sofisticados, el escenario anterior podría desarrollarse. Aun así, los autores de este reporte consideran que este escenario es poco probable, dado los riesgos socioambientales (mayor conflictividad e impacto ambiental) que terminarían por restringir la oferta y aumentar los precios, quitando competitividad a los productos desarrollados bajo estos criterios.

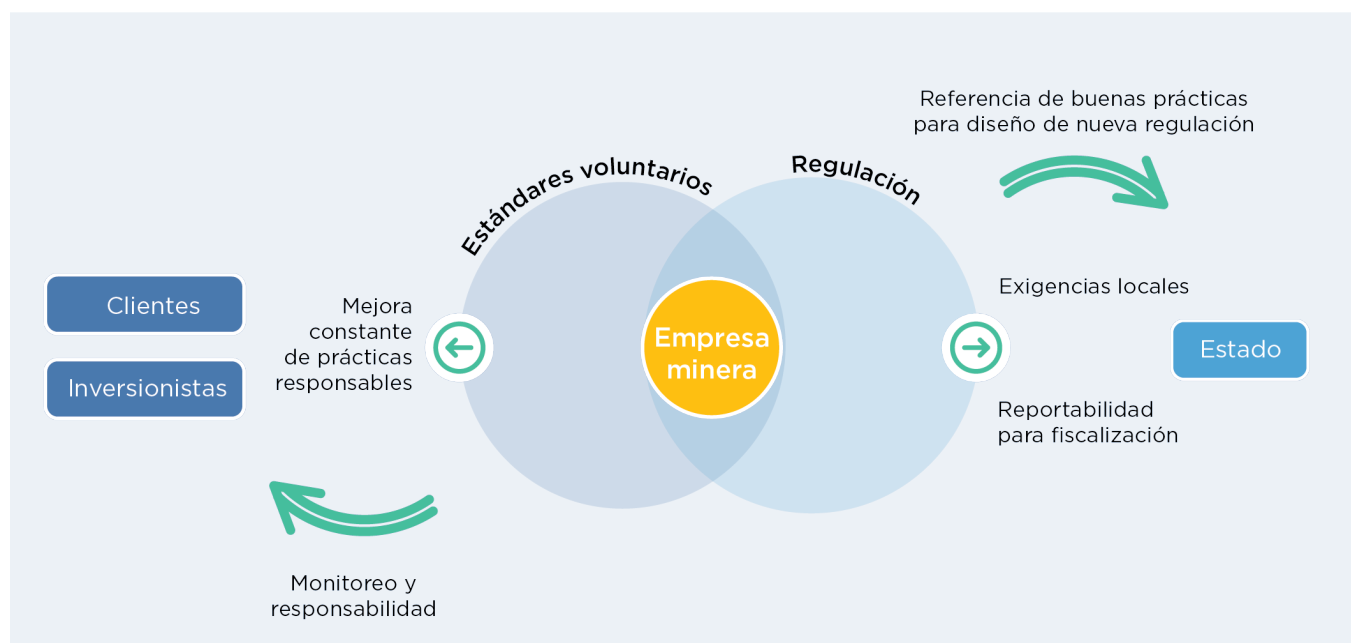
En el ámbito regulatorio, una manera eficaz de abordar los desafíos y oportunidades que se abren en la minería para un escenario de transición baja en carbono es la adopción de prácticas responsables tanto voluntarias (las cuales surgen de los estándares voluntarios a las que las empresas adscriben) como obligatorias (provenientes de la regulación). En este sentido, las leyes que rigen la operación de las instalaciones mineras se enmarcan en un círculo virtuoso junto a los estándares voluntarios, en donde la regulación define

⁶⁵ Ver, por ejemplo, Gobierno de Australia, 2020, capítulos 4, 5 y 6.

⁶⁶ Por ejemplo, más interesados en promover industrias nacionales que en la trazabilidad socioambiental de las materias primas que esas industrias utilizan.

un piso para las obligaciones a las que deben de acogerse las operaciones mineras, y los estándares voluntarios apoyan las aristas más débiles de la regulación, teniendo un rol de laboratorio natural para la puesta en práctica y posterior implementación de nueva regulación más estricta (ver Figura 5 1). Se ha observado que la adhesión a tratados internacionales y acuerdos de intercambio favorece la adopción de mejores estándares de desempeño, por lo que se recomienda que los gobiernos apoyen instancias de discusión en torno a estos acuerdos e, idealmente, avancen en la ratificación y aplicación nacional de estos acuerdos. De esta forma el «piso mínimo» de la regulación local se fortalece en coherencia con el aumento del «techo» definido por los estándares voluntarios, teniendo presente la capacidad de la industria de poder adoptar mejores prácticas, promoviendo que la **regulación local evolucione en coherencia con los aprendizajes derivados de la implementación local de estándares voluntarios**. Por ello, se recomienda que los **gobiernos apoyen la generación de evidencia de los impactos que los estándares voluntarios tienen sobre las prácticas de las empresas mineras en el mejoramiento de su desempeño social y ambiental**.

Figura 5.1 - Relación entre actores y estándares de producción voluntarios y obligatorios (regulación)



Fuente: Elaboración propia

Respecto al rol de la demanda al articular la cadena de valor basada en un abastecimiento responsable (AR). Los fabricantes de tecnologías para la transición baja en carbono se encuentran más cerca del cliente final, por lo que están expuestos a un mayor interés del mercado por poner a disposición un producto basado en AR. Esto los hace actores con un rol fundamental en **promover la armonización e interoperabilidad del gran número de estándares vigentes**, de modo de que por un lado reflejen las expectativas de clientes finales, y por otro incentiven la adopción de estas prácticas por parte de la industria minera. Para esto será necesario generar instancias de acuerdo con el nivel sectorial, de industria o segmento de demanda, y promover el uso de estándares que faciliten la homologación de esfuerzos ya realizados dentro de las empresas, considerando siempre las particularidades de empresas grandes en relación con las medianas y pequeñas.

Estos esfuerzos requieren ser complementados por los **inversionistas que están en posición de tener un involucramiento proactivo en el gobierno corporativo** de algunas empresas mineras, para transparentar y divulgar sus esfuerzos en materias socioambientales, participando activamente en la creación de regulación y nuevos estándares. El uso de sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) será además importante para diferenciar el origen de un producto, lo que además podría **abrir espacios para actores nuevos como refinadores o fundidores exclusivamente dedicadas a minerales de un origen responsable**, que puedan **acreditar que su producción completa cumple con estándares socioambientales y no ha sido mezclada con otros materiales provenientes de operaciones menos rigurosas** en sus procesos. Para lo anterior sería fundamental identificar las empresas que podrían tomar este rol en el mediano y largo plazo, como también las brechas existentes por operar en su totalidad con productos responsables. Además, se podrá motivar a estos actores a la postulación de fondos internacionales o a generar nuevos fondos para la consolidación de este mercado/servicio.

Finalmente, se recalca la importancia de establecer herramientas de fomento que incentiven la adopción de prácticas y estándares socioambientales en todas las empresas mineras (independiente de su tamaño). La implementación de sistemas de monitoreo, trazabilidad y reporte requieren de recursos elevados y es importante establecer cómo se financiarán estas iniciativas. En este sentido, el Estado posee un rol importante para entregar incentivos para la adopción de prácticas responsables, cubrir parcialmente costos de implementación y establecer espacios para mostrar los avances de la industria a nivel nacional e internacional, incluyendo la utilización de tecnologías innovadoras que apoyen los sistemas de monitoreo, reporte y verificación y el cumplimiento de estándares.

Adicionalmente, se puede **generar una cultura de AR en los procesos de compras públicas por productos o servicios por parte del Estado**. Por su parte, la demanda también puede participar, por ejemplo, en la contratación de entidades auditoras externas que puedan verificar que los criterios establecidos se están cumpliendo, lo cual entrega credibilidad al proceso y cubre los costos de verificación asociados a la implementación de prácticas responsables.

ALC está en una posición muy privilegiada con sus abundantes recursos minerales necesarios en una economía de bajo carbono. Adoptar mejores prácticas y estándares socioambientales ayudarán a que se materialicen los beneficios sociales y económicos sin poner en riesgo el medioambiente. También contribuye a atraer mayor inversión al disminuir el riesgo operacional percibido por inversionistas reduciendo el riesgo de pausas o cancelación de proyectos al contar con la licencia social y ambiental necesaria para operar. Dependerá de la correcta articulación entre gobierno, empresas mineras, sector financiero y clientes para crear prosperidad en la región acelerando la adopción de estándares ASG.

A. Metodología detallada

Modelado orientado a la demanda

Descripción general

Esta sección establece la metodología para estimar los escenarios de demanda baja en carbono para cada uno de los cinco minerales de enfoque (cobre, plomo, litio, manganeso y zinc). El análisis consta de cuatro pasos, como se ilustra en Figura 1:

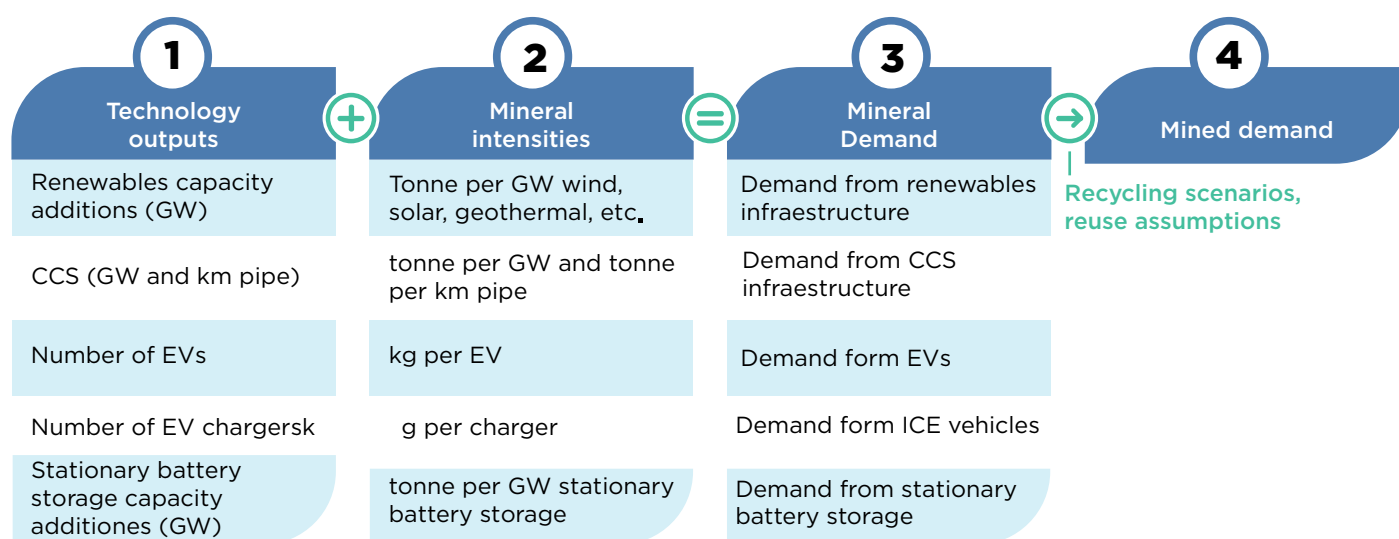
1. Estimar la demanda de tecnologías energéticas en los escenarios de 3 °C, 1.5 °C y 2 °C. Este análisis utiliza el modelo TIMES Integrated Assessment Model (TIAM) para estimar el cambio en la demanda de tecnologías energéticas en escenarios de bajas emisiones de carbono en comparación con el caso de referencia de 3 °C.

5. Determinar las intensidades minerales para tecnologías energéticas y seleccionar tecnologías. Para convertir la demanda de tecnologías energéticas en las cifras de demanda correspondientes para los minerales de enfoque, el análisis utiliza las intensidades minerales de esas tecnologías. Estos se obtienen de la literatura y análisis previos.

6. Estimar la demanda total de minerales en 2030 y 2050. Utilizando los resultados de los dos pasos anteriores, el análisis estima la demanda total de los minerales de enfoque en los dos escenarios en 2030 y 2050, por sector (generación de energía, vehículos de pasajeros, vehículos de carga, almacenamiento estacionario, otros).

7. Estimar la demanda de minerales extraídos en 2030 y 2050. Este paso desarrolla escenarios de reciclaje bajo, central y alto para cada mineral para reflejar el alto nivel de incertidumbre asociado con el aspecto de la economía circular. Estas estimaciones de contenido reciclado se aplican a las estimaciones de la demanda total para producir estimaciones de la demanda extraída en 2030 y 2050 para cada mineral de interés, por sector.

Figura 1 Resumen del enfoque de modelado de la demanda



Fuente: Vivid Economics

Estimación de la demanda de tecnologías energéticas por debajo de las rutas de 1.5 °C y 2.0 °C

Descripción general de TIAM

Los resultados tecnológicos de este análisis se generan utilizando el modelo TIMES Integrated Assessment Model (TIAM) del Imperial College. TIAM es un modelo de optimización multirregional y de menor costo de todo el sistema energético. El modelo captura toda la cadena energética desde la extracción de combustibles fósiles de las reservas hasta el uso de energía en los sectores de demanda. Hay cinco sectores de demanda: agricultura, edificios comerciales, edificios residenciales, transporte e industria. Dentro de cada uno de estos sectores de demanda, la demanda de energía se desglosa en demanda de diferentes servicios energéticos como calefacción e iluminación en el sector residencial, kilómetros de transporte en el sector del transporte o toneladas de acero en la industria. Estos pueden ser suministrados por diferentes tecnologías, que a su vez consumen diferentes combustibles (como carbón, gas, biomasa, electricidad). El modelo está dividido en 15 regiones y permite el comercio de permisos de combustible y carbono entre regiones. El modelo puede elegir entre diferentes opciones tecnológicas para satisfacer la demanda de servicio energético dada. La función objetivo del modelo es minimizar el costo total del sistema energético descontado durante el horizonte temporal sujeto a una restricción climática determinada (por ejemplo, una restricción en las emisiones de CO₂ o un costo de carbono exógeno).

Los datos del sistema energético, como los costos de la tecnología, las restricciones de construcción, las curvas de suministro de recursos y la disponibilidad anual de recursos son entradas adicionales del modelo. El modelo TIAM utilizado es la versión del modelo ETSAP-TIAM del Instituto Grantham del Imperial College de Londres, que es desarrollado y mantenido por el Programa de Análisis de Sistemas de Tecnología Energética (ETSAP) de la Agencia Internacional de Energía (IEA)⁶⁷. La estructura y funcionalidad de ETSAP-TIAM aparece en revistas científicas revisadas por pares (Loulou y Lambriet, 2007; Remme y Blesl, 2008). La ETSAP-TIAM ha sido adoptada y desarrollada por varios grupos académicos de modelado en todo el mundo y se presenta en una serie de estudios de intercomparación de modelos revisados por pares de mitigación para objetivos estrictos de cambio climático, incluidos los estudios 22 y 27 del Foro de modelado energético de Stanford⁶⁸.

Escenarios de temperatura

Este análisis incluye dos escenarios de bajas emisiones de carbono, uno de 1.5 °C y uno de 2.0 °C, y un escenario inicial de 3.0 °C. Los escenarios de temperatura se caracterizan por presupuestos de carbono. Los presupuestos de carbono definen la cantidad de carbono que se puede emitir a la atmósfera para limitar el calentamiento global a una determinada temperatura con cierta probabilidad. En cada una de sus evaluaciones recientes e informes especiales sobre el cambio climático, el IPCC ha publicado los presupuestos de carbono estimados para mantenerse por debajo de 1.5 °C y 2 °C de calentamiento con 50 % y 66 % de probabilidad. Aquí, se utilizan los presupuestos de carbono asociados con permanecer por debajo de 1.5 °C y un calentamiento de 2 °C con una probabilidad del 50 %. Por lo tanto, se utilizan presupuestos de carbono de aproximadamente 1500 Gt CO₂ y 580 Gt CO₂ para los escenarios de 2 °C y 1.5 °C, respectivamente (IPCC, 2018). El presupuesto de carbono del escenario de referencia es de alrededor de 3.300 Gt de CO₂ y asume que se implementan los compromisos de las NDC actuales.

Procesamiento de salidas del modelo

La producción de TIAM requiere procesamiento antes de que podamos usarla para estimar la demanda mineral usando intensidades minerales. Esto es por tres razones:

1. Primero, muchas salidas TIAM vienen en unidades que no coinciden con las intensidades minerales en la literatura. Por ejemplo, las producciones de transporte se expresan en miles de millones de kilómetros por vehículo, mientras que las intensidades minerales en la literatura se dan en kg de mineral por vehículo. Para convertir las salidas de transporte a unidades de millones de vehículos, esta metodología utiliza cifras de kilometraje promedio anual de la literatura para cada tipo de vehículo. Las salidas en miles de millones de kilómetros de vehículos se dividen luego por el kilometraje anual asumido para obtener unidades de millones de vehículos.

⁶⁷ Para obtener más información sobre el modelo, como las tecnologías incluidas, consulte el siguiente [enlace](#).

⁶⁸ Véase [EMF 22](#) and [EMF 27](#).

2. En segundo lugar, los resultados de TIAM no consideran el reemplazo requerido de tecnologías una vez que llegan al final de su vida útil. Por ejemplo, TIAM indica la cantidad de GW de energía eólica terrestre necesarios en cada año para satisfacer la demanda de electricidad en cada región, sin embargo, no proporciona la cantidad total de adiciones de capacidad necesarias para satisfacer la demanda existente y reemplazar los molinos de viento que se retiran ese mismo año. Por lo tanto, la metodología usa estimaciones de vida útil para cada tecnología de la literatura y las usa para calcular los reemplazos requeridos por año por tecnología.

3. En tercer lugar, no todas las tecnologías bajas en carbono de interés para este trabajo se incluyen directamente en TIAM. Esto se aplica al almacenamiento fijo y a los cargadores de vehículos eléctricos. Para calcular el almacenamiento estacionario, este análisis se basa en los resultados de Carbon Tracker y el Instituto Grantham, asumiendo que se requieren 0.25 GW de almacenamiento para soportar cada GW de capacidad de generación variable (eólica, solar y oceánica) una vez que la penetración de la generación variable exceda el 20% de participación de mercado⁶⁹. Para los cargadores de vehículos eléctricos, las suposiciones, basadas en datos de IEA (2019), son que cada vehículo eléctrico personal está acoplado con un cargador privado y un cargador público 0.1 (IEA, 2019) y que aproximadamente un tercio de los cargadores públicos son cargadores rápidos. Según datos de Shenzhen, la primera ciudad en implementar una flota de autobuses totalmente eléctricos, cada cargador rápido sirve aproximadamente a 3 autobuses (Lin et al., 2019). Por último, utilizando las proyecciones de la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles sobre el número de estaciones de carga y vehículos eléctricos necesarios para cumplir con el estándar de emisiones de CO₂ de vehículos pesados de la UE en 2030, este análisis calcula que se necesitan 1.45 cargadores rápidos por camión (incluidos cargadores públicos y privados) (Asociación europea de fabricantes de automóviles, 2020)

Determinación de las intensidades minerales y la cobertura tecnológica.

Intensidades minerales y estimación de la demanda total

Para estimar la demanda total de minerales de cada una de las tecnologías seleccionadas, este análisis aplica las intensidades minerales de la literatura a las salidas TIAM procesadas. Estas intensidades minerales se recopilan de una búsqueda extensa de literatura que cubre artículos académicos, informes de la industria y publicaciones gubernamentales. Algunas de estas intensidades minerales se toman directamente de la literatura, mientras que otras requieren conversiones y escalas para adaptarse a las necesidades de este análisis. En particular, las intensidades minerales para vehículos eléctricos de automóviles existen para todos los minerales, sin embargo, las intensidades minerales para todos los demás tipos de vehículos eléctricos (vehículos eléctricos de 2 y

⁶⁹ Para más información visite el siguiente [enlace](#).

3 ruedas, vehículos eléctricos de autobús, vehículos eléctricos de camiones comerciales, vehículos eléctricos de camiones medianos, vehículos eléctricos pesados) en TIAM no siempre están disponibles en la literatura. Cuando faltan estos puntos de datos, el análisis escala las estimaciones de VE (vehículo eléctrico) del automóvil por la relación entre el peso del otro tipo de VE y el peso del VE del automóvil.

Hay dos factores que podrían afectar las intensidades minerales a lo largo del tiempo: la sustitución por productos menos intensos en minerales y la innovación. TIAM optimiza el uso de tecnologías dentro de un presupuesto de carbono y una ruta de costos dados, lo que significa que los escenarios que usamos ya incorporan el primero a través de diferencias en el despliegue de tecnología. Esta última, la innovación en tecnologías, debe capturarse fuera del TIAM. Esto se captura mediante la implementación de cuotas de mercado dinámicas de tecnologías de baterías, como se describe a continuación. El análisis asume que todo el crecimiento de la demanda de almacenamiento estacionario se satisface con tecnologías de baterías químicas. Cabe señalar que el hidrógeno y las pilas de combustible no son componentes importantes de los escenarios aquí considerados. Si bien los escenarios se basan en cierta medida en el hidrógeno en la industria, no aparece de manera significativa en la descarbonización del sector del transporte debido a costos relativamente más altos.

Las intensidades minerales de los vehículos eléctricos y el almacenamiento estacionario podrían cambiar considerablemente durante los próximos 30 años y el análisis refleja esto a través de intensidades minerales dinámicas para estas tecnologías. La intensidad mineral de los vehículos eléctricos y el almacenamiento estacionario depende en gran medida de las cuotas de mercado de las diferentes bioquímicas de las baterías. Es posible que se produzcan grandes cambios en estas cuotas de mercado. Para dar cuenta de esto, el análisis se basa en trabajos anteriores de Vivid Economics que pronosticaron la participación de mercado de cada una de las principales sustancias químicas de las baterías. Estas proyecciones de participación de mercado se combinan con la intensidad mineral de la química de cada batería (en toneladas de mineral por GW) para calcular una intensidad de batería representativa para cada mineral. Las proyecciones de participación de mercado se estiman por separado para vehículos eléctricos y baterías de almacenamiento estacionarias, por lo que se calculan distintas intensidades representativas para estas dos aplicaciones de batería. La química representativa de la batería de VE se multiplica luego por el tamaño supuesto de batería por tipo de vehículo de TIAM para obtener una intensidad mineral por vehículo. No es necesario convertir la composición química representativa de la batería de almacenamiento estacionario a nuevas unidades, ya que la demanda de almacenamiento estacionario se da en unidades de GW.

Cobertura de tecnologías

Las tecnologías cubiertas en este análisis son:

- Vehículos de pasajeros y de carga (VE, BEV, hidrógeno, etc.): estos son determinantes

fundamentales de la demanda de baterías, que son importantes para todos los minerales de enfoque.

- Cargadores de vehículos eléctricos (cargadores lentos y rápidos): estos no contribuyen significativamente a enfocar la demanda de minerales, pero como son importantes para el despliegue de vehículos eléctricos, están incluidos.
- Oleoducto CCS: fuente de demanda de cobre y manganeso.
- Generación de energía (eólica, solar, nuclear, hidráulica, etc.): estos son determinantes importantes de la demanda de cobre, plomo, manganeso y zinc.
- Infraestructura de transmisión y distribución de electricidad: determinante importante de la demanda de cobre⁷⁰.

Estimación de la demanda total de minerales

Las intensidades minerales de diferentes tecnologías se aplican a la correspondiente producción TIAM sobre el crecimiento tecnológico para estimar el crecimiento de la demanda total de minerales. Este paso calcula la demanda total de los minerales de enfoque multiplicando las salidas TIAM procesadas (por ejemplo, GW de capacidad eólica marina agregada) con la intensidad mineral de esa tecnología (por ejemplo, ~ 10,000 toneladas de cobre/GW). Los resultados son estimaciones de la demanda total a nivel mundial en 2030 y 2050, para los tres escenarios (1.5 °C, 2 °C y 3 °C) y desglosados por sector (por ejemplo, energía, vehículos de pasajeros, vehículos de carga, almacenamiento estacionario y otros).

Estimación de la demanda de minerales extraídos

Para llegar a una estimación de la demanda de minerales extraídos, este análisis resta la parte de la demanda satisfecha por el contenido reciclado de la demanda total de minerales estimada, basándose en tres escenarios de reciclaje. Es importante evaluar la demanda minada en varios escenarios de tasa de reciclaje, porque la tasa de reciclaje podría cambiar significativamente durante los próximos 30 años, lo que podría tener un gran impacto en la demanda minada. Consideramos tres escenarios de reciclaje futuros, para reflejar que existen rangos significativos en las tasas de reciclaje potenciales al final de su vida útil para cada uno de los cinco minerales de enfoque (Tabla 1). El primero es un escenario «bajo» donde se supone que el reciclaje permanece constante en niveles de hoy. El segundo es un escenario «central» en el que el contenido reciclado global aumenta para ser coherente con las tasas actuales de reciclaje al final de su vida útil de la UE, que tienden a ser altas en comparación con el resto del mundo (Mathieux et al., 2017). El tercero es un

⁷⁰ La infraestructura de transmisión y distribución de electricidad (T&D) solo se considerará para la demanda de cobre debido a la falta de estimaciones de intensidad mineral en la literatura para el manganeso, zinc y plomo (el litio no se usa en ningún componente de la infraestructura de T&D).

escenario de reciclaje «alto» donde el contenido reciclado global aumenta a un nivel que es consistente con las tasas de reciclaje al final de su vida útil del 100 %. Consulte Recuadro 1 las definiciones de las tasas de reciclaje utilizadas aquí.

Tabla 1 Escenarios de reciclaje por mineral

Mineral	Tasa de reciclaje actual	Tasa de reciclaje proyectada en 2050 por escenario		
		Baja	Central	Alta
Cobre	35 %	35 %	55 %	59%
Plomo	54 %	54 %	75 %	85%
Litio	0 %	0 %	20 %	39 %
Manganeso	12 %	12 %	37 %	60 %
Zinc	25 %	25 %	31 %	60 %

Nota: Para obtener una definición de la tasa de reciclaje inicial, consulte Recuadro 1.
Fuente: Elaboración propia

Recuadro 1: Definiciones de la tasa de reciclaje

Hay dos tasas de reciclaje relevantes para este estudio:

- 1. Tasa de reciclaje inicial (RIR, por sus siglas en inglés, también llamado contenido reciclado [RC, por sus siglas en inglés]).** Esta tasa se calcula a partir de la cantidad de metal reciclado de la chatarra al final de su vida útil (EOL, por sus siglas en inglés), dividida por la cantidad total de metal producido. Es la tasa que usamos en nuestro análisis para indicar la cantidad de demanda total de minerales que se satisface mediante el reciclaje.
- 2. Tasa de reciclaje al final de su vida útil (EOL-RR, por sus siglas en inglés).** Esta tasa indica la cantidad de metal reciclado de la chatarra EOL, dividida por la cantidad de metal disponible para reciclar (la cantidad total de chatarra EOL).

Para la demanda de minerales de las baterías en almacenamiento estacionario, el análisis también considera el mercado de baterías de segunda vida. Cuando las baterías de los vehículos eléctricos lleguen al final de su vida útil en el sector del transporte, es probable que sigan utilizándose en el sector de almacenamiento estacionario, donde las especificaciones de las baterías son menos estrictas. Si bien este mercado de baterías de segunda vida aún no se ha desarrollado, se espera que este mercado crezca significativamente a medida que aumente el despliegue de vehículos eléctricos (Engel et al., 2019). Para tener en cuenta este cambio esperado, este análisis supone que las baterías reutilizadas satisfacen el 50 % de la demanda de litio, manganeso y cobre del almacenamiento estacionario para 2050, aumentando linealmente desde la participación de mercado actual de cero (Hund et al., 2020). Esta suposición es la misma en todos los escenarios de temperatura y reciclaje. Este análisis no considera el impacto de un mercado de baterías de segunda vida para satisfacer la demanda de almacenamiento en el transporte, ya que actualmente hay poca evidencia de que esto se pueda hacer a nivel comercial (Hund et al., 2020).

Consideraciones

Este análisis no considera los efectos en los precios de los costos cambiantes de los insumos tecnológicos. Un factor que contribuirá a la demanda de tecnologías energéticas en el futuro es el costo de sus insumos básicos, que probablemente aumenten por debajo de los escenarios de 1.5 °C y 2 °C. Sin embargo, estos efectos sobre los precios no se consideran directamente en este estudio. Para algunos minerales, como el cobre, es razonable suponer que la demanda de muchas tecnologías energéticas no se verá afectada significativamente por los aumentos del precio del cobre, dado que este insumo tiende a representar una pequeña proporción del precio total. Sin embargo, para otros minerales, como el litio, la demanda de las baterías podría tener un impacto significativo en el precio del mineral. Este efecto se explora parcialmente a través de los escenarios de reciclaje. Un precio más alto sería consistente con el escenario de alto reciclaje, ya que un precio alto incentivaría una mayor recolección e innovación para mejorar el reciclaje de litio. Las tasas de reciclaje más altas conducirían a una reducción de la demanda de litio extraído. Sin embargo, esto no captura el potencial de un precio más alto para llevar a la sustitución de litio por otros minerales en las baterías. Explorar completamente el efecto de los precios más altos en la demanda requeriría construir una curva de demanda a largo plazo para cada mineral, lo cual está fuera del alcance de este estudio.

Modelado orientado a la oferta

El modelo de suministro de minerales calcula la producción anual de minerales de los países latinoamericanos requerida para cumplir con las proyecciones de demanda global, así como las ganancias resultantes. El análisis consta de cuatro pasos:

1. Estime la participación de mercado futura de cada país que produce un mineral.

Este paso pronostica la producción futura de cada país hasta 2050 según las tendencias históricas de producción. La participación de cada país en la proyección de producción total se utiliza como nuestra proyección de participación de mercado.

2. Calcule la producción implícita para cada país dada la demanda global en todos los escenarios de demanda si la producción no estuviera restringida por los recursos (escenario «no restringido»). Este escenario no limita la producción futura de los países por los recursos actualmente conocidos. La producción de cada país se compone de su participación de mercado proyectada en el Paso (1) multiplicada por la demanda global bajo cada escenario de temperatura y reciclaje, que son resultados del modelo de demanda.

3. Calcule la producción implícita para cada país dada la demanda global en los escenarios de demanda si la producción estuviera restringida por los recursos conocidos actualmente (escenario «restringido»). En este escenario, los países agotan gradualmente sus recursos conocidos actualmente a través de su producción. Utiliza las cuotas de mercado calculadas en el Paso (1) para determinar la producción «sin restricciones» como en el Paso (3) anterior, pero comprueba continuamente si la producción acumulada implica que un país agota sus recursos conocidos actualmente. Si es así, la producción cae a cero para ese país. La «brecha de producción» dejada por el país agotado es cubierta por otros países, en proporción a sus cuotas de mercado.

4. Estimar el superávit del productor para los países focales de ALC. El excedente del productor es una medida de la cantidad de beneficio monetario que recibe un productor por suministrar una determinada cantidad de producto. Esto implica proyectar el precio de cada mineral y el margen de beneficio probable para los productores de cada mineral.

El resto de esta sección establece estos pasos con mayor detalle.

Estimación de cuotas de mercado futuras

Para obtener la participación de mercado futura de cada país, el modelo de oferta proyecta la producción futura de cada país utilizando tendencias históricas y encuentra su participación en la producción total. El primer paso es calcular la tendencia del crecimiento de la producción utilizando datos a nivel de país sobre la producción de los últimos 30 años. Esto incluye a todos los productores, no solo a los productores de América Latina y el Caribe. Para cada país, usamos la tendencia histórica de crecimiento de la producción para estimar la producción anual hasta 2050. Finalmente, expresamos la producción proyectada de cada país como una participación de la producción global proyectada total en ese año para obtener la participación de mercado. La estimación de producción absoluta del cálculo de la participación de mercado no se utiliza en los siguientes pasos, solo se utiliza aquí para determinar las cuotas de mercado futuras.

El supuesto subyacente de este enfoque es que es probable que las tendencias históricas en los patrones de producción a largo plazo de los países continúen avanzando.

La proyección de la participación de mercado no refleja la tendencia histórica de la participación de mercado, sino la tendencia histórica de la producción. El control de los países sobre su propia participación en el mercado es limitado. Como la mayoría de los países tienen varios productores de cada mineral, es probable que haya muchas prioridades y desafíos diferentes. Además, la participación de mercado de un país se determina en función de la producción de todos los demás países productores, que es poco probable que el país pueda afectar. En contraste, cada productor tiene mucho más control sobre su propia producción, lo que significa que es mucho más probable que la cifra de producción refleje los objetivos y desafíos únicos de cada país productor que la participación de mercado.

Figura 2 Pasos para calcular las cuotas de mercado de cada país



Fuente: Vivid Economics

Producción de minerales

Hay dos escenarios para la producción futura de minerales, uno en el que la producción no está restringida por los recursos y otro en el que un país que ha agotado sus recursos minerales deja de producir. Estos enfoques se basan en dos teorías opuestas en la literatura académica: las teorías del «costo marginal» y las «acciones fijas», respectivamente. Las secciones siguientes detallan estos dos escenarios y su base académica.

Escenario de suministro sin restricciones

En el escenario sin restricciones, la producción anual de un país es igual a su participación en el mercado de la demanda global en ese año. Este enfoque usa la participación de mercado determinada como se describe en la Sección 0 y la multiplica por la demanda global en un año dado para encontrar la producción de cada país. No compara la producción acumulada de un país con los recursos conocidos actualmente.

La teoría del «costo marginal» es que el límite entre rocas valiosas (mineral) y roca invaluable (roca estéril) cambia con los precios de los productos básicos y los costos de producción y, por lo tanto, la cantidad de recurso recuperable no es fija. En consecuencia, la investigación muestra que las estimaciones de recursos crecen continuamente en respuesta a la demanda y la producción. Al observar los datos históricos, los recursos de cobre se han ajustado consistentemente al crecimiento de la producción en el pasado, lo que implica que siempre quedan más recursos de los que indican las estimaciones actuales. Las empresas no delinear sistemas mineralizados completos, sino que perforan partes de estos para ponerlos en producción. Luego utilizan los ingresos para perforar más partes del sistema a lo largo del tiempo, así como para descubrir nuevos depósitos, aumentando las reservas y los recursos⁷¹. Por lo tanto, es poco probable que las estimaciones actuales de recursos sean vinculantes en el futuro. En lugar del agotamiento de los recursos, la investigación en línea con la teoría del «costo marginal» sugiere que es probable que los factores ambientales, sociales y de gobernanza sean la principal fuente de riesgo en el suministro de metales y minerales en las próximas décadas⁷².

Escenario de oferta restringida

En el escenario restringido, un país que ha agotado sus recursos minerales no podrá continuar suministrando ese mineral. Para implementar esta restricción, un modelo iterativo se ejecuta a través de los pasos siguientes para cada año, ilustrados en Figura 3:

1. Calcule la producción teórica en cada país, multiplicando su participación en la producción global y la demanda global.
2. Calcule la producción acumulada de cada país.
 - a. Si la producción acumulada excede los recursos, la producción real es igual al recurso restante en ese año.
 - i. Calcule la «brecha de producción», definida como la diferencia entre la producción anual teórica y real del país.
 - b. Si la producción acumulada no excede los recursos, la producción real es igual a la producción teórica.
 - c. Si los datos sobre recursos no están disponibles⁷³, se supone que tanto los recursos como la producción real son iguales a la producción teórica. Por tanto, los países no pueden aumentar la producción más allá de la tendencia histórica.
3. Determine la brecha de producción global sumando la brecha de producción en todos los países.
 - a. Si la brecha de producción global es mayor que cero, asigne la brecha de producción a los países restantes en función de sus cuotas de mercado (excluyendo el país cuyos recursos están agotados y los países donde no se dispone de datos sobre recursos).
 - i. Agregue la brecha asignada a la producción teórica para esos países y repita los pasos 1 a 3.

⁷¹ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

⁷² Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

⁷³ Los datos sobre recursos no están disponibles para algunos países que son pequeños productores.

4. Si la brecha de producción global es cero, la oferta y la demanda están en equilibrio y el modelo se detiene.

La teoría de las «existencias fijas» que subyace a este escenario es que la cantidad de recurso recuperable es finita y la extracción continua probablemente hará que el mundo experimente una creciente escasez de minerales durante el próximo siglo. Dado que la formación de depósitos minerales ocurre en escalas de tiempo geológicas que son mucho más lentas que la tasa de extracción de recursos, esta teoría sugiere que el mundo eventualmente agotará todos los recursos disponibles. Los datos históricos muestran que la demanda mundial de minerales ha aumentado constantemente a medida que se desarrollan más países, especialmente de minerales como el cobre, que son clave para el proceso de industrialización⁷⁴. La teoría sugiere que todos los recursos conocidos se convertirán eventualmente en «existencias en uso» debido al crecimiento continuo de la demanda y, como resultado, se requerirá un reciclaje casi completo de los metales⁷⁵. La teoría del «stock fijo» se contrasta a menudo con la teoría del «costo marginal», que ha dado lugar a intensos debates en la literatura⁷⁶. Si bien la teoría del «stock fijo» ignora en gran medida la influencia de factores no físicos, sigue siendo relevante ya que enfatiza los límites de recursos que enfrentan los productores individuales. Es especialmente útil para identificar países con tasas de producción actuales que pueden no ser sostenibles a largo plazo debido a recursos relativamente pequeños.

Elección del escenario

Aunque los escenarios restringidos y no restringidos tienen apoyo teórico en la literatura, el escenario no restringido parece producir estimaciones más realistas de la producción futura. El escenario restringido esencialmente ignora la exploración asumiendo que los recursos no aumentan con el tiempo. También asume que los productores mantendrán (y con frecuencia aumentarán) las tasas de producción hasta que se agoten por completo sus recursos, aunque es probable que la producción disminuya a medida que se agotan los recursos. Más importante aún, el escenario restringido sugiere que cuando los productores han agotado sus recursos, otros productores pueden aumentar rápidamente la producción para cubrir la brecha de producción resultante. Esto no es realista dados los tiempos de espera necesarios para aumentar la producción de las minas existentes y desarrollar nuevas minas. Por lo tanto, el informe final presenta los resultados del modelo de oferta (producción y excedente del productor para los países de ALC) para el escenario no restringido, con los resultados del escenario restringido proporcionados como un análisis de sensibilidad.

⁷⁴ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

⁷⁵ Esta es una implicación general de la teoría, ya que la tasa de reciclaje exacta dependerá de la demanda y la disponibilidad de recursos. Las tasas de reciclaje se proporcionan en los tres escenarios de reciclaje.

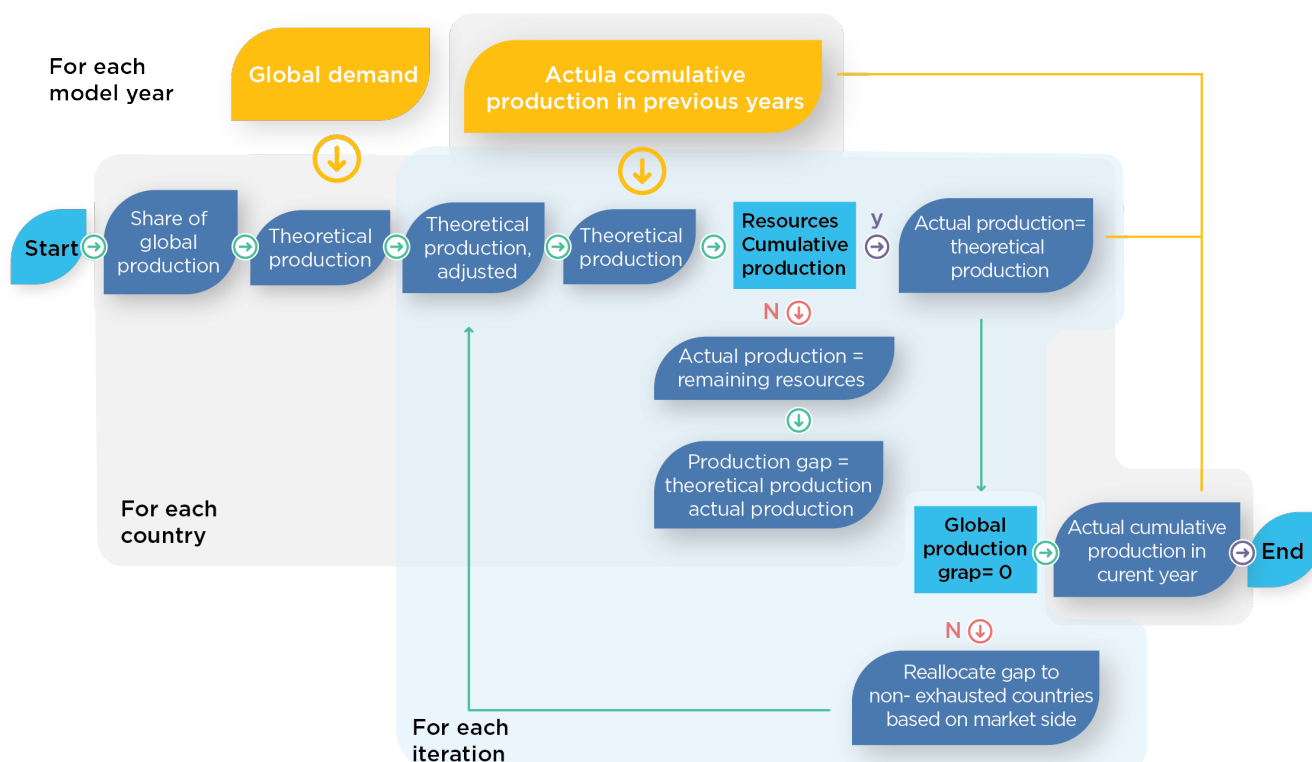
⁷⁶ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

Elección del escenario por mineral

Mineral	Fuente	Liga
Cobre	Dicken, C.L., Dunlap, Pamela, Parks, H.L., Hammarstrom, J.M., and Zientek, M.L., 2016, <i>Spatial database for a global assessment of undiscovered copper resources</i> : U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5090-Z, 29 p., and GIS data	http://dx.doi.org/10.3133/sir20105090Z
Plomo	Mudd, G. M., Jowitt, S. M., & Werner, T. T. (2017). <i>The world's lead-zinc mineral resources: Scarcity, data, issues and opportunities</i> . Ore Geology Reviews, 80, 1160-1190	https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.08.010
Litio	U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2019	https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries
Manganeso	Cannon, W.F., Kimball, B.E., and Corathers, L.A., 2017, <i>Manganese</i> , chapter L of: Schulz, K.J., DeYoung, J.H., Jr., Seal, R.R., II, and Bradley, D.C., eds., <i>Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply</i> : U.S. Geological Survey Professional Paper 1802, p. L1-L28	https://doi.org/10.3133/pp1802L
Zinc	Mudd, G. M., Jowitt, S. M., & Werner, T. T. (2017). <i>The world's lead-zinc mineral resources: Scarcity, data, issues and opportunities</i> . Ore Geology Reviews, 80, 1160-1190	https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.08.010

Fuente: Vivid Economics

Figura 3 Pasos para calcular la producción de minerales en el escenario de oferta limitada



Fuente: Vivid Economics

Ganancias

La ganancia es el producto de la producción, el precio del mineral y el margen de ganancia esperado para ese mineral. Las ganancias son equivalentes al concepto de excedente del productor, que describe los beneficios que un productor obtiene de la producción. Por tanto, es igual a los ingresos brutos menos los costes directos de producción. En el caso de los mineros, el costo de producción es el «costo total de mantenimiento». Este es el costo para los mineros de mantener la producción de minerales al ritmo actual.

Dos supuestos sustentan el cálculo del excedente del productor:

- 1. No existe una clara tendencia histórica al alza o a la baja en los precios de los minerales a largo plazo.** Una teoría predominante en la literatura es que los precios reales de las materias primas y los metales fluctúan en los llamados superciclos. Los superciclos son ciclos de largo período que afectan a una amplia gama de productos industriales y se ha encontrado evidencia de superciclos para varios metales: cobre, níquel, plomo,

zinc y aluminio⁷⁷. Sin embargo, no está claro si estos superciclos están impulsados por la dinámica de la oferta o la demanda. Además, no parece haber una tendencia general de los precios de las materias primas hacia tendencias direccionales de precios positivas o negativas, sino que hay múltiples ejemplos de formas inesperadas, como las formas en U⁷⁸. Por tanto, este análisis se basa en precios reales fijos. Durante los últimos 30 años, los precios de los minerales de este estudio se han mantenido relativamente constantes. El litio es la única excepción, ya que los precios han aumentado significativamente en los últimos 10 años. Esto es consistente con un cambio estructural en la dinámica del mercado durante las últimas dos décadas, que surge en gran parte de la creciente demanda de baterías de litio en productos electrónicos de consumo y tecnologías bajas en carbono⁷⁹. En este informe, los precios de 2020 se utilizan para obtener ganancias informadas.

2. El margen de utilidad de los productores latinoamericanos es ampliamente consistente con el margen de utilidad promedio global para cada mineral. Esta suposición se basa en la disponibilidad de datos de alta calidad sobre los márgenes globales sostenidos promedio de la minería S&P⁸⁰. Este es el margen de beneficio cuando los beneficios se miden como ingresos brutos menos todos los gastos necesarios para sostener la producción mineral actual (el costo de sostenimiento total o AISC).

⁷⁷ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

⁷⁸ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

⁷⁹ Es casi seguro que las tasas de crecimiento de la demanda de litio continuarán acelerándose con el tiempo, ya que el litio es fundamental para las tecnologías bajas en carbono, como los vehículos eléctricos y las baterías de almacenamiento estacionarias. Ver por ejemplo el siguiente [Banco Mundial \(2020\)](#) y [Union Europea \(2013\)](#). Nuestras previsiones indican que para 2050, la demanda de litio será aproximadamente 10 veces mayor en el escenario de 1.5 °C que en valor inicial.

⁸⁰ Ver más detalle en el siguiente [enlace](#).

B. Sensibilidad de suministro limitado

Para probar la tensión potencial del crecimiento futuro de la demanda de los recursos minerales, el análisis incluyó un análisis de sensibilidad en el que la producción de los países estaba limitada por los recursos conocidos actualmente. Este modelo de «recursos limitados» supone que los recursos de los países se fijan en su nivel actual, asumiendo que no se realizarán más exploraciones minerales. El modelo de recursos limitados calcula la producción acumulada de todos los países relevantes del mundo. Esto asegura que el modelo captura cuando un país agota sus recursos y otros países necesitan incrementar la producción para cubrir el déficit resultante.

El enfoque «sin restricciones» que forma el núcleo del análisis de la oferta anterior y esta sensibilidad «restringida» reflejan dos enfoques contrastantes en la literatura. El modelo «con recursos limitados» refleja el paradigma de acciones fijas, mientras que el modelo «sin restricciones» utilizado en secciones anteriores refleja el paradigma del costo marginal. El paradigma del costo marginal propone que el tamaño de los recursos extraíbles depende de los precios de los minerales. El costo de producción de minerales varía entre productores, siendo el productor marginal el que tiene el costo de producción más alto. Cuando la demanda de minerales excede la oferta, el precio aumentará, lo que a su vez hará que la extracción de recursos más costosos sea económicamente viable. El modelo sin restricciones, utilizado para los resultados anteriores, refleja esto. El paradigma de existencias fijas sugiere que la base de recursos es fija y solo puede expandirse descubriendo nuevos recursos. El modelo de recursos limitados se desarrolló para implementar este enfoque, asumiendo que los recursos conocidos actuales son fijos. En realidad, los productores miran hacia el futuro y buscarán nuevos recursos antes de que se agoten los depósitos actuales.

Aunque los recursos minerales actualmente conocidos a nivel mundial son suficientes para satisfacer la demanda hasta 2050 en el escenario de 1.5 °C, los recursos nacionales de algunos países se agotarían. Esto es especialmente cierto para países con una gran participación en los mercados de minerales de rápido crecimiento, como Australia, que agotaría sus recursos de litio conocidos actualmente para 2035 en el escenario de 1.5 °C. Además, la demanda mundial de zinc en el escenario de 1.5 °C supera los recursos

conocidos de zinc de todos los productores actuales de zinc para fines de la década de 2040. Si no se descubren nuevos recursos en estos países, se requiere la producción de zinc a partir de recursos conocidos, pero previamente sin explotar en territorios como Groenlandia para satisfacer la demanda mundial. Aunque el agotamiento de los recursos de zinc, plomo y litio ocurre inicialmente principalmente en países fuera de ALC, en el modelo restringido esto obliga a los países focales a aumentar la producción para cubrir el déficit resultante, lo que a su vez lleva al agotamiento de sus propios recursos.

Como resultado, el modelo de recursos limitados sugiere que los recursos conocidos de zinc, plomo y litio en algunos países focales se agotan antes de 2050 en el escenario de 1.5 °C. Los recursos conocidos de cobre y manganeso son suficientes para cubrir la producción hasta mediados de siglo. Aunque la demanda de plomo disminuirá con el tiempo a medida que se elimine, los recursos de plomo aún se agotan en Bolivia para 2031 y en Perú para 2048. Como se explicó anteriormente, los recursos conocidos de zinc de los países productores actuales de zinc son insuficientes para satisfacer la demanda mundial de zinc para 2050. Entre los países de interés, los recursos de zinc se agotan en Argentina para 2047, Bolivia para 2028, Brasil para 2042, Chile para 2041, México para 2043 y Perú para 2038. Los recursos de litio se agotan en Brasil para 2042 y en Chile en 2050. Este es atribuible al crecimiento masivo de la demanda mundial de litio entre 2020 y 2050, lo que hace que los recursos de los dos mayores productores de litio del mundo (Australia y Canadá) se agoten a finales de la década de 2030. Los recursos de manganeso no se exceden en ningún país focal. Esto probablemente se explica por el hecho de que ninguno de los países de interés produce grandes cantidades de manganeso y que los recursos de manganeso son generalmente abundantes a nivel mundial.

La razón clave del agotamiento de los recursos minerales en el escenario restringido es la falta de crecimiento de los recursos y, por lo tanto, es poco probable que el escenario refleje la escasez física real hasta 2050. El modelo restringido mantiene constantes los recursos minerales conocidos actualmente, suponiendo que no se realicen más exploraciones. Esto afecta a los minerales de manera diferente. Aunque el cobre se produce a escalas mucho mayores que cualquier otro mineral, los recursos de cobre no se excederán en ningún país focal. Contrariamente a la intuición, esto se debe probablemente a que la gran escala de la producción de cobre en la actualidad significa que la minería del cobre es a menudo un sector clave de la economía de un país. Esto les da a los productores los incentivos y el capital para invertir en exploración para asegurar un gran recurso de cobre y sostener la producción en el futuro. Desde 1950, siempre ha habido suficientes recursos de cobre para mantener la producción durante al menos 200 años⁸⁰. En comparación con el cobre, el plomo y el zinc son minerales relativamente menos valiosos, lo que reduce los incentivos para invertir en exploración. Si bien la producción de litio es cada vez más lucrativa, el rápido crecimiento del mercado de litio en los últimos años significa que es probable que la producción supere los recursos actualmente conocidos para 2050. Esto se debe a que los recursos actuales reflejan una exploración histórica, que en ese momento puede no haber

⁸⁰ Ver más información en [Copper Alliance](#).

previsto una magnitud tan grande de aumentos en la demanda futura de litio. También, es posible que la extracción de litio de fuentes alternativas, como el agua de mar, sea comercialmente viable en el futuro, lo que aumentaría drásticamente la disponibilidad de recursos de litio. Por lo tanto, el modelo restringido no refleja necesariamente una verdadera escasez física, sino más bien la medida en que los productores se han involucrado en la exploración.

C. Entrevistas y encuestas realizadas

Este estudio utilizó los insumos siguientes para obtener la visión de diferentes agentes relacionados con las operaciones mineras:

C.1 Cuestionario en línea «Escenarios de proyección de minerales»

Este cuestionario fue enviado a economistas y profesionales relacionados con escenarios de proyección de minerales para capturar las fuerzas impulsoras y obstáculos para el crecimiento de la minería, en cada país de Latinoamérica relevante para este estudio. La encuesta fue distribuida utilizando SurveyMonkey, dirigida a una lista de distribución específica. Sin embargo, las respuestas obtenidas fueron consideradas anónimas.

Las preguntas realizadas se presentan a continuación:



Leveraging Growth in Minerals and Metals Demand from a Low Carbon Transition

Estimada/o participante:

Las organizaciones ImplementaSur, Vivid Economics y Carbon Trust están desarrollando en consorcio una asesoría para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre las proyecciones en la oferta latinoamericana de minerales estratégicos para tecnologías relevantes ante un desarrollo bajo en emisiones de carbono. Esto incluye un análisis sobre los posibles impactos económicos, ambientales y sociales asociados a la producción de los siguientes minerales: cobre, litio, manganeso, plomo y zinc, principalmente en Argentina, Brasil, Chile, Bolivia, Perú y México, en el futuro.

Los datos proporcionados en este formulario son anónimos; serán tratados con estricta confidencialidad y serán analizados exclusivamente bajo el alcance de este proyecto.

1. Por favor elija aquellos minerales en los que, por su formación y campo de actividad, considera que tiene más experiencia relevante.

	Región
Cobre	
Litio	
Manganeso	
Plomo	
Zinc	
Otro (especifique mineral y región)	

Proyecciones de oferta y demanda de minerales selectos en ALC - Escenarios a 2030 y 2050

A continuación encontrará preguntas relacionadas con la producción de minerales y escenarios de oferta y demanda en los siguientes años

2. En un escenario de aumento de producción, ¿cuál espera que sea la tendencia de cada uno de los siguientes minerales en países selectos de América latina en los próximos 10 años?

	Argentina	Brasil	Bolivia	Chile
Cobre				
Litio				
Manganeso				
Plomo				
Zinc				



3. Con respecto a la tendencia de producción de los minerales presentados en la sección anterior, ¿hay algún mineral o país que le gustaría resaltar o detallar?

4. ¿Qué factores políticos, ambientales, sociales o tecnológicos influirían para que el potencial de la producción minera se materialice en los distintos países/minerales?

5. En un escenario de aumento de producción, ¿cuál espera que sea la tendencia de cada uno de los minerales siguientes en países selectos de América Latina en un escenario a 30 años (2050)?

	Argentina	Brasil	Bolivia	Chile
Cobre	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Litio	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Manganeso	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Plomo	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Zinc	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>



6. Con respecto a la tendencia de producción de los minerales presentados en la sección anterior, ¿hay algún mineral o país que le gustaría resaltar o detallar?

7. ¿Qué factores políticos, ambientales, sociales o tecnológicos influirían para que el potencial de la producción minera se materialice en los distintos países/minerales?

8. ¿Cómo cree que el potencial de crecimiento de la producción de los países mencionados anteriormente se compara con la producción fuera de América Latina y el Caribe? ¿Por qué?

9. De acuerdo con el análisis de S&P, los márgenes promedio globales para cobre, plomo y zinc son de alrededor del 40 % y para litio alrededor del 50 %. Este es el margen de ganancia cuando las ganancias se miden como ingresos brutos, menos todos los gastos necesarios para sostener la producción minera actual (ALL-in-sustaining-costs o AISC). ¿Cuál sería una estimación razonable del margen de ganancia promedio de los productores latinoamericanos de cobre, plomo, litio, magnesio y zinc?

	Estimación promedio
Cobre	<div></div>
Litio	<div></div>
Manganeso	<div></div>
Plomo	<div></div>
Zinc	<div></div>

¿Tiene algún comentario en particular en cuanto a los márgenes promedio globales de los minerales?

10. ¿Considera que el margen de ganancia variaría entre los países objeto de este estudio (Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, México y Perú)? ¿Por qué sí o por qué no?

- ☒ Sí
- ☐ No

Si considera que hay una diferencia en los márgenes de ganancia entre estos países productores, ¿en qué países se esperaría más rentabilidad y cuáles serían los menos rentables?

11. En el largo plazo (a 2050), ¿qué tendencia esperaría en el precio mundial real (precio sin incluir la inflación) del cobre, plomo, litio, magnesio y zinc en un escenario bajo en carbono, por debajo de 1.5 °C?

	Tendencia
Cobre	<input type="text"/>
Litio	<input type="text"/>
Manganeso	<input type="text"/>
Plomo	<input type="text"/>
Zinc	<input type="text"/>

Proporcione cualquier comentario sobre su evaluación de las tendencias de precios.

12. Finalmente, apóyenos a generar una estadística de género.

- ☒ Femenino
- ☐ Masculino
- ☐ No deseo compartir esa información

C.2 Cuestionario en línea y entrevistas

«Oportunidades y desafíos ambientales y sociales de metales selectos en países de la región ALC»

Las entrevistas realizadas siguieron una estructura estándar que incluyó: una ronda de presentaciones de los participantes en la reunión, una breve descripción del proyecto, la solicitud de autorización para grabar la entrevista, con el fin de apoyar en la revisión de información, las definiciones base del estudio (qué se entiende por oportunidades y desafíos, así como los factores socioambientales utilizados), una dinámica para validar y/o adaptar los mapas de calor generados de acuerdo con las proyecciones de crecimiento en la producción de los minerales (dinámica realizada a través de la plataforma MURAL), y preguntas relativas a la adopción de estándares de sostenibilidad, las personas entrevistadas se muestran en la sección Casos de estudio.

Lo que respecta a la encuesta en línea «Oportunidades y desafíos económicos, ambientales y sociales de metales selectos en países de la región ALC», esta fue desarrollada en inglés y en español utilizando SurveyMonkey y compartida con una lista de distribución específica. Sin embargo, las respuestas obtenidas fueron consideradas anónimas.

Para conocer el perfil de las respuestas, la lista de distribución consideró las categorías siguientes:

1. Empresas mineras – Participantes del equipo de sostenibilidad u operaciones.
2. Representantes de asociaciones internacionales involucrada en el desarrollo de estándares de sostenibilidad y reporte de factores socioambientales para el sector minero
3. Organizaciones no gubernamentales que supervisan temas sociales y ambientales relacionados con el sector minero
4. Academia
5. Sector público
6. Otro

Las preguntas realizadas se presentan a continuación:



Leveraging Growth in Minerals and Metals Demand from a Low Carbon Transition

Estimada/o participante:

Las organizaciones ImplementaSur, Vivid Economics y Carbon Trust están desarrollando en consorcio una asesoría para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre las proyecciones en la oferta latinoamericana de minerales estratégicos para tecnologías relevantes ante un desarrollo bajo en emisiones de carbono. Esto incluye un análisis sobre los posibles impactos económicos, ambientales y sociales asociados a la producción de los minerales siguientes: cobre, litio, manganeso, plomo y zinc, principalmente en Argentina, Brasil, Chile, Bolivia, Perú y México, en el futuro.

Los datos proporcionados en este formulario son anónimos; serán tratados con estricta confidencialidad y serán analizados exclusivamente bajo el alcance de este proyecto.

1. Por favor elija aquellos minerales en los que, por su formación y campo de actividad, considera que tiene más experiencia relevante.

	Región
Cobre	
Litio	
Manganeso	
Plomo	
Zinc	
Otro (especifique mineral y región)	

Oportunidades ambientales y sociales a 2030

A continuación encontrará preguntas relacionadas con las oportunidades ambientales y sociales asociadas a la producción de minerales selectos en los años siguientes.

2. En un escenario de transición bajo en carbono, se asume que la demanda de minerales selectos tendrá el comportamiento siguiente a 2030:

Cobre: aprox. 100 % de aumento

Plomo: aprox. 20 % de reducción

Litio: aprox. 800 % de aumento

Manganeso: aprox. 45 % de aumento

Zinc: aprox. 30 % de aumento

Considerando los datos anteriores, ¿cuáles son las oportunidades ambientales más relevantes para las empresas mineras?

Por favor, desplace la barra hacia la derecha para visualizar el resto de los minerales.

	Cobre	Litio	Manganeso
Emisiones de GEI	◄◄	◄◄	◄◄
Calidad del aire	◄◄	◄◄	◄◄
Gestión del agua	◄◄	◄◄	◄◄
Gestión residuos (materiales peligrosos)	◄◄	◄◄	◄◄
Biodiversidad/impactos ecológicos	◄◄	◄◄	◄◄
Gestión de la energía	◄◄	◄◄	◄◄
Impacto físico del cambio climático	◄◄	◄◄	◄◄



3. ¿Hay alguna oportunidad ambiental que no esté considerada en la sección anterior y que le gustaría mencionar?

4. ¿Podrías mencionar recomendaciones para aprovechar las oportunidades ambientales en los aspectos siguientes?

Por favor, indique si es una recomendación a implementar en los tres años siguientes o en un período mayor.

Emisiones de GEI	
Calidad del aire	
Gestión del agua	
Gestión residuos (materiales peligrosos)	
Biodiversidad/impactos ecológicos	
Gestión de la energía	
Impacto físico del cambio climático	

5. En un escenario de transición bajo en carbono, se asume que la demanda de minerales selectos tendrá el comportamiento siguiente a 2030:

Cobre: aprox. 100 % de aumento

Plomo: aprox. 20 % de reducción

Litio: aprox. 800 % de aumento

Manganeso: aprox. 45 % de aumento

Zinc: aprox. 30 % de aumento

Considerando los datos anteriores, ¿cuáles son las oportunidades sociales más relevantes para las empresas mineras?

Por favor, desplace la barra hacia la derecha para visualizar el resto de los minerales.

	Cobre	Litio	Manganeso
Seguridad			
Derechos humanos			
Pueblos indígenas			
Relaciones comunitarias			
Relaciones laborales			
Salud y seguridad en el trabajo			



6. ¿Hay alguna oportunidad social que no esté considerada en la sección anterior y que le gustaría mencionar?

7. ¿Podrías mencionar recomendaciones para aprovechar las oportunidades sociales en los aspectos siguientes?

Por favor, indique si es una recomendación a implementar en los tres años siguientes o en un período mayor.

Seguridad	
Derechos humanos	
Pueblos indígenas	
Relaciones comunitarias	
Relaciones laborales	
Salud y seguridad en el trabajo	

Desafíos ambientales y sociales a 2030

A continuación encontrará preguntas relacionadas con los desafíos ambientales y sociales asociadas a la producción de minerales selectos en los años siguientes.

8. En un escenario de transición bajo en carbono, se asume que la demanda de minerales selectos tendrá el comportamiento siguiente a 2030:

Cobre: aprox. 100 % de aumento

Plomo: aprox. 20 % de reducción

Litio: aprox. 800 % de aumento

Manganeso: aprox. 45 % de aumento

Zinc: aprox. 30 % de aumento

Considerando los datos anteriores, ¿cuáles son los desafíos ambientales más relevantes para las empresas mineras?

Por favor, desplace la barra hacia la derecha para visualizar el resto de los minerales.

	Cobre	Litio	Manganeso
Emisiones de GEI	▴▾	▴▾	▴▾
Calidad del aire	▴▾	▴▾	▴▾
Gestión del agua	▴▾	▴▾	▴▾
Gestión residuos (materiales peligrosos)	▴▾	▴▾	▴▾
Biodiversidad/impactos ecológicos	▴▾	▴▾	▴▾
Gestión de la energía	▴▾	▴▾	▴▾
Impacto físico del cambio climático	▴▾	▴▾	▴▾



9. ¿Hay algún desafío ambiental que no esté considerada en la sección anterior y que le gustaría mencionar?

10. ¿Podrías mencionar recomendaciones para abatir los desafíos ambientales en los aspectos siguientes?

Por favor, indique si es una recomendación a implementar en los tres años siguientes o en un período mayor.

Emisiones de GEI	
Calidad del aire	
Gestión del agua	
Gestión residuos (materiales peligrosos)	
Biodiversidad/impactos ecológicos	
Gestión de la energía	
Impacto físico del cambio climático	

11. En un escenario de transición bajo en carbono, se asume que la demanda de minerales selectos tendrá el comportamiento siguiente a 2030:

- Cobre: aprox. 100 % de aumento
- Plomo: aprox. 20 % de reducción
- Litio: aprox. 800 % de aumento
- Manganeso: aprox. 45 % de aumento
- Zinc: aprox. 30 % de aumento

Considerando los datos anteriores, ¿cuáles son los desafíos sociales más relevantes para las empresas mineras?
Por favor, desplace la barra hacia la derecha para visualizar el resto de los minerales.

	Cobre	Litio	Manganeso
Seguridad	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Derechos humanos	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Pueblos indígenas	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Relaciones comunitarias	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Relaciones laborales	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Salud y seguridad en el trabajo	<div></div>	<div></div>	<div></div>



12. ¿Hay algún desafío social que no esté considerada en la sección anterior y que le gustaría mencionar?

13. ¿Podrías mencionar recomendaciones para abatir los desafíos sociales en los aspectos siguientes?

Por favor, indique si es una recomendación a implementar en los tres años siguientes o en un período mayor.

Seguridad	
Derechos humanos	
Pueblos indígenas	
Relaciones comunitarias	
Relaciones laborales	
Salud y seguridad en el trabajo	

14. ¿Cuál considera que es el principal impulsor para que las empresas mineras implementen estándares y protocolos internacionales de sostenibilidad en sus operaciones?

- ☒ Inversionistas
- ☐ Regulaciones nacionales
- ☐ Clientes
- ☐ Otro (especifique)

15. ¿Cuáles cree que son los desafíos más relevantes asociados con las prácticas actuales de estándares y protocolos internacionales de sostenibilidad?

	Sin opinión	No relevante	Poco relevante	Medianamente relevante	Muy relevante
Inconsistencia	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
No comparables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de estandarización	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beneficios poco claros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de personal sensibilizado/capacitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros (especifique)					

16. ¿Qué capacidades técnicas específicas se necesitan para que se impulse la adopción de estándares de sostenibilidad y quién debería ser el receptor de estas capacitaciones, gobierno, sector financiero, personal en empresas mineras?

17. ¿Puedes mencionar experiencias exitosas en países de América Latina y el Caribe donde la minería ha generado claros beneficios ambientales y sociales?

17. De acuerdo con las siguientes categorías, por favor elija la opción que más se relacione con su perfil:

- ☒ Empresa minera - Parte del equipo de sustentabilidad u operaciones
- ☐ Asociación internacional involucrada en el desarrollo de estándares de sostenibilidad y marcos de reporte
- ☐ Organización no gubernamental que supervisa temas sociales y ambientales relacionados con el sector minero

- ☐ Académia
- ☐ Sector público
- ☐ Prefiero no compartir esta información

Otros (especifique)

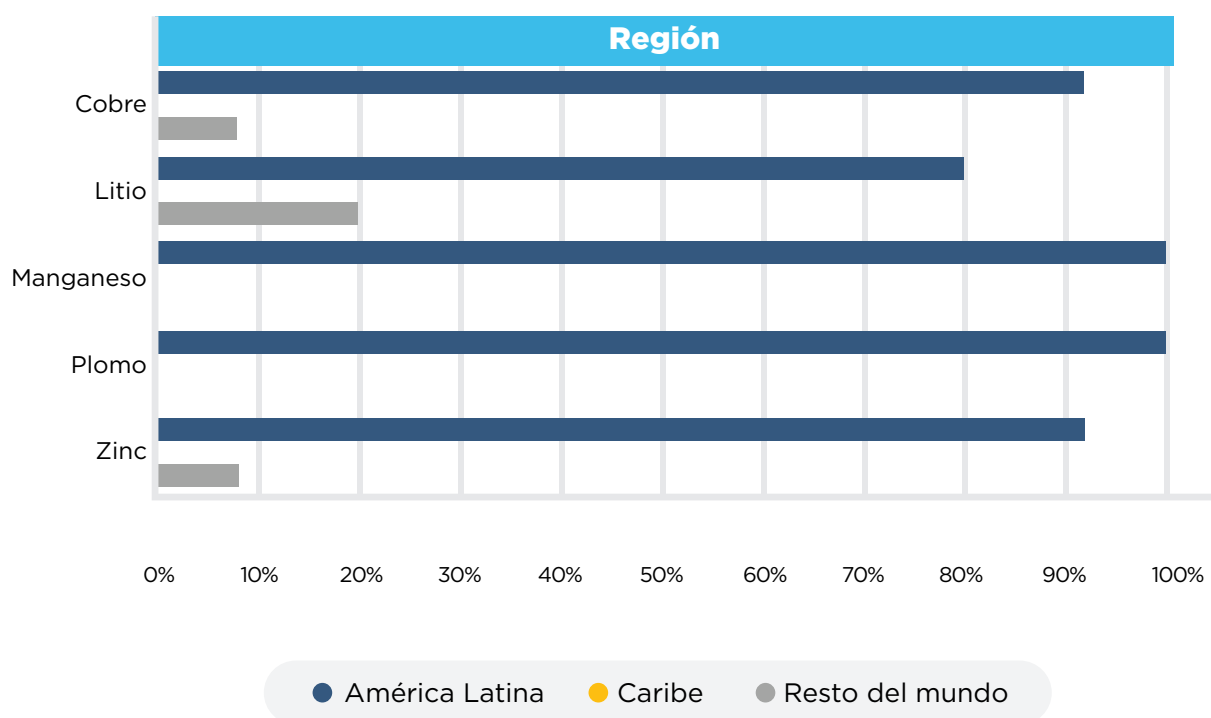
19. Finalmente, apóyenos a generar una estadística de género.

- ☒ Femenino
- ☐ Masculino
- ☐ No deseo compartir esa información

Consideraciones principales

La encuesta en español recibió 28 respuestas de personas participantes, que mostraron experiencia en operaciones mineras en ALC, así como el resto del mundo. Los resultados fueron utilizados para nutrir el documento y seleccionar los impactos más significativos dependiendo de cada metal.

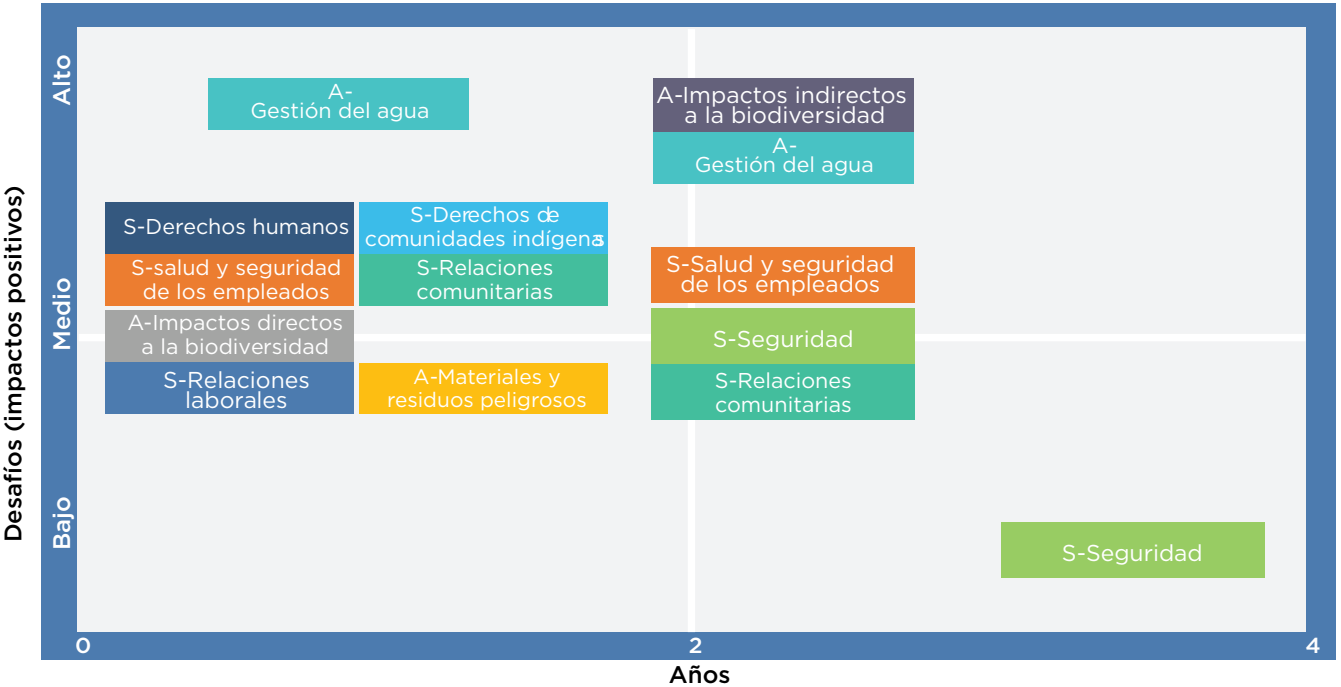
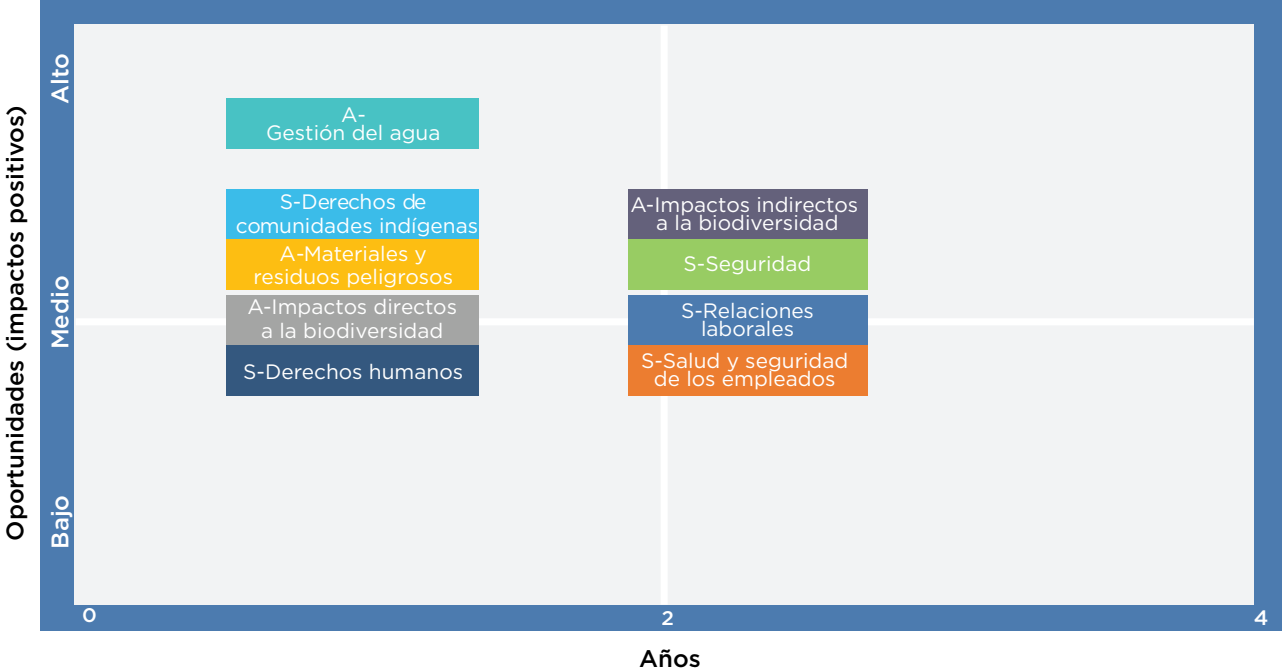
Resultados de la encuesta por experiencia en minerales y región



Mapas de calor desarrollados

A partir de las entrevistas se obtuvieron perspectivas sobre los impactos positivos y negativos de las operaciones minerales, así como su relevancia en el corto y largo plazo en relación con una producción necesaria para alcanzar la meta de 1.5 °C. A las personas entrevistadas se les presentaron los mapas de calor de desafíos y oportunidades contruidos con información de 40 estudios de caso relacionados con los minerales litio, manganeso, cobre, zinc y plomo en los 5 países de Latinoamérica dentro del alcance del proyecto: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú. Dichos mapas consideran los impactos positivos y negativos relacionados con operaciones mineras; los mapas se presentan a continuación.

Mapas de calor para las oportunidades y desafíos que las operaciones mineras enfrentan en el corto y mediano plazo



Durante la entrevista se realizó una dinámica para obtener los puntos de vista de *cómo cambiarían los factores socioambientales para las oportunidades y desafíos en las empresas mineras de acuerdo con las proyecciones de crecimiento en la producción de minerales* calculadas en el presente estudio, y así validar y/o adaptar los mapas de calor generados (dinámica realizada a través de la plataforma MURAL).

Las principales oportunidades y desafíos mencionados por cada una de las personas entrevistadas, en términos de impacto y relevancia en el tiempo, se presentan en los mapas de calor siguientes; aquellos factores recurrentes se pueden identificar por el número de veces que fueron confirmados por las personas entrevistadas (cajas repetidas). Así mismo, se les pidió agregar factores socioambientales que no hayan sido considerados inicialmente (cajas sin código de color).

Derivadas de los mapas anteriores, en las siguientes tablas (Tabla 4.1 y Tabla 4.2), se sintetizan las oportunidades y desafíos más recurrentes y su relevancia en el tiempo. También, se presentan los factores sugeridos por las personas entrevistadas.

Tabla 4.1 - Tabla síntesis de las oportunidades más recurrentes y su relevancia en el tiempo, considerando el escenario de crecimiento de 1.5 °C con línea base 2020

Nivel de impacto de las oportunidades	Relevancia en el tiempo		
	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Alto impacto	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión del agua - Gestión de la energía - Alianzas innovadoras - Economía circular * - Planes de sostenibilidad social * - Digitalización * - Catalizador de desarrollo compartiendo beneficios socioeconómicos * - Licencia social * 	<ul style="list-style-type: none"> - Buenas prácticas en el cierre de operaciones mineras * - Sistemas de gestión integral* - Promoción de la formalidad de las cooperativas mineras pequeñas y medianas* 	<ul style="list-style-type: none"> - Transición cultural para la mejora de la percepción del público*
Mediano impacto	<ul style="list-style-type: none"> - Derechos de comunidades indígenas - Gestión de residuos y materiales peligrosos, incluyendo la gestión adecuada de relaves - Impactos en la biodiversidad - Directos - Derechos humanos 	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos a la biodiversidad - Seguridad - Relaciones laborales - Seguridad y salud en el trabajo - Transferencia de conocimiento tecnológico* - Transición energética -Regulaciones mineras* 	<ul style="list-style-type: none"> Robótica*

Nivel de impacto de las oportunidades	Relevancia en el tiempo		
	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Bajo impacto	- Ciberseguridad*		

(*) Factores socioambientales añadidos por las personas entrevistadas

Tabla 4.2 - Desafíos más recurrentes y su relevancia en el tiempo

Nivel de impacto de los desafíos	Relevancia en el tiempo		
	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Alto impacto	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión del agua - Relaciones comunitarias - Licencia social* - Debilidades institucionales* - Adopción de estrategias de reducción de GEI por lineamientos de inversionistas* 	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos a la biodiversidad - Gestión del agua - Transición cultural* - Transición energética* 	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización* - Sistemas de gestión integral*
Mediano impacto	<ul style="list-style-type: none"> - Derechos humanos - Derechos de comunidades indígenas - Seguridad y salud en el trabajo - Impactos en la biodiversidad - Directos - Relaciones laborales - Regulaciones mineras * 	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y salud en el trabajo - Seguridad - Relaciones comunitarias - Robótica * - Uso y licencia de la tierra* 	<ul style="list-style-type: none"> - Economía circular*
Bajo impacto			<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad

(*) Factores socioambientales añadidos por las personas entrevistadas

Para facilitar la lectura al usuario, se construyeron mapas de calor que únicamente presentaran los factores socioambientales más relevantes, es decir, los que fueron mayormente mencionados por las personas entrevistadas (Figura D.1 y Figura D.2). En color verde se presentan los factores ambientales, en color azul los factores sociales y en color amarillo los que fueron añadidos por las personas entrevistadas. El contenido de estos mapas se detalla en la sección 3.2.1 y 3.2.2

Figura D.1 - Mapa de oportunidades (impactos positivos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono

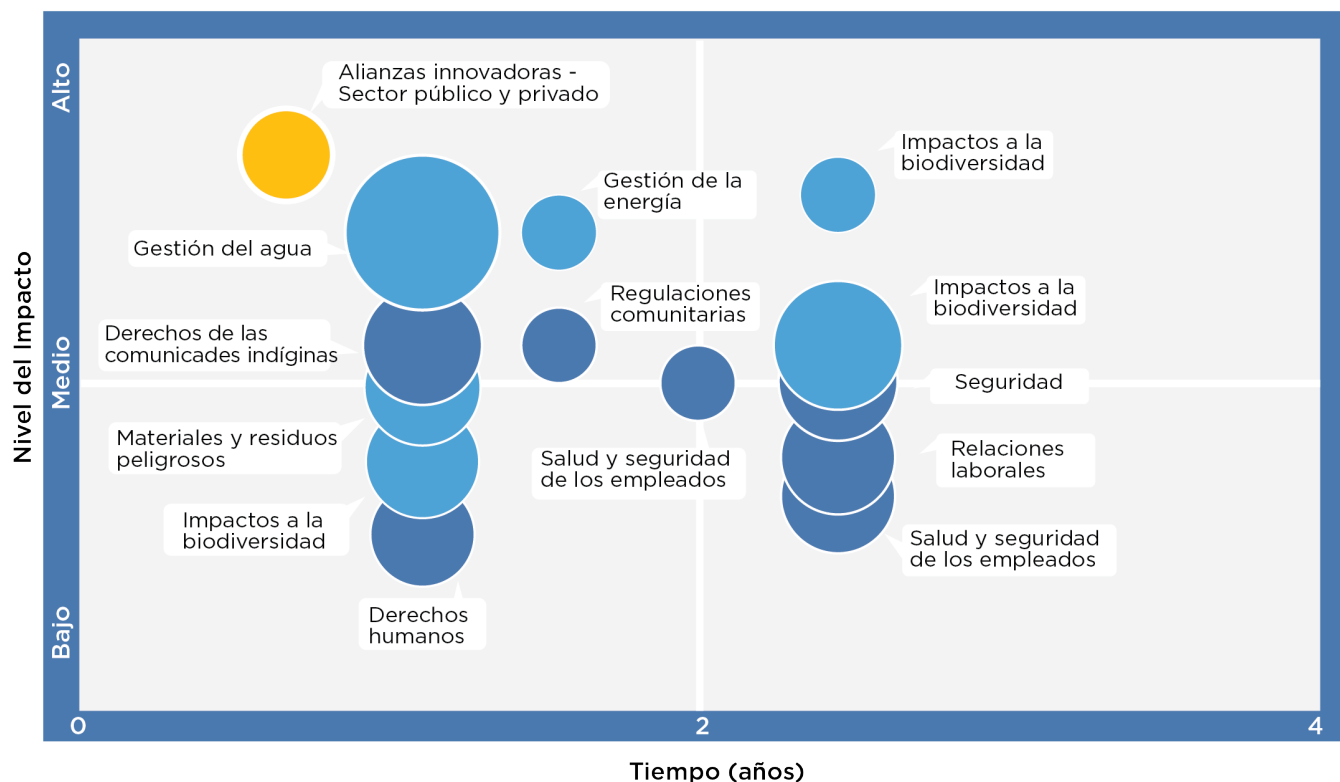
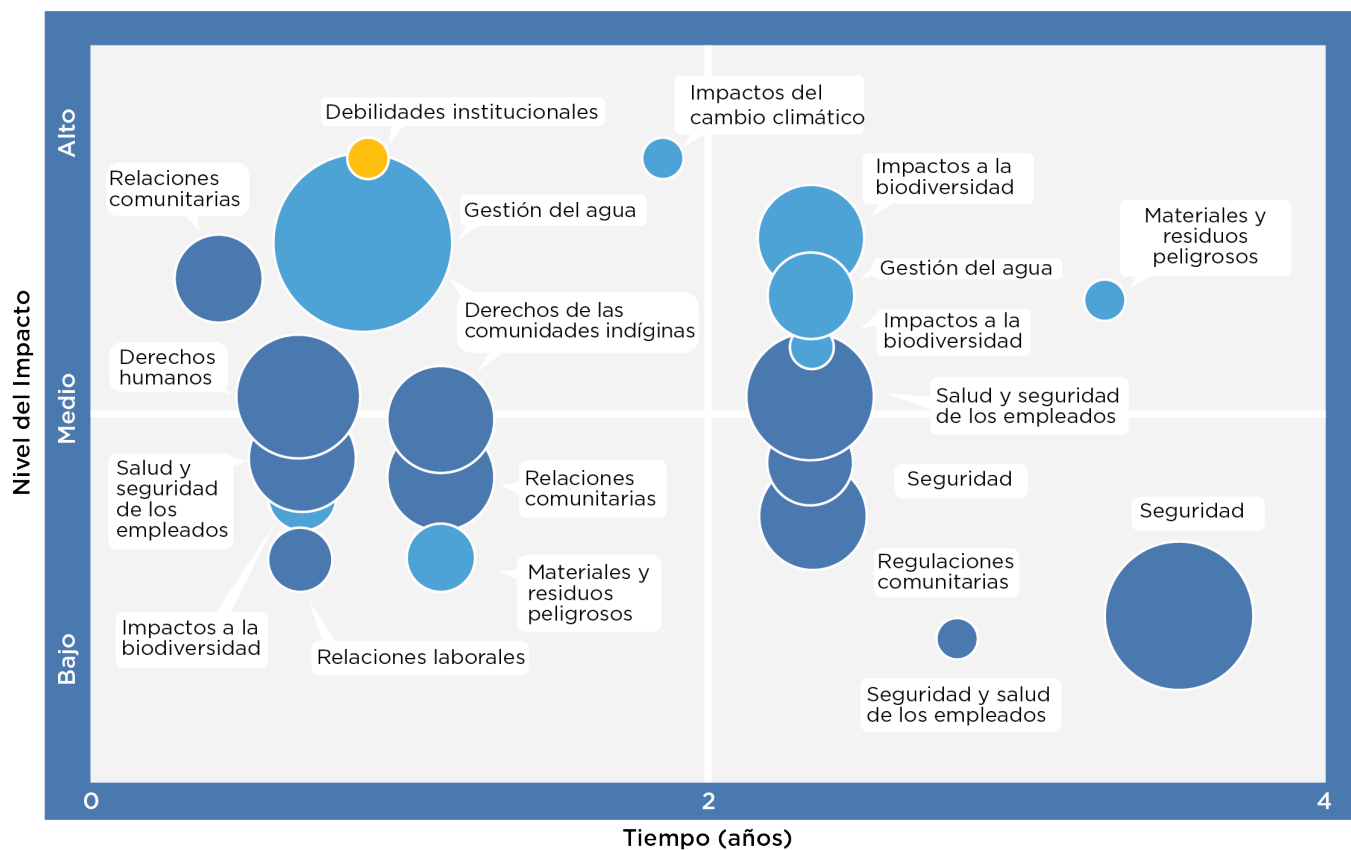


Figura D.2 - Mapa de calor de desafíos (impactos negativos) de las operaciones mineras, considerando los escenarios de bajas emisiones de carbono



| D. Casos de estudio

D.1 Caso de estudio de referencia para ejemplificar medida: Los Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos en Perú.

Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos. De acuerdo con López Follegatti, los comités «son organismos de coordinación que fomentan la participación de la sociedad civil, en especial de las comunidades, las empresas mineras y el Estado en todos sus niveles, para generar mecanismos de verificación que contribuyan en la evaluación de los impactos ambientales que cierto sector de la actividad minera ocasiona» (López Follegati, 2009).

Los Comités surgieron a comienzos de la década de 2000, como comisiones técnicas multisectoriales cuyos objetivos consistían en proponer mecanismos para mejorar la difusión de la información y participación ciudadana; y para asegurar el respeto de los compromisos ambientales de la empresa a través del involucramiento en tareas de monitoreo ambiental (Ménard, Guía para la Implementación de Comités de Monitoreo y Vigilancia Participativos, 2011). Los primeros Comités se originaron en situaciones de conflicto ambiental entre las comunidades y las empresas, y surgieron con apoyo de gobiernos locales (municipios) o del gobierno central (agencias fiscalizadoras o ministerios), lo que les otorgó un grado de formalización; y en algunos casos, surgieron por iniciativa de la empresa con el fin de mejorar la relación con la comunidad (Ménard, 2011, págs. 5, 10, 17). Estas comisiones aunaban las partes (empresa, comunidad y agencias de gobierno) en la búsqueda de soluciones de los problemas surgidos a raíz de la actividad minera en relación con las comunidades.

La existencia y actividad de los comités desembocó en una reglamentación que regula la participación ciudadana en los proyectos mineros y establece un marco formal para que las comunidades se involucren en el monitoreo y vigilancia ambiental. Al respecto, la resolución ministerial que los crea indica que el Monitoreo y Vigilancia Ambiental

Participativo: «Consiste en promover de manera organizada, la participación de la población involucrada para el acceso y generación de información relacionada a los aspectos ambientales de las actividades de explotación minera, luego de aprobados los EIA y EIAsd, a través del seguimiento y vigilancia del cumplimiento de las obligaciones del titular minero» (artículo 2, inciso 2.11).

Aun cuando los Comités carecen de capacidad fiscalizadora, si su labor es bien llevada, tienen efectos tangibles en las actividades de las empresas y en los entes fiscalizadores, y pueden promover cambios positivos en la relación de la empresa con la comunidad y en la protección ambiental, aun más allá del monitoreo y vigilancia (Pareja, Xavier, & Daitch, 2019).

La operación de los comités requiere que sus miembros sean capacitados en técnicas de toma de muestras y que dediquen tiempo importante a las tareas de monitoreo y seguimiento, lo que realizan como aporte voluntario. Este grado de compromiso ha sido un elemento que ha dificultado la operación efectiva de los Comités que, en algunos casos, no han logrado pasar a una operatividad efectiva (Ménard, 2011, pág. 11). A lo anterior, se suma que, en algunos casos, hay rotación en los miembros de los Comités, lo que dificulta la generación de confianza (Ménard, 2011, pág. 19).

El financiamiento ha sido un problema para el funcionamiento de los Comités (Ménard, 2011, pág. 55). De acuerdo con la normativa, este puede ser provisto por las empresas. Por una parte, el financiamiento total no ha venido de las empresas y algunos Comités han logrado gestionar fuentes financieras diferentes, aparte del aporte voluntario de sus miembros. Por otra, el origen del financiamiento desde una parte interesada ha planteado dudas con respecto a la independencia de los comités frente a las empresas y los resultados de los monitoreos. En algunos casos, los municipios han ayudado a los comités, no con financiamiento directo, sino con el aporte de recursos (infraestructura, gestión, etc.). Este tema no está resuelto y requiere una solución apropiada.

D.2 Caso de estudio de referencia para ejemplificar medida: Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (involucramiento de PRI, UNEP FI, ICMM)

La serie de desafíos ambientales y sociales en la industria minera se ha exacerbado en lamentables catástrofes recientes, como el devastador colapso de una presa de relaves cerca de la ciudad de Brumadinho en Brasil, propiedad de la empresa minera Vale, en enero de 2019. Este hecho ha servido para exaltar la importancia fundamental de acertar con una apropiada divulgación y gestión de desafíos y oportunidades de

socioambientales si las empresas quieren atraer inversiones y conservar su licencia social para operar (Sanderson y Hume, 2019).

En esta sección se relata la creación del Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera y cómo distintos tipos de inversionistas han exigido su adopción a compañías mineras. La conmoción del evento de Brumadinho repercutió en la creación de una iniciativa de inversionistas llamada «Iniciativa de seguridad en la minería y los relaves para inversionistas». Esta iniciativa está presidida por la Junta de Pensiones de la Iglesia de Inglaterra y el Consejo de Ética de los Fondos Nacionales de Pensiones de Suecia, y cuenta con el apoyo de 112 inversionistas internacionales con más de USD 14 mil millones en activos bajo gestión.

Su objetivo es mejorar el entendimiento y transparencia relacionados con los riesgos sociales y financieros derivados de los desastres en relaves, y abogar por una mejora en la gestión de ellos. Ha sido exitoso en concientizar a inversionistas en los efectos catastróficos que una mala gestión puede tener en la comunidad y en el medioambiente (Global Tailings Review, 2020).

La iniciativa busca masificar el uso de un estándar que obliga a la adopción de medidas decisivas y apropiadas para mejorar la seguridad y fortalecer la gestión de las instalaciones de relaves en todo el mundo (Global Tailings Review, 2020). El Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera fue creado en 2020 por el Global Tailings Review, presidido por ICMM, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y los Principios de Inversión Responsable (PRI).

El estándar fue creado mediante un proceso con múltiples stakeholders, incluidas comunidades afectadas, autoridades gubernamentales, organizaciones multilaterales, representantes de la minería, e inversionistas. Como coautor, PRI representa a este último grupo, cuyos signatarios manejan globalmente USD 103.4 mil millones en activos bajo gestión. Además, durante la creación del estándar, se consultaron a instituciones financieras que apoyan a empresas mineras más pequeñas en su desarrollo, incluida la Corporación Financiera Internacional (IFC), a modo de garantizar una aplicabilidad de este estándar para todo tipo de operaciones mineras.

Este estándar exige a los operadores (y por lo tanto a los inversionistas) que apliquen un enfoque integrado al manejo de los relaves, y establece requisitos sobre seis temas clave:

1. Comunidades afectadas
2. Base de conocimientos integrada
3. Diseño, construcción, operación y monitoreo de instalaciones de relaves
4. Gestión y gobernanza
5. Respuesta ante emergencias y recuperación a largo plazo
6. Divulgación pública y acceso a la información

Los inversionistas revisan la información pública requerida por el estándar como parte de su debida diligencia, la integración de los criterios socioambientales y de gobernanza y con esto toman las decisiones de inversión. Esperan que todas las compañías mineras que operan instalaciones de relaves lo adopten, puesto que el estándar ha sido desarrollado de manera que pueda ser aplicado por todos los operadores, independientemente de su tamaño o ubicación geográfica.

A través de PRI, los financistas están creando expectativas de inversión que puedan destacar a aquellos actores con una buena administración de relaves, y tomar acciones frente a las compañías que no sigan el estándar. Entre ellas, destacan el involucramiento de los accionistas, proxy voting, stakeholder resolutions y, en última instancia, el divestment, medidas que han sido definidas en el subcapítulo anterior.

Por ejemplo, el Fondo de Pensiones del Gobierno de Noruega retiró sus inversiones en Vale ante una sucesiva falla de relaves en sus operaciones mineras, coronada con el trágico accidente de 2019 en Brumadinho «debido a que es un riesgo inaceptable que la empresa contribuya o sea ella misma responsable de graves daños ambientales» [sic] (Freitas y Andrade, 2020).

Se espera que la adopción del estándar siga avanzando en la implementación a través de sus tres organizaciones: UNEP apoyará a los gobiernos que deseen incorporar este estándar en su legislación nacional o estatal, PRI desarrollará las expectativas de los inversionistas y los orientará en las acciones a tomar para que apoyen a las empresas mineras en aplicar el estándar, y las empresas miembros del ICMM deberán cumplir con el estándar como un compromiso para pertenecer a este grupo.

La exigencia de la adopción del estándar de gestión de relaves a las empresas mineras mediante las distintas acciones que pueden tomar los inversionistas es un fiel reflejo del rol que juegan en la aceleración de la adopción de criterios socioambientales.

E. Agradecimientos

El consorcio conformado por Vivid Economics, Implementa Sur y Carbon Trust, desea agradecer a las personas siguientes por su colaboración en las entrevistas desarrolladas en el marco de este estudio:

No.	Entrevistado (Nombre, cargo y área de acción)	Perfil
1	Alexandra Guaqueta, Global Practice Leader, External Affairs at Rio Tinto, Sudamérica	Sector privado
2	Alfonso Caso Aguilar, socio - director de Aosocial, México	Otros - Consultoría
3	Ana María Aranibar Jiménez, Cumbre del Sajama, Bolivia	Otros - Consultoría
4	Cristian Cifuentes, analista de estrategias y políticas públicas, Chile	Sector público
5	Daniel Lafuente, Cumbre del Sajama, Bolivia	Otros - Consultoría
6	Dr. Gustavo Lagos, profesor investigador de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile	Academia
7	Dr. Stephen Northey, UTS Sydney	Academia
8	Hafren Williams; manager, International Council on Mining and Metals, Internacional	Iniciativas internacionales
9	Iris Wunderlich; Senior Project Manager Energy, Mining & Sustainability; Cámara Chileno-Alemana de Comercio (CAMCHAL), Chile	Otros - Cámara
10	Laura Turley, Former Associate at IISD; International Institute for Sustainable Development (former), Internacional	Otros
11	Leah Butler; Vice President and Responsible Mining Initiative Leader; Responsible Business Alliance, Internacional	Iniciativas internacionales
12	María de la Luz Vásquez, encargada de medioambiente del Ministerio de Minería, Chile	Sector público
13	Masuma Farooki; Consulting Director; Minehutte, Internacional	Otros - Consultoría

No.	Entrevistado (Nombre, cargo y área de acción)	Perfil
14	Nicole Hanson, Sustainability manager, Copper Alliance, Internacional	Iniciativas internacionales
15	Paul D. Maidstone; Environmental Head en Glencore Zinc, Sudamérica	Sector privado
16	Prof. Damien Giurco, UTS Sydney	Academia
17	Rinaldo Mancin, director de Relaciones Institucionales, Instituto Brasileño de Minería, Brasil	Sector público
18	Simon Wong, Sustainable Finance Tutor, Cambridge Institute for Sustainable Leadership.	Academia
19	Víctor Pérez, profesor de marketing estratégico del MBA de Minería en la Universidad de Chile, Chile	Academia

F. Referencias

Agencia Internacional de la Energía (2019) [Global EV Outlook 2019](#). Paris, Francia.

Allianz (2018) [ESG Integration Framework](#). Múnich, Alemania: Allianz.

Amnesty International (2016) [This is what we die for: Human rights abuses in the Democratic Republic of the Congo](#). Londres, Reino Unido: Amnesty International.

Amnesty International (2017) [Time to Recharge: corporate action and inaction to tackle abuses in cobalt supply chain](#). Londres, Reino Unido: Amnesty International.

Asociación europea de fabricantes de automóviles. (2020). [Se necesita un aumento masivo de la infraestructura de recarga y recarga de camiones, según revelan nuevos datos.](#) Bruselas, Bélgica.

Berkouwer, Chris (2020) [The paradox of sustainable investment in mining](#). Rotterdam, Países Bajos: Robeco.

BID, 2020. [De estructuras a servicios: el camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe](#). Washington, DC, EEUU.

Business & Human Rights Resources Center (2020) [Renewable Energy Benchmark - Key Findings Report](#). Londres, Reino Unido: Business & Human Rights Resources Center.

CEPAL (2019) [Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible](#). Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.

CESCO y Spencer Stuart (2020) [Mining for Value](#). Santiago de Chile, Chile: CESCO.

Church, Clare y Alec Crawford (2018) [Green Conflict Minerals: The fuels of conflict in the transition to a low-carbon economy](#). Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development.

Comisión Chilena del Cobre (2019) [Proyección de la producción de cobre en Chile 2019 -2030](#). Santiago de Chile, Chile: Comisión Chilena del Cobre.

Comisión Chilena del Cobre (2020) [Proyección de consumo de agua en la minería del cobre](#). Santiago de Chile, Chile: Comisión Chilena del Cobre.

Deloitte (2020) [Tracking the trends 2020 - Leading from the front](#). Londres, Reino Unido: Deloitte Insights.

Dufey, Annie (2020) [Iniciativas para transparentar los aspectos ambientales y sociales en las cadenas de abastecimiento de la minería](#). Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.

Duka, Ykateryna, Svetlana Ilchenko, Mykola Kharytonov y Tetyana Vasylyeva (2011) [Impact of open manganese mines on the health of children dwelling in the surrounding area](#). Emerging health threats journal, 4, 7110. <https://doi.org/10.3402/ehth.v4i0.7110>

Engel, Hauke, Patrick Hertzke, y Giulia Siccardi (2019) [Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage](#). Frankfurt, Alemania: McKinsey & Company.

Farooki, Masuma. 2020a. [Responsible Sourcing: The Case for Business Competitiveness](#). Viena, Austria: Re-Sourcing.

Farooki, Masuma. 2020b. [The International Responsible Sourcing Agenda](#). Viena, Austria: Re-Sourcing.

Frankel, Todd. “[The cobalt pipeline: Tracing the path from deadly hand-dug mines in Congo to consumers’ phones](#).” 30 septiembre 2016. The Washington Post.

Freitas, Gerson Jr. y Vinicius Andrade. “[Brazil Iron Ore, Power Giants Excluded From Norway’s Wealth Fund](#).” Bloomberg. 13 mayo 2020.

German Environment Agency (2020) [Addressing climate change impacts in mining and raw material supply chains](#). Dessau-Rosslau, Alemania: German Environment Agency.

GIZ (2018) [Creating Value Together – Interoperability: Opportunities, Challenges and Ways Forward for Metals, Mineral and Mining Sustainability Standards](#). Bonn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Global Tailings Review (2020) [Global Industry Standard on Tailings Management](#). Londres, Reino Unido: Global Tailings Review.

Gobierno de Australia (2020) [Working with Indigenous Communities: Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry](#). Canberra: Commonwealth of Australia.

Gordon, Robert, Marlen Bertram, y Thomas Graedel (2006) [Metal stocks and sustainability](#). Proceedings of the National Academy of Sciences, 103 (5) 1209-1214; DOI: 10.1073/pnas.0509498103.

Gordon, Robert, Marlen Bertram, y Thomas Graedel (2007) [On the sustainability of metal supplies: A response to Tilton and Lagos](#). Resources Policy 32(1-2):24-28.

Grimm, Jorg, Joerg Hofstetter y Joseph Sarkis (2014) [Critical factors for sub-supplier management: A sustainable food supply chains perspective](#). International Journal of Production Economics, 152(1), 159-173.

Her Majesty's Treasury (2020) [A Roadmap towards mandatory climate-related disclosures](#). Londres, Reino Unido: Her Majesty's Treasury.

Hervé, Dominique y Ximena Insunza (2019) [Análisis Crítico del Proyecto de Ley que Modifica el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental](#). Santiago de Chile, Chile: Fundación Friedrich Ebert en Chile.

Hofmann, Hannes, Martin Schleper y Constantin Blome (2018) [Conflict Minerals and Supply Chain Due Diligence: An Exploratory Study of Multi-tier Supply Chains](#). Journal of Business Ethics, Springer, vol. 147(1), pages 115-141, January.

Hund Kristen, Daniele La Porta, Thao Fabregas, Tim Laing y John Drexhage (2020) [Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition](#). Washington, DC, EEUU: Banco Mundial.

Institute of Chartered Accountants in England and Wales (2020) [Responsible sourcing and low carbon metals at the LME](#). Londres, Reino Unido: Institute of Chartered Accountants in England and Wales.

Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (2019) [Do Voluntary Sustainability Initiatives in Mining Advance the SDGs?](#) Ottawa, Canada: Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) [Reporte especial: Calentamiento global de 1.5 °C](#). Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change.

International Council on Mining and Metals (2012) [Principios Voluntarios de Seguridad y Derechos Humanos](#). Londres, Reino Unido: International Council on Mining and Metals.

International Council on Mining and Metals (2015a) [Indigenous peoples and mining](#). Londres, Reino Unido: International Council on Mining and Metals.

International Council on Mining and Metals (2015b) [Demonstrating value: A guide to responsible sourcing](#). Londres, Reino Unido: International Council on Mining and Metals.

International Council on Mining and Metals (2017) [Guía de buenas prácticas para la minería y la biodiversidad](#). Londres, Reino Unido: International Council on Mining and Metals.

International Council on Mining and Metals (2018, noviembre 26) [ICMM first industry body to commit to UN Guiding Principles on Business and Human Rights \[Comunidado de prensa\]](#).

International Council on Mining and Metals (2020) [Minería y comunidades](#). Londres, Reino Unido: International Council on Mining and Metals.

International Lead Association (2015) [Lead Recycling Sustainability in Action](#). Londres, Reino Unido: International Lead Association.

Jameson Jordan, Xin Song y Michael Pecht (2016) [Conflict Minerals in Electronic Systems: An Overview and Critique of Legal Initiatives](#). Sci Eng Ethics. 2016 Oct;22(5):1375-1389.

Jamasmie, Cecilia. “[Tahoe Resources forced to halt Escobal mine in Guatemala](#).” 6 julio 2017. Mining.

Jerez Henríquez, Bárbara (2018) [Impacto socioambiental de la extracción de litio en las cuencas de los salares altoandinos del cono sur](#). Santiago de Chile, Chile: Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina.

Jiang, Kejun, Solomone Fifita, y Katherine Calvin (2018). [Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable 2 development](#).

Laier, Paula. “[Vale stock plunges after Brazil disaster; \\$19 billion in market value lost](#).” 28 de enero de 2019. Reuters.

Mathieux, Fabrice, Fulvio Ardente, y Silvia Bobba (2017) [Critical raw materials and the circular economy](#). Luxemburgo, EU: European Commission.

Lin Yuping, Zhang, Kai Zhang, Max Zuo-Jun, y Lixin Miao (2019). [Charging network planning for electric bus cities: A case study of Shenzhen, China](#). Sustainability, 11(17), 4713.

Lopez, Andrés, Martin Obaya, Paulo Pascuini, Adrián Ramos (2020) [Litio en la Argentina: Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor](#). Washington, DC, EEUU: Banco Interamericano de Desarrollo.

London Metal Exchange (2019a, abril 23) [London Metal Exchange launches consultation on the introduction of responsible sourcing standards](#) [Comunicado de prensa]

London Metal Exchange (2019b, octubre 25) [LME sets out responsible sourcing requirements](#) [Comunicado de prensa]

London Metal Exchange (2020) [Guide to the London Metal Exchange](#). Londres, Reino Unido: London Metal Exchange.

López Follegatti, Jose Luis (2009) [Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos](#). Lima, Perú: Grupo de Diálogo Minería y Desarrollo Sostenible.

Loulou, Richard y Maryse Labriet (2007) ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model structure. CMS 5, 7-40 (2008) <https://doi.org/10.1007/s10287-007-0046-z>

Lindsay Delevingne, Will Glazener, Liesbet Grégoir, y Kimberly Henderson (2020) [Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know](#). New York, NY: McKinsey & Company.

Ménard, Renée (2011) [Guía para la Implementación de Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Participativos](#). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas, Perú.

Montagú, Haroldo, Gustavo Nadal, Karina Íñiguez e Hilda Dubrovsky (2019) [Eficiencia energética en Argentina – Diagnóstico sector minero](#). Hamburgo, Alemania: GFA Consulting Group.

Mori Junior, Renzo y Saleem Ali (2016) [Designing Sustainability Certification for Greater Impact: Perceptions, expectations and recommendations in sustainability certification schemes](#). Brisbane, Australia: Center for Social Responsibility in Mining, University of Queensland.

Naciones Unidas (1948) [Declaración Universal de Derechos Humanos](#). Nueva York, NY, EEUU: Naciones Unidas.

Naciones Unidas (2011) [Principios rectores sobre las empresas y los derechos humanos](#). Nueva York, NY, EEUU: Naciones Unidas.

Naciones Unidas (2018) [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](#). Nueva York, NY, EEUU: Naciones Unidas.

Norgate, Terry y Nawshad Haque (2010) [Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations](#). Journal of Cleaner Production, Volume 18, Issue 3, February 2010, Pages 266-274.

Nuss, Philip y Matthew Eckelman (2014) [Life Cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis](#). PLoS ONE 9(7): e101298. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101298>

OCDE (2016) [OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict Affected and High Risk Areas](#). París, Francia: OCDE.

OCDE (2018). [Estudio económico de Chile 2018](#). Santiago, Chile: OCDE.

OCDE (2019) [Mining and Green Growth in the EECCA Region](#). Paris, Francia: OCDE.

Organización Internacional del Trabajo (1989) [C169 - Convenio sobre pueblos indígenas y tribales](#). Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

Palomino Bonilla, Miguel, Patricia Pérez Malca, Paula Castillo Vera, y Piero Ortiz Chávez (2015) [El costo económico de la no ejecución de proyectos mineros por conflictos sociales y/o trabas burocráticas](#). Lima, Peru: Instituto Peruano de Economía.

Pareja, Claudio, Andre Xavier, y Sarah Daitch (2019) [Comités de Monitoreo Ambiental Participativos en Contextos Mineros; Lecciones a partir de nueve estudios de casos en cuatro países de América Latina](#). Nueva York, NY, EEUU: Naciones Unidas.

Pennini, Aldo. [“The ESG bar has just been raised... Who will get over it?”](#) 20 marzo 2020. Mining Journal.

Potts, Jason, Matthew Wenban-Smith, Laura Turley, y Matthew Lynch (2018) [State of sustainability initiatives review: standards and the extractive economy](#). Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development.

Proética (2019) [Riesgos de corrupción en el sector minero: Informe Perú](#). Lima, Perú: Consejo Nacional para la Ética Pública.

Rasiewicz, Angelica, Alberto Vásquez Ruiz y Piet Wostyn (2020) [The green transition challenged by the metal supply chain](#). European Training Network for the Remediation and Reprocessing of Sulfidic Mining Waste Sites.

RCS Global Group (s.f.) [Blockchain & Traceability: Mine-To-Market Distributed Ledger Technology Platforms](#). Berlín, Alemania: RCS Global Group.

Remme, Uwe y Markus Blesl (2008) [A global perspective to achieve a low-carbon society \(LCS\): Scenario analysis with ETSAP-TIAM modelv](#). Climate Policy 8(sup1):S60-S75.

Responsible Mining Foundation y Columbia Center on Sustainable Investment (2020) [La Minería y los ODS: Actualización de la situación en 2020](#). Nyon, Suiza: Responsible Mining Foundation.

Responsible Mining Foundation (2019) [Mine-site ESG data disclosure by small and mid-tier mining companies](#). Nyon, Suiza: Responsible Mining Foundation.

Responsible Minerals Initiative (2020) [Responsible Minerals Initiative Blockchain Guidelines. Second Edition](#). Alexandria, VA, EEUU: Responsible Minerals Initiative.

Ruiz, Valentina. [“Pathways towards zero-emission copper mines.”](#) 28 junio 2020. Mining.

Sanderson, Henry y Neil Hume. [“Global miners count the cost of their failings”](#). 15 febrero 2019. Financial Times.

Segal, Mark. [UK Becomes First Country in the World to Make TCFD aligned Disclosure Mandatory](#). 9 noviembre 2020. ESG Today.

Smith, James y Graham Davis (2020) [Diseño y desempeño de regímenes fiscales en petróleo, gas y minería en América Latina y el Caribe: Revisión sobre prácticas actuales, lecciones aprendidas y mejores prácticas](#). Washington, DC, EEUU: Banco Interamericano de Desarrollo.

Sustainability Accounting Standards Board (2018) [Metals & Mining - Sustainability Accounting Standard](#). San Francisco, CA, EEUU: Sustainability Accounting Standards Board.

UNDP (2018) [Managing Mining for Sustainable Development](#). Bangkok, Tailandia: UNDP.

Van den Brink, Susan, Rene Kleijn, Arnold Tukker y Jaco Huisman (2019) [Approaches to responsible sourcing in mineral supply chains](#). Resources Conservation and Recycling 145(2019):389-398.

Villegas, Elisa (2016) [Áreas naturales protegidas y minería en México: Perspectivas y recomendaciones](#). La Paz, México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste.