

# SEMINARIOS Y CONFERENCIAS

## Minería para un futuro bajo en carbono

Oportunidades y desafíos para  
el desarrollo sostenible



NACIONES UNIDAS



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



[www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)



[www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

# SEMINARIOS Y CONFERENCIAS

## Minería para un futuro bajo en carbono

Oportunidades y desafíos para  
el desarrollo sostenible



NACIONES UNIDAS



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento se basa en las ponencias y comentarios de los expertos que participaron en el seminario regional Minería para un Futuro bajo en Carbono: Oportunidades y Desafíos para el Desarrollo Sostenible, realizado los días 4 y 5 de junio de 2018 en la sede de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en Santiago.

Esta publicación se elaboró con la colaboración del programa Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

El seminario fue organizado por Carlos de Miguel y Mauricio Pereira, de la Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL; Daniele La Porta, Kirsten Hund, John Drexhage y Thao P. Nguyen, del Banco Mundial, y Michael Rösch, Victor Garzón y Tim Schlösser, de la GIZ.

El documento fue compilado y editado por Mauricio Pereira y Miryam Saade Hazin, de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL. Se agradecen las contribuciones de Stefania De Santis y el apoyo de Anne-Lise Bohaud, ambas Consultoras de la misma División.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones.

---

Publicación de las Naciones Unidas  
ISSN: 1680-9041 (versión electrónica)  
ISSN: 1680-9033 (versión impresa)  
LC/TS.2019/19  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2019  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.19-00199

---

Esta publicación debe citarse como: "Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible", *serie Seminarios y Conferencias*, N° 90 (LC/TS.2019/19), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2019.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

# Índice

---

<b>Resumen</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	9
<b>I. Inauguración</b> .....	11
<b>II. La minería como actor en la agenda mundial para el desarrollo sostenible y de cambio climático: gobernanza y sostenibilidad</b> .....	15
A. El gran impulso ambiental para cumplir con la agenda global: implicaciones para la minería.....	15
B. Panorama del Acuerdo de París y su relación con el sector minero.....	19
C. La gobernanza de los recursos naturales .....	22
D. Minería y Desarrollo Sostenible.....	24
E. Ronda de preguntas y comentarios.....	25
<b>III. Análisis de la creciente demanda global y sus impactos para América Latina: oportunidades para la innovación y nuevos productos</b> .....	27
A. Proyección de la demanda de minerales relacionado con el cambio climático.....	28
B. La transformación global de la energía.....	32
C. La Alianza Global de las Baterías ( <i>The Global Battery Alliance</i> ). Hacia cadenas de valor de baterías inclusivas y sostenibles.....	35
D. Comentarios .....	36
E. Mesa redonda: experiencias de los países participantes.....	37
<b>IV. ¿Desafíos para la minería del siglo XXI?: viejos y nuevos riesgos</b> .....	39
A. Retos de la minería chilena y el papel de COCHILCO.....	39
B. Retos desde la perspectiva del sector privado.....	40
C. Cambios institucionales y regulatorios .....	42
D. Ronda de preguntas y comentarios.....	43

<b>V.</b>	<b>Grupos de trabajo: desafíos, oportunidades y riesgos</b> .....	45
A.	Presentaciones de los grupos de trabajo .....	45
1.	Riesgos .....	45
2.	Oportunidades .....	46
3.	Desafíos .....	46
<b>VI.</b>	<b>Minería inteligente con respecto al clima</b> .....	47
<b>VII.</b>	<b>Clima, medio ambiente y territorio: elementos de una minería inteligente con respecto al clima</b> .....	49
A.	Sostenibilidad ambiental del sector minero: evaluaciones y recomendaciones .....	49
B.	Territorio, medio ambiente y minería .....	53
C.	Impactos del cambio climático en el sector minero .....	55
D.	Ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible .....	57
E.	Ronda de preguntas y comentarios .....	59
<b>VIII.</b>	<b>Nuevas tecnologías e innovaciones: elementos de una minería inteligente con respecto al clima II</b> .....	61
A.	Minería y transición energética: el rol de CORFO en desarrollo tecnológico e innovación .....	61
B.	Cobre verde .....	64
C.	Hidrógeno en la minería .....	66
D.	Ronda de preguntas y comentarios .....	67
<b>IX.</b>	<b>Grupos de trabajo: elementos de una minería inteligente con respecto al clima</b> .....	69
A.	¿Cómo fortalecer una minería inteligente con el clima? Presentaciones grupos de trabajo .....	70
<b>X.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	73
	<b>Bibliografía</b> .....	77
	<b>Anexos</b> .....	79
Anexo 1	Agenda del evento .....	80
Anexo 2	Participantes .....	84
	<b>Serie Seminarios y Conferencias: números publicados</b> .....	86
<b>Cuadros</b>		
Cuadro 1	Variación de la probabilidad (respecto a la de 2010) de superar 50 cm en el cambio de altura de ola en los años horizonte en diversos puntos de Chile .....	51
Cuadro 2	Consumo de energía con base a combustibles por proceso .....	55
<b>Gráficos</b>		
Gráfico 1	Calentamiento medio de la superficie global .....	17
Gráfico 2	Remanentes en el presupuesto de carbono al 2016 para quedar bajo los 2°C .....	17
Gráfico 3	Fuentes de energía a nivel mundial bajo un escenario de 2°C .....	21
Gráfico 4	América del Sur (9 países): exportaciones, importaciones y balanza comercial física, 2002-2016 .....	23
Gráfico 5	Escenarios de la perspectiva de tecnología energética de la Agencia Internacional de Energía para la capacidad instalada de electricidad .....	28
Gráfico 6	Variación en la demanda de metales proveniente de la energía solar .....	29
Gráfico 7	Variación de la demanda de metales proveniente de la energía eólica .....	30
Gráfico 8	Variación en la demanda de metales proveniente del almacenamiento de energía en baterías .....	31
Gráfico 9	Disponibilidad hídrica futura en la Región Metropolitana, Chile (oferta menos demanda) .....	50

**Recuadros**

Recuadro 1	Núcleo minería verde .....	59
------------	----------------------------	----

**Diagramas**

Diagrama 1	Un gran impulso ambiental .....	16
Diagrama 2	Desarrollo sostenible y minería responsable .....	25
Diagrama 3	Comparación del contenido de los metales .....	29
Diagrama 4	Indicadores de uso de energía en el sector energético .....	33
Diagrama 5	El declive de la importancia de los combustibles fósiles .....	34
Diagrama 6	Programa Nacional de Minería Alta Ley Ejes Estratégicos 2017 .....	58
Diagrama 7	Relación virtuosa: electromovilidad, energías renovables y minería verde.....	62
Diagrama 8	Las tendencias del mercado se reflejan en la cadena de valor .....	64
Diagrama 9	Plan Maestro de Sustentabilidad .....	65
Diagrama 10	Relación entre ODS y oportunidades, riesgos y desafíos de la minería .....	74

**Mapas**

Mapa 1	Chile: representación esquemática de los efectos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras, 2010-2100 .....	18
Mapa 2	Caracterización del agua potable en cuenca del río Maipo en Chile Central .....	50
Mapa 3	Oportunidad para Chile: principal productor de minería verde basada en energía solar .....	63





## Resumen

---

Los días 4 y 5 de junio de 2018 tuvo lugar el seminario “Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible” en la sede de la CEPAL. El objetivo del seminario consistió en debatir las prioridades y formular recomendaciones en términos de minería y medio ambiente para América Latina y el Caribe. En este seminario se abordaron cinco temas centrales: 1) la minería como actor en la agenda mundial para el desarrollo sostenible y de cambio climático: gobernanza y sostenibilidad; 2) el análisis de la creciente demanda global y sus impactos para América Latina: oportunidades para la innovación y nuevos productos; 3) desafíos para la minería del siglo XXI: viejos y nuevos riesgos; 4) clima, medio ambiente y territorio: elementos de una minería inteligente con respecto al clima, y 5) nuevas tecnologías e innovaciones: elementos de una minería inteligente con respecto al clima II.

Durante el seminario se propició el diálogo entre los distintos actores -Gobierno, sector privado, academia, organismos no gubernamentales y organismos internacionales- para abordar los desafíos en materia ambiental y social que han persistido en la minería y que, tras la firma del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático y el compromiso para cumplir con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se han incluso acrecentado. A nivel global, la mitigación del cambio climático nos dirige por una transición hacia un mayor uso de energías renovables, lo que junto al fomento de la electromovilidad, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, harán necesario mayores insumos y materias primas provenientes de la minería.

El principal objetivo del seminario se enfocó en analizar y debatir el papel de la minería en el marco de la Agenda Global de Desarrollo Sostenible y hacer de ella una minería inteligente que ayude al mundo a cumplir con los retos del cambio climático durante el siglo XXI y a los países de América Latina a impulsar un desarrollo sostenible de cara al futuro.



## Introducción

---

América Latina y el Caribe ha basado su crecimiento económico en gran medida en la explotación de los recursos naturales. En particular, destacan los países andinos como Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia, el Ecuador y el Perú que concentran una gran riqueza mineral. A partir de los años noventa, como resultado de una mayor apertura financiera y comercial, aunada a la revisión e implementación de nuevas leyes y normas mineras, los países andinos ampliaron la capacidad de explotación de sus recursos minerales.

Bajo este nuevo escenario y gracias también al último auge de precios de las materias primas, observado durante el nuevo milenio, la minería brindó a los países un período de importantes beneficios económicos. Sin embargo, dichos beneficios no fueron aprovechados de forma eficiente para transitar hacia políticas industriales con una visión de largo plazo, que permitieran a los países aminorar su dependencia de la minería y facilitar una transición estratégica hacia una mayor diversificación productiva. Por el contrario, aunque los ingresos aumentaron, estos países observaron una reprimarización en su estructura productiva y exportadora, que sigue siendo vulnerable a las fluctuaciones del mercado. De manera paralela, las presiones provocadas por la mayor explotación y la manera en la que se distribuyen los recursos estuvieron acompañados en muchos casos de conflictos sociales y ambientales, los cuales han sido difíciles de contener.

Hoy los países andinos tienen una nueva oportunidad para aprovechar, gestionar e invertir los ingresos provenientes de la minería con miras a lograr un mayor crecimiento económico futuro, más inclusivo y amigable en términos ambientales. Entre los factores más visibles resalta una creciente demanda de minerales como el litio, el cobalto, el cobre, entre otros, que son necesarios para avanzar en la transición hacia energías renovables. En efecto, el cambio climático plantea nuevos desafíos pero también oportunidades a nivel global, muchos de ellos relacionados con los compromisos de reducción de emisiones de carbono del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático de 2015.

Ante este nuevo contexto y en el marco del Programa: “Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos” del Ministerio Federal de Cooperación y Desarrollo de Alemania (BMZ), la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (DDSAH) de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) organizó, en cooperación con la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) y con el Banco Mundial,

el seminario “Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible” los días 4 y 5 de junio de 2018, en la sede de la CEPAL.

El objetivo del seminario se orientó a debatir las prioridades y formular recomendaciones en términos de minería y medio ambiente para América Latina. En dicho seminario se abordaron cinco temas centrales: 1) la minería como actor en la agenda mundial para el desarrollo sostenible y de cambio climático: gobernanza y sostenibilidad; 2) el análisis de la creciente demanda global y sus impactos para América Latina: oportunidades para la innovación y nuevos productos; 3) desafíos para la minería del siglo XXI: viejos y nuevos riesgos; 4) clima, medio ambiente y territorio: elementos de una minería inteligente con respecto al clima, y 5) nuevas tecnologías e innovaciones: elementos de una minería inteligente con respecto al clima.

Durante el seminario se propició el diálogo entre los distintos actores -Gobierno, sector privado, academia, organismos no gubernamentales y organismos internacionales- para abordar los desafíos en materia ambiental y social que han persistido en la minería y que, tras la firma del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático y el compromiso para cumplir con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se han incluso exacerbado. En definitiva, el principal objetivo del seminario se enfocó en analizar y debatir el papel de la minería en el marco de la Agenda Global de Desarrollo Sostenible y hacer de ella una minería inteligente que permita cumplir con los retos del cambio climático durante el siglo XXI.

Para alcanzar un verdadero desarrollo sostenible se requiere implementar una adecuada gobernanza de los recursos naturales que articule a todos los actores involucrados en las actividades mineras e incluya políticas de inversión dirigidas hacia una mayor diversificación económica que permita a los países salir de esquemas dependientes de uno o pocos recursos. Esto precisa a su vez incluir criterios de sostenibilidad intertemporal con el fin de transformar el capital natural no renovable en otras formas de capital perdurable como educación, infraestructura física y social, innovación y desarrollo tecnológico.

En definitiva, el principal objetivo del seminario se enfocó en analizar y debatir el papel de la minería en el marco de la Agenda Global de Desarrollo Sostenible y hacer de ella una minería inteligente que ayude al mundo a cumplir con los retos del cambio climático durante el siglo XXI y a los países de América Latina a impulsar un desarrollo sostenible de cara al futuro.

## I. Inauguración

---

*Joseluis Samaniego<sup>1</sup>*

Una minería baja en carbono debe estar enmarcada en el cumplimiento de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en sintonía con el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (APCC). Para ello, es preciso acelerar los diálogos de política sectorial, para cumplir con los acuerdos internacionales y adecuar los sistemas productivos, como temas prioritarios para la región.

Los países deben asignar responsabilidades e involucrar a todos los sectores productivos para cumplir con la Agenda 2030 y los ODS. Estos compromisos también deben aplicarse al cumplimiento del APCC, empero, hasta ahora, los países no han presentado cuál será la contribución de cada sector productivo al esfuerzo global.

El agotamiento del espacio ambiental en América Latina está latente, en gran parte, por su desarrollo inercial, basado en un patrón de consumo cada vez más intensivo en combustibles fósiles, con una alta congestión y expansión urbana, y en dónde no se aprovecha el poco espacio ambiental abierto con la penetración de las energías renovables. Al respecto, se puede decir que Chile ha logrado abrir un espacio ambiental en pocos años, al aumentar el uso de las energías renovables no convencionales de 6% a 20%.

Asimismo, es indispensable propiciar una discusión basada en una mirada estratégica de largo plazo, a nivel nacional y para la minería, en particular. Durante los últimos años, los costos de la energía han disminuido de, aproximadamente, 100 dólares a 30 dólares por MW/h, lo que abre el camino a nuevas opciones productivas que antes no eran posible de desarrollar en la región. De aquí surge la pregunta: ¿Se puede realmente aprovechar de una manera más eficiente el espacio ambiental que se está abriendo a través de una mayor fuente de energías renovables?

Con la revolución tecnológica en curso se preve un proceso importante de desmaterialización de la economía, no obstante, aún no es clara su tendencia de largo plazo. Por ejemplo, en el actual mundo digital, en el cuál los aparatos electrónicos permanecen conectados a la corriente eléctrica las 24 horas del día y

---

<sup>1</sup> Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL.

en modo stand-by, de cierta forma se anuncia un incremento en la intensidad en el ciclo de vida de la revolución digital. En América Latina, esta situación también se manifiesta en la minería y en las energías fósiles, lo que puede traducirse en un incremento en las demandas de energía, de metales y de transmos para la economía digital.

Si bien la región cuenta con una amplia riqueza mineral que podría perdurar por mucho tiempo, los países deben avanzar hacia un mundo con una mayor proporción de reciclaje que permita eventualmente que los minerales, sin mayor procesamiento, sean sustituidos por los reciclados.

Hoy América Latina y el Caribe se enfrenta a diversos desafíos, entre los que destacan: i) una evaluación estratégica para alcanzar el máximo aprovechamiento en la duración de la vida útil de los materiales; ii) el empleo de forma óptima del actual y potencial espacio ambiental, y iii) hacer mayores esfuerzos para ampliar las cadenas de valor en la región que generen beneficios y con ello, que las exportaciones de minerales sin procesar logren ser sustituidas por unas de mayor valor. A lo anterior cabe agregar, como uno de los grandes retos de la minería, facilitar que los metales extraídos compensen las emisiones o el daño ambiental. Para ello resulta relevante contar con una legislación adecuada que permita aprovechar los espacios de coordinación regional y al mismo tiempo, propicie que el sector minero mantenga ciertos estándares, genere mayores encadenamientos productivos y que las presiones fiscales sean compatibles con un mejor estilo de desarrollo en la región.

*Daniele La Porta<sup>2</sup>*

El cambio climático es una de las mayores prioridades para el Banco Mundial, por ser uno de los mayores desafíos para que los países alcancen el desarrollo. Según estimaciones del Banco Mundial, si los países no toman acciones para evitar los impactos del cambio climático, para el año 2030, cerca de 100 millones de personas serán desplazadas hacia la pobreza.

Existe un vínculo muy importante entre el sector minero y los retos que actualmente enfrentamos a causa del cambio climático, en el sentido de que este sector podría ser un elemento que contribuye a mitigarlo. Esto se sustenta en el reporte: “*The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*” que el Banco Mundial realizó en 2017 y en el cual analizó la creciente demanda de minerales necesarios para lograr un futuro bajo en emisiones de carbono. Esta relación surge por el hecho de que las energías renovables podrían dar un gran impulso a la demanda de nuevos minerales para la generación de energía más limpia. Para corroborar esta hipótesis, el Banco Mundial incluyó en el reporte un análisis cuantitativo, cuyos resultados se presentan durante el seminario. El principal objetivo es escuchar la opinión de los participantes y de los representantes de los diversos países, para finalmente responder a la pregunta: ¿Cuál es el mayor desafío para América Latina ante la expectativa de una creciente demanda de minerales?

*Inga Heuser<sup>3</sup>*

En representación del gobierno de Alemania da la bienvenida al seminario y destaca la importancia del APCC y de la Agenda 2030, incluidos los 17 ODS, acuerdos firmados en el año 2015. En el APCC, cada país se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de las contribuciones nacionales determinadas (NDC, por sus siglas en inglés). Los dos acuerdos tienen como objetivo establecer un marco a nivel global que permita mitigar los efectos del cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, y al mismo tiempo, cumplir con los ODS.

El gobierno alemán tiene mucho interés en estos temas, los que considera de máxima relevancia a nivel global. Para el caso de Alemania, su importancia radica, entre otros aspectos, en su alta dependencia por productos mineros para el desarrollo de su actividad industrial, en particular, importados desde la región andina. Asimismo, Alemania y la GIZ han puesto un gran énfasis en el uso de energías renovables y en el fomento de la electromovilidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que hace necesario mayores insumos y materias primas provenientes de la minería.

<sup>2</sup> Especialista Senior en Minería, Energía y Actividades Extractivas, Banco Mundial.

<sup>3</sup> Consejera de Asuntos Económicos, Científico-Tecnológicos y de Cooperación, Embajada de Alemania.

El uso de energías renovables, como otros cambios tecnológicos para alcanzar una minería verde, requieren de nuevas capacidades técnicas y tecnológicas, y se puede decir que Alemania cuenta con una amplia experiencia. En este contexto, la Embajada de Alemania en Chile, la GIZ y la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria son instancias de intercambio de experiencias y cooperación que pueden compartir sus buenas prácticas para alcanzar una minería verde o inteligente frente al desafío del cambio climático. Es necesario que los enfoques vayan más allá de lo estrictamente ambiental e involucren tanto aspectos sociales y económicos como a todos los actores involucrados en la búsqueda de nuevas perspectivas para alcanzar el desarrollo. Para ello, es fundamental que la producción minera cumpla con los estándares internacionales ambientales y sociales y que utilice, en la medida de lo posible, las energías renovables. A su vez, es preciso remediar, reutilizar y reaprovechar los pasivos ambientales mineros.

La Sra. Heuser reitera el apoyo de Alemania y la intención de compartir la experiencia del país como un socio estratégico para los países de América Latina y desea que el evento genere una amplia discusión que contribuya a alcanzar un desarrollo sostenible y a mitigar los efectos del cambio climático.





## **II. La minería como actor en la agenda mundial para el desarrollo sostenible y de cambio climático: gobernanza y sostenibilidad**

---

*Modera: Carlos de Miguel<sup>4</sup>*

Carlos de Miguel inicia el primer bloque reconociendo a Michael Rösch<sup>5</sup> como actor clave para la realización del taller y lo invita a hacer una breve introducción del objetivo y el alcance del evento. Por su parte, el Sr. Rösch destaca la importancia de contar con una audiencia muy diversa, con múltiples actores de diferentes países, lo cual facilita evaluar tanto los riesgos, así como los desafíos y las oportunidades para alcanzar una minería baja en carbono. De igual forma, agradece el apoyo de la CEPAL para establecer un diálogo entre todos los países interesados y contar con una aproximación a nivel regional. El fin último del taller está orientado a que los países alcancen un verdadero desarrollo sostenible, a través de una adecuada gobernanza de los recursos naturales, en línea con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) así como con el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático.

### **A. El gran impulso ambiental para cumplir con la agenda global: implicaciones para la minería**

*Joseluis Samaniego<sup>6</sup>*

En primer lugar, introduce el concepto de “gran impulso ambiental”, término que surgió después de la segunda guerra mundial, cuando los economistas se planteaban el concepto de desarrollo. Rosenstein-Rodan, economista del Banco Mundial, afirmaba que las transformaciones de envergadura no podían

---

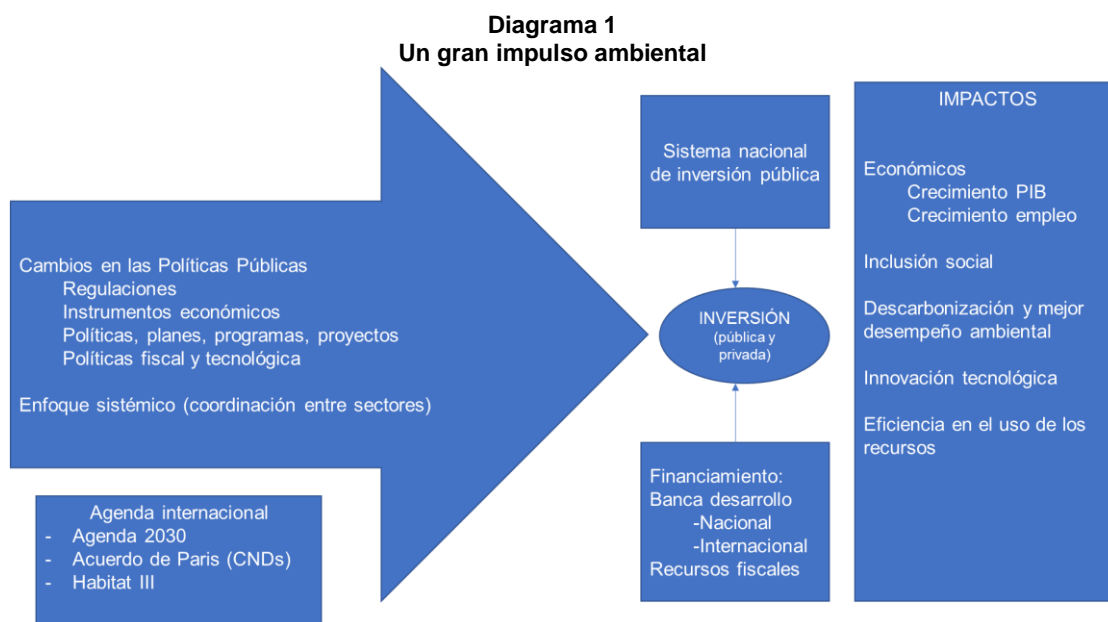
<sup>4</sup> Jefe de la Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible, CEPAL.

<sup>5</sup> Asesor Principal Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros, GIZ, Chile.

<sup>6</sup> Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL.

llevarse a cabo con cambios incrementales, lo cual ejemplificaba con el símil de un avión. El investigador sostenía que el solo hecho de añadir distintas partes a un avión, no significaba que fuera a despegar y para lograrlo se requería de su completo diseño. Basándose en este ejemplo, Rosenstein-Rodan argumentaba que para que un país alcance un desarrollo sostenible era necesaria una adecuada coordinación de las inversiones, acompañadas de un marco de política pública que las habilite. Este razonamiento es lo que está detrás del concepto de “gran impulso ambiental” y de las políticas públicas que propone la CEPAL para alcanzar un desarrollo sostenible (véase el diagrama 1).

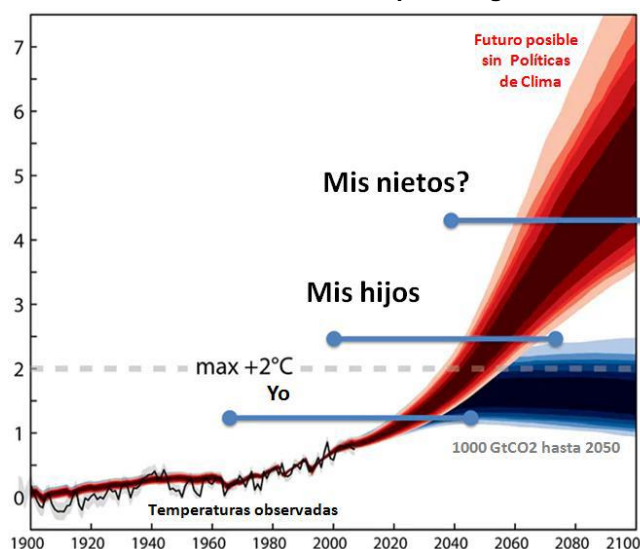
En el documento del período de sesiones de la CEPAL (2018) se expuso la problemática que enfrenta América Latina y el Caribe para lograr un desarrollo sostenible y cumplir con la Agenda 2030 y los ODS. En dicho documento se identificaron pocos espacios de acción para alcanzarla, entre los que destacan: el uso de energías renovables, el cambio en la movilidad, en particular de las ciudades, la bioeconomía y el manejo de residuos. Estas acciones tienen que estar acompañadas de una mejora en el patrón de consumo, junto con la creación de las cadenas productivas que las sustenten. Asimismo, se planteó el tema de interfaz entre movilidad y electricidad, dónde la movilidad podría ser parte del sistema de almacenamiento de un sector eléctrico de renovables. De aquí surge el cuestionamiento de quién estará a cargo de la producción de baterías de vehículos eléctricos y cuál será la oportunidad para el sector minero de contribuir como actor fundamental para alargar las cadenas de valor, bajo el contexto del cambio climático.



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

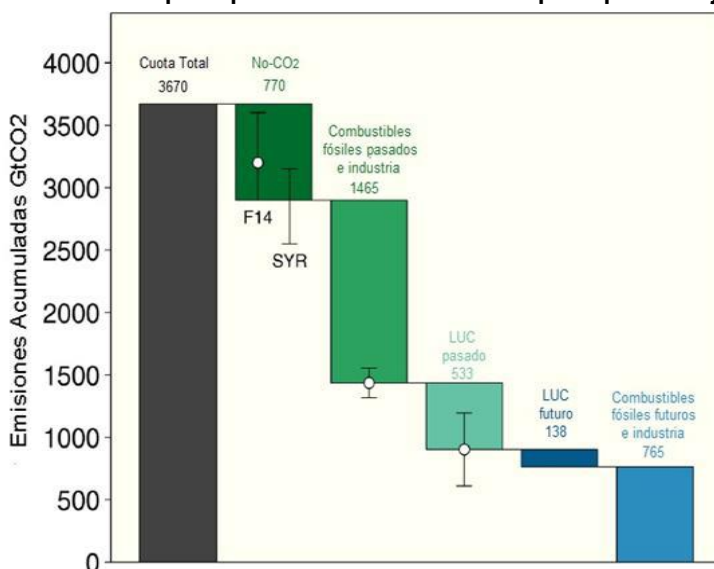
La migración, el cambio demográfico, las revoluciones digital y tecnológica, que afectan al mercado laboral y su interacción con los cambios geopolíticos y climáticos, forman parte de los grandes desafíos para alcanzar el desarrollo. Este contexto, el cual ha estado acompañado de las tensiones comerciales mundiales y del cambio climático ya presente, y que avanza hacia las futuras generaciones, ha restringido el campo de acción para lograr dicho desarrollo. De no cumplir con el APCC, el presupuesto ambiental que tenemos se agotará de forma acelerada a nivel global, lo que nos dejará con un horizonte de poco más de 20 años para no superar el umbral de los 2 grados centígrados (véanse los gráficos 1 y 2). Una vez alcanzado dicho umbral, la capacidad de adaptación se verá drásticamente disminuida y la estabilidad hidrológica de los ciclos agrícolas podría verse comprometida, entre otras consecuencias.

**Gráfico 1**  
Calentamiento medio de la superficie global



Fuente: D. Weston, "State of the planet, Kyoto and technical fixes", *The Political Economy of Global Warming: The Terminal Crisis*. London: Routledge, 2015.

**Gráfico 2**  
Remanentes en el presupuesto de carbono al 2016 para quedar bajo los 2°C

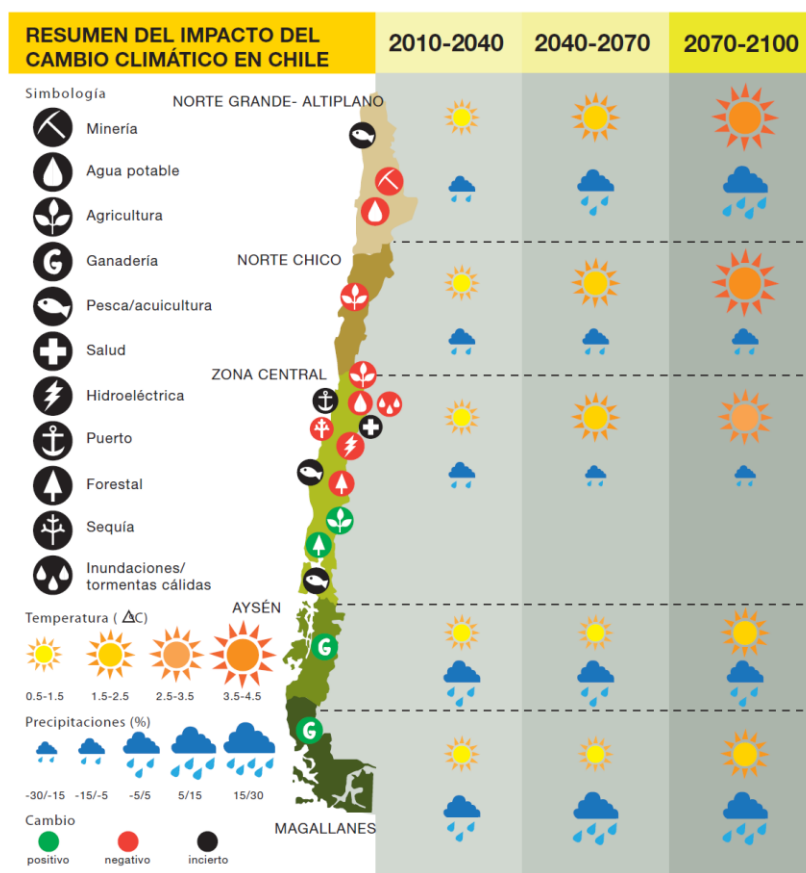


Fuentes: Peters et al. "Measuring a fair and ambitious climate agreement using cumulative emissions", *Environmental Research Letters*, 2015; Global Carbon Budget (2015 y 2016).

Cabe apuntar que América Latina y el Caribe es la región que emite menos gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial y al mismo tiempo, cuenta con una alta participación y un gran potencial de energías renovables. Sin embargo, la región es altamente vulnerable a los desastres naturales y en el caso particular de la zona del Caribe, a los eventos hidro meteorológicos extremos. También diversos países de la región están expuestos a fenómenos crónicos como, por ejemplo: la desertificación, la retracción de lluvias, la sabanización de la Amazonía y la exposición a la subida del nivel del mar.

Actualmente existe información disponible, clasificada por país, acerca de cómo se va a ir entronizando el fenómeno del cambio climático y cuáles serían sus canales de expansión económica en América Latina. Se hace referencia al caso de Chile en tres distintos períodos: un período temprano (2010-2040), el intermedio (2040-2070) y uno tardío (2070-2100). Es evidente cómo las zonas de mayor producción -valles centrales- han perdido y transferido su productividad hacia la zona sur (véase el mapa 1). Esto implica numerosas adaptaciones que van desde los registros catastrales hasta las relaciones de propiedad, el recambio de inversiones, la acumulación para la relocalización, entre otros, situación que ha estado presente en todos los países de América Latina y del Caribe. La percepción que se tiene a través de los planes gubernamentales es que aún no se interiorizan muchas de estas problemáticas, o bien falta un diálogo entre los distintos sectores para poder dimensionarlos. Un ejemplo de ello es el caso de Argentina, el Ecuador y el Uruguay, países que son vulnerables a la subida del mar y que, no obstante, las evaluaciones de impacto ambiental y el marco regulatorio que orienta la inversión, la información disponible todavía no ha sido interiorizada para crear la resiliencia necesaria en la ubicación y en la construcción de la infraestructura para evitar la subida del nivel del mar. Lo anterior deja en evidencia cómo todavía las acciones en torno a la mitigación y adaptación al cambio climático son insuficientes.

**Mapa 1**  
**Chile: representación esquemática de los efectos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras, 2010-2100<sup>a</sup>**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Chile. Síntesis”.  
<sup>a</sup> Se indican impactos sectoriales y proyecciones climáticas (para el escenario A2). Con respecto a los impactos sectoriales se consideran tres alternativas: los colores rojo o verde implican un impacto negativo o positivo respectivamente; el color negro corresponde a sectores donde se requiere más conocimiento para poder desarrollar una evaluación de impactos.

No obstante América Latina tiene un alto potencial de complementariedad entre las energías hídrica, solar y eólica, dependiendo de las estaciones del año, la interconexión con la infraestructura es muy limitada. En la región, la agricultura tiene un peso específico superior en términos del consumo de agua con respecto al resto del mundo, lo que resulta contrario a la demanda del sector industrial. Por un lado, los países del Caribe, América Central y México se enfrentan a un alto estrés hídrico mientras que, por el otro, ciudades como La Paz, Bogotá, Santiago de Chile, las cuales se encuentran cuenca abajo, siguen dependiendo del deshielo andino.

La región precisa un cambio en el estilo de desarrollo, de uno de tipo inercial hacia el gran impulso ambiental, que permita cambiar los patrones de producción y consumo. América Latina sigue siendo la región más desigual del planeta, lo que llama a un nuevo pacto social para cumplir con la Agenda 2030. Una adecuada gobernanza de la minería podría contribuir a la generación de políticas de diversificación productiva, que propicien una mayor estabilidad económica de más largo plazo, la cual precisa un nuevo pacto fiscal y una estructura económica más compleja, basada en el gran impulso ambiental. Para alcanzarlo, se requieren cambiar algunas regulaciones, donde la política pública tiene un peso importante como es el caso de los sistemas nacionales de inversión pública, para generar reglas que permitan llevar a cabo inversiones con bajo carbono. Si se lograran asociar y coordinar las políticas públicas con el financiamiento, la regulación de los bancos centrales, las regulaciones ambientales y el ordenamiento territorial, se apuntaría a un desarrollo más bajo en carbono, con inversiones que serían coherentes y con un mismo objetivo, alcanzar un desarrollo sostenible.

En resumen, el cambio climático muestra las limitaciones del actual estilo de desarrollo, lo cuál no es sostenible. La región necesita un cambio expresado a través de un pacto, acuerdo o consenso social distinto, que permita materializar una nueva corriente de inversiones, enfocado a un nuevo estilo de desarrollo cuantificable y que facilite el logro de la Agenda 2030. Para ello, como se mencionó previamente, es indispensable modificar los actuales patrones de producción y consumo bajo el paraguas del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, acordado en el año 2015.

Para avanzar hacia un nuevo estilo de desarrollo se requiere pactar un gran impulso ambiental y posiblemente, una minería responsable podría abrir una ventana de oportunidades para alcanzarlo. Las reservas mineras representan aproximadamente el 5% del PIB en América Latina, con pesos heterogéneos entre países como Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, el Perú y Venezuela (República Bolivariana de). La minería es hoy una importante fuente de divisas para muchos países, la cual puede generar nuevas oportunidades de encadenamientos con otros sectores nacionales, con mayor contenido tecnológico, con mejor uso del espacio ambiental, mayor agregación de valor, mejores espacios ambientales que van siendo liberados por la energía renovable y que implican menores costos. Sin embargo, esto requiere generar sinergias con otro tipo de inversiones, fortalecer el diálogo con la sociedad para prevenir cualquier daño ambiental, hacer mejor uso de los procesos de acceso a la información y participación, formar alianzas público-privadas y finalmente, bajo estos términos, apoyar los planes de ordenamiento territorial. Un aspecto que ha sido recurrente en muchos países es enfocarse en mejorar la coordinación entre las instituciones, que permita apuntar a una minería más responsable, y a su vez, adecuar los marcos legales y regulatorios que rigen para la minería de modo de hacerla más coherente con la Agenda 2030.

## **B. Panorama del Acuerdo de París y su relación con el sector minero**

*John Drexhage<sup>7</sup>*

Las políticas del cambio climático y su vínculo con el sector minero son de gran relevancia. En primer lugar, a diferencia del Tratado de Kioto, en el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático todos los países convinieron tomar acciones para reducir las emisiones de gases invernadero. En los acuerdos anteriores,

---

<sup>7</sup> Consultor de Cambio Climático y Desarrollo de Recursos Sostenibles, Banco Mundial.

en un principio solo los países desarrollados tomarían acciones en torno al cambio climático, no obstante, los países en desarrollo, en particular los países de América Latina alzaron su voz y manifestaron que, para alcanzar de manera efectiva el objetivo, todos los países debían participar en el proceso de manera conjunta. Por otro lado, la magnitud del cambio en el que los países se comprometieron a cumplir, como un objetivo nacional, de no sobrepasar los 2 grados centígrados para el año 2050, implica un gran desafío, dadas las exigencias en los patrones de desarrollo y en términos del nivel y de la profundidad de la transición requerida, para alcanzar dicho acuerdo. Con base a la posición actual de los Estados Unidos de salirse del APCC, existen grandes cuestionamientos del impacto real que habría de concretarse su salida, siendo un país líder, tanto de las emisiones de gases invernadero, como por ser una de las mayores potencias económicas a nivel global. Cabe agregar la tendencia creciente y sólida que ha exhibido la energía renovable a nivel mundial (dos terceras partes de la inversión global en el año 2016 se destinó a energía). Asimismo, China, la India, Reino Unido, los Países Bajos y Noruega continuamente anuncian la eliminación progresiva de los vehículos con motor de combustión interna.

Se puede decir que, frente a las exigencias del APCC, el cambio en el uso del suelo en América Latina, dados los efectos de gases invernadero, ha sido una de las grandes preocupaciones en los países extractivistas. La minería es uno de los sectores que contribuyen sustancialmente al calentamiento global y las compañías están conscientes de ello. El Consejo Internacional de la Minería y Metales (ICMM, por sus siglas en inglés), el cuál concentra a las 25 compañías mineras más grandes a nivel mundial, desarrolló una plataforma para manejar el cambio climático y precisamente, las empresas más proactivas para manejarlo son las que tienen los mayores activos de carbono. Estas compañías, al ver amenazadas sus operaciones comerciales, tuvieron la necesidad de eliminar el carbón, por lo que la idea del cambio climático en lugar de verse como una amenaza, la convirtieron en una oportunidad.

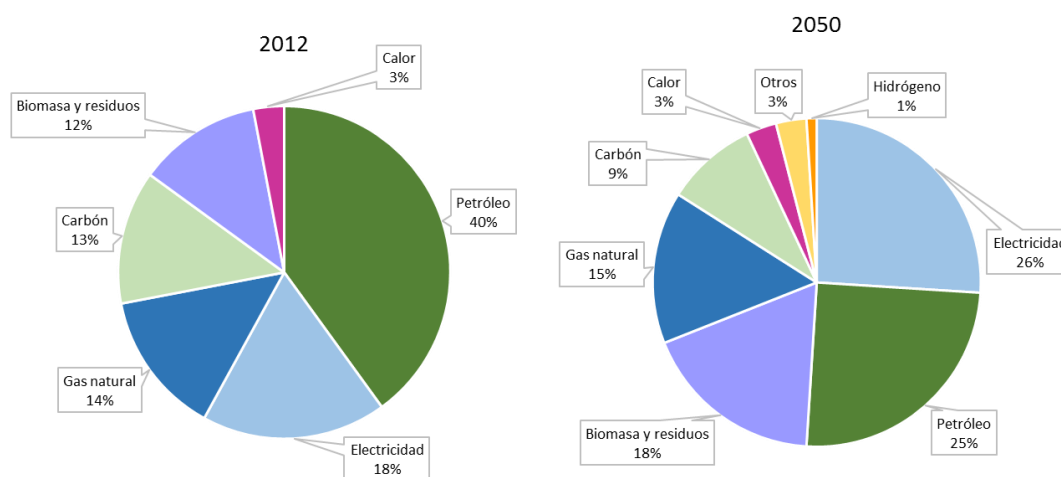
Como resultado de las múltiples actividades que giran en torno a la extracción, no resulta sencillo medir la emisión de GEI que la minería provoca. De hecho, se puede decir que la mayor parte de las emisiones no provienen de las propias operaciones del sector, si no más bien de la energía necesaria para desarrollar sus actividades. En general, la energía que se necesita para transportar los materiales es la fuente principal de emisiones, y en muchos casos, las compañías no tienen control de ello, lo que llama al diálogo entre las compañías mineras y los proveedores de energía para abordar el tema de la reducción de emisiones de manera efectiva.

Por otro lado, la industria del aluminio se ha desarrollado en Sudáfrica, gracias a la importación de bauxita, el cual es un mineral necesario para obtener aluminio. La fuente de energía para transportar la bauxita es el carbón. Frente a las exigencias del APCC, Sudáfrica planea fijar un precio al carbón, lo que finalmente encarecería el aluminio y haría menos competitiva esta industria. Este es solo un ejemplo de los múltiples escenarios y desafíos a los que muchos países se enfrentan actualmente a las nuevas exigencias del APCC. Esta situación muy probablemente conduciría al desplazamiento de una fuente de energía hacia otra, para cumplir con el objetivo de no sobrepasar los 2 grados centígrados.

Como se aprecia en el gráfico 3, se espera un mayor protagonismo de la electricidad, como fuente de energía para el 2050 y se proyecta aumento entre el 2012 y el 2050, de 18% a 26%, respectivamente. De esta forma, la electricidad se posicionaría como la principal fuente de energía a nivel global, por sobre los combustibles fósiles como el petróleo, que se espera disminuya de 40% a 25%, respectivamente. En el mismo gráfico se observa cómo el gas natural se mantendría casi constante y el carbón disminuiría de 13% a 9%, entre el 2012 y el 2050, respectivamente.

Ciertamente, los países ricos en recursos naturales como Brasil, Chile, Colombia y el Perú son los más proactivos en la elaboración de planes de mitigación de gases de efecto invernadero. Lo anterior abre una oportunidad al diálogo con los Gobiernos, acerca de los planes para reducir las emisiones. Para alcanzar el objetivo de mitigación es muy importante lograr una mayor coordinación entre las distintas instituciones dentro del Gobierno para enfrentar las políticas de cambio climático. Por ejemplo, en Canadá una oficina gubernamental trabaja en las políticas de cambio climático mientras que otra es responsable de las políticas de desarrollo de los recursos naturales, lo que requiere un diálogo entre ellas.

**Gráfico 3**  
Fuentes de energía a nivel mundial bajo un escenario de 2°C



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Banco Mundial. Presentación “Mining and Climate Change: Why should we care?” de John Drexhage.

A pesar de que los gobiernos en América Latina han sido proactivos en las políticas de cambio climático, únicamente Chile y Brasil han realizado un vínculo explícito entre el sector minero y los planes nacionales de cambio climático.

Un tema de gran relevancia en la actualidad es la política de fijación en el precio del carbono y se puede decir que, entre los países en desarrollo, Chile y Colombia son líderes en la implementación de dicha política, lo que se ha traducido en impactos positivos sobre la industria minera.

Además de las consideraciones en las fuentes de energía, América Latina tiene, como una de sus prioridades, integrar el uso de la tierra dentro de los planes mineros. En el 2012 se llevó a cabo un estudio del impacto de la fijación en el precio del carbón sobre las industrias del aluminio, cobre, acero y carbón. Cabe apuntar que en el estudio no se consideró ningún país latinoamericano ya que en dicho año aún no contaban con políticas de precios de carbón. En los casos de Australia, Sudáfrica e incluso, en cierta medida, los Estados Unidos se requerirían grandes subsidios de parte de los Gobiernos para mantener la competitividad de dicha industria.

Los países, como Canadá, que ya cuentan con energías limpias como la hidroeléctrica, han permitido que el sector minero se mantenga competitivo, sin la necesidad de implementar ningún tipo de subsidio. De aquí surge la importancia de transitar hacia energías limpias para facilitar que la industria minera se desarrolle. En los casos de Australia y Sudáfrica se observa una pérdida en la competitividad frente a los aumentos en el precio del carbón.

En Canadá se ha observado cada vez una mayor presión de los inversionistas y de las compañías para utilizar energías limpias tanto en la minería como en otras actividades económicas, lo cual ha ocasionado un aumento en los precios de las plantas hidroeléctricas. Lo anterior ha generado que empresas como Tesla busquen desarrollar su propia cadena de suministro que sea transparente y minimice los impactos ambientales. Se observa un creciente impulso por contar con tecnologías limpias y que éstas contengan materiales limpios, desarrollados de forma sostenible y libres de GEI.

Con respecto a la gestión de los paisajes, una importante contribución estaría dirigida a construir resiliencia y adaptación. El tema de adaptación, cuando se trata de la comunidad minera, no es sólo para la mina y para la infraestructura, sino también para las comunidades. Su experiencia de trabajar con las

compañías en adaptación que tuvo efectos reales para abrir nuevos caminos de colaboración con las comunidades. La manera más simple de las compañías para manejar el cambio climático es primero abordar el tema de la adaptación y la resiliencia y después mitigar inmediatamente las emisiones de GEL.

## C. La gobernanza de los recursos naturales

*Jeannette Sánchez<sup>8</sup>*

Los desafíos estructurales y la paradoja del estilo de desarrollo que actualmente plantea la CEPAL forman parte de los grandes retos para alcanzar una adecuada gobernanza de los recursos naturales en la región. América Latina y el Caribe cuenta con altas dotaciones de recursos naturales, tanto renovables como no renovables, que dada su diversidad y gran competitividad hacen más compleja la decisión de su uso. Asimismo, la región también tiene un gran potencial de energías renovables -eólica y solar- que, de complementarse con la energía hidroeléctrica, generarían grandes oportunidades para alcanzar un estilo de desarrollo más sostenible.

En la región persiste una alta dependencia económica en las industrias extractivas, en particular, en América del Sur, México y Trinidad y Tabago. Por un lado, si se compara América Latina y el Caribe con otras regiones y países desarrollados como Europa, los Estados Unidos y Japón, las exportaciones de la región aumentaron su concentración en recursos naturales, lo que advierte una reprimarización. Por otro lado, los países desarrollados y de Asia en desarrollo han logrado aumentar sus exportaciones con una alta participación de manufacturas de mediana y alta tecnología.

Si se aíslan los precios de su comportamiento cíclico y se analiza el balance de las exportaciones y de las importaciones de materiales únicamente en términos físicos, a partir del nuevo milenio se observa cómo la región ha exportado más materiales -biomasa, minerales y combustibles fósiles- de los que ha recibido (véase el gráfico 4). Esta situación ha generado presiones ambientales y al mismo tiempo, ha acentuado la conflictividad social en los países extractivistas.

Esto nos conduce a una paradoja del estilo de desarrollo latinoamericano, en el sentido de que la región requiere seguir exportando recursos naturales para financiar un cambio estructural progresivo en su matriz productiva, más intensiva en conocimiento y tecnología y menos en carbón y otros minerales. Cabe mencionar cómo los precios de exportación de los productos básicos no han incorporado en su totalidad las externalidades negativas que provocan, en particular los productos provenientes del sector extractivo y, al mismo tiempo, continúa la presión en la región de seguir exportando dichos productos para alcanzar dicha transformación. En definitiva, por muchas décadas los países han exportado barato materias primas que a la naturaleza le tomó muchos años producir y compran caro los bienes intermedios industriales de rápida fabricación y servicios intensivos en conocimiento.

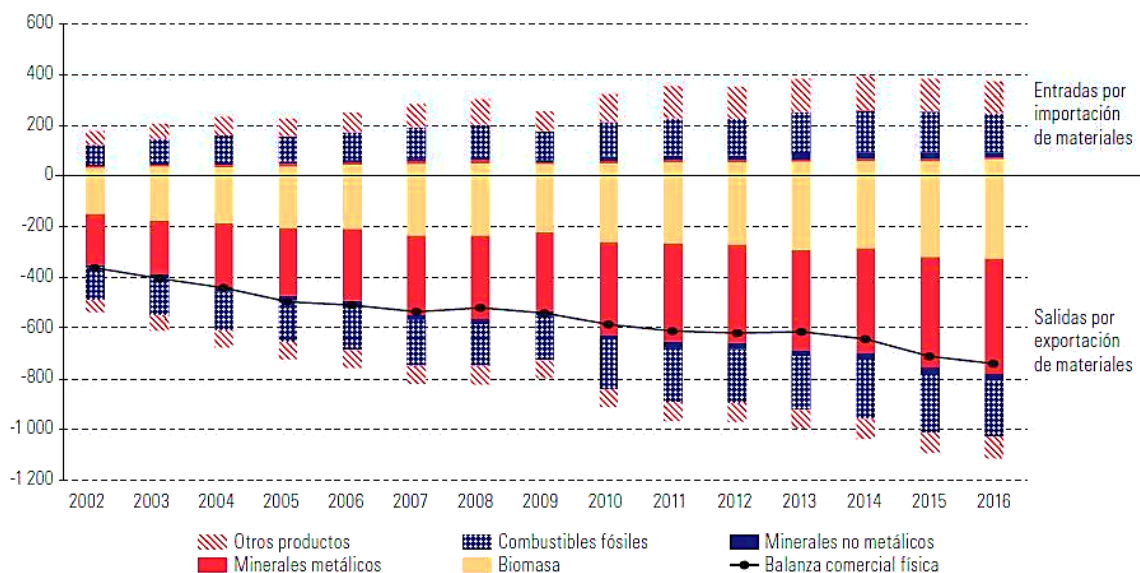
Uno de los grandes desafíos estructurales a los cuales se enfrenta la región para avanzar hacia un desarrollo sostenible gira en torno a la gobernanza de los recursos naturales que puede contribuir al alcance de un cambio estructural de forma progresiva. Algunos aspectos que deben ser considerados son la institucionalidad aunada a las decisiones entre actores acerca de la gestión, la propiedad, así como la distribución de los costos y los beneficios de la explotación de dichos recursos.

---

<sup>8</sup> Directora de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL.



**Gráfico 4**  
**América del Sur (9 países): exportaciones, importaciones y balanza comercial física**  
**2002-2016<sup>a</sup>**  
*(En millones de toneladas)*



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la Base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (COMTRADE).

<sup>a</sup> Los países analizados son: Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), el Brasil, Chile, Colombia, el Ecuador, el Perú, el Paraguay y el Uruguay.

Como un ejemplo de gobernanza, y considerando el actual potencial de una mayor demanda de algunos minerales para la transición hacia las energías renovables, se planteó el papel del litio. En el caso de Chile se creó la Comisión Nacional del Litio (CNL), no obstante, al no existir una regulación y control apropiados en los procesos productivos y mineros que finalmente afectaron los salares, se manifestó la importancia de contar no solo con una adecuada gobernanza del recurso mismo, en este caso del litio, sino también de su entorno y de los ecosistemas comprometidos. Por ello, es necesario fortalecer la institucionalidad para captar rentas y generar valor del recurso así como de los encadenamientos productivos, tanto hacia atrás como hacia adelante.

Más allá de la demanda potencial del litio, habría que analizar también la capacidad de oferta de los países. Una de las mayores reservas de litio a nivel mundial se encuentra en Bolivia (Estado Plurinacional de). Si analizamos los objetivos de producción de la empresa estatal de yacimientos del litio boliviano de alrededor de 15 mil toneladas de carbonato de litio para el 2020, este monto equivaldría a una producción de aproximadamente 238 mil vehículos. Sin embargo, este número de vehículos solo sería suficiente para cubrir el parque automotriz de Bolivia (Estado Plurinacional de). Esto nos conduce a cuestionar la efectiva disponibilidad de litio frente a la gran demanda mundial que se pronostica para la generación de vehículos eléctricos elaborados con baterías de litio.

La exposición se centró tanto en los fines como en los desafíos de la gobernanza de los recursos naturales, dada la creciente conflictividad que actualmente se vive en la región. En relación a los fines, y con base a lo expuesto por el Sr. Samaniego, la propuesta de la CEPAL es potenciar un gran impulso ambiental que apunte a un cambio estructural progresivo, más desacoplado de las emisiones de contaminantes y menos intensivo en el uso mismo de la materia y de la energía con miras al logro de los ODS, en el marco de la Agenda 2030.

Uno de los elementos clave de la gobernanza de los recursos naturales se sustenta en una distribución justa de los beneficios económicos y de la mitigación de los costos económicos, sociales y ambientales. Se han observado en muchos países de la región disputas, entre los Estados y las compañías extractivas, por una parte, y entre los gobiernos centrales, los gobiernos subnacionales y las comunidades por la otra, por la distribución de los beneficios económicos provenientes de las actividades extractivas. De igual manera, la falta de una mayor progresividad en la participación del Estado en las rentas extraordinarias, durante los auges de precios de las materias primas, no permitió avanzar en la transformación estructural y productiva que la región demanda. Persiste el gran desafío para los países ricos en recursos minerales de convertir el capital natural no renovable en capital perdurable, sin comprometer el capital natural crítico y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos estratégicos.

Con respecto al proceso mismo de la gobernanza, los desafíos se basan en alcanzar una mayor legitimidad entre todos los actores involucrados en las actividades extractivas. Lo anterior precisa una mayor participación, así como una mayor transparencia, rendición de cuentas y control social. Al respecto, el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (Principio 10) resulta un gran avance para contar con mayor información, mayor transparencia, así como una mayor participación de las comunidades y de los actores de interés, con miras a lograr una mayor justicia ambiental. Como parte de una adecuada gobernanza de los recursos naturales se requiere también una mayor capacidad institucional que regule, fiscalice y haga cumplir las normas. En muchos casos, la debilidad institucional ha facilitado que las empresas transnacionales no cumplan con buenas prácticas en las actividades extractivas.

Finalmente, la transición hacia las energías renovables no convencionales y su potencial demanda de minerales puede brindar oportunidades, pero también riesgos, en el sentido que todavía existe incertidumbre con respecto a las alternativas tecnológicas y los costos para la generación de este tipo de energía.

## D. Minería y Desarrollo Sostenible

*Michael Rösch*<sup>9</sup>

Como abordar y visualizar el tema de la minería y el desarrollo sustentable son de suma importancia para la Cooperación Alemana (GIZ). La GIZ trabaja con cinco países andinos Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia, el Ecuador y el Perú, y lo hace de manera cercana con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR, por sus siglas en alemán). La GIZ y la BGR trabajan en conjunto en el Proyecto: “Cooperación Regional para una Gestión Sustentable de Recursos Mineros en los Países Andinos”, el cual incluye los siguientes temas: 1) sustentabilidad basada en estrategias y políticas de largo plazo, en especial, las regulaciones; 2) la gobernanza tanto de los actores, a través de mecanismos de participación, así como también la relacionada con el desarrollo económico local, proveniente de las operaciones mineras, y 3) la transferencia de tecnologías y fomento a la innovación, tema en el cual trabaja la BGR.

Uno de los principales objetivos para la GIZ es precisamente cumplir con la Agenda 2030, la cual incluye los 17 ODS y 169 metas. La minería puede contribuir a cumplir los ODS, no obstante, los impactos ambientales que puede producir son un serio riesgo para el alcance de ciertos objetivos.

La GIZ ha realizado un mapeo de la minería y de la Agenda 2030 y al mismo tiempo ha reunido a todos los actores involucrados en las actividades mineras con el fin de identificar, dentro de los diferentes ODS, los aportes, los riesgos y las posibles acciones a seguir. Es necesario no sólo centrarse en los ODS 5, 9, 12 y 13, sino también deben vincularse a los principios fundamentales -universalidad, interconexión e indivisibilidad, cooperación entre múltiples partes interesadas, inclusión y no dejar a nadie atrás- los cuales se sustentan en la Agenda 2030. Con respecto a la universalidad se debe destacar la importancia de que se trata de una agenda global, la que llama a todos a implementarla. Asimismo, los 17 ODS de la Agenda 2030 no pueden ser divisibles, ni deben priorizarse solo algunos de ellos, es necesario implementar

---

<sup>9</sup> Asesor Principal Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros, GIZ, Chile.

la agenda en su totalidad. Adicionalmente, las responsabilidades deben ser compartidas entre todos los actores involucrados en las actividades mineras -Gobierno, sociedad civil, empresas, actores internacionales- para llevar a cabo todos los ODS. La inclusión de todos los actores, la rendición de cuentas y la transparencia son cruciales, en particular, en el tema de gobernanza de los recursos naturales. El Principio 10 es un ejemplo de cómo podemos aumentar la transparencia y conjuntamente avanzar en la consecución de los ODS, a través de la confianza. Finalmente, no dejar a nadie atrás es fundamental desde una perspectiva de desarrollo social y sustentable.

En el diagrama 2 se vincula el desarrollo sostenible con una minería responsable a través de cuatro elementos principales: a) el aumento de capacidades institucionales y de regulación; b) la transformación productiva con equidad; c) la reducción de los daños ambientales, y d) la reducción de emisiones de GEI. Estos elementos conducen a lograr el vínculo de una minería responsable con un desarrollo sostenible que integren la gobernanza de los recursos naturales, minería inteligente con el cambio climático y el gran impulso ambiental.

A su vez, la creación de empleos, aumentar la capacitación de las comunidades cercanas a las operaciones mineras, la reducción de emisiones de GEI, alargar las cadenas de valor dentro de los países, alcanzar la necesaria transformación productiva, todos ellos en conjunto forman parte de los principales objetivos tanto de la GIZ como de la CEPAL. Al mismo tiempo, cada vez pareciera más inminente dar un gran impulso a la economía circular, que incluye el reciclaje en la región.



Fuente: Elaboración y autoría de Michael Rösch (2018).

## E. Ronda de preguntas y comentarios

Durante esta ronda se comenta sobre los efectos en la competitividad de los productores mineros con la introducción del precio del carbono. Si el precio del carbono tuviera un impacto sobre la competitividad, el rol de los subsidios gubernamentales sería crucial para paliar la variación en el gasto y garantizar la mantención de la competitividad en el mercado global.

Para cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 y del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático establecidos para el año 2030, existe consenso entre los asistentes de que, independientemente de que se logren las metas en los tiempos establecidos, las fuentes de energía renovables son realmente competitivas en relación con las fósiles. Además, se reconoce la voluntad y aceptación de muchos países de la necesidad de regular y reducir las emisiones de carbono.

En América Latina se aprecia una rápida urbanización, la cual debe estar acompañada de adecuadas políticas públicas para evitar repercusiones sobre la cohesión social y la convivencia democrática en las ciudades. La reducción en las emisiones de carbono podría tener un efecto sinérgico sobre varios objetivos de la Agenda 2030 contribuyendo, por ejemplo, a la dotación de servicios públicos de calidad.

En el debate se introducen tres niveles de reflexión: 1) microeconómico; 2) macroeconómico, y 3) regional. El nivel microeconómico se centra en el producto y se vincula al principio de economía circular, el cual supone la creación de un ciclo de vida eficiente para todos los productos y las responsabilidades de gestión son compartidas entre varios actores, entre ellos: empresas públicas y privadas. Sin embargo, la economía circular sería insuficiente para cumplir con los objetivos de reducción de las emisiones, lo que hace necesario pasar al segundo nivel de análisis, el macroeconómico. Este tipo de análisis es más estructural y requiere un cambio tanto en las matrices productivas como en las de distribución, con el fin de evitar asimetrías en la distribución de los costos y beneficios. La tercera reflexión, referente al nivel regional, debe apuntar a la transición energética para lograr un impacto a nivel agregado que modifique tanto los modos de producción como los de consumo, para encaminar un proceso virtuoso de toma de decisiones y así aprovechar la energía de manera óptima. La transición energética debe presentarse como una alternativa realista que adquiera un peso importante para ser discutido en la agenda de los gobiernos de la región. En efecto, todos los temas planteados en la discusión requieren de un apoyo a escala global por el hecho de que la nacional resulta insuficiente.

También se hicieron patentes las apuestas para extraer e importar fuentes fósiles durante la transición hacia la energía limpia; como ejemplo, se habla del caso de México que, a pesar de tener NDC importantes, continúa apostando por el petróleo lo cual ha estado reflejado en una mayor extracción de las aguas del Golfo. Similarmente, se mencionan las apuestas petrolíferas de Brasil y Venezuela (República Bolivariana de) y también el caso de Argentina en relación a sus inversiones en el *fracking*. Se resaltó la inconsistencia y la contradicción entre la reducción, por un lado, de las emisiones en el interior del país, y, por el otro, la mantención del mismo nivel de exportaciones de energía fósil. Finalmente se discute la variación en la rentabilidad de las inversiones en la transformación energética según el país inversor. Todo lo anterior ilustra la importancia de visibilizar y discutir las incoherencias que persisten para dar posibles soluciones de manera individual.

### **III. Análisis de la creciente demanda global y sus impactos para América Latina: oportunidades para la innovación y nuevos productos**

---

*Moderador: Tim Schlösser<sup>10</sup>*

El Sr. Schlösser destaca la cooperación de la CEPAL y del Banco Mundial con la GIZ y explica los orígenes de este evento. Durante la Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático (COP23) que tuvo lugar en Bonn, Alemania en noviembre de 2017, el Banco Mundial presentó el documento: “*The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*” en el evento de “Cambio Climático e Industrias Extractivas”. En ese encuentro surgió la necesidad de abordar y discutir el tema con las regiones y los países afectados. A lo anterior se sumaron las discusiones durante la Conferencia de Minería del *Prospectors and Developers Association of Canada* (PDAC), que transcurrió a principios de 2018. Cabe señalar que este taller es el primero a nivel regional y que se visualizan dos caras de la moneda. La primera muestra cómo los minerales y metales son clave en la transición hacia las energías renovables y la movilidad, mientras que la segunda cara apunta a una minería potencialmente dañina para alcanzar las metas del APCC. Este contexto precisa la implementación de una minería climáticamente inteligente, baja en carbono.

---

<sup>10</sup> Asesor del Programa Sectorial de la Industria Extractiva para el Desarrollo (Sectoral Programme Extractives for Development), GIZ, Alemania.

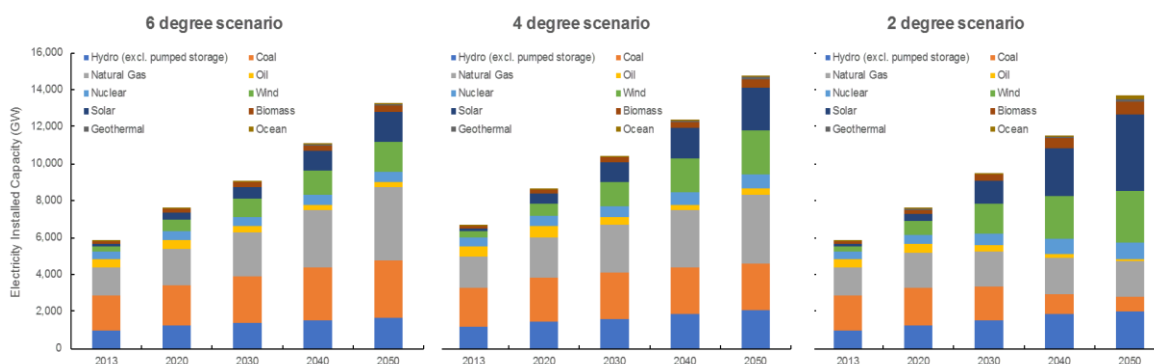
## A. Proyección de la demanda de minerales relacionado con el cambio climático

*Daniele La Porta*<sup>11</sup>

Cuando se comenzó a discutir el tema del rol de los minerales, ante un futuro bajo en carbono, en realidad no había suficiente evidencia empírica para demostrar lo que realmente significaba. A su vez, no obstante se tenía consciencia de la entrada de nuevos minerales al mercado y de la expectativa de una creciente demanda, se ignoró hasta qué punto podía impactar. Un futuro bajo en carbono apunta a una demanda más intensiva en minerales, lo cual finalmente tendría un efecto sobre los países en desarrollo, ricos en estos recursos. Desde la perspectiva del banco, se busca contribuir a que dichos países se beneficien de esta nueva demanda de minerales, que sea extraída de forma adecuada, implementando buenas prácticas y que contribuya no solo para crecer, sino también para avanzar en el desarrollo. Pareciera evidente que, sin metales, simplemente no se podría alcanzar un futuro bajo en carbono. Sin embargo, mucha gente no hace la conexión que, por ejemplo, para construir un molino, un panel solar o vehículos eléctricos, se requieren minerales y metales y por ejemplo, en el caso de una mega turbina se requieren grandes cantidades. Cabe mencionar que los vehículos eléctricos híbridos utilizan el doble de cobre que los no híbridos, e incluso su demanda depende del modelo.

Para hacer las proyecciones decidimos utilizar los escenarios empleados por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) y estimamos los minerales y metales que se requerirían para alcanzar los 2, 4 y 6 grados centígrados, con 3 distintas tecnologías: solar, eólica y almacenamiento de energía con baterías. Cabe apuntar que el hecho de haber considerado un escenario de 6°C no significa que el Banco Mundial estuviera de acuerdo en superar los 2°C, empero, se realizó únicamente como un ejercicio para modelar realmente la penetración de las tecnologías y la composición mineral necesaria para entender el comportamiento de la demanda (véase el gráfico 5).

**Gráfico 5**  
**Escenarios de la perspectiva de tecnología energética de la Agencia Internacional de Energía para la capacidad instalada de electricidad**



Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), “Energy Technology Perspectives – Towards Sustainable Urban Energy Systems”.

En el estudio consideramos la: i) energía eólica, tanto marina como terrestre; ii) diferentes tipos de energía solar fotovoltaica, y iii) el almacenamiento de energía, la cual clasificamos en vehículos eléctricos, en red y descentralizada. Una limitante fue la inclusión de otras tecnologías, como el almacenamiento y

<sup>11</sup> Especialista Senior en Minería, Energía y Actividades Extractivas, Banco Mundial.

captura de carbono, debido a la falta de estudios y bases de datos. La decisión entre tecnologías es importante por el hecho de que cada tecnología demanda distintas composiciones de metales y minerales (véase el diagrama 3). Existe gran incertidumbre en las tendencias de desarrollo de nuevas tecnologías como, por ejemplo, el caso de las tecnologías de las baterías que están cambiando continuamente.

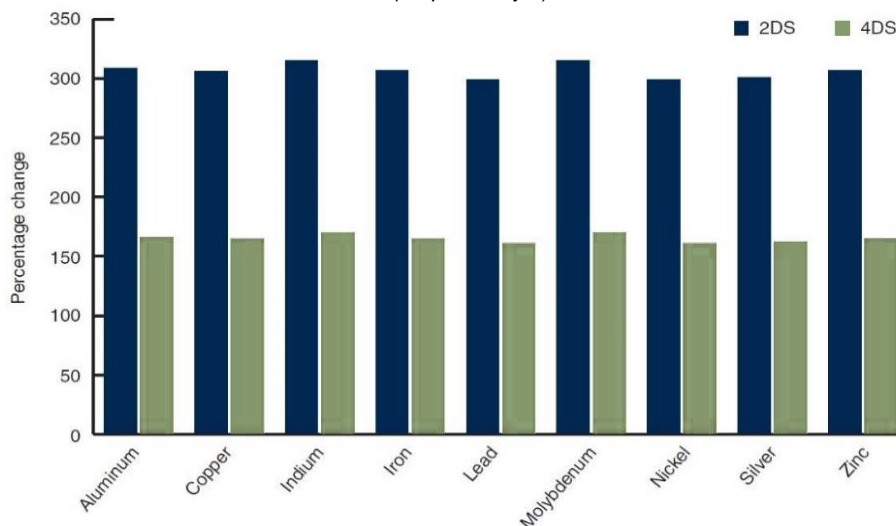
**Diagrama 3**  
**Comparación del contenido de los metales**

	Tecnología eólica		Tecnología solar fotovoltaica				Baterías			
	Con motor	Accionamiento directo		Silicio cristalino	CIGS	CdTe	Silicio no cristalino		Plomo-ácido	Ion-litio
Aluminio	X	X	Aluminio	X				Aluminio		X
Cobre	X	X	Cobre		X	X		Cobalto		X
Cromo	X	X	Indio		X			Plomo	X	
Fierro	X	X	Fierro	X				Litio		X
Plomo		X	Plomo	X				Manganeso		X
Manganeso	X	X	Niquel	X				Niquel		X
Niquel	X	X	Plata	X				Acero	X	X
Neodimio		X	Zinc			X	X			
Acero	X	X								
Zinc	X	X								

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la presentación “Minerals and Metals for a Low Carbon Future: The Need for ‘Climate Smart Mining’” de Daniele La Porta.

En el gráfico 6 se aprecia el cambio en la demanda de metales de la energía solar fotovoltaica bajo el escenario de 6°C y se compara con la demanda de metales que se requeriría para alcanzar los 4°C y 2°C. En dicho gráfico se observa que los requerimientos de aluminio, cobre, indio, acero y plomo son altos para alcanzar los escenarios de 4 y, más aún, los 2 grados centígrados. Lo anterior deja en evidencia que no solo el litio, el cobalto y los minerales raros son importantes para alcanzar los 2°C, sino también los metales base.

**Gráfico 6**  
**Variación en la demanda de metales proveniente de la energía solar<sup>a</sup>**  
(En porcentajes)

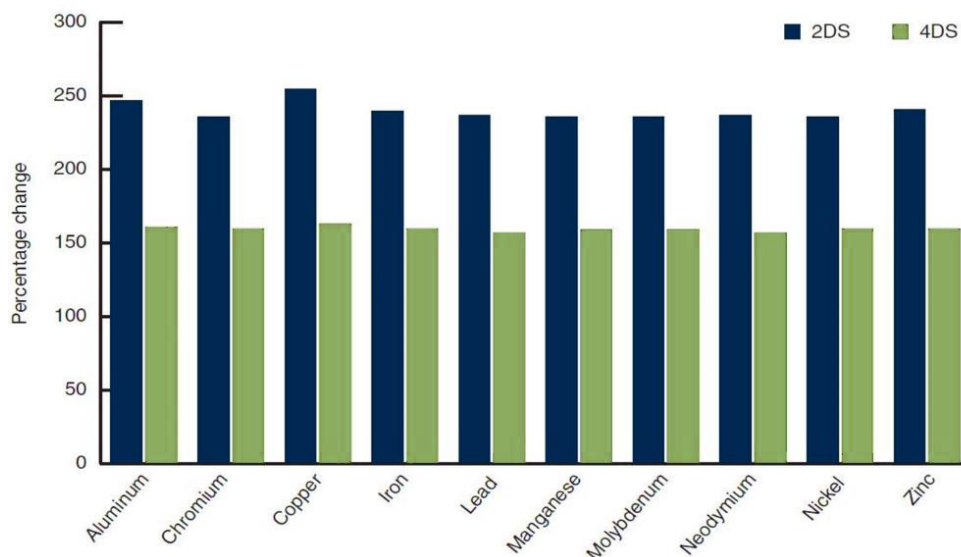


Fuente: Banco Mundial (2017), “The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future”.

<sup>a</sup> Cambio porcentual con respecto al escenario de 6 grados (6DS).

El gráfico 7 muestra cómo el cambio en la demanda de la tecnología de energía eólica igualmente requiere una importante cantidad de metales como aluminio, cromo, acero, plomo, manganeso, molibdeno, neodimio, níquel, zinc y, en especial, cobre.

**Gráfico 7**  
**Variación de la demanda de metales proveniente de la energía eólica**  
*(En porcentajes)*



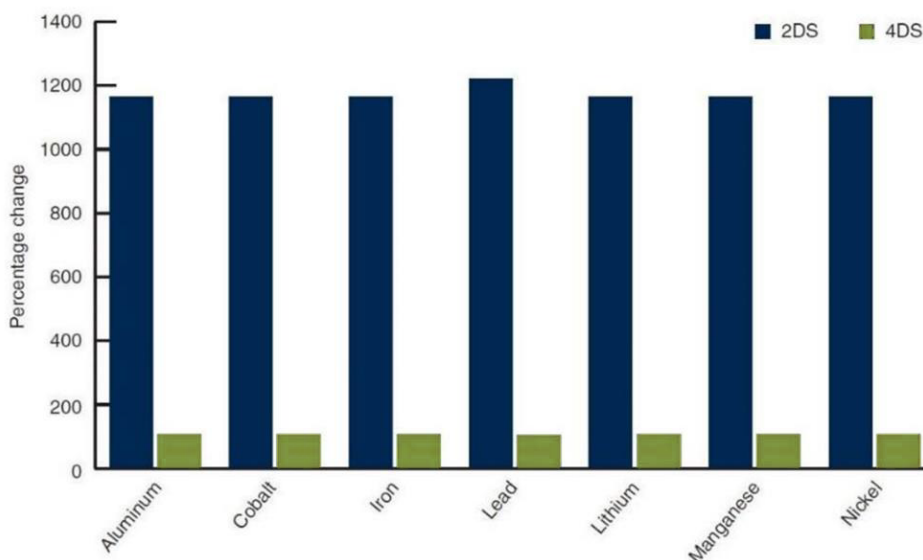
Fuente: Banco Mundial (2017), "The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future".

<sup>a</sup> Cambio porcentual con respecto al escenario de 6 grados (6DS).

Se puede decir que la demanda de metales de almacenamiento de baterías es la que ha generado mayores cuestionamientos (véase el gráfico 8). Este escenario se basa en un reporte publicado por IEA en el año 2016. Cabe mencionar que recientemente la IEA revisó a la baja la información en términos de penetración y almacenamiento de baterías, la cual se incluiría una vez que se evalúe la información.



**Gráfico 8**  
**Variación en la demanda de metales proveniente del almacenamiento de energía en baterías**  
 (En porcentajes)



Fuente: Banco Mundial (2017), "The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future".

<sup>a</sup> Cambio porcentual con respecto al escenario de 6 grados (6DS).

En el gráfico 8 se aprecia un amplio diferencial entre los dos y cuatro grados centígrados. La pregunta que surge entonces es: ¿Cómo deben prepararse los países en desarrollo ricos en minerales para satisfacer esta nueva demanda de manera sostenible y con ello contribuir al desarrollo? Para ello se hizo un mapeo de la producción y de las reservas de los metales y de los minerales críticos, considerando la base de datos del *US Geological Survey*. En el caso del aluminio y de la bauxita, uno de los grandes desafíos a los cuales se enfrentan se refiere a los impactos ambientales que generan la producción y extracción de estos minerales. Un ejemplo de ello es la contaminación del agua que se ha generado en la producción de bauxita en el Brasil. De esta forma, un aumento en la demanda de dichos minerales estará asociado con el gran reto de extraer los minerales evitando cualquier impacto ambiental.

La República Democrática del Congo es el mayor productor y posee las mayores reservas de cobalto, sin embargo, este país cuenta con una base de datos y una gobernanza débiles, por lo que superarlos impone también un gran reto. Asimismo, su minería es de tipo artesanal y su explotación está vinculada al trabajo infantil y a serios impactos ambientales. Es importante señalar que el cobalto es un subproducto del cobre y del níquel y, para producirlo a gran escala, requiere de dichos minerales. Como se expuso anteriormente, el cobalto es uno de los minerales necesarios para la fabricación de vehículos eléctricos, entre otros.

Con respecto al cobre, Chile es el mayor productor y el país que cuenta con las mayores reservas de este mineral. A medida que se explote más cobre y otros minerales, la generación de mayores emisiones GEI y de requerimientos de energía, los impactos del agua sobre los ecosistemas y la relación con las comunidades locales serán algunos de los grandes desafíos que deben ser abordados para avanzar en la explotación de minerales.

Por otro lado, existen crecientes esfuerzos e interés de muchos países de mapear y asegurar el monto de las reservas de litio, como resultado del papel estratégico que este mineral está tomando en la generación de baterías. Los retos son similares a los minerales como el cobalto, ya que también los países cuentan con bases de datos y un sistema de gobernanza débiles. Existen dos tipos de litio, el que se extrae de los salares y el de la roca dura; este último al extraerse de la roca requiere más energía y ciertos procesos químicos. Como es el caso de otros minerales, es importante considerar en la extracción del litio y del manganeso,

los impactos ambientales y las mayores preocupaciones respecto a la calidad, el acceso y la contaminación del agua para las comunidades. Por otra parte, cada día existen nuevos descubrimientos de minerales raros, por lo que la oferta es muy cambiante. Por ejemplo, Japón recientemente anunció el descubrimiento de un importante yacimiento de minerales raros y cabe destacar que, en general, los minerales raros no aparecen solos ya que vienen acompañados de otros. En definitiva, el crecimiento de la demanda de minerales puede ser una gran oportunidad para los países en desarrollo si la gobernanza de los recursos es la adecuada.

## B. La transformación global de la energía

*Nicholas Wagner<sup>12</sup>*

La Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés) tiene una oficina en Bonn, Alemania, aunque su sede central se encuentra en Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos (EAU). La presentación se basa en analizar el desarrollo del sistema energético para el año 2050 proveniente del estudio titulado “*Global Energy Transformation*”, el cual fue publicado por IRENA en abril de 2018. En el reporte se buscó operacionalizar el objetivo del APCC de no sobrepasar los 2°C y analizar las estrategias de los países que conforman el G20, los cuales en conjunto representan el 80% de la energía mundial. En dicho estudio se compararon dos escenarios: uno de referencia, consistente con las políticas actualmente implementadas por los Gobiernos, y el otro, denominado REmap, el cual considera un modelo que enfatiza y se centra en el incremento de la eficiencia energética y en el uso de fuentes de energía renovables. Ambos casos abarcan el periodo 2015-2050. Los resultados del reporte muestran que, para alcanzar la descarbonización del sistema energético para el año 2050, la alternativa óptima es a través de una mayor eficiencia energética y, en la eventualidad de no poder mitigar el consumo de energía, optar por mayores inversiones en las fuentes de energías renovables.

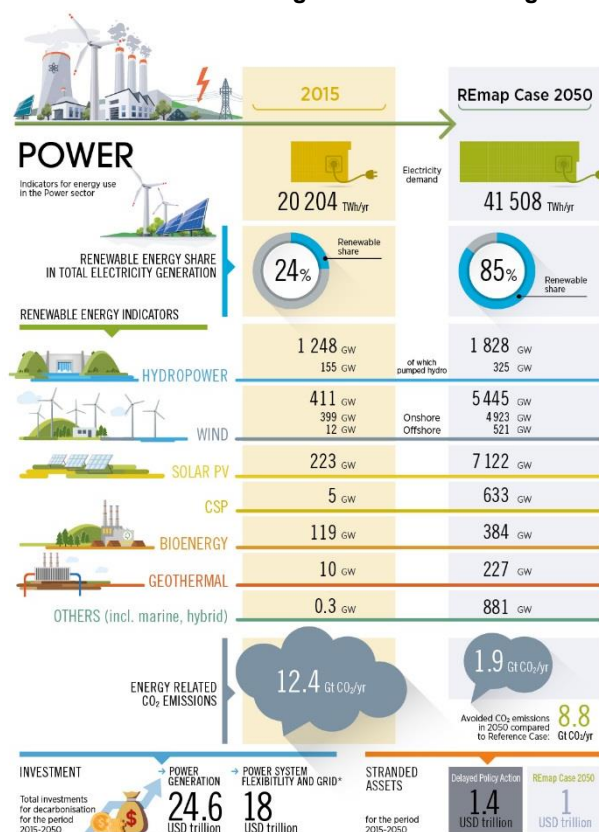
El REmap evidencia la necesidad de transformar el sistema global de energía y además debe centrarse en la demanda y oferta de energía. Su tendencia muestra una demanda de energía elástica y solo hasta llegar al año 2050 se observa un cambio con una leve pendiente negativa. Esto implica un significativo desacoplamiento entre el crecimiento económico y la demanda energética que, para alcanzarlo, necesitaría no sólo un importante aumento de la eficiencia, sino también avanzar en el uso de la energía renovable. Para ello se requiere de una mayor participación de las renovables en el sistema energético, específicamente, una penetración del sector energético del 85%, que incluya un 60% de fuentes renovables variables como la energía solar (véase el diagrama 4) y que también se amplíe la electrificación de los sectores de uso final. Al respecto, la oferta de electricidad relacionada con tecnologías como bioelectricidad abre muchas oportunidades para usos finales bajo en carbono como, por ejemplo, la electromovilidad. Igualmente es necesario tomar en cuenta la bioenergía y tratar de que sus fuentes sean sostenibles, dado que sigue siendo muy relevante en los países en desarrollo y en las economías emergentes, sobretudo, las vinculadas a la agricultura.

Por otra parte, si se analiza el caso de referencia, el cual se enfoca en la energía relacionada con las emisiones de CO<sub>2</sub> y que es justamente el más representativo hasta ahora en los planes de los Gobiernos, se aprecia un ligero aumento de dichas emisiones para el 2050, no obstante, posteriormente disminuyen (véase el diagrama 4). Este escenario requiere cerca de 45 Gt por año de energía relacionada con las emisiones y, mantenerlo, significaría exceder el presupuesto de carbono y con ello, el objetivo de los 2°C. De continuar con este escenario, dicha tendencia se mantendría incluso después del año 2050 y, de acuerdo con las estimaciones de IRENA, el caso de referencia alcanzaría un valor mínimo de 3,6°C. Esto manifiesta el gran esfuerzo que se requiere para cumplir con el objetivo de los 2°C. Según las estimaciones de IRENA, para alcanzar el objetivo de los 2°C para el 2050, se debería reducir la energía relacionada con las emisiones de CO<sub>2</sub>. A pesar de que la mayor parte de la reducción a corto plazo proviene del sector de energía, existe un importante potencial de mitigación de GEI a través del sector transporte.

---

<sup>12</sup> International Renewable Energy Agency, Associate Programme Officer – Renewable Energy Roadmaps, REmap (vía videoconferencia).

**Diagrama 4**  
**Indicadores de uso de energía en el sector energético**



Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés), “Global Energy Transformation: A roadmap to 2050”.

Como se mencionó previamente, es necesario mejorar y optimizar de manera efectiva la intensidad de la energía a nivel mundial para cumplir con la meta de los 2°C para 2050. Entre los períodos 2000-2010 y 2010-2015, se observaron avances en la intensidad de la energía, la cual aumentó de 1,3% a 1,8%, respectivamente. No obstante, en el caso de referencia para el período 2015-2050 y que representa las políticas actuales de los Gobiernos analizados, la mejoría en la intensidad energética se mantendría en un valor de 1,8%. Sin embargo, dado que el porcentaje es insuficiente, el caso REmap propone una mejora del 2,8% para el mismo período, y para lograrla, prioriza las fuentes renovables, bajo el supuesto que disminuyan los costos de esas tecnologías en el sector energético en los últimos años. De acuerdo con IRENA, las energías renovables podrían proveer desde el 67% y hasta el 85% de la electricidad para el 2050.

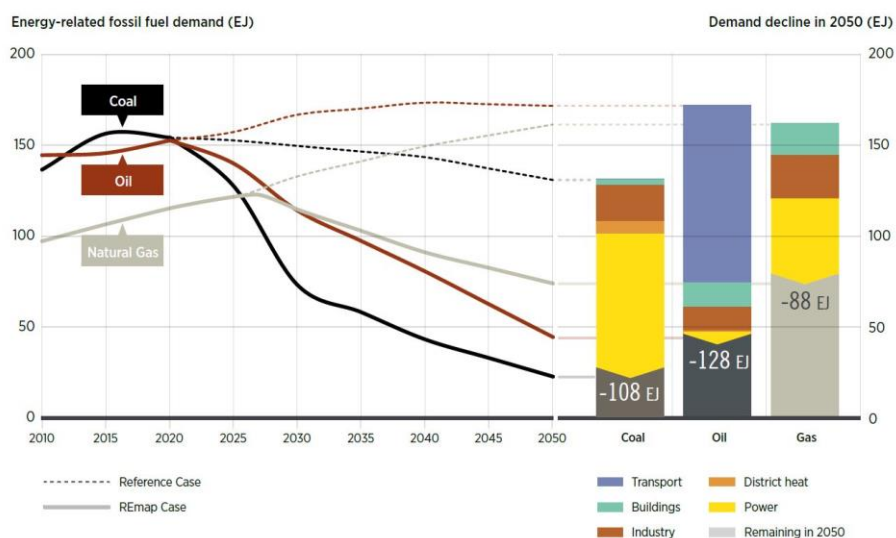
Como se observa en el diagrama 4, el escenario REmap estima que entre el 2015 y el 2050 la generación y el consumo global de energía aumentaría casi al doble de su valor, pasando de 20.204 TWh/año a 41.508 TWh/año. Por otro lado, la cuota de renovables se incrementaría a través de las fuentes de energía eólica y solar fotovoltaica.

Cabe resaltar que el resultado de este crecimiento muestra que la cantidad de energía relacionada a las emisiones de CO<sub>2</sub> se reduciría de 12 Gt a 2 Gt. De acuerdo con este escenario, se obtendría el doble de energía y sólo un 20% de ella generaría emisiones. Para alcanzar dicho resultado, se requerirían importantes inversiones en las fuentes de energía renovable (se estima una inversión de 25 billones de dólares desde ahora hasta el año 2050). Esta cifra corresponde a más del doble de lo que se ha invertido durante los últimos años y, cabe apuntar que, sólo recientemente los costos de esta tecnología han empezado a decrecer.

Además del sector energético, también se deben evaluar las fuentes de energía dentro del sector transporte. Según las estimaciones de IRENA, este sector experimentarían un importante crecimiento en sus actividades debido al mayor tráfico comercial y de personas que se espera a futuro. Como resultado de lo anterior, si se mantuviera como fuente de energía a los combustibles, se observaría un incremento sustancial en las emisiones de CO<sub>2</sub> y, consecuentemente, de contaminantes en las áreas urbanas que podrían afectar la salud de las personas. Por esta razón, es preciso llevar a cabo una transición hacia las energías limpias de la misma manera en el sector de transporte. Es importante reconocer que, a pesar del gran potencial de crecimiento de la electromovilidad, en el año 2050 se espera que el sector transporte continúe emitiendo niveles altos de CO<sub>2</sub>. Por esta razón, es necesario que incluso después de 2050 se mantengan los esfuerzos de descarbonización, tanto en el sector transporte como en la industria y, en este sentido, se propone el empleo de otras fuentes de energía como el hidrógeno.

En el diagrama 5 se muestran los impactos de una profunda descarbonización proveniente de una menor demanda de energía procedente de los combustibles fósiles. En dicho diagrama se muestra que, en el escenario de referencia, la demanda de carbón seguiría disminuyendo, mientras que la del petróleo -vinculada al transporte- y la del gas natural aumentarían. Por otro lado, bajo el escenario REmap, invertir en las energías renovables conllevaría a una reducción, en el largo plazo, en la demanda de los combustibles fósiles, especialmente de carbón que precisamente es el emisor principal de CO<sub>2</sub>. La demanda de gas natural se espera disminuya, empero seguiría siendo el combustible fósil más utilizado por ser una fuente de energía relativamente más limpia.

**Diagrama 5**  
**El declive de la importancia de los combustibles fósiles**



Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés), "Global Energy Transformation: A roadmap to 2050".

## C. La Alianza Global de las Baterías (*The Global Battery Alliance*). Hacia cadenas de valor de baterías inclusivas y sostenibles

Jonathan Eckart<sup>13</sup>

La presentación se centra en el mercado de las baterías, su rol para alcanzar el desarrollo sostenible y el papel que juegan tanto la Alianza Global de las Baterías (GBA, por sus siglas en inglés) como el Foro Económico Mundial (*World Economic Forum*). En primer lugar, se discute el porqué se está mirando el papel de las baterías en el desarrollo sostenible, poniendo énfasis en la demanda de materiales. En segundo lugar, se analiza la estrategia implementada por la GBA, al crear una plataforma para abordar los desafíos relacionados con los cambios en la demanda de los minerales y, finalmente, se determina el horizonte temporal y las fases que se están considerando dentro de la GBA.

Las baterías representan una de las tecnologías cruciales para permitir y facilitar la transición energética de los combustibles fósiles hacia un futuro bajo en carbono. Por esta razón, uno de los objetivos centrales de la GBA es analizar el rol de las baterías en dicha transición energética, considerando su importante potencial tecnológico. En efecto, las baterías tienen principalmente dos aplicaciones: i) la electromovilidad y ii) el almacenamiento de energía. En relación a la electromovilidad, actualmente circulan cerca de 2 millones de autos eléctricos y la estimación de producción para el 2030 oscila entre 60 y 200 millones de vehículos. Existen estimaciones que proyectan para el año 2030, 100 millones de autos eléctricos estarían en circulación, lo que representa un aumento acelerado con respecto a las cifras actuales. Además, en el ámbito de almacenamiento de energía, cabe destacar su amplio potencial en el mercado.

No obstante los beneficios, existen tres desafíos que socavan el potencial de las baterías para realmente contribuir al desarrollo sostenible: 1) las problemáticas vinculadas al acceso de las materias primas que se requieren para elaborar las baterías, por ejemplo, el cobre, el cobalto, el litio y el grafito; 2) el reuso y el reciclaje del producto al final de su vida útil (que garantizarían el logro de la economía circular), y 3) la innovación. El reuso representa un caso interesante ya que tiene el potencial de duplicar el ciclo de vida de un auto eléctrico, reutilizando la batería fuera de uso como una aplicación de almacenamiento de energía. De todas maneras, los estándares y los sistemas que reducirían los costos de transacción hasta convertirlos en una alternativa económicamente viable no se encuentran todavía implementados. Finalmente, con respecto a la innovación, se analiza, por un lado, la cadena de valor para asegurar que el reciclaje y el ecodiseño estén incluidos en la manufactura para garantizar que el nivel actual de producción de baterías pueda contribuir realmente a alcanzar un desarrollo sostenible y, por el otro, evalúa la trazabilidad y las aplicaciones tecnológicas de modo de asegurar que la tecnología de las baterías permita realmente que la demanda de materias primas siga patrones de desarrollo sostenible.

Tomando en cuenta la problemática previamente expuesta, la estrategia de la Alianza Global de las Baterías identifica tres pilares: 1) materias primas; 2) economía circular, e 3) innovación. El primer pilar es el más avanzado, debido a la experiencia de la GBA en el apoyo a las coaliciones *vis-à-vis* de los desafíos ligados al cobalto en la República Democrática del Congo. Por el contrario, los pilares dos y tres se encuentran en una fase exploratoria de recopilación de información. El objetivo de la GBA es proporcionar una plataforma de cooperación global que vincule el sector público, el privado y la sociedad civil para apoyarlos en el desarrollo de una cadena de valor de baterías inclusiva, innovativa y sostenible. Esta plataforma tiene el objetivo de catalizar nuevas iniciativas, tanto nacionales como regionales, conectando trabajos e iniciativas existentes y acelerar los trabajos que están en curso y que podrían desarrollarse más rápidamente. La plataforma podría convertirse en una oportunidad para los donantes, las fundaciones y otros actores interesados, para comprometerse y apoyar de manera efectiva a las iniciativas en torno a los tres pilares.

Igualmente, la GBA busca generar y facilitar el acceso a la información y fomentar la transparencia, impulsar el diálogo y proporcionar espacios de confrontación entre las organizaciones que estén dispuestas a enfrentar y superar los desafíos. Finalmente, la GBA también está interesada en la negociación de

<sup>13</sup> Project Specialist, World Economic Forum (vía videoconferencia).

coaliciones público-privadas, a nivel nacional y regional, que facilite la coordinación y un mayor apoyo para la implementación de los proyectos. Actualmente la GBA se está enfocando en el litio y los pasos a seguir coinciden con la necesidad de crear una coalición entre actores de la región para evaluar lo necesario y negociar una alianza para movilizar los recursos hacia dicho mineral.

## D. Comentarios

*Tabaré A. Currás<sup>14</sup>*

El siglo XXI plantea diferentes retos, por lo que la evaluación de las políticas que deben considerarse prioritarias en el ámbito energético, que nos permitan, por un lado, alcanzar una mayor equidad y, por el otro, mantener las múltiples formas y funciones de la naturaleza, es crucial para alcanzar las metas de desarrollo. Con base a lo anterior, para enfrentar dichos desafíos, debemos encaminar la transformación energética y enfocarnos en el empleo exclusivo de fuentes de energía renovable.

En este contexto, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) publicó en el 2001 un informe sobre energía cien por ciento renovable, donde se estima una transición energética hacia un sistema con cero combustibles fósiles para el año 2050. Uno de los principales aspectos a evaluar durante el evento se centra en cómo incorporar los cambios en los patrones de consumo, alcanzar una mayor eficiencia de los materiales y en el uso de la energía.

Un estudio realizado por el WWF en el año 2014 analiza los materiales críticos para la transición energética y concluye que los minerales como el cobalto, el níquel, el acero y el cobre son indispensables para realizar la transición hacia las energías limpias. Dado lo anterior, es importante no postergar más la discusión sobre la gestión de estos materiales y enfocarla en cómo evitar o mitigar los impactos de las actividades mineras sobre la sociedad y el ambiente. Debemos estar conscientes que la transformación energética no puede traducirse en una transgresión sobre los límites de las capacidades planetarias que puedan comprometer el desarrollo sostenible o la inclusión social.

En el Informe Planeta Vivo del WWF se proponen ejemplos de decisiones virtuosas para mitigar los impactos de las actividades: 1) conservar el capital natural y usar de manera sostenible los recursos; 2) gestionar equitativamente los recursos para garantizar el bienestar de las generaciones futuras; 3) redirigir los flujos financieros y apoyar la conservación y gestión sostenible de los recursos que estén alineado con los ODS; 4) fomentar mercados tanto resilientes al clima como enfocados en salvaguardar la riqueza natural y el ambiente social, y 5) lograr justicia, en el sentido de no solo obtener los beneficios tanto de la transición energética sino también los de carácter redistributivo, siguiendo uno de los objetivos centrales de la Agenda 2030 de “no dejar a nadie atrás”.

*Víctor Pérez<sup>15</sup>*

CODELCO es el principal productor de cobre del mundo. La expectativa de mayores requerimientos de metales como el cobre, para llevar a cabo la transición energética a través de procesos sostenibles, demanda una trazabilidad y un manejo de la huella del agua adecuados, considerando que opera en una de las zonas más secas del mundo.

Cabe mencionar la dificultad de gestionar el recurso hídrico como, por ejemplo, el proceso relacionado con la sustitución del agua dulce por salada, el cual requiere considerar diversos costos energéticos, entre ellos, los de desalinización, de bombeo a dos/tres mil metros sobre el nivel del mar, con su respectivo impacto sobre los ecosistemas. Asimismo, CODELCO está haciendo importantes esfuerzos en materia de trazabilidad de los fondos y en la gestión de sus operaciones financieras para facilitar la evaluación de sus impactos sobre el territorio y las comunidades.

<sup>14</sup> Director Regional de Política Energética Sostenible, WWF América Latina y el Caribe.

<sup>15</sup> Vicepresidente Ejecutivo de Planificación Comercial y Desarrollo de Mercados, CODELCO, Chile.

El “sello CODELCO” apunta a una “descomoditización” del cobre con la expectativa de que a futuro el mercado no sólo considere la calidad del material, sino que también sus estándares de producción. De aquí surge la importancia de transparentar la trazabilidad de la producción y sus métodos de registro. Se puede decir que la información, sobre los métodos de producción de CODELCO, es del dominio público por lo que ya se encuentra disponible para todos los actores interesados.

CODELCO ha adoptado una política para fomentar un cambio cultural para que sus trabajadores, en lugar de enfocarse en la producción *per se*, también consideren los indicadores de consumo (energético, de insumos y de agua) vinculados al proceso de producción. El objetivo principal es mostrar cómo el uso eficiente de los recursos utilizados puede traducirse en un modelo de producción más sustentable. CODELCO plantea el gran desafío de lograr un cambio cultural en las empresas, que incluya un cambio estructural a nivel país basado, por un lado, en la generación de materia energética renovable y sustentable y, por el otro, en los principios de igualdad, sustentabilidad y cuidado del medio ambiente y de las comunidades.

## **E. Mesa redonda: experiencias de los países participantes**

Durante la discusión se trataron diversos temas metodológicos y se discutió sobre las variables que pueden influenciar el mercado; entre ellas, aquellas relacionadas con el desarrollo tecnológico o con los derechos humanos, como en el caso del cobalto en la República Democrática del Congo. Este ejemplo muestra la posibilidad de que los países, para evitar incurrir en riesgos reputacionales, podrían decidir sustituir un mineral por otro o directamente importarlo de otros países o regiones, en dónde se respeten los derechos básicos de los trabajadores.

Posteriormente, se solicitó más información sobre el concepto de diferenciación y de “descomoditización” del cobre ya que, en general, los productores de la región no tienen ningún control sobre el precio o la calidad de los productos. La respuesta se basó en la posibilidad de diferenciar el propio método de producción del cobre, lo que permite a CODELCO generar marcas que algunos segmentos del mercado privilegian. Para fundamentar la afirmación, se presentó el ejemplo del sector de la energía renovable en el cual se prioriza adquirir aluminio producido de manera sostenible sobre el de origen no trazable o producido con estándares inferiores. CODELCO está apuntando justamente a este nicho de mercado por lo que está en la búsqueda de marcas más sustentables con una fuerte perspectiva de crecimiento y de carácter irreversible. A su vez, en cinco años, CODELCO planea adquirir nuevas tecnologías que le permitan recuperar más elementos de los relaves para ampliar la gama de productos recuperables de las minas, como, por ejemplo, aquellos que se capturan de los gases.

Finalmente, CODELCO mencionó el uso de etiquetas para reflejar la trazabilidad y el esfuerzo que está haciendo para que el comprador esté informado sobre el origen del producto y, eventualmente, tenga la opción de elegir el más amigable con el medioambiente o con otras dimensiones, como los derechos humanos o el trabajo comunitario.





## IV. ¿Desafíos para la minería del siglo XXI?: viejos y nuevos riesgos

---

*Moderación: Michael Rösch<sup>16</sup>*

Se da la bienvenida a los invitados al panel sobre los desafíos que enfrenta la minería del siglo XXI que incluye sus antiguos y nuevos riesgos ante un nuevo contexto internacional.

### A. Retos de la minería chilena y el papel de COCHILCO

*Sergio Hernández<sup>17</sup>*

La Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) es una institución pública cuyos principales directivos son elegidos por el sistema de la Alta Dirección Pública. El rol de COCHILCO consiste en estudiar el mercado de los minerales y en particular del cobre, al ser Chile el principal productor de este mineral a nivel mundial. COCHILCO realiza alrededor de 70 estudios anualmente, los cuales están a disposición en su página web ([www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)). Los estudios son de distinta naturaleza e incluyen el análisis de carteras de inversión y de consumo crítico como el agua y la energía, entre otros. La comisión posee un observatorio de los costos unitarios de la producción minera en Chile y analiza la estructura de los productores y de la producción mundial en sus distintas etapas de la cadena de valor (minas, plantas, fundición, refinación y sistemas de comercialización), la cual incluye proyecciones de precios, demanda, oferta y de nuevos proyectos de inversión.

Entre las funciones de COCHILCO se destaca: i) la fiscalización de las exportaciones nacionales de cobre y de los sub-productos de empresas públicas y privadas, observando los valores de mercado y el contenido polimetálico; ii) la fiscalización a CODELCO y a la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) en sus procesos

---

<sup>16</sup> Asesor Principal de la Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros, GIZ, Alemania.

<sup>17</sup> Vicepresidente Ejecutivo de la Comisión Chilena del Cobre de Chile, Cambios Institucionales y Regulatorios.

administrativos y tecnológicos, los cuales están sujetos a la aprobación *ex-ante* de sus proyectos de inversión, y iii) las asesorías al Gobierno y al parlamento en materia de políticas públicas en minería.

Con respecto a las emisiones y a la temática del cambio climático en la valoración de las inversiones, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es el responsable de llevar a cabo el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para obtener el permiso ambiental. Mientras que COCHILCO aprueba los estudios de ingeniería básica de perfil en la etapa de pre-inversión, una vez aprobado el permiso ambiental, para seguir a una etapa más avanzada de inversión, la Comisión de Evaluación entrega su aprobación o rechazo al proyecto a través de una Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

Por otro lado, a través de los estudios de consumo de agua y de energía se controlan y monitorean las emisiones a partir de la información que proveen las empresas mineras. Dicha información contribuyó al diseño de la norma de emisiones del año 2013, la cual exige que toda fundición chilena cumpla desde fines del año en curso con niveles de captura de emisiones de más del 95%. De esta forma, COCHILCO realiza estudios sobre la inversión que se requiere para que los proyectos cumplan con dicha normativa.

En COCHILCO creemos que la actual expectativa de un aumento en la demanda por materiales críticos se va a cumplir, no obstante, por un lado, existe preocupación en los países consumidores de materiales críticos como el cobre, el cobalto, el litio, el níquel, el potasio, el selenio, el telurio y el cadmio, de que la oferta no será suficiente para cubrir la demanda. Por otro lado, la tendencia hacia una mayor demanda por dichos minerales se verá impulsada por la búsqueda de un mundo bajo en carbono que estará acompañada por una alta penetración de energías limpias. En este proceso, la electromovilidad y las energías renovables no convencionales, como la eólica y la solar, jugarán un papel clave. Cabe mencionar cómo la política pública en Chile está incentivando la reconversión energética para generar infraestructura de generación y distribución, que además de bajar el costo unitario de la energía, podría generar una producción más limpia.

En el caso del cobre, actualmente este mineral presenta un mercado equilibrado entre oferta y demanda, con aproximadamente 22,5 millones de toneladas de consumo y de oferta. Las proyecciones indican que el equilibrio se mantendría por algunos años más, empero, se espera que dentro de los próximos cinco años la demanda podría superar la oferta, lo que conduciría a un incremento en los precios que finalmente favorecería a los países productores de materias primas. Asimismo, otros minerales ya comienzan a observar mercados deficitarios que requieren políticas que estimulen una mayor producción, como es el caso del litio en Australia, Argentina, Chile y Bolivia (Estado Plurinacional de).

Los riesgos asociados a esta creciente demanda para la minería chilena podrían estar asociados con una posible sobre explotación, en 15 o 20 años, de minerales submarinos. Otros riesgos se relacionan con el perfeccionamiento tecnológico para el uso de grafeno que podría ser, en cierto grado, un sustituto para el cobre y con las reacciones de las comunidades a las actividades mineras. Sin embargo, en general, se espera que las oportunidades de esta creciente demanda sean mayores a los riesgos.

## **B. Retos desde la perspectiva del sector privado**

*Ana María Zamora<sup>18</sup>*

Las finanzas de Colombia siguen dependiendo en gran medida del sector extractivo, en particular, del petróleo, sin embargo, cabe apuntar que sus reservas tienen un horizonte de perpetuidad estimado de hasta 15 años. Frente a la disminución paulatina de las reservas de petróleo, el país ha tratado de sustituir este recurso por los minerales. Colombia extrae principalmente carbón y posee la mina a cielo abierto más grande del mundo, empero, se emplaza en algunos departamentos con complejidades geográficas y sociales. Igualmente, este país también tiene importantes yacimientos de oro que en su mayoría son explotados de manera informal. Al revisar las cifras oficiales de las exportaciones de oro, la gran minería aporta el 12% de la extracción de oro mientras que el 88% restante se relaciona con la mediana y pequeña minería. Cabe apuntar que este último porcentaje está vinculado en cierto grado con la minería ilegal.

---

<sup>18</sup> Vicepresidente de la Asociación Colombiana de Minería, Colombia.

Dado que la realidad de Colombia es muy distinta a la de países como Chile, las expectativas son muy diferentes para la futura extracción de los minerales, como resultado del impacto ambiental que genera la explotación del carbón. Por esta razón, el país está tratando de satisfacer la demanda que todavía existe por dicho mineral, la que proviene principalmente de los mercados europeos. Esta situación precisa incluir mejores prácticas ambientales para explotar los recursos hasta que la demanda se agote o que las propias leyes y/o normativas ambientales lo permitan.

Uno de los grandes retos para la industria extractiva es lograr que sea competitiva y que se inserte dentro de un nuevo modelo de desarrollo. Para ello, se requiere de una minería con una visión compartida que considere las condiciones sociales y ambientales, y no solamente las técnicas. Esto requiere una adaptación empresarial y claridad en la política pública.

Lamentablemente, en países en desarrollo como Colombia todavía no se puede dejar de hacer minería para el cuidado del medio ambiente, lo cual se explica por: i) sus importantes necesidades económicas; ii) se trata de un país que se encuentra en una reciente salida de un conflicto social interno muy complejo, lo cual ha generado grandes retos para la reintegración de ciertas áreas, y iii) con una alta demanda de recursos económicos. Esto precisa que las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático deban asumirse con responsabilidad, considerando un periodo de transición, que permita vislumbrar el modelo de país a seguir. Si bien Colombia cuenta con una riqueza ecosistémica casi incomparable, como resultado de las circunstancias internas, el país aún no dispone de otras actividades que sean económicamente productivas que sustituyan a la minería. Por esta razón, hoy no es posible suplir la renta minera por la renta ecosistémica, ya que no se cuenta con las condiciones adecuadas. Adicionalmente, al no tener minerales tan valiosos que contribuyan a la implementación de nuevas tecnologías, es necesario hacer un ejercicio adicional de alineación y de revisión del modelo de país.

La Asociación Colombiana de Minería (ACM) tiene una visión compartida y dos roles fundamentales: 1) ser vocera y relacionarse con diversos actores y 2) tratar el tema reputacional que genera la minería ilegal en el país. Para manejar sus tareas, la ACM trabaja directamente con el Gobierno y con diversos ministerios (Minas, Medio Ambiente, Comercio y Hacienda, entre otros). Se puede decir que gran parte de la minería es financiada con recursos externos y es desarrollada por multinacionales que, en general, implementan buenas prácticas, con altos estándares, que permiten reproducir y transferir el conocimiento y diferenciarse de la minería ilegal e informal.

Para dar continuidad al desarrollo de las actividades extractivas es crucial fortalecer la confianza entre el Gobierno, las empresas y las comunidades, principalmente las afectadas por los proyectos mineros. De igual manera se deben alinear los temas sociales con los ambientales para mitigar la conflictividad actual y lograr una visión compartida en los territorios. En las zonas con actividades mineras, en muchos casos las comunidades no tienen beneficios directos provenientes de las rentas mineras o tienen limitado acceso al Estado. Esto ha gatillado presiones de las comunidades, sobre las empresas mineras, para obtener compensaciones. También se ha observado que muchas veces las denuncias por impactos ambientales han sido mitigadas a través de compensaciones monetarias, pero acompañadas de bajos estándares en dichas actividades.

En relación a la Agenda 2030 y los ODS, para definir una agenda común y su uso en el sector privado, se puede decir que más que negociaciones, se han entregado lineamientos por parte del Estado. El Acuerdo de París sobre el Cambio Climático ha constituido un gran reto por su enfoque desde un punto institucional y con poca participación de la industria. Asimismo, se puede decir que la industria cometió errores, en el sentido que no se cuestionó previamente el compromiso en la disminución de las emisiones. Si bien hoy la industria está comprometida a realizar las actividades extractivas de una nueva forma, dónde se consideren las riquezas ecosistémicas, éstas deben estar alineadas al tema económico.

Actualmente, los riesgos más importantes son: i) la disminución de la renta minera y con ello, sus efectos sobre las finanzas públicas y los proyectos sociales; ii) no ser lo suficientemente resilientes a nivel empresarial como institucional, y iii) la existencia de una polarización frente a las actividades extractivas, que puede dañar tanto a las empresas que están invirtiendo recursos como al país; en particular, porque esta actividad es necesaria para el desarrollo económico. Finalmente, es importante mencionar que Colombia cuenta con yacimientos poco profundos y con grandes reservas de oro, lo que demanda que la extracción de los minerales sea responsabilidad

de empresas que apliquen buenas prácticas y no la hagan los particulares que no cuentan con ningún tipo de responsabilidad y supervisión.

## C. Cambios institucionales y regulatorios

Carlos Monge<sup>19</sup>

Si analizamos la evolución de las instituciones públicas, durante los distintos auges de precios de los minerales observados en las últimas décadas y, en particular, el más reciente, se pueden extraer diversas lecciones.

En primer lugar, en los últimos 15 o 20 años se fortaleció la institucionalidad ambiental con la creación de Ministerios del Ambiente en muchos países de América Latina. A su vez, durante los últimos años del superciclo de precios de las materias primas, muchos de estos países también se suscribieron al Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales Núm. 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y con ello ha habido un reconocimiento cada vez mayor en las constituciones políticas de los Estados para implementar la consulta indígena y su consentimiento libre, previo e informado. Incluso en los países que todavía no lo han suscrito, se ha mantenido una discusión abierta sobre cómo implementar este derecho.

No obstante, cuando los precios de los minerales y de los hidrocarburos comenzaron a disminuir, desde el lado del sector privado disminuyó el incentivo para cumplir con los requerimientos ambientales y llevar a cabo las consultas indígenas. Desde los Gobiernos, surgió lo que denominamos la llamada “*race to the bottom*” (carrera hacia el fondo), que consiste en hacer que nuestros países sigan siendo atractivos para la inversión extranjera por medio de una flexibilización de los estándares y de los procedimientos ambientales y sociales, que pongan límites a las capacidades para proteger el ambiente y los mecanismos de consultas a las comunidades y a los pueblos indígenas.

En suma, se puede decir que mientras la ganancia de los privados y la renta pública para los Estados eran altas, los costos sociales (consultas) y ambientales (estándares y procedimientos) se consideraban aceptables. Sin embargo, cuando los precios comenzaron a disminuir y por ende las rentas, dichos costos comenzaron a considerarse como obstáculos a ser removidos. La lección aprendida en este terreno es que no se debe subordinar la construcción de ese tipo de institucionalidad a la promoción de las inversiones.

En segundo lugar, los procesos de descentralización que se dieron en un número importante de nuestros países siguen vigentes, pero y con excepción de Argentina, las grandes decisiones sobre las actividades extractivas se mantuvieron en manos de los gobiernos centrales.

Lo anterior ha generado tensión con las autoridades locales que tienen un mandato de Gobierno sobre sus territorios y a su vez, no pueden participar en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión de gran importancia e impacto sobre esos mismos territorios a su cargo. Por ejemplo, los gobiernos intermedios y locales pueden tener responsabilidad sobre la zonificación ecológica y económica y el ordenamiento territorial, empero los gobiernos centrales han retenido las capacidades para otorgar concesiones, firmar contratos y promover proyectos de inversión.

Resulta necesario democratizar hacia abajo las decisiones sobre las inversiones en actividades extractivas que involucren tanto a los gobiernos intermedios (regiones, estados, departamentos, provincias) como a los locales.

En tercer lugar, los mecanismos de participación se han generalizado en la región y han conducido a la generación de sobre-expectativas respecto de sus resultados, por tanto, estos mecanismos, incluida la consulta indígena, no son vinculantes sino solamente consultivos. Es decir, quienes participan pueden dar su opinión aunque al final es la autoridad quien decide.

El carácter consultivo de estos mecanismos y el hecho de que en muchas ocasiones los funcionarios públicos encargados de su puesta en práctica los tomen como un componente más de la tramitación burocrática de los proyectos, generan frustración y debilitan la voluntad participativa de la sociedad. A su vez, dicha

---

<sup>19</sup> Director América Latina, *Natural Resource Governance Institute*, Perú.

frustración abre la puerta al conflicto, ya que es una manera no institucionalizada de participar cuando no existen otros canales. Bajo este contexto, es necesario que estas limitaciones del actual sistema de toma de decisiones sean resueltas previo al surgimiento de un nuevo ciclo de precios de los minerales.

En perspectiva, solo una mejor gobernanza de la minería podría colocarnos en condiciones para aprovechar una nueva demanda internacional por los minerales críticos o tierras raras, como el litio y el cobalto, la que se asocia al cambio de la matriz energética global hacia una más limpia y renovable. Solamente así podremos evitar que esta nueva minería reproduzca los impactos ambientales y sociales negativos de la minería tradicional, la que también podría enfrentarse a un nuevo auge de precios como resultado de un aumento en la demanda de plata y cobre.

Es preciso revertir las políticas de la “carrera hacia el fondo” y, al mismo tiempo, consolidar y avanzar en los procesos de reforma institucional emprendidos anteriormente, para recibir un futuro ciclo de precios en condiciones de participación social, descentralización y gestión territorial y ambiental adecuadas.

Desde una perspectiva de la sociedad civil, se requiere fortalecer las capacidades a nivel central y subnacional para alcanzar una adecuada gestión territorial que delimite las zonas y defina las actividades económicas para promover e incluir la identificación de zonas en las que no se puedan desarrollar actividades extractivas que pongan en peligro la riqueza de la diversidad biológica o de la capacidad de generar servicios ecosistémicos irremplazables, como la retención de carbono.

En segundo lugar, se debe dar peso político y fortalecer las capacidades de los Ministerios del Ambiente, como, por ejemplo, para demandar y evaluar estudios de impacto ambiental sólidos, monitorear los planes de manejo ambiental, monitorear los impactos y sancionar a las empresas responsables.

En tercer y último lugar, es muy importante definir políticas de Estado que permitan brindar un mayor acceso y transparencia de la información relacionada con los temas ambientales. En el norte de Chile, por ejemplo, se ubican los principales proyectos mineros y al ser una zona desértica, se enfrentan a un problema de escasez de agua que necesariamente preocupa a las empresas y al Estado. Asimismo, se requieren políticas que generen obligaciones e incentivos para que el sector privado realice sus propias transiciones estratégicas en este contexto. Algunas filiales de CODELCO y empresas privadas tienen metas de cero por ciento de emisiones de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, en Chile y en el Perú, algunas empresas están diseñando nuevas estrategias para aumentar la eficiencia en el uso del agua, aumentar el reciclaje y utilizar el agua de mar para evitar cualquier tipo de conflicto con las comunidades que están en territorios, en donde el estrés hídrico ya está presente a causa del calentamiento global.

## **D. Ronda de preguntas y comentarios**

El rol de las estrategias corporativas y la necesidad de las empresas de alinearse con los planes para no superar el incremento de las temperaturas en 2 grados centígrados se destacan como elementos importantes a analizar. Asimismo, se planteó la necesidad de incentivar inversiones bajas en carbono que incluyan una visión costo-efectiva para que la minería internalice los riesgos climáticos desde el origen de los flujos financieros.

Existen aspectos comunes y desafíos similares en la evolución de la regulación de cada país con respecto a la sostenibilidad ambiental y al sector minero. El manejo de la información y la transparencia son claves para plantear políticas mineras a futuro, especialmente, para el desempeño ambiental del sector y el control de riesgos.

Se identifican que: i) cada vez es más costoso extraer minerales y a su vez genera mayores presiones ambientales y ii) los cambios tecnológicos permiten generar más energía con menos emisiones. Los cuestionamientos que surgen entonces se refieren a: ¿Cuál será la tendencia que pese más? ¿Qué efectos se tendrán a corto y a largo plazo? ¿Cómo enfrentarán algunos minerales el exceso de demanda y con ello el manejo de mayores rentas? ¿Cómo deberían distribuirse para generar un crecimiento de largo plazo y, al mismo tiempo, gestionar los riesgos y los potenciales impactos sobre las comunidades y el medio ambiente? Con respecto a esta última pregunta se mencionaron como fuentes de grandes conflictos la distribución de las rentas y los aspectos territoriales.

En términos generales, se argumentó que las actividades mineras deben continuar los esfuerzos para analizar la huella de carbono, los temas de justicia ambiental, el relacionamiento con las comunidades y el ordenamiento territorial. Se destaca que un eventual sobre costo asociado a los puntos anteriores se ha percibido con algo de preocupación para las empresas mineras y que algunos gobiernos locales han querido definir áreas de no exclusión, empero aún existe preocupación ante la posibilidad de crear zonas de conservación local de manera *ex-post*. También se resalta la existencia de vacíos en materia de gobernabilidad y presencia del Estado en algunas zonas extractivas.

Los siguientes temas se debaten: i) inclusión de los costos de emisiones en los proyectos de inversión desde el inicio; ii) manejo de información en general e información crítica; iii) transparencia y su inclusión en las nuevas discusiones; iv) desarrollo tecnológico y compensaciones; v) vínculo entre conflictos y tributación, y vi) relación entre zonificación, proyectos y comunidades en un marco de ordenamiento territorial.

Asimismo, se aborda la experiencia del Perú en relación al tema de la huella hídrica y de carbono. En este último caso se menciona que, si bien es posible calcular las emisiones del transporte en minería, esto sería sólo una fracción pequeña del inventario nacional. También se afirma que, en el Perú, un proyecto minero se implementará solo si es técnica, ambiental y socialmente aceptable.

Sobre el caso de Colombia, se resalta que el ordenamiento territorial establece áreas específicas para la minería y zonas de exclusión (parques nacionales naturales, humedales RAMSAR y áreas protegidas regionales), lo que ha focalizado la discusión en quién toma las decisiones sobre el subsuelo. Además, se discute sobre las recientes reformas al sistema de regalías y el cambio en la distribución de la recaudación, desde una perspectiva de las zonas productoras a uno que distribuye estos recursos en todo el país. Se menciona la necesidad de encontrar una compensación adecuada, proveniente de la distribución de la renta, para los municipios que reciben los impactos ambientales de la actividad extractiva pero menores ingresos debido a la reforma.

En el caso de Chile, se destaca que COCHILCO cuenta con información sobre el uso de insumos, energía y el número de profesionales que requiere el sector. Adicionalmente, se menciona que en el catastro de necesidades hídricas para la minería se compila información sobre la demanda y la disponibilidad de agua. Esto permite analizar los requerimientos de agua para la producción, estudiar la factibilidad de los proyectos futuros e identificar su origen (fuentes continentales, mar o desalinización). Igualmente se menciona cómo la tecnología podría desarrollar una profunda transformación en el sector por medio de la robótica y la necesidad de capacitar y reconvertir a sus trabajadores. Se argumenta que en Chile las regalías se destinan en su totalidad al gobierno central y no se redistribuyen con las comunidades afectadas por las operaciones mineras. De esta forma, para avanzar hacia un valor compartido del desarrollo minero sería necesario capacitar a las comunidades en el ámbito de ejecución de proyectos y destinarles una parte de las regalías.

Finalmente, los mecanismos internacionales de transparencia y de disponibilidad de información, como el de la Iniciativa de Transparencia en la Industria Extractiva (EITI, por sus siglas en inglés) que cuenta con información de los pagos y los aspectos fiscales son aspectos de gran relevancia. Al respecto, se resalta la necesidad de contar con información sobre los aspectos ambientales, sociales y climáticos de las actividades extractivas.

Con respecto a la renta minera se menciona que en la mayoría de los países existe un sistema de redistribución, pero con diferentes alcances dependiendo del país. A partir de ello, surgen dos interrogantes: ¿Con qué criterios se asigna? y ¿Hacia dónde se dirige la renta de las regalías? Otra reflexión es cómo tomar decisiones eficaces cuando es necesario lograr un acuerdo entre diferentes grupos con necesidades heterogéneas. Se mencionan las dificultades de descentralizar el derecho de participación en la toma de decisiones caracterizadas principalmente por: i) la universalización del derecho de consulta ciudadana; ii) el derecho de los gobiernos locales y centrales para participar en las decisiones; iii) los temas relacionados al derecho de uso del suelo y subsuelo, y iv) la consulta previa de los pueblos originarios. Lo anterior conlleva a enfatizar tanto los aspectos positivos (la democratización del proceso de toma de decisiones) como las dificultades vinculadas con esta ampliación de derechos (codecisión a niveles diferentes y asignación de estatus, sujeto a los derechos de recursos naturales), que destaca el vínculo que existe entre alcanzar una adecuada gobernanza y la demanda de minerales.

## V. Grupos de trabajo: desafíos, oportunidades y riesgos

---

### A. Presentaciones de los grupos de trabajo

Los asistentes se dividieron en tres grupos de trabajo con el fin de analizar: a) los desafíos; b) las oportunidades, y c) los riesgos de la minería frente al cambio climático. A continuación, se listan las reflexiones resultantes:

#### 1. Riesgos

- Daño a los ecosistemas y a los servicios ecosistémicos causado por el sector minero en los países de América Latina.
- Patrón extractivista mono-exportador y muy asociado con la primera parte de la cadena productiva de la minería.
- Potenciales impactos físicos en relaves y pasivos ambientales mineros que se profundizan con el cambio climático.
- Falta de información y transparencia que agudizan la percepción negativa de la sociedad sobre la actividad minera. Esto dificulta la obtención de la licencia social en algunas empresas que cuenta con desarrollos tecnológicos y cumplen la normativa social, laboral y ambiental (principalmente de la gran minería).
- Problemática en torno a la minería ilegal e informal. Se discutió la extracción del oro y el uso del mercurio con sus consecuentes impactos socioambientales. Se propuso la trazabilidad en todo el ciclo minero como potencial elemento de control.
- En algunos países se han cancelado proyectos como resultado de las presiones socioambientales. Se sugiere verificar si estas presiones derivan de prejuicios por desinformación o si se deben realizar análisis técnicos más específicos sobre la calidad de los proyectos propuestos.

Este punto se vincula estrechamente con la relación entre los sistemas de evaluación de impacto ambiental (SEIA) y otras demandas sociales y ambientales que evalúan la calidad del proyecto, considerando otros factores como el ordenamiento del territorio o la apropiación de rentas. Esto se resuelve a través de un procedimiento técnico de proyecto cuando en realidad se está discutiendo un modelo de producción completo.

- Con respecto a la huella y escasez del recurso hídrico se sugirió como una alternativa la desalación del agua marina. Sin embargo, la desalación presenta impactos ambientales y una huella de carbono asociada a la energía utilizada en el proceso de envío de agua desalada a las minas.
- La calidad del aire y de la erosión provocada por el sector que puede ser compensada a través del uso de rentas.
- Tener la capacidad de oferta para cubrir la creciente demanda de ciertos metales, gatillados por la transformación energética para enfrentar el cambio climático, y así evitar algunos riesgos de sustitución.

## **2. Oportunidades**

- Desarrollar estrategias de diversificación y evaluar cómo la minería puede incorporar tecnologías con bajo contenido de carbono y promover el uso de energías limpias.
- Añadir valor agregado mediante los procesos de reciclaje y refinación y, al mismo tiempo, incrementar su eficiencia.
- Mejorar los estándares de transparencia y rendición de cuentas para fomentar una mejor coordinación de las políticas a nivel regional y una mejor trazabilidad de las cadenas de suministro y de producción de los minerales. Se cita como ejemplo la iniciativa del cobre verde de CODELCO.
- Promover mecanismos de diálogo multiactor y estrategias de coordinación entre los países que muestren intereses y prácticas coincidentes.
- Fomentar la cantidad y la calidad de la información para que las comunidades locales puedan tomar decisiones informadas que garanticen la viabilidad social y ambiental de los proyectos.
- Desarrollar la información geológica y la adquisición de datos por tratarse de información crucial para dar inicio a la cadena de producción y del ciclo de vida de todo producto minero.
- Incluir en las inversiones tradicionales criterios tecnológicos y buenas prácticas socioambientales.
- Reformar la minería pequeña y artesanal.

## **3. Desafíos**

- Internacionalización de las externalidades asociadas al cambio climático y, por consiguiente, la necesidad de desarrollar instrumentos que faciliten este proceso (precios de carbono o mercados de carbono).
- En cuanto al litio, además de producirlo, los países deben tratar de avanzar en la cadena de valor (por ejemplo, en la generación de baterías de acumulación de energía).
- Avanzar en temas vinculados con precio del carbono, eficiencia y economía circular.
- Aplicar oportunamente políticas para enfrentar el cambio climático.
- Definición de un modelo país, de la institucionalidad y la EIA; generación de información, protocolos de buenas prácticas, participación y certeza jurídica.



## VI. Minería inteligente con respecto al clima

---

*Daniele La Porta<sup>20</sup>*

Sobre el aumento en la demanda de los minerales para alcanzar un futuro bajo en carbono, cabe destacar que para llevar a cabo la transición hacia las energías renovables, la explotación minera debe continuar y, por consiguiente, tendrá un impacto sobre las emisiones de GEI. Bajo este escenario y considerando que el objetivo del APCC es exactamente el opuesto, la pregunta que surge es: ¿Cómo se pueden mitigar los efectos de la transición hacia las energías limpias sobre el cambio climático?

Para alcanzar una reducción de la huella de carbono del sector minero es preciso discutir acerca de cómo los procesos de extracción y producción pueden ser más inteligentes con respecto al clima. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de la presentación es generar un debate sobre qué significa y cómo se pueden desarrollar y alcanzar dichos procesos.

Según el Banco Mundial, el primer desafío es entender cómo crear una cadena de valor de la minería en un contexto inteligente con respecto al clima, es decir, se requiere insertar un enfoque climático en todas sus etapas. Esto precisa hacer una evaluación para acceder a los recursos mineros de manera más inteligente y amigable con el clima. En suma, una minería inteligente con respecto al clima se basa en la integración del desarrollo de los minerales y metales con la capacidad de respuesta al cambio climático. Es importante recalcar que la fase extractiva no es la etapa que emite más GEI, sino aquella relacionada con el transporte. Lo anterior demanda analizar, desde una perspectiva climática, toda la cadena de oferta del metal y no solamente durante su etapa de extracción.

Es necesario mejorar el proceso extractivo para que los beneficios de la transición hacia la energía limpia permitan alcanzar los objetivos del APCC, además de mitigar los riesgos del cambio climático y, a su vez, contribuyan a mejorar la calidad del aire. Además, un enfoque inteligente con respecto al clima debe considerar también, por un lado, los impactos de la actividad extractiva sobre el paisaje, por el hecho de que existe una relación directa entre la minería y la deforestación y, por el otro, los aspectos de adaptación al cambio climático y a las variaciones en las precipitaciones. Tomando en cuenta que la

---

<sup>20</sup> Especialista Senior en Minería, Banco Mundial.

actividad minera requiere de una copiosa cantidad de agua, es importante mejorar la gestión de los recursos hídricos y considerar el ecosistema.

Actualmente se aprecia una creciente presión de los inversionistas hacia una producción limpia y sostenible, como, por ejemplo: el cobre verde de CODELCO, las prácticas de la Asociación Minera de Canadá hacia una minería sostenible aunados al rol de las empresas automotoras. En el caso de las automotoras, empresas como Tesla se han comprometido a utilizar materiales extraídos de manera ética y local y también BMW, verifica el origen y los modos de extracción del cobalto que utiliza en sus acumuladores.

El número de minas que están transitando hacia fuentes de energía renovable está aumentando y son cada vez más competitivas y asequibles. Cabe mencionar que este cambio no se ha dado exclusivamente por razones de costos, sino que también por los potenciales riesgos reputacionales para las empresas, vinculados a la falta de reducir su huella de carbono. Dado lo anterior, para evitar cualquier tipo de riesgo, muchas empresas se han comprometido a cumplir con el objetivo de las cero emisiones. En consecuencia, es muy probable que en el futuro se observen mayores inversiones en innovación para mejorar los procesos de extracción para cumplir con el APCC y con ello, mitigar los efectos del cambio climático.

El uso de las energías renovables se torna cada vez más importante como un elemento fundamental en la competitividad de las empresas mineras. Asimismo, para alcanzar una minería inteligente con respecto al clima es necesario mejorar las fuentes de datos. Sin duda existen varias iniciativas e información, no obstante, todavía no se encuentran disponibles, lo que hace necesario hacer un esfuerzo común para tener acceso a ellos, mejorar su calidad y entender cómo utilizarlos eficazmente. Más allá de la información sobre emisiones de GEI, se requiere mayor conocimiento de los datos geológicos que hoy son insuficientes. Un ejemplo de ello es la información sobre litio, tierras raras o cobalto, la cual requiere mejorar el método de recopilación y compartir buenas prácticas entre las empresas.

Otro tema fundamental para alcanzar una minería inteligente, con respecto al clima, es la planificación y gestión integral del paisaje. El 20% de todas las emisiones de GEI del sector minero procede de la deforestación y, en general, las actividades extractivas se realizan en zonas aisladas. Tomando en cuenta esta información, se entienden las dinámicas de los procesos extractivos y con ello, se pueden planificar las estrategias para minimizar y reducir el impacto del sector sobre el medioambiente. Para lograrlo, se requiere aumentar la colaboración y coordinación entre todos los actores involucrados en las actividades extractivas -Gobierno, sector privado y comunidades- y compartir la infraestructura existente para optimizar los recursos cuando existen múltiples inversionistas y distintas operaciones de extracción. De hecho, un enfoque inteligente con respecto al clima debería incorporar otras prioridades de los ODS, entre ellas, la gobernanza local, incluyendo los derechos de las comunidades indígenas junto con una mejor distribución de la renta del sector minero.

Como se mencionó previamente, muchas actividades extractivas se concentran en zonas aisladas, situación que genera una mayor vulnerabilidad al cambio climático. Dado que el desplazamiento de los proyectos resulta complicado, sus operaciones son de largo plazo (entre 20 y 50 años) y, a su vez, demandan mucha agua y energía para su correcto funcionamiento, es necesario realizar evaluaciones de impactos ambientales de las actividades extractivas y garantizarlas como un requisito fundamental, previo al otorgamiento de una concesión minera por parte de los Gobiernos.

En conclusión, para alcanzar las metas del APCC se requiere una reestructuración radical de la oferta de energía a nivel global. La minería inteligente con respecto al clima conlleva inevitablemente hacia las energías renovables que, a pesar de causar un aumento en la demanda de minerales, traerían importantes beneficios climáticos y económicos. Por ejemplo, el aumento en la demanda de materiales puede impactar positivamente sobre el crecimiento económico de los países en desarrollo ricos en recursos minerales. Sin embargo, para garantizarlo y que además sea sostenible, se deben considerar los factores previamente mencionados, es decir: las implicaciones locales del cambio climático, la necesidad de generar bases de datos geológicos de calidad, una planificación del paisaje que incluya la infraestructura junto con la implementación de una adecuada gobernanza y gestión ambiental. La adaptación de la minería al cambio climático precisa un diálogo entre los actores involucrados en las actividades extractivas que permita a través de la extracción de los minerales contribuir hacia la transición de una energía limpia.

## **VII. Clima, medio ambiente y territorio: elementos de una minería inteligente con respecto al clima**

---

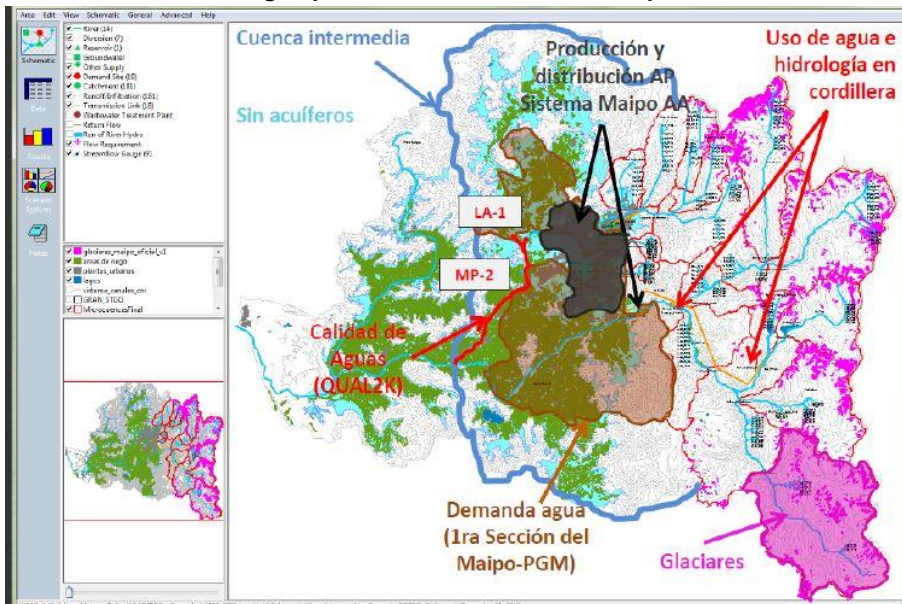
### **A. Sostenibilidad ambiental del sector minero: evaluaciones y recomendaciones**

*Moderador y panelista: Carlos de Miguel*

Es necesario partir por el análisis del nexo entre territorio, minería y medio ambiente y se puede decir que es fundamental hablar de territorio, debido a que las operaciones mineras no se desarrollan fuera de un contexto territorial. En el mapa 2 se muestra la cuenca de la región metropolitana de Chile, ilustrando la disponibilidad, uso y calidad de sus recursos hídricos. Este mapa es resultado de un proyecto desarrollado en conjunto 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.

En este ejemplo, la presencia de la actividad minera en la cuenca alta, emisora de material particulado y otros elementos, podría afectar la capacidad de mantenimiento de hielo en los glaciares que también abastecen la ciudad de Santiago en los periodos estivales, reforzando las restricciones hídricas fruto del cambio climático.

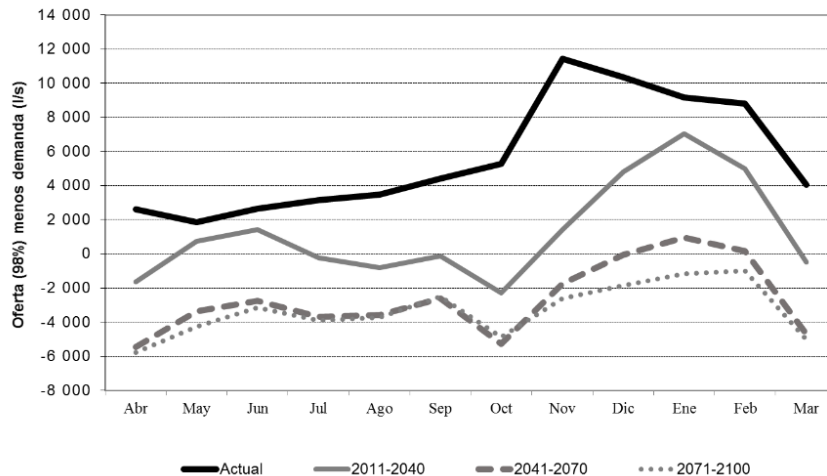
**Mapa 2**  
**Caracterización del agua potable en cuenca del río Maipo en Chile Central**



Fuente: Presentaciones del “Proyecto Mapa de Adaptación al Cambio Climático de la Cuenca de la Región Metropolitana”, Centro de Cambio Global, Pontificia Universidad Católica de Chile.

En efecto, el gráfico 9 ilustra el saldo neto de la disponibilidad de oferta y demanda hídrica a lo largo de distintos periodos temporales considerando los efectos del cambio climático, dejando en evidencia que, si bien en la actualidad todos los meses del año cuentan con un saldo hídrico positivo, al final del siglo todos los meses del año padecerán de escasez como resultado de un incremento de la demanda proyectada y al mismo tiempo, de una caída de la oferta del recurso.

**Gráfico 9**  
**Disponibilidad hídrica futura en la Región Metropolitana, Chile**  
**(oferta menos demanda)**



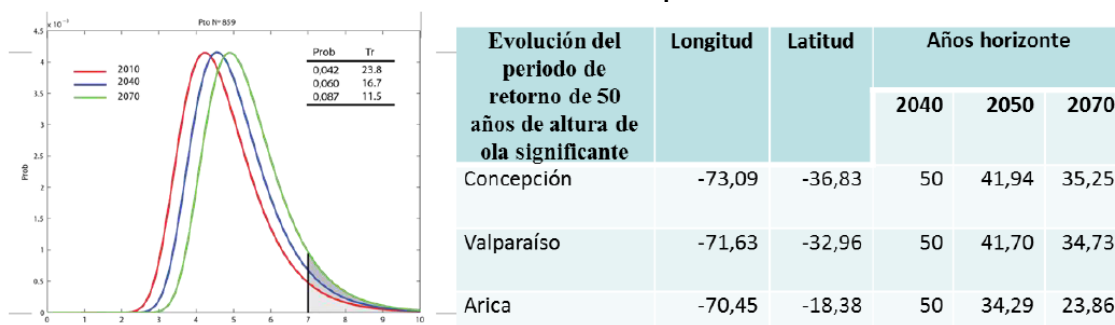
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Chile”, 2012.

Dado que, en el largo plazo, entre otras cosas, se proyecta un aumento de las temperaturas y, en muchos casos, una disminución de las precipitaciones, se requiere considerar todos los efectos del cambio climático en las distintas cuencas, además de las presiones de demanda de los distintos actores. En suma, es necesario enfocarse en los impactos y en la adaptación al cambio climático.

Al analizar los impactos del cambio climático sobre el borde costero se observa que las dinámicas de las variables marinas tendrán impactos en puertos clave para la exportación de los minerales. Por tanto, la ubicación de las operaciones mineras, el desarrollo de infraestructura o la elección del puerto por donde se exportan los minerales han de considerar parámetros que anticipen este nuevo escenario de cambio climático y permitan aumentar la resiliencia del sector ante los crecientes impactos.

En ese sentido, la CEPAL tiene una línea de investigación que estudia los impactos costeros del cambio climático, que incluye el análisis de fiabilidad de las obras portuarias, así como la modificación de variables marinas y de costas. Existen proyecciones sobre los principales puertos para toda América Latina y lo que se estima es que, si siguiéramos construyendo infraestructura portuaria como lo estamos haciendo hasta ahora, se podría perder hasta un 60% de la fiabilidad en la provisión de sus servicios hacia fin del siglo XXI. Por ejemplo, tomando el caso de Concepción o Valparaíso o Arica, habría que considerar que la altura de la ola significativa de 50 años de periodo de retorno, tomada para cálculos estructurales y que puede afectar espigones, etc., en vez de repetirse cada 50 años tendría una frecuencia mayor, posiblemente cada 35, 34 o 23 años (véase el cuadro 1). En términos gráficos, está aumentando la cola de riesgo. Esto podría afectar la capacidad de la minería de exportar sus productos dado que el daño a un puerto, causado por una ola anómala, conllevaría a la imposibilidad para una mina de exportar por esa vía temporalmente. Además, por otro lado, cabe apuntar que existen varios problemas de contaminación asociados al transporte de minerales hacia los puertos.

**Cuadro 1**  
**Variación de la probabilidad (respecto a la de 2010) de superar 50 cm en el cambio de altura de ola en los años horizonte en diversos puntos de Chile**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL), "Efectos del Cambio Climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámicas, tendencias y variabilidad climática", 2015.

Otro ejemplo de las relaciones entre minería y medio ambiente son los impactos del transporte de productos mineros (las vías férreas o las carreteras por donde se transporta el mineral). El aumento de la conectividad, por desarrollo minero u otro, en largas extensiones de terreno, permite el acceso a nuevos territorios y, como en el caso de la Amazonía, facilita procesos de deforestación. Dado lo anterior, cabe resaltar la existencia de elementos que afectan al medio ambiente asociados no al sector minero *per se*, sino al sector transporte e infraestructura eventualmente relacionados con el sector y que han de considerarse.

Otro tema interesante para analizar es el impacto económico de la minería sobre el territorio. La actividad minera y, por ende, la renta de la minería, en general, se distribuye por regiones. En las evaluaciones de desempeño ambiental de Chile y del Perú es evidente que existen zonas de habilidad minera que generan rendimiento económico y otras zonas que no la tienen. Lo que parece un hecho es que las zonas mineras también sufren los impactos socioambientales. Este tema se discutió ampliamente el día

anterior y uno de los desafíos que quedó marcado es: ¿Cómo compensar o reducir los impactos en las zonas afectadas y ¿Cómo aprovechar este valor económico en el futuro?

Las operaciones mineras, más allá del cambio climático, generan contaminación del aire, agua y suelo en muchos países. En Chile existen planes de descontaminación en casi todas las zonas aledañas a las fundiciones mineras, sin embargo, en otros países no se cumplen los estándares asociados a las emisiones de contaminantes y, por consiguiente, existen muchas zonas saturadas. Es preciso reconocer que existen zonas donde no hay control o monitoreo de los impactos y que es necesario analizar. Además, hay Convenciones Internacionales que han de cumplirse. Por ejemplo, para el caso del mercurio existe el Convenio de Minamata. El caso de Colombia es interesante porque, a pesar de no haber ratificado el Convenio, tiene una ley que prohíbe el uso de mercurio. Uno de los desafíos en la región es que, ante problemas ambientales, se dictan leyes pensando que eso es suficiente, empero, las leyes deben estar además acompañadas de una continua fiscalización y monitoreo.

Cabe mencionar además que tanto el estrés hídrico como las actividades informales e ilegales en la minería representan una problemática importante para la región. Para solucionarla, se requiere la evaluación de otros aspectos que, desde un enfoque multidisciplinario, incluyan indicadores de pobreza y sociales. Estas actividades no respetarán las leyes y normas nacionales, ni tampoco los estándares internacionales y dificultarán el análisis de la actividad como un todo respecto a dichos estándares.

La problemática de los pasivos ambientales mineros (PAM) también está presente en la región. Muchos países tienen actualmente un gran legado de pasivos procedentes incluso de la época de la colonia. Desde hace algunos años se comenzó a tratar el problema de su catastro y de su priorización para caracterizarlos de acuerdo con sus distintos niveles de peligrosidad, empero cabe destacar los altos costos asociados para su remediación. Hoy existen opciones para recuperar minerales por medio de nuevas tecnologías (minería secundaria), las cuales pueden ser económicamente más viables para la recuperación de los PAM. De todas maneras, es necesario disponer de los catastros y priorizarlos en función de los riesgos para la salud y el medioambiente.

Otro tema importante a tratar consiste en la relación entre actividad minera y la protección del medioambiente. En algunos casos, se genera una superposición entre las áreas protegidas y las actividades mineras. Esto sucede aún cuando las leyes lo prohíban, en el caso de que el Estado no tenga la capacidad de hacer cumplir la ley o hacer seguimiento. Esto podría pasar también en los casos de superposición de cuerpos legales que dificulta la compatibilidad entre las distintas legislaciones.

Todos los aspectos previamente analizados pueden resultar en un aumento de la conflictividad socioambiental. Actualmente existen numerosos conflictos en la región, lo que llama a resolverlos o mitigarlos, así como un mayor acceso a más información sobre este tema. Se pueden citar las siguientes como las principales causas de la conflictividad: i) la superposición de derechos; ii) la superposición/incompatibilidad de actividades; iii) los problemas de procedimiento en los sistemas de evaluación de impacto ambiental; iv) las asimetrías de poder, y v) la falta de transparencia y asimetrías de información.

Cabe destacar el papel de la CEPAL, organismo que promueve la generación de procesos participativos previos, es decir, en la fase inicial de una discusión de manera que la participación no sea *per se* reactiva, sino que abierta, positiva y propositiva. El Observatorio del Principio 10 de la CEPAL incluye un apartado de minería en dónde se consideran los temas de participación y los casos y sentencias relacionadas con el vínculo minería y medio ambiente.

A continuación, se listan las recomendaciones que surgieron cuando la CEPAL realizó las Evaluaciones del Desempeño Ambiental junto con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE):

- Es necesario que los países posean planes de ordenamiento territorial, dónde hagan uso de la zonificación ecológica económica y, eventualmente, realicen evaluaciones ambientales estratégicas.
- Desarrollar sistemas de información ambiental, registros de emisiones y de transferencia contaminantes que permitan hacer políticas públicas. En la región únicamente Chile y México tienen estos registros.

- Extender la red de monitoreo de calidad del agua y del aire, tanto en parámetros como en frecuencia, así como perfeccionar los sistemas de EIA, por ejemplo: i) exigiendo licencias ambientales para la exploración minera y ii) demanda de mayor transparencia para generar licencia social. Por consiguiente, evitar conflictos y costos económicos, tanto para el sector privado como para el público.
- Internalizar los costos ambientales, captar apropiadamente las rentas de recursos asociados con la explotación de minerales, solucionar el tema de los PAM, eliminar la minería ilegal y las actividades informales, gestionar de manera integrada las cuencas introduciendo un enfoque basado en la gestión del riesgo de los recursos hídricos, enfrentar el tema de los residuos químicos y peligrosos en cumplimiento de los tratados internacionales y, finalmente, evaluar las trayectorias de largo plazo, incluso las del cambio climático, con el fin de implementar procesos de adaptación.

El Sr. de Miguel invita a reflexionar de manera más filosófica sobre de qué estamos hablando cuando pensamos en desarrollo sostenible. Es necesario pensar en términos de ganancias netas, considerar no solo el ingreso sino también el patrimonio, valorar lo que no tiene precio en el mercado, pero sí valor como, por ejemplo, la naturaleza. Además, considerar los costos externos y los beneficios sociales y no solo los privados.

## B. Territorio, medio ambiente y minería

*Mariano Castro<sup>21</sup>*

Actualmente, el Perú se encuentra en el proceso de integración y definición de las políticas y metas en materia de regulación ambiental. El sector minero se encuentra en una posición estratégica, tanto a nivel regional como mundial, debido a la variedad de sus metales, a sus todavía cuantiosas reservas y a su nivel de producción. Como resultado de la nueva cartera de proyectos, que anunció el Ministerio de Energía y Minas, se espera que el sector minero mantenga su desarrollo a lo largo del país, lo que estará acompañado de más impactos ambientales en el futuro próximo. Por lo anterior, se cuestiona: ¿Cuál es el desempeño ambiental climático y desarrollo territorial del sector minero en el país? El país tiene un gran desafío por delante.

En este contexto, la evaluación del desempeño ambiental del Perú, publicado por la OCDE en conjunto con la CEPAL en 2016, muestra que a partir de los años noventa se observaron efectivamente cambios en la regulación ambiental, que incluía al sector minero. Una de las lecciones para mejorar el desempeño ambiental del país es la necesidad de implementar estrategias que consideren una visión tanto nacional como local, que distingan cuáles son las metas y que integren las políticas ambientales en el sector extractivo. Al respecto, una estrategia podría ser la de regular el uso del recurso para establecer cuánto y cómo asegurar la provisión nacional. Igualmente, cabe mencionar el papel que juegan las compensaciones ambientales como un mecanismo para asegurar los derechos y, a su vez, garanticen que las regulaciones sean eficaces y eficientes, lo que hace necesarios mayores recursos tanto presupuestales como de capacidades.

Para alcanzar las regulaciones ambientales adecuadas se requieren varios componentes, entre ellos, que la información sea de calidad. Sobre las regulaciones ambientales se pregunta: ¿Cuál es la política formal y cómo se integra con los principios ambientales?; ¿Cómo se establece la norma? ¿Qué instrumentos de planificación y gestión existen? ¿Cómo se desarrolla la administración en el ámbito público y privado? ¿Cómo se construyen prácticas sociales con culturas diversas? Asimismo, se resalta que los temas de tecnología, de fiscalización, de sanciones, del presupuesto y de la justicia tienen que estar presentes.

Se puede decir que los factores que han determinado la evolución de la regulación en el país son diversos. Para abordarla es necesario primero introducir la problemática de los pasivos ambientales mineros (PAM). Al analizar los EIA se aprecia cómo los PAM tienen un alto impacto ambiental y representan uno de los principales desafíos para el país, al punto que el Ministerio de Energía y Minas lo

<sup>21</sup> Académico, Pontificia Universidad Católica del Perú.

ha definido como un asunto de prioridad política inmediata, enfocándose inicialmente en los casos de alto riesgo. En particular, cabe resaltar que en el Perú existen alrededor de 8.600 PAM, de los cuales, el Ministerio ha priorizado 3.500. Al mismo tiempo que se están creando los inventarios de PAM, se está recopilando información y generando inventarios de emisiones y de glaciares. Cabe mencionar los impactos ambientales que genera la minería pequeña y artesanal y que terminan convirtiéndose en PAM.

Por otro lado, ante una mayor liberalización financiera y comercial, junto con la revisión y adaptación de las leyes mineras de los años noventa, la actividad minera aumentó; no obstante, sin la implementación de buenas prácticas, lo que se tradujo en mayores impactos ambientales y sociales. Esta situación ha exigido una revisión de los estándares ambientales y sociales para desarrollar una minería con buenas prácticas.

Actualmente, la actividad minera está regulada en todas sus fases y el país está experimentando un nuevo proceso de generación de desarrollo institucional. Se puede decir que existen dos procesos que deben converger, a pesar de tener tiempos y ritmos diferentes: el desarrollo regulatorio y los proyectos de inversión. Dichos procesos también deben incluir la visión local y el desarrollo territorial para que las comunidades recobren la confianza por la minería y dejen de percibirla como una amenaza. Para lograrlo, se requiere que los nuevos proyectos mineros consideren la realidad territorial del Perú, una realidad que apunte a la persuasión social y que garantice el cabal cumplimiento de las regulaciones nacionales y de los estándares internacionales y que, al mismo tiempo, supervise el correcto funcionamiento de las minas.

Sobre las emisiones de la minería y su relación con el cambio climático, destaca que en la última comunicación nacional de cambio climático las emisiones mineras están expresadas en función del consumo de combustible. Después de la firma del APCC, el Perú implementó una ley donde considera criterios y condiciones relacionados al cambio climático para la evaluación ambiental. A su vez, para contar con una evaluación ambiental lo más integrada posible y que pueda servir como vehículo para las políticas sociales, es necesario considerar los eventos climáticos como el fenómeno del Niño.

Finalmente, en el marco del proceso de integración de las políticas, se aborda el tema territorial. A partir de los noventa y, en particular desde la aprobación de la Ley Orgánica de Recursos Naturales (1997), el Perú comenzó un proceso de integración de políticas con objetivos específicos, entre los que se priorizaron: i) el ordenamiento territorial; ii) el manejo de cuencas, las zonas marino-costeras, y iii) la recuperación del ambiente degradado. Todos estos aspectos se integraron en la política de Estado del año 2002. Dentro de este marco, se estableció un enfoque estratégico que integra la evaluación ambiental con un ordenamiento territorial y a su vez se incorporen en los proyectos de inversión. Cabe recordar que la conexión de la evaluación ambiental, aunada al ordenamiento territorial, buscaba reducir los prejuicios de las comunidades hacia el sector extractivo. Además, la Ley Orgánica de 1997 introdujo en el país la zonificación de ecología económica para evitar la superposición de títulos y usos y, al mismo tiempo, conciliar la conservación del territorio y su aprovechamiento sostenible.

Para implementar la Ley de 1997 se creó el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), predecesor del Ministerio del Ambiente. En el 2004, después de algunos años de discusión, el CONAM estableció oficialmente los criterios y procedimientos para la aprobación de la zonificación de ecología económica, regulando sus niveles micro, meso y macro. Posteriormente, se estableció una metodología para establecer los objetivos y las responsabilidades en los distintos niveles de zonificación y se creó una comisión de consulta nacional para alcanzar la zonificación en todo el país. Para lograr este objetivo se implementaron planes bienales que definían responsabilidades específicas para cada caso. En el 2005, con la aprobación de la Ley General del Ambiente, se otorgó a la CONAM el rol de conducir el proceso relativo al ordenamiento territorial. Sin embargo, en el 2008 se estableció el Ministerio del Ambiente (MINAM) y se convirtió en la autoridad ambiental nacional responsable de establecer los criterios y procedimientos en el ámbito territorial, quedando como responsable de la zonificación y del ordenamiento territorial. No obstante, como resultado de la implementación de malas prácticas que generaron bastante desconfianza hacia los sistemas de evaluación ambiental y de zonificación, la Ley 30.230 de 2014 extrajo, del reglamento de organización y funcionamiento del MINAM, la responsabilidad de ordenamiento territorial sin aclarar a quién se transferiría. Sin embargo, es necesario destacar que el problema no era de la herramienta en sí, sino de su mal manejo. Como consecuencia, para enmendar las malas prácticas, se



establecieron criterios y procedimientos técnicos y administrativos para pasar desde la zonificación hacia ordenamiento territorial, a través de un conjunto de estudios especializados y diagnósticos integrados. Más que analizar el mapa final, se considera un modelo de evaluación de análisis del territorio, el cual es un proceso más concertado y más descentralizado. Cabe mencionar finalmente que el actual gobierno ha aprobado un plan de acción hasta el año 2021 y logró, en el mes de abril de 2018, realizar una zonificación ecológica del 53% del territorio.

## C. Impactos del cambio climático en el sector minero

*Angela Oblasser<sup>22</sup>*

Es importante reflexionar sobre algunas de las soluciones que se están planteando en relación a las emisiones del sector minero. Para enfrentar este tema se deben considerar dos exigencias: las relacionadas con el mercado, entre ellas, la exigencia de un cobre verde y las del cambio climático que también generan exigencias operacionales a las compañías mineras.

Con respecto a las exigencias del mercado, cabe destacar que las emisiones de GEI de la minería chilena están asociadas en un tercio a las emisiones directas y en el resto a las indirectas. Si se quisiera reducir la cantidad de emisiones del sector minero se debería apuntar a la reducción de las emisiones indirectas.

De acuerdo con un informe de COCHILCO, publicado en el año 2016 y que utiliza el 2015 como año base, el 89% de las emisiones de la minería del cobre de Chile está asociado a la combustión de diésel. En la cadena de valor de la minería, las mayores emisiones de GEI provienen del proceso de la mina subterránea y a rajo (transporte de mineral y de lastre), el cual utiliza el 79% del consumo de energía con base a combustibles (véase el cuadro 2). Después de la mina, las mayores emisiones provienen del proceso de la fundición y la hidrometalurgia con un 9% y 5%, respectivamente. Entonces, si el 79% de las emisiones de GEI está asociado a la mina: ¿Cuáles son los desafíos? El más evidente apunta a la reducción en el uso de los combustibles fósiles en el proceso de la mina.

**Cuadro 2**  
**Consumo de energía con base a combustibles por proceso**

Proceso	Unidad (Combustibles)	2001	2015	2015 en %
Mina Rajo	TJ	21 664,30	60 202,30	77%
Mina Subterránea	TJ	724,4	1 253,60	2%
<b>Mina</b>	<b>TJ</b>	<b>22 388,70</b>	<b>61 455,90</b>	<b>79%</b>
Concentradora	TJ	660,5	828,4	1%
Fundición	TJ	9 187,40	6 731,30	9%
Refinería	TJ	1 524,70	1 113,10	1%
LX/SX/EW	TJ	3 505,50	4 149,60	5%
Servicios	TJ	1 695,30	3 765,50	5%
<b>TOTAL</b>	<b>TJ</b>	<b>38 962,10</b>	<b>78 043,80</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), "Informe de actualización de emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre al año 2015", recopilados en la presentación "Impactos del cambio climático en el sector minero" de Angela Oblasser, Fundación Chile.

<sup>22</sup> Subgerente, Gerencia de sustentabilidad, Fundación Chile, Chile.

Se puede argumentar que las soluciones giran en torno al reemplazo del combustible diésel por energías limpias. En este contexto, una primera solución, y en la que ha trabajado el gobierno de Chile a través de diversas iniciativas, se basa en utilizar hidrógeno para los camiones en la mina subterránea. Otra solución sería sustituir los camiones tradicionales por una correa transportadora. Sin embargo, esta última opción elimina el problema ligado al uso del combustible, empero aumenta el uso de electricidad y, por consiguiente, no soluciona el problema de las emisiones.

Es necesario entonces discernir cómo reducir las emisiones ligadas al movimiento, a la carga y al transporte de minerales y de lastre. La solución está relacionada con un quiebre tecnológico que, en la actualidad, no se puede implementar a nivel industrial, sobre todo a nivel de la gran minería.

Las emisiones indirectas están asociadas al uso de la energía eléctrica en los procesos mineros que, según el informe de COCHILCO, son: la concentración (chancado, molienda, y flotación) y los procesos hidrometalúrgicos, los cuales representan el 49% y el 22% de consumo de electricidad, respectivamente.

De aquí surgen los siguientes desafíos: i) lograr una reducción en el uso y aumentar la eficiencia de la energía eléctrica y ii) reemplazar las fuentes de energía tradicionales por fuentes limpias. Hay que reconocer que en Chile el carbón contribuye a la matriz energética a nivel nacional con un 40% (en la zona norte alcanza el 74%). Sin embargo, existen varias iniciativas interesantes derivadas de un esfuerzo público-privado para cambiar este patrón; por ejemplo, la Empresa Nacional de Minería de Chile (ENAMI) firmó un convenio con la empresa ACCIONA Energía, la cual busca proveer energía para todas las operaciones mineras a través de fuentes renovables con el objetivo de cubrir el 100% de las operaciones con energía renovable para el 2022. Además, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) está desarrollando programas tecnológicos hacia el uso combinado de hidrógeno y diésel para los camiones mineros.

En términos de eficiencia energética, en Chile existe un convenio entre el Ministerio de Energía y el Consejo Mínero desde el año 2015, el cual pone énfasis en las auditorías energéticas para conocer el mayor potencial de la eficiencia energética en la minería de cobre (un primer resultado arrojó un alcance de ahorro de sólo un 5%). Para concluir el análisis de las exigencias del mercado se sugiere, como otra solución, la integración directa de energías limpias para la generación de calor en los procesos mineros.

Con respecto a las exigencias operacionales del cambio climático para la minería, uno de los mayores desafíos se relaciona con el agua, la escasez y el acceso del recurso hídrico, además de los conflictos sociales y ambientales vinculados a ellos.

Con base al informe de COCHILCO, en el 2015, el 71% del agua empleada en la minería se utilizó en el proceso de concentración, el 14% en el proceso de la hidrometalurgia y el 5% en las fundiciones. Según el mismo informe, las fuentes de agua provienen en un 39% de agua subterránea, 39% de agua de origen superficial, 15% de agua de origen marino -con una tendencia creciente- y 7% de aguas adquiridas de terceros. De acuerdo con estos datos, se evidencia que el sector minero chileno vive una escasez de recurso hídrico. Por consiguiente, uno de los retos para la minería se relaciona también con el abastecimiento del agua en el futuro. Para enfrentarlo, se tienen las siguientes opciones: i) aumentar el aporte de la fuente marítima; ii) reutilizar las aguas usadas; de hecho, el sector minero ya reutiliza el 74% de las aguas usadas en sus actividades, no obstante, se podría también reutilizar el agua proveniente de otras fuentes, y iii) la recarga artificial de acuíferos, considerado el aumento de los eventos climáticos extremos como precipitaciones. Todas estas soluciones deben tener una mirada territorial, ya que, al hablar de agua, se deben considerar no solo a las propias faenas, sino también, a todos los actores que utilizan dicho recurso.

Otro tema importante concierne al uso eficiente del agua cuando está disponible, lo cual incluye evitar pérdidas por evaporación o por infiltraciones. Al mismo tiempo, se debe mejorar el uso a través de tecnologías más eficientes, por ejemplo, los relaves pesados o en pasta que utilizan menos agua para el transporte y la disposición de los residuos.

Cabe destacar el Programa Tranque que consiste en un monitoreo avanzado para una minería responsable. Se trata de una iniciativa público-privada, en donde participan todos los actores públicos -CODELCO, Antofagasta Minerals, BHP y ENAMI, entre otros- relevantes en la gestión de los depósitos de relaves y de la gran minería. En una primera instancia, el objetivo es desarrollar un sistema de monitoreo que permita observar, por un lado, la estabilidad e integridad física del depósito y, por el otro, la estabilidad química,

ligada a la contaminación potencial de estos depósitos. En segunda instancia, el objetivo se enfoca en compartir la información en línea y en tiempo real con todos los actores interesados -comunidades, autoridades, entre otros- para preparar a las comunidades para reaccionar de manera inmediata, en caso de situaciones peligrosas. Al ser esta información objetiva y validada, el Programa Tranque genera confianza en la integridad de las instalaciones. Este último aspecto es primordial, ya que el principal desafío del programa es dar seguridad a la gente que vive cerca de las instalaciones mineras y así evitar cualquier tipo de conflicto socioambiental. Finalmente, la información recaudada se transfiere a una plataforma manejada por el Sistema Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), que es el organismo público a cargo de la gestión de relaves.

Para concluir, es importante enfatizar que la implementación y el desarrollo de las soluciones, especialmente para las emisiones indirectas, debe resultar de un esfuerzo conjunto del sector público y privado. Igualmente, es necesario aumentar los esfuerzos, por parte del Estado, para diversificar e implementar la matriz energética del país. No obstante, el objetivo hoy es reducir las emisiones, existen muchas faenas de Chile que son catalogadas como *brownfields*, es decir que se trata de proyectos ya existentes, por lo que, bajo este contexto, las actividades mineras en operación continuarían generando emisiones en el corto plazo, principalmente por una carencia de leyes para evitarlo. Lo anterior demanda políticas públicas para seguir desarrollando la minería, empero con adecuadas soluciones que mitiguen las emisiones de los GEI.

## D. Ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible

Jonathan Castillo<sup>23</sup>

El primer gran desafío que vemos es: ¿Cómo acercar la ciudadanía al sector minero? La tecnología tiene mucho que decir y es por esta razón que el Programa Nacional de Minería Alta Ley (PNMAL) apunta a acercar la actividad minera a las comunidades a través del desarrollo tecnológico.

En la actualidad existen varias megatendencias a nivel global que están marcando la pauta tecnológica, entre ellas: la conectividad y la digitalización, el aumento de la clase media, la expansión de los procesos de urbanización, el aumento del parque automotriz, la electromovilidad, la energía renovable y la eficiencia energética. La materialización de estas megatendencias requiere de un uso intensivo de cobre y de otros minerales como el cobalto y las tierras raras. Por consiguiente, ¿Cómo puede Chile aprovechar del aumento en la demanda de cobre y otros metales?

En el año 2015 se realizó un *roadmap* de la minería chilena; sin embargo, es importante señalar que, en esa primera versión, se omitió la electromovilidad, debido a que no se había previsto el importante impacto que el sector efectivamente podía tener en el mercado. Frente a una nueva coyuntura, en el 2017 se publicó una nueva versión.

Desde el punto de vista de la innovación, el PNMAL identifica varias oportunidades, entre la que destaca el papel que juega Chile en la minería. La minería chilena se caracteriza por su extracción a mayor escala, de gran profundidad, con una gran longitud de túneles y Chile es el mayor productor de cobre en el mundo. Por lo tanto, la tecnología que existe en el país es de frontera y, por ello, se relaciona en su rol de laboratorio natural para desarrollar tecnologías que posteriormente podrían ser implementadas en los países vecinos.

Sin embargo, la minería en la zona central se enfrenta a un gran desafío, debido a que el 53% de los yacimientos se encuentran entre la Serena y Rancagua, sectores cercanos a la población, a diferencia de las minas del norte del país, que están en zonas desérticas. Por consiguiente, es evidente la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías como la minería *in situ*, sin relaves, sin agua, ejemplos ya mencionados por la Sra. Oblasser en la presentación anterior.

El PNMAL busca que esas oportunidades, o más bien desafíos de productividad minera, incentiven iniciativas de empresas, definidas por el programa como: “proveedores de clase mundial”, con el fin de que éstas puedan posteriormente vender sus tecnologías. La generación de *start-ups* y los emprendedores que

<sup>23</sup> Gerente, Programa Nacional Minería Alta Ley, Chile.

aprovechen dicha oportunidad, generarían un motor de crecimiento para la economía chilena, una vez que se terminen o se dejen de extraer metales. Al respecto, es necesario mencionar la condición solar del país, la cual es extremadamente alta, al punto de que se le ha otorgado a Chile la etiqueta: “Arabia Saudita Solar”. Coincidentemente, en la misma zona, donde se ubica el máximo potencial de energía solar, se encuentran las operaciones mineras. Esta situación ha incentivado el desarrollo de una minería con mayor ingreso de energía renovable o de concentración.

Otra oportunidad está relacionada con el aumento de los autos eléctricos y, en específico, con la posibilidad de que la demanda de cobre aumente por ser uno de los componentes principales de los acumuladores de estos vehículos. El aumento del parque automotriz eléctrico corresponderá a un aumento en paralelo de la producción de cobre, especialmente de cobre verde.

El PNMAL sugiere ciertos ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible. Estos ejes se dividen en: núcleos traccionantes y núcleos habilitadores (véase el diagrama 6).



Fuente: Presentación de Jonathan Castillo, “Ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible”.

En los ejes estratégicos del *roadmap* de 2015, los núcleos traccionantes comprendían: las operaciones y la planificación minera, la concentración de minerales, los relaves, la hidrometalurgia, las fundiciones y la refinación. En la versión del *roadmap* de 2017 se añadieron: exploración minera y nuevos usos del cobre. Por otra parte, dentro de los núcleos habilitadores aparecen: desarrollo de proveedores, capital humano, *smart-mining* y minería verde. En relación al desarrollo de proveedores, que es la columna vertebral del PNMAL, cabe mencionar la Plataforma de Innovación Abierta - Expande que también es coordinada por Fundación Chile. Por otro lado, con respecto al capital humano, cabe citar la colaboración de CORFO con las universidades chilenas a través del programa “Ingeniería 2030”. Adicionalmente, el núcleo *smart-mining* está netamente enfocado en la digitalización a través de un proyecto de interoperatividad. Finalmente, el núcleo minería verde se define como minería baja en emisiones. Como se aprecia en el recuadro 1, el núcleo está compuesto por diferentes elementos: desafíos, soluciones y línea de investigación y desarrollo (I+D). El núcleo de minería tiene 4 desafíos: a) ciclo de vida, huella de carbono y agua; b) reducción y eliminación de emisiones gaseosas, líquidas y sólidas; c) seguridad e higiene ambiental, y d) reciclaje. El núcleo minería verde es un núcleo nuevo y el que ha tenido una mayor participación.

### **Recuadro 1** **Núcleo minería verde**

Desafío 1: Ciclo de vida, huella de carbono y del agua.

- Producción de cobre y subproductos con mínima huella de carbono.
- Sustitución de combustibles fósiles por energías renovables no convencionales (ERNC).

Desafío 2: Reducción y eliminación de emisiones gaseosas, líquidas y sólidas.

- Emisiones gaseosas a la atmósfera, particularmente la disminución o eliminación de azufre, arsénico y CO<sub>2</sub>.
- Tratamiento de residuos líquidos.
- Reducción o eliminación de residuos peligrosos.

Desafío 3: Seguridad e Higiene Ambiental.

- Disminución de silicosis en minería subterránea.
- Reducción de emisión de gases en espacios confinados.
- Mejoramiento de las condiciones para el trabajo en altura.

Desafío 4: Reciclaje.

- Recuperación de cobre de los residuos.

Fuente: Presentación de Jonathan Castillo, "Ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible".

Sumado a los desafíos, en el núcleo se presentan 12 soluciones y 42 líneas de investigación y desarrollo (I+D). Entre ellas cabe señalar el diseño del Instituto Minero Solar que tendrá la tarea de llevar a cabo procesos de investigación aplicada y de transferencia de tecnología de todos los aspectos relacionados con la industria solar en la minería. El programa tiene un portafolio de proyectos que incluye más de 300 iniciativas, con un aporte económico que proviene de 40% del sector privado y 60% del público.

Muy probablemente el núcleo de la minería verde sea dónde se presenten más propuestas en el proceso de conceptualización e implantación de iniciativas. Hasta el momento se ha hablado, entre otros temas, de cobre verde y de cadenas de valor. En conclusión, el PNMAL colabora con representantes de la industria para definir cuáles van a ser los desafíos a futuro y cuáles serían las acciones por implementar para enfrentarlos.

## **E. Ronda de preguntas y comentarios**

Este espacio se centró en tres temas: i) la minería ilegal; ii) la confianza entre los actores involucrados y la actividad minera como medio para evitar conflictos socioambientales, y iii) el futuro cambio en la demanda del cobre.

La minería ilegal es una problemática común en Colombia, el Ecuador y el Perú. Se considera que esta actividad produce contaminación, PAM y no genera rentas para el Estado. De aquí surge la pregunta: ¿Cómo los gobiernos pueden mitigar o evitar la minería ilegal, sobre todo cuando la población necesita alternativas económicas para sobrevivir? En este contexto se afirma que, además de la dimensión ambiental, se requiere de una coordinación multisectorial ya que la transversalidad de los impactos y de las soluciones requeridas conlleva a la necesidad de incluir otros enfoques.

Se introduce el caso del Perú y se menciona que en el ámbito de la minería ilegal se deben considerar dos desafíos: 1) el uso del mercurio en la minería pequeña y artesanal que no cumple con las reglas establecidas por el Convenio de Minamata y 2) las operaciones mineras realizadas en áreas protegidas. Lo anterior, también dificulta el proceso de formalización de la minería informal. Para implementar una estrategia de formalización eficiente, se propone asegurar los requisitos laborales y de seguridad minera básicos, además de amparar el correcto funcionamiento de las concesiones, junto con la introducción de nuevos indicadores ambientales que definan claramente los límites de la actividad minera. En este contexto, se citan los instrumentos de gestión ambiental colectivos que permitan agrupar las problemáticas

ambientales para enfrentarlas y se informa que, para alcanzar la formalización de una mina, es necesario crear un mercado donde ésta pueda operar y asegurar que las nuevas empresas gocen de capacitaciones técnicas y certificaciones para acceder a las tecnologías y a los recursos financieros.

De igual manera en el Perú, la minería informal, en general, tiene licencia social, es decir, goza del apoyo de la población. Para ejemplificar este punto, se citan los casos de Oroya y Piura, los cuales, a pesar de que el Ministerio de Energías y Minas ha intentado implementar una reglamentación, la población ha rechazado los proyectos formales, privilegiando el mantenimiento de la minería informal. Esto demanda considerar el contexto en el momento de generar e implementar nuevas políticas. En muchos casos, las personas apoyan la minería informal, a través de licencias sociales, por una falta de información clara y objetiva sobre sus implicaciones para la salud.

Con respecto al tema de la zonificación se evidencia la existencia de zonas mineras fronterizas que posiblemente afectan los cuerpos de agua transfronterizos y, por consiguiente, tienen efectos negativos sobre algunas poblaciones indígenas. Dicho esto, es necesario definir criterios y procesos técnicos uniformes para garantizar la cooperación y la transferencia de tecnología entre países y evitar las malas prácticas. Un ejemplo de zonificación ecológica que tomó en cuenta la experiencia internacional es el caso de Madre de Dios en el Perú. En dicha zona se estableció un corredor minero que consideraba tanto las evaluaciones de los expertos locales como las expectativas de los mineros artesanales y con ello, se fijaron condiciones coherentes para la formalización de la minería. En este caso, la zonificación impuso áreas protegidas en donde se prohíbe la actividad minera y adicionalmente, se implementaron procesos de reforestación y reparación. Finalmente, para asegurar la efectividad de estas medidas la marina controla las zonas protegidas.

Además, surgieron los siguientes temas: 1) se cuestionó si en las proyecciones de aumento de la demanda de cobre se había considerado la posibilidad de sustitución por fibras de vidrio o con aluminio y cómo esta sustitución impactaría al mercado y 2) ¿existen opciones de reciclaje del cobre y cifras relacionados con ello? Para abarcar el primer tema, se puso el ejemplo de las estimaciones de la demanda del cobre del Programa Nacional de Minería Alta Ley, en donde se intentó encontrar nuevas aplicaciones del material, entre ellas, con sustitutos como el aluminio, el cobalto, el diamante y el grafeno. Este programa también investiga el uso del cobre en baterías de almacenamiento y en paneles solares fotovoltaicos. Con respecto al tema del reciclaje, se indica que existen aproximadamente 8 millones de toneladas de cobre reciclado en circulación, cifra que representa el 33% del cobre disponible. El cobre reciclado proviene en su mayoría de Asia (62%), de Europa (22%) y en menor proporción de Chile (con una cifra menor al 1%). La cifra chilena se explica recordando que en el país es todavía más rentable extraerlo que reciclarlo.

Sobre cómo evitar los conflictos socioambientales, ligados a la actividad minera, se enfatizó la importancia de implementar esquemas de prevención y, al mismo tiempo, fomentar percepciones positivas de la minería. La prevención y la generación de confianza entre los actores interesados deberían ser precondiciones para el desarrollo de la minería verde. Es más, las empresas deberían interiorizar e implementar los principios de derechos humanos, por el hecho de que es evidente que, sin confianza, los proyectos mineros difícilmente tendrán la licencia social para operar. Se citó el caso de México, país donde la minería se percibe cada vez más como tóxica y, por consiguiente, existe una fuerte oposición a los proyectos mineros por parte de las comunidades, de los ecologistas e, incluso, de la prensa. Por consiguiente, muchos proyectos se están posponiendo o cancelando.

Finalmente, se menciona el Programa Tranque y la intención de que se desarrolle y se diseñe de manera participativa, por medio de la colaboración de todos los actores: compañías mineras, autoridades, comunidades y academia. Este proceso participativo apunta a evitar el *greenwashing* y que la información sea accesible para todos, transparente, trazable y objetiva. Todo lo anterior, además del ecodiseño, contribuye a generar confianza entre las partes y de la información proporcionada. Igualmente, la gestión operativa preventiva, otro objetivo de este programa, se basa en una contribución para que las operaciones mineras tengan alertas tempranas, identifiquen situaciones de riesgo potencial y las manejen de manera preventiva.

## **VIII. Nuevas tecnologías e innovaciones: elementos de una minería inteligente con respecto al clima II**

---

*Moderación: Mauricio Pereira<sup>24</sup>*

El día de ayer se discutieron los riesgos y los desafíos de las nuevas tecnologías e innovaciones. Hoy, nuestro objetivo es analizar las oportunidades dirigidas al alcance de un desarrollo minero que incluya y se vincule con un desarrollo sostenible a través de la innovación y de la tecnología.

Tomando en cuenta lo anterior, la primera panelista, Marcela Angulo González se enfoca en la minería y en la transición energética desde la perspectiva de CORFO; el segundo conferencista, Patricio Chávez, profundiza el concepto del cobre verde y, finalmente, Rodrigo Vásquez ilustra el tema de la sustitución de los combustibles tradicionales por el hidrógeno, lo que resulta en un gran aporte, considerando que aproximadamente cerca del 80% de las emisiones directas vinculadas con la minería proceden del transporte.

### **A. Minería y transición energética: el rol de CORFO en desarrollo tecnológico e innovación**

*Marcela Angulo González<sup>25</sup>*

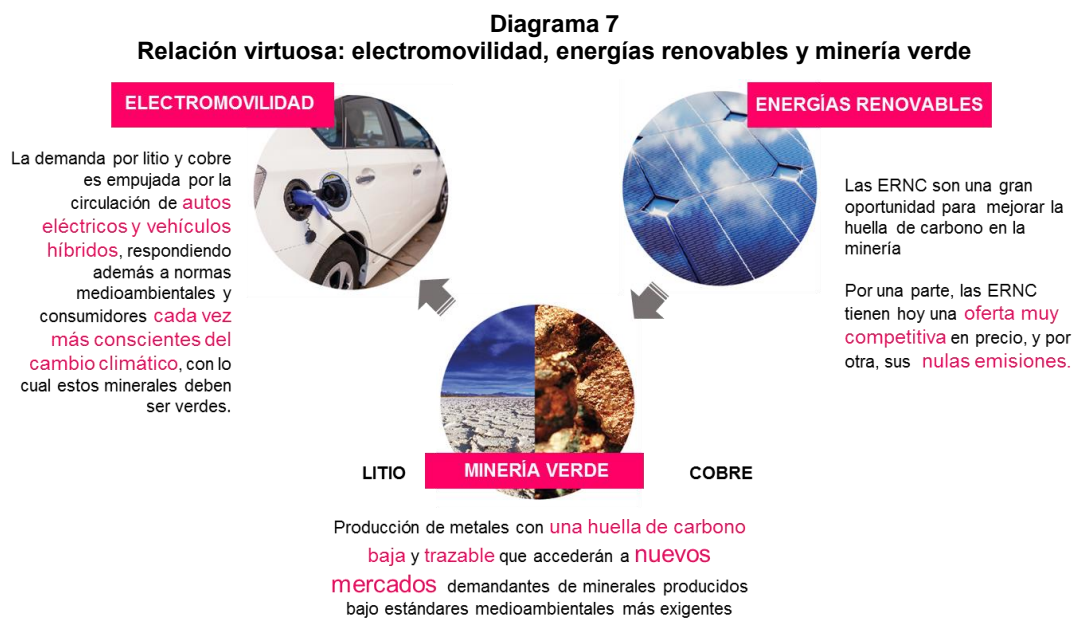
Los proyectos de CORFO que se presentan son el resultado de varios años de diálogo entre el sector público, el privado y la academia. Este diálogo busca impulsar una estrategia de innovación común frente a las oportunidades que la transición energética puede brindar a Chile.

---

<sup>24</sup> Investigador, DDSAH, CEPAL.

<sup>25</sup> Gerente de Capacidades Tecnológicas, CORFO, Chile.

En primer lugar, se destaca la relación virtuosa que se produce entre la transición energética y la electromovilidad y, al mismo tiempo, entre las energías renovables y la minería verde (véase el diagrama 7). La electromovilidad se inserta en este contexto por el hecho de que los motores de los autos eléctricos pueden elaborarse a través de baterías ion-litio o mediante *fuel cells* de hidrógeno. Es importante añadir minerales como cobalto, que resultan también necesarios para la electromovilidad. De hecho, los cátodos de las baterías se producen con combinaciones de litio y otros minerales. El papel que juega el cobre en esta transición es vital, debido a que los motores eléctricos consumen 4-5 veces más cobre en relación a los autos de combustión interna. Bajo este esquema, los países ricos en metales y minerales pueden convertirse en actores importantes en la transición hacia la electromovilidad.



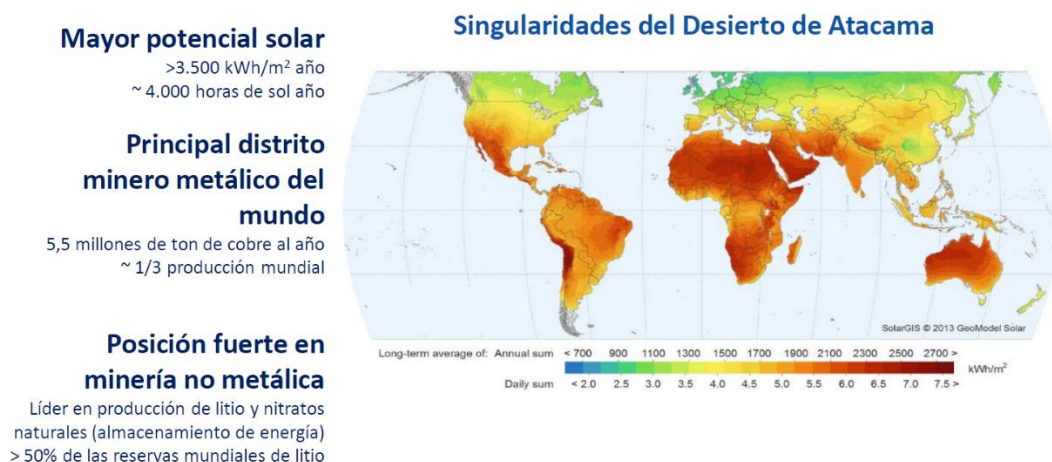
Fuente: Presentación de Marcela Angulo, "La acción de CORFO en la transición energética: oportunidades en la economía del hidrógeno".

Chile, por ejemplo, tiene una singularidad única: un distrito minero-metálico muy importante en cobre y, al mismo tiempo, es uno de los líderes mundiales en producción de carbonato de litio. El país posee el 52% de las reservas conocidas de litio a nivel mundial, las cuales están concentradas principalmente en el salar de Atacama. Dicha condición ha puesto al país en una posición favorable para la industria de la electromovilidad. A esto se suma otro factor natural que beneficia a Chile por ser un país que goza con el mayor potencial de radiación solar en el mundo (véase el mapa 3).

Esta situación permitiría a Chile basar su economía en ventajas competitivas dinámicas, sobre las comparativas, generando innovación y tecnología que permitan captar con creces estas nuevas oportunidades. De esta forma, se ha elaborado, con los sectores minero y de energía y junto con la academia, una estrategia de innovación en términos de posicionar al país como principal proveedor de litio y de cobre de baja emisión para la industria de autos eléctricos en el mundo. Dicha estrategia tiene dos componentes: el primero vinculado con el litio y el segundo con el cobre.



### Mapa 3 Oportunidad para Chile: principal productor de minería verde basada en energía solar



Fuente: Presentación de Marcela Angulo, “La acción de CORFO en la transición energética: oportunidades en la economía del hidrógeno”.

Por un lado, los esfuerzos que se están haciendo para reforzar la posición de Chile en el mercado global del litio no sólo buscan asegurar su abastecimiento en el largo plazo, sino que también tienen el objetivo de atraer inversión para avanzar en la cadena de valor de las baterías de litio. De acuerdo con lo anterior, CORFO realizó una licitación internacional y, como consecuencia, tres grupos económicos internacionales -chino, coreano y chileno- decidieron invertir en el país para producir materiales de cátodos de litio para baterías.

Por el otro lado, en relación al cobre de baja emisión, la estrategia de innovación se vincula con la efectiva posibilidad de avanzar y capturar las oportunidades en el desarrollo de la energía solar, como resultado de los menores costos de esta fuente, tanto fotovoltaica como de concentración solar. La estrategia apunta a abastecer la minería con energía limpia con un costo del orden de USD 50/MWh para el 2025.

Cabe aclarar que la minería consume un 60% de energía de origen eléctrico y un 40% de energía que proviene de combustibles, en particular, de diésel, el cual resulta ser el más complicado para ser sustituido. Bajo este escenario, CORFO junto con el apoyo de la GIZ está implementando una estrategia para utilizar el hidrógeno como fuente energética en el sector minero y con ello, reemplazar los combustibles fósiles tradicionales.

El uso del hidrógeno representa una oportunidad interesante como fuente de energía en las categorías de transporte que requieren combustible con alto contenido energético, como, por ejemplo: la flota minera, los trenes y la flota naviera. Esto demanda investigar los modos de producción del hidrógeno. En la actualidad, el 50% del hidrógeno procede de procesos de reformado de gas natural, un 45% deriva del petróleo y el restante 5% se produce a partir de la electrólisis del agua. Sin embargo, la tendencia tecnológica global se está direccionando hacia el uso de la electrólisis, con base a energías renovables. De hecho, de acuerdo con datos del Departamento de Energía de los Estados Unidos, mientras que, en la actualidad, los electrolizadores tienen un costo de aproximadamente USD 800 kWh, se estima que para el año 2020 su valor disminuya a USD 300 kWh y, de cumplirse, permitiría que el hidrógeno se convierta en una fuente competitiva con respecto al diésel en un futuro cercano.

En definitiva, Chile tiene la oportunidad de transformarse en un polo global de producción de hidrógeno de baja emisión basado en energía solar. El país podría utilizar el hidrógeno para consumo local, por ejemplo, en la flota minera y naviera y, además, podría convertirse en un proveedor mundial y exportar a países como Japón y Alemania, entre otros.

CORFO ha promovido los consorcios tecnológicos empresariales, y dentro de sus labores, lanzó dos convocatorias para que los actores de la industria, tanto nacional como internacional, así como la academia aborden los desafíos tecnológicos hacia la transición de fuentes de energía renovables. La primera convocatoria tuvo como objetivo explorar las posibilidades de sustituir el diésel por el hidrógeno en la minería. De aquí se seleccionaron dos consorcios. El primer consorcio se espera trabaje en el prototipado y pilotaje de un sistema de combustión dual hidrogeno-diésel en camiones de extracción minera de alto tonelaje, es decir, camiones sobre 350 toneladas que operan en minería a rajo abierto mientras que el segundo consorcio, orientará sus objetivos a la adopción de *fuel cells* para flotas mineras, especialmente, en la minería subterránea.

Finalmente, CORFO tiene una cláusula a través de un *royalty* para la investigación y desarrollo en la renovación de los contratos con SQM y Albemarle, las dos empresas que operan la explotación del litio en el salar de Atacama. En efecto, dicho *royalty* será invertido en instituciones tecnológicas que aborden los actuales desafíos para el país.

## B. Cobre verde

Patricio Chávez<sup>26</sup>

La Corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO) es una empresa estatal chilena que produce 1.700.000 toneladas de cobre, cuenta con aproximadamente 70.000 colaboradores y tiene más de 3.000 proveedores. Más allá de las demandas productivas, CODELCO procura las demandas sociales a través de la integración en sus procesos productivos de aspectos como: transparencia, huella hídrica, huella de carbón, equidad de género, inclusión, derechos humanos y pueblos originarios.

De acuerdo con lo anterior, las demandas de la sociedad respecto a la trazabilidad de la cadena de valor y el origen sostenible de los productos exigen nuevas responsabilidades a los productores de materias primas. La sociedad demanda, cada vez más, productos responsables con el medio ambiente. El diagrama 8 muestra las tendencias del mercado que se reflejan en la cadena de valor:



Fuente: Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), “Estrategia de Codelco para implementar una iniciativa responsable de minerales”, 2018.

Se puede decir que tanto el mercado como los productores han respondido a las exigencias de la sociedad, introduciendo etiquetas en los productos para certificar que, tanto el origen del cobre que utilizan como el completo proceso de transformación de materia prima hacia el producto final, cumplen con indicadores de sustentabilidad y además son trazables. De hecho, los consumidores han solicitado a CODELCO información sobre el origen del cobre, el respeto de los derechos humanos, los conflictos sociales y sindicales, entre otros temas. Como resultado de todos los cuestionamientos y para promover una mayor confianza en la industria del cobre, en el 2017, el Sr. Oscar Landerretche (ex presidente del Directorio de CODELCO) lanzó en Shangai al mercado el término “cobre verde”, es decir, un cobre

<sup>26</sup> Vicepresidencia de Asuntos Corporativos y Sustentabilidad, CODELCO, Chile.

sostenible. Asimismo, otras empresas mineras como BHP y Anglo American se han unido al compromiso para ser responsables con el medio ambiente. Por un lado, BHP se comprometió a reducir el 100% de uso de agua continental de sus operaciones en el norte de Chile, gracias a la construcción y puesta en marcha de una desaladora que abastecerá el total de sus operaciones mineras en Antofagasta. Por otro lado, Anglo American se ha fijado como meta reducir en un 30% los GEI para 2030.

CODELCO estima contar con reservas de minerales durante los próximos 80-90 años y con base a lo anterior, su objetivo es asegurar que la producción futura siga siendo de calidad en el marco de un mercado cada vez más regulado. Esto demanda que la empresa implemente regulaciones más estrictas en relación al cambio climático y frente a una sociedad progresivamente más consciente de sus derechos.

Por consiguiente, en el 2016 CODELCO reformuló su estrategia y diseñó un Plan Maestro de Sustentabilidad (PMS) para el 2040, con metas intermedias en los años 2020 y 2030 (véase el diagrama 9).

**Diagrama 9**  
**Plan Maestro de Sustentabilidad**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de CODELCO. Presentación de Patricio Chávez.

Dentro de las metas del PMS se enfatiza la reducción del 10% del consumo de agua fresca en los procesos de concentración por tonelada tratada y la captura, para el 2030, del 99% de las emisiones de dióxido de azufre y arsénico derivadas de las fundiciones. Además, se evidencia: i) la reducción de un 40% del uso de agua fresca antes del 2030, reemplazándola por recirculación o por agua marina; ii) la reducción de los GEI de un 30% respecto a 2015, y iii) un cambio de la matriz energética, en donde se señala que para el año 2021, la matriz energética de CODELCO estaría compuesta por un 22% de energías renovables y se espera que para el año 2030, dicho porcentaje aumente aproximadamente a un 30%.

El PMS se desagrega en 25 indicadores y seis ejes. De los 25 indicadores se seleccionaron los siguientes ocho: 1) huella de emisiones; 2) huella hídrica; 3) huella de carbono; 4) respeto de los derechos humanos; 5) seguridad sanitaria y laboral; 6) impactos sobre comunidades y territorios; 7) transparencia, ética y respeto, e 8) inclusión e igualdad de género. Esta selección se ha convertido en la iniciativa “cobre responsable” (o cobre verde) que tiene como objetivo alinear todos los proveedores, trabajadores, contratistas y procesos productivos de la industria hacia una lógica de producción responsable.

La pregunta que surge entonces: ¿Cómo se está implementando esta iniciativa? Para responderla es necesario primero aclarar que todos los procesos productivos de la empresa están incorporados a una

plataforma informática, denominada SAP (*Systems, Applications, Products in Data Processing*), en dónde se encuentran registrados todos los insumos necesarios para los procesos productivos, como, por ejemplo: energía, agua y/o combustible. De esta manera, para implementar la iniciativa de cobre responsable se desarrolló un software para transformar estos insumos en información sobre la carga ambiental de los procesos productivos.

El reto actual para CODELCO es cómo homologar sus indicadores con los internacionales, para evitar superposiciones. Es importante destacar que, dentro de esta iniciativa, CODELCO está colaborando con BMW, empresa que brinda un gran apoyo a la chilena en los procesos de homologación y certificación de los ocho indicadores. En conclusión, se señala la colaboración entre CODELCO con distintas agencias y los actores involucrados en el proceso productivo, para visibilizar el PMS en la cadena de valor, desde la materia prima hasta llegar al usuario final y con ello generar un sello que lo distinga en el mercado.

## C. Hidrógeno en la minería

Rodrigo Vásquez<sup>27</sup>

¿Cómo se puede innovar en la minería? El hidrógeno puede ser la respuesta sustentable para dicho sector. Se debe considerar que la innovación en minería es un proceso complejo debido al hecho de que la cadena de producción minera no puede ser intervenida en cualquier momento. Los altos costos de falla implícitos en la gran minería hacen que los tiempos involucrados en el proceso de innovación y en su implementación, sean de gran relevancia. La respuesta para revertir esta situación puede estar fuera del ámbito de la gran minería, es decir considerar a la mediana y pequeña minería como ejemplo, dada su relevante participación en la producción de minerales como el cobre, el hierro, el oro y la plata. Este sector debido a su escala de producción, tanto la pequeña como la mediana minería son más flexibles y potencialmente más rápidas en las decisiones respecto a la gran minería. Por consiguiente, lograr procesos de innovación en la mediana y pequeña minería podrían servir como evidencia empírica para la gran minería que, por sus grandes costos, precisa ser más cautelosos ante cualquier cambio.

El objetivo principal de introducir nuevas tecnologías es desarrollar una minería energéticamente sustentable y para alcanzarlo, se sugieren dos opciones para convertir la energía de la minería en energía sustentable o verde: la electromovilidad (electrificación de la minería) y el hidrógeno. En relación a la electromovilidad, se debe considerar que actualmente en Chile el 78,7% de la capacidad instalada de generación eléctrica no es verde y, por el contrario, proviene de combustibles fósiles, lo que implica que la transición hacia la electromovilidad no significa necesariamente una mejora de la huella de carbono de la minería. Además, se debe considerar que no todo se puede electrificar, como es el caso del transporte de mineral de alto tonelaje, es decir circulan en Chile más de 1.600 camiones mineros grandes con una larga vida útil por delante, que deben ser adaptados para ser más sostenibles.

Con base a lo anterior, se propone la alternativa del hidrógeno. Como se mencionaba en las presentaciones anteriores, Chile tiene un gran potencial en términos de energía renovable, y el hidrógeno se puede producir a partir de la electricidad por medio de la electrólisis. La energía utilizada en este proceso puede ser verde, dado el alto potencial de energía solar en el norte del país y con ello, el hidrógeno podría ser competitivo con respecto a otros tipos de combustible. La GIZ está apostando justamente en la introducción del hidrógeno en la minería y que éste sea verde.

Cabe destacar que el hidrógeno es un elemento muy versátil; de hecho, se podría utilizar por ejemplo en cogeneración para provisión de calor y electricidad en campamentos mineros o en sistemas de *off-grids*, en sistemas de respaldo para pozos lejanos o antenas de comunicación, es decir, en todos los servicios que no necesariamente pertenecen a la línea principal del proceso minero. También, el hidrógeno podría emplearse en sistemas de almacenamiento energético, de energía *in situ*, y contribuir a mejorar la calidad de la red eléctrica interna. De acuerdo con lo anterior, el hidrógeno, al poder producirse en la misma faena minera, reduciría drásticamente el costo de transporte de este energético. Respecto al desempeño de las

<sup>27</sup> Asesor, Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética GIZ, Chile.

tecnologías de almacenamiento en hidrógeno, a diferencia de las baterías, el hidrógeno almacenado en tanques no sufrirá degradación o auto descarga. Sin embargo, se debe considerar que la minería en Chile se encuentra en altura y esto podría tener algunos efectos sobre el rendimiento del hidrógeno.

Se pueden mencionar otros usos del hidrógeno en la minería, como el abatimiento del humo negro en la refinación o en el transporte y en el equipamiento de minería subterránea. Finalmente, a través del hidrógeno se podrían generar otros productos verdes como: amoníaco, etanol, metanol y también se podría hacer metanización, es decir, convertir el hidrógeno (en base a energías renovables) en gas metano capturando CO<sub>2</sub> y utilizarlo como sustitutos de los combustibles tradicionales.

Por otro lado, es importante mencionar el empleo del hidrógeno en motores diésel. En el mundo se ha desarrollado este tipo de motores, pero también se deben tener en cuenta los límites técnicos como, por ejemplo, al quemarse a altas temperaturas, podría producir defectos en un motor convencional o aumentar los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx). Por lo anterior, es necesario realizar adaptaciones para alcanzar dos objetivos: 1) reducir el uso de diésel en la minería y 2) disminuir las emisiones del sector, gracias a la mezcla del diésel con el hidrógeno.

A medida que el hidrógeno se perciba como una alternativa segura se irán ampliando las inversiones en innovación y en nuevas tecnologías, reduciendo así sus costos y de esta forma, podría ser utilizarlo en forma segura dentro de las operaciones mineras, convirtiéndolo en una verdadera alternativa verde y, por ende, en una minería más sustentable. Finalmente, la generación de hidrógeno podría traer aparejado la desalinización de agua que sería beneficioso no solo para la electrólisis si no también para ser utilizada en las ciudades, en la agricultura y también en la misma minería.

## D. Ronda de preguntas y comentarios

En esta ronda se debate con interés la homologación y certificación de los ocho indicadores de la iniciativa “cobre responsable” de CODELCO. Con respecto a los indicadores relacionados con la salud de las personas, se cuestionaron si se cumplen o no los estándares de calidad primarios. En dicha ronda se hicieron las siguientes preguntas: ¿Cuál sería la brecha para asegurar que el cobre verde cumpla con los indicadores de la salud y del medio ambiente, cada vez más relacionados?; ¿Quiénes serán los responsables de revisar dichos indicadores?; La información respecto a los datos sobre las faenas ¿Es pública y transparente?; ¿Los indicadores se segmentarían dado que existen diferencias entre las operaciones mineras a nivel ambiental, hídrico, energético y de ubicación geográfica? Asimismo, se debatió sobre la reducción de emisiones del 30% de GEI, a la que apunta CODELCO, y se cuestionó: ¿Cuál sería el año objetivo para verificar el cumplimiento de la reducción?; ¿Cuál es la estrategia de CODELCO para reducir sus emisiones y disminuir el uso del agua y sus relaves si se prevé un importante aumento de la demanda de cobre?

Se retoma el tema del litio y en particular, se cuestiona si existen proyecciones de la capacidad de abastecimiento del mineral y cómo la CORFO podría lograr que la expansión de la explotación del mineral no afecte la estabilidad socioambiental en los salares, considerando que el litio está concentrado en zonas específicas y que su explotación ya es una fuente de conflictos socioambientales.

En relación a las empresas que desean producir baterías en Chile, se pidió aclarar si se estaba considerando toda la cadena productiva y qué significaría a nivel internacional esta inserción en el mercado. La última pregunta se basó en conocer la diferencia económica que se espera obtener del hidrógeno o de la reducción de la huella de carbono y si existen personas con un compromiso de compra, como por ejemplo del cobre verde, en lugar del cobre tradicional.

La ronda de respuestas se abrió con una explicación detallada del proceso de transición al cobre verde. Se mencionó que CODELCO ha realizado una línea base de su desempeño considerando los ámbitos del Plan Maestro de Sustentabilidad para 2016. Sobre dicha base, la empresa se comprometió a cumplir 200 metas antes de 2040. En particular, 100 de estas metas deberían cumplirse para el 2020. Se trata de metas dirigidas a la reducción de los impactos en los distintos componentes ambientales, sociales, comunitarios y económicos y serán comparadas justamente con la línea base de 2016. CODELCO sometió a revisión 250 proyectos de inversión, los cuales fueron posteriormente aprobados y se convirtieron en

aproximadamente 30.000 compromisos que incluyen, informes de desempeño de las actividades de la empresa conforme a la regulación nacional, a las normas primarias y secundarias de salud, de manera de verificar cómo sus actividades podrían afectar a las personas o al ambiente. Frente a una eventual carencia de normas nacionales, CODELCO, considerando las prácticas internacionales, desarrolló sus normas propias, denominadas “normas corporativas”, las cuales deben respetarse en todos los procesos productivos. Cabe destacar que CODELCO es periódicamente auditada y, entre sus principales auditores, se destaca el Consejo Internacional de Minería y Metales, instancia superior de la industria minera global.

Por medio de la iniciativa “cobre responsable”, CODELCO busca obtener un desempeño ambiental incuestionable, tanto por los mercados como por la sociedad. Algunos de los lugares dónde se está implementando la iniciativa del cobre responsable y se están incorporando innovaciones son: i) la División Ministro Hales; ii) la mina subterránea de Chuquicamata, y iii) la operación Gabriela Mistral. En la División Ministro Hales, por medio de un proyecto que partió de cero, se introdujo un horno tostador que permite abatir el arsénico e iniciar operaciones remotas desde Santiago. El caso de Chuquicamata representa la transición de una mina a rajo abierto hacia una subterránea, mientras que en la operación Gabriela Mistral se comprometieron las primeras 5.000 toneladas de cátodos verdes para el procesamiento de material oxidado. El esfuerzo que está haciendo CODELCO a través de la iniciativa “cobre responsable” es de traducir la información a un lenguaje ambiental. En efecto, una vez traducida la información, la empresa debe buscar cuál sería el lenguaje internacional que permita verificar sus impactos. De acuerdo con lo anterior, CODELCO cuenta con doce indicadores de gestión comunitaria e impacto territorial que son validados por la comunidad internacional junto con las comunidades indígenas.

La iniciativa del “cobre responsable” es una apuesta de la empresa y está desvinculada de la existencia o no de un mercado para este producto. De todas formas, la industria extractiva se está sumando cada vez más a las prácticas sustentables y al parecer, la demanda de minerales y procesos productivos verdes resulta ser la nueva tendencia del mercado. La iniciativa del “cobre responsable” de CODELCO está pasando por un proceso que utilizará los estándares internacionales para transformarlos y apropiarlos como estándares y marcos de certificación de la industria extractiva nacional, algo similar a lo ocurrido con la industria forestal.

Con respecto a las preguntas sobre el litio, de acuerdo con la prensa, las estimaciones de este mineral para el año 2025, alcanzaría entre 500-600 mil toneladas (equivalente de carbonato de litio). En el caso específico de Chile, a través de las renovaciones de los contratos en el salar de Atacama se espera una producción de aproximadamente 300 mil toneladas para el 2025, lo que equivale al 50% del mercado mundial. Asimismo, saber si habrá un déficit o un superávit de litio en el futuro todavía es algo difícil de predecir.

En el ámbito de producción de baterías se afirmó que Chile no cuenta con una ventaja competitiva para producir autos eléctricos ni baterías. Sin embargo, el estudio de CORFO evidencia que Chile tiene oportunidades para agregar valor a la cadena. De acuerdo con lo anterior, se destacan tres elementos: el material base (carbonato e hidróxido de litio), los materiales activos (por ejemplo, cátodos o ánodos) y las celdas de baterías. Todas estas industrias tienen un gran valor estimado en millones de dólares, en particular, la del material base, el cual equivale a un billón de dólares; la industria de los materiales activos tiene un valor entre 4 y 5 millones de dólares y las celdas de batería tienen un valor aproximado de 10 millones de dólares. Como resultado, CORFO invitó a algunos grupos internacionales para aportar en la cadena de valor del litio, produciendo cátodos de baterías, en particular, cátodos de litio-cobalto y de litio-hierro-fosfato. Estos grupos son: Molymet de Chile, Fulin de China y una alianza entre Posco y Samsung de Corea del Sur.

En relación al hidrógeno, se afirmó que su capacidad de influir en la minería está vinculado estrechamente al desarrollo tecnológico. El consorcio de combustión dual apuesta a que el hidrógeno pueda llegar a sustituir hasta un 70% del consumo de diésel; esta oportunidad contribuiría de manera importante a la reducción de las emisiones de combustible de la minería.

Para finalizar, la gran apuesta de Chile es alcanzar un uso de la energía solar 24/7 para que las empresas mineras logren transformar su matriz energética, a medida que vaya aumentando su Paridad de Poder de Compra. Cabe resaltar la ventaja comparativa de Chile, en el ámbito de energía solar, especialmente en el norte del país, sobre todo porque las actividades mineras se encuentran ubicadas justamente desde la zona central hacia el norte del país, y, por ende, se podría aprovechar la energía limpia e integrarla en todas sus actividades.

## **IX. Grupos de trabajo: elementos de una minería inteligente con respecto al clima**

---

*Coordinador: Michael Rösch*

Esta sesión fue dividida en cuatro grupos de trabajo, cada uno tuvo un representante a cargo. El objetivo de la sesión fue profundizar los temas presentados y discutidos por la mañana, para cerrar el evento con la presentación de los insumos que surgieron en el trabajo de grupo.

### **Grupo: innovación y nuevas tecnologías.**

El primer grupo abordó los temas de innovación y de nuevas tecnologías y su anfitriona fue la Sra. Daniele La Porta. Este grupo se enfocó en temáticas sobre las innovaciones ligadas a la minería inteligente respecto al clima, junto con las iniciativas mencionadas en las sesiones de la mañana. En efecto, el grupo de trabajo se centró en los procesos y en el uso del agua, entre otros aspectos.

### **Grupo: energías renovables.**

Nicolás Maennling estuvo a cargo del grupo de trabajo sobre energías renovables. La discusión se basó en la integración de la energía renovable en la minería, con un enfoque especial en las fuentes solares y eólicas. El anfitrión comentó que la GIZ está investigando sobre casos de estudio relacionados a esta temática y, por consiguiente, a través de los proyectos existentes, incentivó una discusión sobre los desafíos en este ámbito.

### **Grupo: cambio climático y adaptación de la minería.**

José Javier Gómez organizó el grupo de cambio climático y adaptación en la minería; el objetivo de este grupo fue discutir sobre los impactos del cambio climático en la minería, profundizando especialmente el tema del agua como conductor del tema de adaptación. El objetivo fue identificar los impactos en la minería, introducir una propuesta para mitigarlos y discutir sinergias con la adaptación al cambio climático y proponer recomendaciones para el sector.

**Grupo: ordenamiento territorial.**

Tabaré Currás fue el anfitrión del grupo de trabajo sobre ordenamiento territorial. Esta discusión se centró en la transición energética y en la necesidad que en este proceso se garanticen la seguridad y el bienestar de los ecosistemas y de las sociedades como mecanismo principal para el desarrollo.

**A. ¿Cómo fortalecer una minería inteligente con el clima?  
Presentaciones grupos de trabajo**

*Moderador: Michael Rösch*

El Sr. Rösch invitó a los anfitriones o voceros de los grupos de trabajo a presentar los resultados de sus discusiones. Cabe mencionar que los grupos “energías renovables” e “innovación y nuevas tecnologías” se fusionaron, así como, los grupos de “ordenamiento territorial” y el de “cambio climático y adaptación de la minería”.

El Sr. Maennling abrió la discusión presentando los principales resultados sobre el tema de energías renovables. En la discusión participaron representantes de Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, el Ecuador y el Perú y se destacó el hecho que los desafíos de las energías renovables dependen en gran parte de la situación (actual) de cada país. Chile, por ejemplo, ha jugado un rol clave en el uso de las renovables como fuentes de energía en la minería y ha hecho importantes inversiones en fuentes de energía limpia para la sustitución de la importación de gas argentino que representaba un costo elevado para la industria. Además, Chile resalta por su inversión en los renovables no sólo en la gran minería, sino que también en la pequeña y mediana.

Uno de los obstáculos a los cuales se enfrenta la minería son: el costo de capital, las problemáticas financieras y que en muchas ocasiones demora la implementación de los proyectos mineros. Por otra parte, en tema de oportunidades, se mencionó el almacenamiento de bombeo, sobre todo en los proyectos que desarrolla BHP Billiton, la energía geotérmica en el Perú, las opciones de electrificación de las comunidades adyacentes en casos de energía *off-grid* y, finalmente, el biocombustible. Para finalizar, el Sr. Maennling afirmó cómo la reducción de los costos de almacenamiento podría influenciar de manera importante en el uso de fuentes renovables en la minería.

La Sra. La Porta presentó los resultados de la discusión relacionada con la innovación y las nuevas tecnologías. El principal comentario que se destacó fue la importancia en los avances, empero, la innovación en el sector minero es realmente un proceso lento. Teniendo esta premisa en mente, uno de los temas que surgió en el ámbito de innovación es el relacionado con la cooperación entre empresas mineras. En este contexto, en el Ecuador existe un laboratorio de innovación en donde colaboran empresas y gobiernos para promover la innovación. Igualmente, se mencionó que en el caso de COCHILCO existe la disposición de utilizar las regalías del litio para la inversión en innovación. Es necesaria una mayor cooperación para innovar de una manera mejor y más efectiva. Además, la innovación podría convertirse en un factor de cambio de mentalidad que contribuya a una mejor percepción del sector minero en la sociedad. En este sentido, es muy importante facilitar la distribución de datos e información y hacerlo de manera oportuna. De hecho, la innovación del sector minero no debería excluir a las comunidades, por el contrario, debería incluirlas y ayudarlas.

El Sr. Drexhage agregó que la innovación debe convertirse en una prioridad debido a que los modos tradicionales de extracción no podrán ser mantenidos por mucho tiempo más, lo que precisa una mayor cooperación entre las empresas mineras. Estamos frente a importantes impactos ambientales relacionados con el agua, los relaves, las emisiones de GEI y con la calidad del aire que finalmente resultan en una problemática común. Por lo tanto, es necesario que se formen estas alianzas para hacer frente a las amenazas comunes, aumentando la eficiencia y modificando las técnicas actuales de extracción.

El Sr. Rösch destacó la importancia de generar cooperaciones entre las empresas mineras e invitó a los participantes a reflexionar y a opinar sobre cómo se podrían fortalecer las asociaciones y la comunicación entre ellas, en tema de innovación y, a su vez, evaluar los posibles obstáculos para acelerar las



innovaciones. Se citó el caso del Perú, en donde las empresas presentes en el país tienen capital extranjero y, por consiguiente, las políticas de innovación y de desarrollo de tecnología están orientadas a sus necesidades operacionales y están coordinadas con la casa matriz. Además, se debe considerar que las empresas podrían procesar los temas de innovación de manera diferente; sin embargo, afirmó que estos puntos no excluyen la posibilidad de colaboración.

Los representantes de la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) de Chile mencionaron la iniciativa del *roadmap* de la minería, en la cual se informa que una parte importante de la innovación proviene de los proveedores del sector y, por consiguiente, se está haciendo un esfuerzo para que los proveedores chilenos desarrollen nuevas tecnologías en el país.

Además de CODELCO, en Chile operan otras empresas de gran minería como TAMS y BHP. Cabe destacar además que históricamente la tecnología la ha incorporado la mediana minería. Por ejemplo, la tecnología que se requiere para llevar a cabo la lixiviación en pilas -el espesamiento o en el uso de agua de mar- se ha implementado a nivel de la mediana minería. En efecto, según los representantes de la SONAMI, la mediana minería goza de la justa escala para hacer pruebas de innovación, ya que el costo de falla en la gran minería es demasiado alto. El Sr. Rösch comentó que la mediana minería se podría concebir como un laboratorio de innovación que permita, tal vez, implementarla en otras empresas dentro de la mediana, pero también dentro de la gran minería.

De igual manera, otro concepto fundamental es el rol determinante que puede jugar el Estado en las políticas de innovación. En el caso de Chile, por ejemplo, la agenda del Estado se enfocó en la promoción de la energía renovable y con ello, logró no sólo revertir una inminente crisis energética, con una necesaria política de importación de energía del extranjero, sino que convirtió a esta nación en un posible exportador de energía a futuro a través de una revolución energética ya presente. Estos tipos de apuestas e inversión por parte del Estado se necesitan para innovar también en la minería.

El Sr. Currás informó que la discusión entre los grupos de “ordenamiento territorial” y el de “cambio climático y adaptación de la minería” se gatilló tras la pregunta: ¿Cómo coordinar, de manera articulada y eficiente, la zonificación y el ordenamiento territorial entre el sector minero y el ambiental? Igualmente, los grupos se cuestionaron: ¿Cómo gestionar una visión a largo plazo dentro del ordenamiento territorial, considerando que el cambio climático no tiene solamente implicaciones inmediatas, sino que también implicaciones incrementales en relación con el paso del tiempo? Otra pregunta que surgió está relacionada al tema de las inversiones a largo plazo y a cómo la inversión puede tener un impacto sobre el ordenamiento territorial y sobre la gestión ante el cambio climático. Ante a estas preguntas, las recomendaciones propuestas en la discusión resultaron, en el ámbito de coordinación entre zonificación y ordenamiento territorial, que se fortalezcan las capacidades institucionales para crear vínculos específicos en un trabajo vertical y horizontal. Es decir, por un lado, se requiere una resolución efectiva de toma de decisiones y, por el otro, un intercambio entre los diferentes actores que trabajan en el Gobierno y una necesaria comunicación interministerial e intercambio temático.

También se recomendó evitar las planificaciones unidireccionadas y preferir las de tipo multisectoriales bajo diversos escenarios y según la variabilidad de los recursos. Otra recomendación fue advertir que el cambio climático modificará el entorno natural de manera constante y, por lo tanto, la planeación territorial debería prever y tomar en cuenta estos cambios al realizar nuevos planeamientos.

El Sr. Gómez agregó que, para evaluar los impactos del cambio climático en la minería, es necesario enfocarse principalmente en el tema de escasez o exceso de agua, que podría generar riesgos en las explotaciones mineras, tanto de carácter económico como de contaminación, aguas abajo, de la zona minera. Por lo anterior, las inversiones mineras deberían reservar algunos recursos para enfrentar posibles escenarios climáticos adversos como por ejemplo que la cantidad de agua estimada durante el diseño del proyecto no corresponda con la realmente disponible, y así, estar preparados para futuros problemas relacionados con la variación de los costos y de la disminución de la renta del proyecto.

Con respecto a los riesgos, se requiere también considerar distintos escenarios climáticos para mitigar los impactos de eventos extremos en la infraestructura, especialmente, en los depósitos de relave. Con respecto al cambio climático se evidenciaron sinergias entre mitigación y adaptación, y se hizo

mención a cómo la huella de carbono puede disminuir gracias a la inversión en energías renovables no convencionales. Además, surgió la necesidad de fortalecer la gobernanza del recurso hídrico que incorpore la problemática del cambio climático y con ello se evite o se mitigue el número de conflictos. Finalmente, se discutió la necesidad de contar con más minerales para equilibrar el aumento de la demanda con el bienestar, la salud y los ecosistemas. Es crucial tener acceso a una adecuada y completa información en la toma de decisiones y utilizar el ordenamiento territorial, como un instrumento de política, no obstante, presente algunas limitaciones ya que requeriría actualizarse constantemente en un entorno cambiante.

## X. Conclusiones

---

El taller sobre “Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades para el desarrollo sostenible” ha entregado múltiples enfoques sobre la importancia de la minería a nivel internacional, las nuevas tendencias en demanda internacional por minerales y cómo este sector se puede adaptar e impulsar nuevas dinámicas gatilladas por el cambio climático.

La expectativa de una creciente demanda de minerales como el litio, el cobalto, el cobre, entre otros, formarían parte de la transición hacia las energías renovables. Las nuevas exigencias de reducción de emisiones de carbono del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (APCC) abren hoy una nueva oportunidad para los países ricos en recursos minerales de aprovechar, gestionar e invertir los ingresos provenientes de la minería de manera sostenible social, ambiental y económicamente.

A nivel global, la mitigación del cambio climático nos dirige por una transición hacia un mayor uso de energías renovables, lo que junto al fomento de la electromovilidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero harán necesario mayores insumos y materias primas provenientes de la minería. El uso del precio del carbono también se ha reiterado como un elemento importante al momento de exigir disminuciones de emisiones sobre todo porque los precios de exportación de los productos básicos no han incorporado en su totalidad las externalidades negativas que provocan.

Para aprovechar este nuevo impulso a la extracción minera es necesario profundizar en la gobernanza de los recursos naturales y en los procesos de innovación, desarrollo tecnológico y elaboración de nuevos productos para ampliar las cadenas productivas nacionales, entregando un mayor valor agregado. Junto con lo anterior, una adecuada gobernanza debe ir de la mano con el ordenamiento territorial, el manejo de cuencas y la recuperación del ambiente degradado. A su vez, los beneficios de esta actividad tienen que distribuirse de forma justa, al considerar las presiones socioambientales en el territorio, y las inversiones deben contar con estudios de impacto ambiental que incluyan una participación amplia de la sociedad para prevenir cualquier daño ambiental, hacer mejor uso de los procesos de acceso a la información y participación y formar alianzas público-privadas.

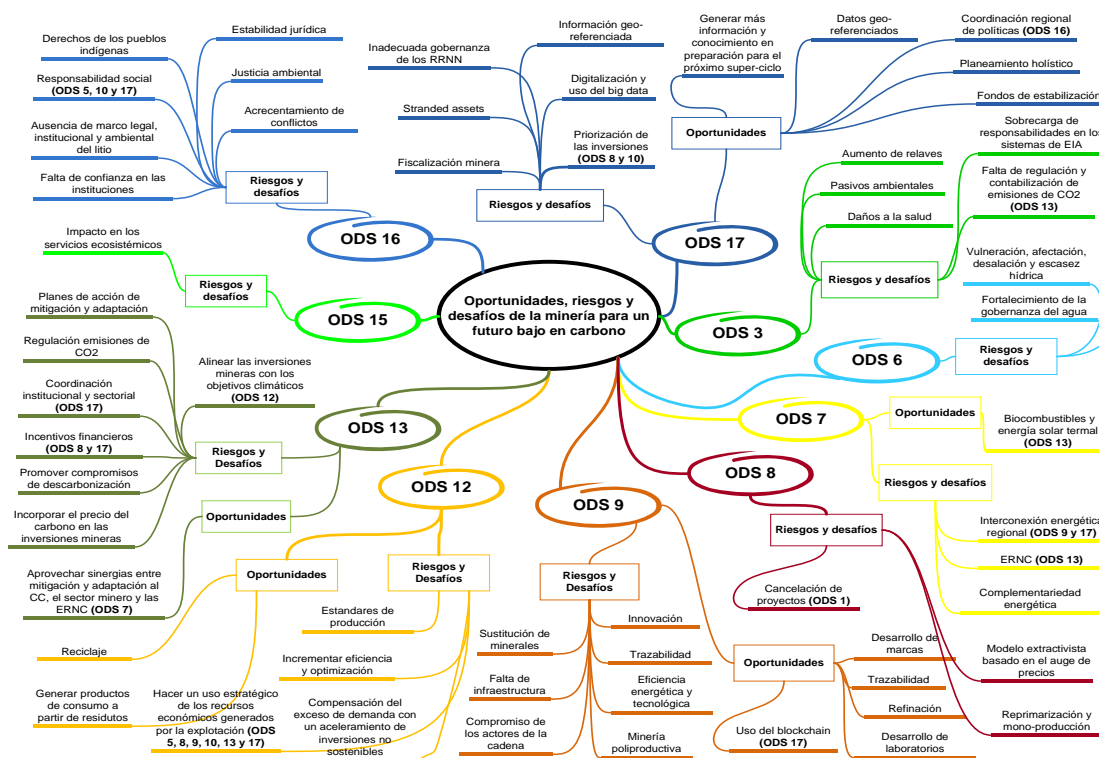
La aplicación de una mirada estratégica de largo plazo para la minería debe incluir el aumento de la eficiencia del uso del agua, profundizar el reciclaje, fomentar el uso de energías renovables, disminuir su huella de carbono y otros cambios técnicos y tecnológicos para alcanzar una minería más verde, trazable

y sostenible. En suma, además de la dimensión ambiental, la minería debería incluir enfoques de eficiencia, de ciclo de vida, de relacionamiento comunitario y de generación de rentas y su distribución.

En particular, una minería más sostenible y baja en carbono debe estar enmarcada en el cumplimiento de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en sintonía con el APCC. Lo anterior se relaciona con un cambio en el estilo de desarrollo donde la minería también permita entregar un gran impulso ambiental a la sostenibilidad de la región y cambiar los patrones de producción y consumo ya existentes. Un aspecto reiterado en muchos países es mejorar la coordinación entre las instituciones, adecuar los marcos legales y regulatorios que rigen para la minería de modo de hacerla más coherente con la Agenda 2030.

Los aspectos anteriores hacen necesario replantear la actividad minera de cara al futuro, por lo que se han identificados oportunidades, riesgos y desafíos de la minería para el nuevo siglo y se han sistematizado las relaciones existentes entre los ODS (véase el diagrama 10). Si bien pareciera que la actividad minera está orientada solo a ciertos Objetivos de Desarrollo Sostenible, la cadena de interconexión que se va creando alcanza a impactar finalmente a los 17 ODS.

**Diagrama 10**  
**Relación entre ODS y oportunidades, riesgos y desafíos de la minería**



Fuente: Elaboración de Cristina Muñoz (GIZ) sobre la base de los insumos de los participantes en las discusiones del taller, 2018.

Uno de los temas más discutidos durante el taller se asocia con el alto potencial del litio como un insumo relevante para el almacenamiento de energías más limpias, utilizadas principalmente en la electromovilidad y que permiten la transición energética de los combustibles fósiles hacia un futuro bajo en carbono. A su vez, hay que considerar que su extracción debe evitar la afectación de salares y ecosistemas, por lo que debe revisarse y adecuarse su regulación y control. Para continuar el proceso de descarbonización también se ha destacado el empleo de otras fuentes de energía como el hidrógeno que en el mediano plazo podría ser una alternativa rentable para alcanzar una minería energéticamente

sustentable y con potenciales usos para la provisión de electricidad, calor y sistemas de almacenamiento. Hasta el momento el hidrógeno se ha utilizado preliminarmente para reducir el consumo de diésel en los motores empleados en la minería.

Se puede concluir que para alcanzar el desarrollo sostenible se requiere implementar una adecuada gobernanza de los recursos naturales que articule los esfuerzos y necesidades de todos los actores involucrados en las actividades mineras para cumplir con la Agenda 2030 y los ODS. Una gobernanza que ayude a los países a salir de esquemas dependientes de uno o pocos recursos y que le de voz a sectores más amplios de nuestras sociedades, a todas las partes involucradas, para lograr una mejor redistribución de las riquezas, que prevenga e internalice los impactos negativos sobre el medio ambiente y donde se establezcan mejores bases para su bienestar hacia el futuro.



## Bibliografía

---

- Agencia Internacional de Energía (IEA) (2016), “Energy Technology Perspectives – Towards Sustainable Urban Energy Systems”, International Energy Agency, junio.
- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (2018), “Global Energy Transformation: A roadmap to 2050”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponible en: <https://www.irena.org/publications>.
- Aramendis, R. H., Rodríguez, A. G. y Krieger, L. F. (2018), “Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: Bioeconomía”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/TS.2018/51, Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43825>.
- Banco Mundial (2017), “The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future”, International Bank for Reconstruction and Development, World Bank. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf>.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) (2016), “Informe de actualización de emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre chileno al 2015”, Comisión Chilena del Cobre, Ministerio de Minería, Gobierno de Chile. Disponible en: <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20GEI%202015%20Versi%C3%B3n%20Final%20con%20RPI.pdf>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018), *La ineficiencia de la desigualdad*, 2018, (LC/SES.37/3-P), Santiago, 2018. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43442>.
- \_\_\_\_ (2015), “Efectos del Cambio Climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámicas, tendencias y variabilidad climática”, LC/W.447, Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3955>.
- \_\_\_\_ (2012), “La economía del cambio climático en Chile”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Documento de Proyecto, LC/W.472, Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/35372>.
- \_\_\_\_ (2009), “La economía del cambio climático en Chile. Síntesis”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/W.288, Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/32827>.
- Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) (2018), “Estrategia de Codelco para implementar una iniciativa responsable de minerales”, 2do Seminario Internacional de Minería y Sustentabilidad, “Agregar valor, el desafío de Chile para su minería”, abril de 2018. Disponible en: [https://www.ecometales.cl/wp-content/uploads/2018/04/2.Codelco\\_Oscar\\_Landerretche.pdf](https://www.ecometales.cl/wp-content/uploads/2018/04/2.Codelco_Oscar_Landerretche.pdf).
- Le Quéré, C., et al. (2016), “Global Carbon Budget 2016”, *Earth System Science Data*, 8, 605-649, <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>, 2016.

- \_\_\_\_\_(2015), “Global Carbon Budget 2015”, *Earth System Science Data*, 7, 349-396, <https://doi.org/10.5194/essd-7-349-2015>, 2015.
- Peters, G., et al. (2015), “Measuring a fair and ambitious climate agreement using cumulative emissions”, *Environmental Research Letters*, Vol. 10, No. 10, octubre de 2015. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/105004>
- Weston, D. (2015), “State of the planet, Kyoto and technical fixes”, *The Political Economy of Global Warming: The Terminal Crisis*, London: Routledge.



## **Anexos**

---

## Anexo 1

### Agenda del evento



### Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible

*Sala Celso Furtado*

*Av. Dag Hammarskjöld 3477, Vitacura, Santiago de Chile*

*Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL*

**Día 1: 04.06.2018**

09:00-09:30 **Inauguración:**

Joseluis Samaniego, Director, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL

Daniele La Porta, Especialista Senior en Minería, Energía y Actividades Extractivas, Banco Mundial

Inga Heuser: Consejera de Asuntos Económicos, Científico-Tecnológicos y de Cooperación, Embajada de Alemania

Presentación de los participantes

09:30-11:00 **La minería como actor en la agenda mundial para el desarrollo sostenible y de cambio climático: gobernanza y sostenibilidad**

Moderación: Carlos de Miguel, Jefe, Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible, CEPAL

**El gran impulso ambiental para cumplir con la agenda global: implicaciones para la minería**  
Joseluis Samaniego, Director, DDSAH, CEPAL

**Panorama del Acuerdo de París y su relación con el sector minero**

John Drexhage, Consultor de Cambio Climático y Desarrollo de Recursos Sostenibles, Banco Mundial

**La gobernanza de los recursos naturales**

Jeannette Sanchez, Directora, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL

**Minería y Desarrollo Sostenible**

Michael Rösch, Asesor Principal Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros, GIZ, Chile

Ronda de preguntas y comentarios

11:00-11:30 Café



11:30-13:00 **Análisis de la creciente demanda global y sus impactos para América Latina: oportunidades para la innovación y nuevos productos:**

Moderación: Tim Schlösser, Asesor, Sectoral Programme Extractives for Development, GIZ, Alemania

**Proyección de la demanda de minerales relacionado con el cambio climático**

Daniele La Porta, Especialista Senior en Minería, Energía y Actividades Extractivas, Banco Mundial

**La transformación global de la energía**

Nicholas Wagner, International Renewable Energy Agency, Associate Programme Officer – Renewable Energy Roadmaps, REmap (vía videoconferencia)

**The Global Battery Alliance – Towards sustainable, inclusive battery value chains**

Jonathan Eckart, Project Specialist, World Economic Forum (vía videoconferencia)

Comentarios:

Tabaré A. Currás, Regional Director Sustainable Energy Policy, WWF Latin America and the Caribbean

Víctor Pérez, Vicepresidente Ejecutivo de Planificación Comercial y Desarrollo de Mercados, Codelco, Chile

Mesa redonda: Experiencias de los países participantes

13:00-14:00 Almuerzo

14:00-15:00 **¿Desafíos para la minería del siglo XXI?: viejos y nuevos riesgos:**

Moderación: Michael Rösch, Asesor Principal Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros, GIZ, Alemania

**Retos desde la perspectiva del sector privado**

Ana María Zamora, Vicepresidente, Asociación Colombiana de Minería, Colombia

**Retos de la minería chilena y el papel de COCHILCO**

Sergio Hernández, Vicepresidente Ejecutivo, Comisión Chilena del Cobre, Chile

**Cambios institucionales y regulatorios**

Carlos Monge, Director América Latina, Natural Resource Governance Institute, Perú

Ronda de preguntas y comentarios

15:00-15:30 Café

15:30-17:30 **Grupos de trabajo: Desafío, oportunidades y Riesgos**

**Presentaciones grupos de trabajo**

18:30 Cóctel



## Día 2: 05.06.2018

09:00-09:30 **Presentación: Minería inteligente con respecto al clima**

Daniele La Porta, Especialista Senior en Minería, Banco Mundial

09:30-10:45 **Clima, medio ambiente y territorio: Elementos de una minería inteligente con respecto al clima I**

Moderación: Carlos de Miguel, Jefe, Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible, CEPAL

**Sostenibilidad ambiental del sector minero: evaluaciones y recomendaciones**

Carlos de Miguel, Jefe, Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible, CEPAL

**Territorio, medio ambiente y minería**

Mariano Castro, Académico, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

**Impactos del cambio climático en el sector minero**

Angela Oblasser, Subgerente, Gerencia de sustentabilidad, Fundación Chile, Chile

**Ejes estratégicos para una minería inteligente y sostenible:**

Jonathan Castillo, Gerente, Programa Nacional Minería Alta Ley, Chile

Ronda de preguntas y comentarios

10:45-11:15 Café

11:15-12:45 **Nuevas tecnologías e innovaciones: Elementos de una minería inteligente con respecto al clima II**

Moderación: Mauricio Pereira, Investigador, DDSAH, CEPAL

**Minería y transición energética: el rol de Corfo en desarrollo tecnológico e innovación:**

Marcela Angulo González, Gerente de Capacidades Tecnológicas, CORFO, Chile

**Cobre verde:** Patricio Chávez I., Vicepresidencia de Asuntos Corporativos y Sustentabilidad, Codelco, Chile

**Hidrógeno en la minería:** Rodrigo Vasquez, Asesor, Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética GIZ, Chile

Ronda de preguntas y comentarios

12:45-13:45 Almuerzo

13:45-15:15 **Grupos de trabajo: Elementos de una minería inteligente con respecto al clima:**

**Energías Renovables:** Nicolás Maennling, Columbia Center on Sustainable Investment

**Cambio Climático y adaptación en la Minería:** José Javier Gomez, CEPAL

**Ordenamiento territorial:** Tabaré A. Currás, WWF Latin America & the Caribbean

**Innovación y nuevas tecnologías:** Daniele La Porta, Banco Mundial

15:15-15:45 Café



15:45-17:00 **¿Cómo fortalecer una minería inteligente con el clima?: Presentaciones grupos de trabajo**

Moderación: Michael Rösch

Presentan: anfitriones de las mesas

Discusión abierta

17:00-17:30 **Cierre y próximos pasos:** CEPAL, Banco Mundial, Cooperación Alemana

## Anexo 2

### Participantes

Apellido(s)	Nombre(s)	Institución/País
Moya	Rodrigo	Antofagasta Minerals, Chile
Zamora	Ana María	Asociación Colombiana de Minería
Beltrán	Magaly	Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, Estado Plurinacional de Bolivia
Drexhage	John	Banco Mundial
La Porta	Danielle	Banco Mundial
Nguyen	Thao	Banco Mundial
Camacho	Rodolfo	BHP Billiton, Chile
Falla	Jorge	Buenaventura, Perú
Glatz	Annika	Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, Chile
Alanis	Gustavo	Centro Mexicano de Derecho Ambiental
De Miguel	Carlos	CEPAL
Gómez	José Javier	CEPAL
Herreros	Sebastián	CEPAL
León	Mauricio	CEPAL
Lewinsohn	José Luis	CEPAL
Pereira	Mauricio	CEPAL
Saade	Miryam	CEPAL
Salgado	René	CEPAL
Samaniego	Joseluis	CEPAL
Sánchez	Jeannette	CEPAL
Hernández	Sergio	Cochilco, Chile
Chávez	Rubén Patricio	Codelco, Chile
Pérez	Víctor	Codelco, Chile
Torres	Juan Carlos	Codelco, Chile
Valdés	Milton	Codelco, Chile
Maennling	Nicolas	Columbia Center on Sustainable Investment, EE.UU.
Lindhorst Flores	Christel Alexandra	Consejo Minero, Chile
Aguirre Marchant	Alejandra	CORFO, Chile
Angulo	Marcela	CORFO, Chile
Heuser	Inga	Embajada de la República Federal de Alemania
Gordon	Bárbara	Embajada de la República Federal de Alemania en Chile
Belloli	Flavio	Fugro, Chile
Oblasser	Angela	Fundación Chile
Egetemeier	Verena	GIZ
Garzón	Victor Andrés	GIZ
Martínez	Pamela	GIZ

<b>Apellido(s)</b>	<b>Nombre(s)</b>	<b>Institución/País</b>
Rösch	Michael	GIZ
Schlösser	Tim	GIZ
Schroer	Rainer	GIZ
Vásquez	Rodrigo	GIZ
Wagner	Nicholas	IRENA, Alemania
Araujo da Matta	Juliana	Kinross, Chile
Morales Mella	Ana Luisa	Kinross, Chile
Chappuis	María	Ministerio de Energía y Minas del Perú
Lichtschein	Cecilia	Ministerio de Energía y Minería de Argentina
Gómez Gómez	María Paulina	Ministerio de Minas y Energía de Colombia
Pérez de Arce	Grecia	Ministerio de Minería de Chile
Vásquez Martínez	María de la Luz	Ministerio de Minería de Chile
Avila Gutierrez	Carol	Ministerio de Minería y Metalurgia del Estado Plurinacional de Bolivia
Monge	Carlos	NRGI, Perú
Petralli	Mariano	Pan American Silver, Argentina
Castro	Mariano	Pontificia Universidad Católica del Perú
Labo	Ricardo	Pontificia Universidad Católica del Perú
Castillo	Jonathan	Programa Nacional Minería Alta Ley, Chile
Lloret	Patricio	SENPLADES, Ecuador
Flores Maureira	Fernando	SONAMI, Chile
Gajardo Roberts	Carlos	SONAMI, Chile
Ortiz Seguel	Antonio	Valor Minero, Chile
Eckart	Jonathan	World Economic Forum, Suiza
Arroyo Currás	Tabaré	WWF, México



NACIONES UNIDAS

**Serie****CEPAL****Seminarios y Conferencias****Números publicados****Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en****[www.cepal.org/publicaciones](http://www.cepal.org/publicaciones)**

90. Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible. (LC/TS.2019/19), 2019.
89. Bioeconomía en América Latina y el Caribe, 2018: memoria del seminario regional realizado en Santiago, los días 24 y 25 de enero de 2018. Adrián G. Rodríguez (editor) (LC/TS.2018/87), 2018.
88. Prospectiva en América Latina y el Caribe: aprendizajes a partir de la práctica. Luis Mauricio Cuervo y Francisca Guerrero (editores) (LC/TS.2018/38), 2018.
87. Indicadores no monetarios de pobreza: avances y desafíos para su medición. Memoria del seminario regional realizado en Santiago, los días 15 y 16 de mayo de 2017. Pablo Villatoro (compilador) (LC/TS.2017/149), 2017.
86. Prospectiva en América Latina y el Caribe. Instituciones, enfoques y ejercicios. Luis Mauricio Cuervo (editor) (LC/L.4194; LC/IP/L.344), 2016.
85. Agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático. Adrián G. Rodríguez y Laura E. Meza (editores), (LC/L.4193), 2016.
84. Workshop on public participation in international negotiations on environmental matters. Panel on environmental justice and access rights for sustainable development in Latin America and the Caribbean (LC/L.4158), 2016.
83. Regional implementation meeting on access rights and sustainable development in the Caribbean. Workshop on enhancing access to information on climate change, natural disasters and coastal vulnerability: leaving no one behind. Summary of presentations and discussions (LC/L.4079), 2015.
82. La incertidumbre de los recursos hídricos y sus riesgos frente al cambio climático. Herramientas para los tomadores de decisiones de los sectores público y privado (LC/L.4030), 2015.
81. Agricultura y cambio climático: economía y modelación. Memoria del cuarto seminario regional de agricultura y cambio climático, realizado en Santiago, los días 13 y 14 de noviembre de 2013 (LC/L.3996), 2015.
80. Memoria del primer Encuentro de Expertos Gubernamentales en Políticas de Desarrollo Territorial en América Latina y el Caribe (LC/L.3950), 2015.
79. Roundtable discussion on the nature of the regional instrument: summary of the answers and the comments from experts in public environmental international law. Sixth meeting of the working group on access rights and the regional instrument of the Declaration on the application of Principle 10 of the Rio Declaration on Environment and Development in Latin America and the Caribbean. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (LC/L.3938) diciembre 2014. Email: carlos.demiguel@cepal.org. Email: principio10.lac@cepal.org.
78. Políticas públicas para la igualdad: hacia sistemas de protección social universal, Simone Cecchini, Milena Lavigne (LC/L.3855), 2014.
77. Agricultura familiar y circuitos cortos: nuevos esquemas de producción, comercialización y nutrición. Memoria del cuarto seminario sobre circuitos cortos. 2-3 de septiembre 2013, Adrián Rodríguez (LC/L.3824), 2014.
76. Pactos sociales para una protección social más inclusiva: experiencias, obstáculos y posibilidades en América Latina y Europa, Martín Hopenhayn, Carlos Maldonado Valera, Rodrigo Martínez, María Nieves Rico, Ana Sojo (LC/L.3820), 2014.



## SEMINARIOS Y CONFERENCIAS

Series

C E P A L

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE  
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN  
[www.cepal.org](http://www.cepal.org)