

América Latina y el Caribe 2050

Convirtiéndose en un centro global de
soluciones y metales bajos en carbono

Christian Spano
Paolo Natali
Charles Cannon
Suzanne Greene
Osvaldo Urzúa
Carlos G. Sucre
Adriana Unzueta

Infraestructura y Energía (INE)
Minería, Energía Geotérmica, e
Hidrocarburos (MGH)

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02172

América Latina y el Caribe 2050

Convirtiéndose en un centro global de soluciones y metales
bajos en carbono

Christian Spano
Paolo Natali
Charles Cannon
Suzanne Greene
Osvaldo Urzúa
Carlos G. Sucre
Adriana Unzueta

Julio 2021

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

América Latina y el Caribe 2050: Convirtiéndose en un centro global de soluciones y metales bajos en carbono / Christian Spano, Paolo Natali, Charles Cannon, Suzanne Greene, Osvaldo Urzúa, Carlos Sucre, Adriana Unzueta.

p. cm. — (Nota técnica del BID; 2172)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Carbon dioxide mitigation-Latin America. 2. Iron industry and trade-Environmental aspects-Latin America. 3. Steel industry and trade-Environmental aspects-Latin America. 4. Copper industry and trade-Environmental aspects-Latin America. 5. Recycling (Waste, etc.)-Latin America. I. Spano, Christian. II. Natali, Paolo. III. Cannon, Charles. IV. Greene, Suzanne. V. Urzúa, Osvaldo. VI. Sucre, Carlos. VII. Unzueta, Adriana. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Infraestructura y Energía. IX. Serie.

IDB-TN-2172

Códigos JEL: Q01, Q30, Q38, Q55

Palabras Clave: Emisiones de alcance 3, cobre, mineral de hierro, minería sustentable, cambio climático, transición energética, economía circular, reciclaje.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

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

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

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





América Latina y el Caribe 2050: Convirtiéndose en un centro global de soluciones y metales bajos en carbono

Christian Spano, Paolo Natali, Charles Cannon, Suzanne Greene, Osvaldo Urzúa,
Carlos Sucre, Adriana Unzueta

Índice

Acerca de este informe	3
Red de expertos	4
Resumen ejecutivo	6
Introducción	8
Capítulo 1 – Cambio climático, economía circular, COVID-19 y el sector minero de América Latina y el Caribe	9
Capítulo 2 – Propiciar la transición a una economía baja en carbono	22
Capítulo 3 – La oportunidad de un escenario global desacoplado para las cadenas de valor mineras de América Latina y el Caribe	37
Capítulo 4 – ¿Puede América Latina y el Caribe convertirse en un centro global de soluciones y metales bajos en carbono?	50
Capítulo 5 – Conclusiones y próximos pasos recomendados	65
Glosario	68
Bibliografía seleccionada	69
Referencias	75
Anexo	80

Acerca de este informe

Este informe fue escrito por Christian Spano – SYSTEMIQ; Paolo Natali y Charles Cannon – Rocky Mountain Institute; Suzanne Greene – Massachusetts Institute of Technology y Osvaldo Urzúa – asesor sénior independiente. Fue escrito y editado por Adriana Unzueta y Carlos Sucre del Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo, que auspició esta investigación.

Red de expertos

Agradecemos la orientación y los aportes de la red de expertos que apoyan este proyecto. A lo largo de varias entrevistas, revisiones de contenido y debate colectivo, han sido fundamentales para generar este informe.

Minería y metales

- **Anglo-American:** Jonathan Dune, jefe de Relaciones Gubernamentales – Cambio Climático y América Latina; Jan Klawitter, director de Política Internacional
- **BHP:** Fiona Morris, jefa de Desarrollo Sostenible y Clima; Graham Winkelman, jefe de Prácticas de Cambio Climático
- **Teck Resources:** Scott Maloney, vicepresidente de Medioambiente; Chris Adachi, jefe de Cambio Climático
- **Vale:** Stephen Potter, director global de Estrategia; Luis Eduardo Osorio, director ejecutivo de Sostenibilidad, Comunicación y Relaciones Institucionales; Marcio Senne, director de Relaciones Exteriores; Vivian MacKnight, jefa de Cambio Climático
- **Rio Tinto:** Alexandra Guaqueta, líder global, Participación Externa y Comunidades; Jonathan Grant, asesor principal, Cambio Climático
- **CODELCO:** Sebastián Carmona, director de Innovación
- **Arcelor Mittal:** Bruno Pelli, director global de Recursos Minerales, Planificación Estratégica de Minas y Asignación de Capital; Alan Knight, director general de RSC

Gobierno, la comunidad académica y otros sectores estratégicos en la cadena de valor:

- **Izabella Teixeira:** exministra de Medioambiente de Brasil; codirectora del Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas
- **Álvaro García Hurtado:** exministro de Estado de Chile
- **Rocky Mountain Institute:** Paolo Natali, director del Programa de Industria; Charles Cannon, asociado principal

- **Pontificia Universidad Católica de Chile:** Marcos Lima, profesor del Departamento de Ingeniería de Minas; Gustavo Lagos, profesor del Departamento de Ingeniería de Minas
- **Fundación Getulio Vargas y Universidad de Oxford:** Paulo N. Figueiredo, profesor de la Escuela Brasileña de Administración Pública y Empresarial (FGV/EBAPE); investigador asociado sénior de la Universidad de Oxford
- **CAF – Banco de Desarrollo de América Latina:** Benjamín Quijandría, asesor sénior
- **Gobierno del Perú:** Miguel Inchaustegui, ministro de Energía y Minas
- **SONAMI – Sociedad Nacional de Minería de Chile:** Diego Hernández, presidente
- **COCHILCO:** Jorge Cantallopts, director de Estudios y Políticas Públicas
- **Centro de Innovación y Economía Circular – CIEC:** Petar Ostojic, director ejecutivo
- **Consejo Minero de Chile:** Joaquín Villarino, director ejecutivo
- **Centro de Estudios del Cobre y la Minería de Chile – CESCO:** Alejandra Wood, directora ejecutiva
- **Circular - Traceability:** Douglas Johnson-Poensgen, director ejecutivo
- **Standard Chartered Bank:** Deniz Harut, directora ejecutiva de Finanzas Sostenibles
- **BlackRock:** Axel Christensen, director de Estrategia de Inversiones para América Latina

Resumen ejecutivo

La minería representa el 4 % de las emisiones globales, pero las emisiones de las cadenas de suministro de minería pueden ser más de 20 veces mayores. Por ejemplo, las emisiones de la cadena de suministro representaron el 96 % y el 97 % de la huella de carbono de Vale y BHP en 2019, respectivamente.^{1,2} Centrarse en las operaciones mineras bajas en carbono es un primer paso obligatorio para reducir el impacto ambiental del sector, pero no es suficiente desde la perspectiva del ciclo de vida completo. Como mostrará este informe, la solución para la descarbonización está en la cadena de valor.

Este informe proporciona un amplio conjunto de estrategias para los líderes de América y el Caribe (ALC). Analiza diversos escenarios para posicionar a la región como un centro de soluciones y metales bajos en carbono. Esta visión se cimienta en el potencial de reducción de emisiones relacionadas con las industrias del hierro, el acero y el cobre de la región. Usando como guía la intensidad y la reducción de volumen a lo largo del ciclo de vida del cobre y del hierro/acero, proponemos que una cadena de valor de minerales alineada con el Acuerdo de París podría posicionar a ALC para desempeñar un papel fundamental en la economía mundial baja en carbono.

En este informe, presentamos cuatro escenarios de emisiones de carbono que representan cuatro conjuntos de decisiones diferentes para los diversos actores en las cadenas de valor globales del cobre y el mineral de hierro.

Dos escenarios no se ajustan a los objetivos de París: el escenario “business as usual” (BaU) en el que se mantiene la situación actual, sin más acciones de reducción; y un escenario BaU con el nivel actual de potencial de reducción de emisiones de los actores en la cadena de valor (BaU posible).

Los otros dos escenarios ofrecen las reducciones de carbono requeridas para cumplir con el Acuerdo de París para 2060, pero a través de diferentes estrategias: en el tercer escenario (BaU París), la alineación con los objetivos del Acuerdo de París se logra manteniendo los volúmenes BaU y reduciendo la intensidad de carbono por tonelada de metal. En el cuarto escenario (Desacoplado), las reducciones de la intensidad del carbono se relajan y se compensan con una reducción en el suministro primario para alinear las emisiones de la cadena de valor con una trayectoria acorde con el Acuerdo de París.

ALC tiene una ventaja sobre otras regiones productoras de cobre y mineral de hierro en los cuatro escenarios. Incluso en el escenario extremo, donde el mundo logra una alineación total con los objetivos del Acuerdo de París haciendo uso de la economía circular como motor principal para la reducción de emisiones y desacoplando la producción primaria de la demanda de metales, ALC tiene las condiciones adecuadas para tener éxito.

En primer lugar, las operaciones de extracción de cobre y mineral de hierro de ALC se ubican principalmente al comienzo de la curva de oferta global. Esto significa que las reducciones en el suministro primario global debido a las estrategias de economía circular en los mercados consumidores afectarían primero el suministro de otras regiones.

En segundo lugar, ALC tiene las condiciones para establecer una vía de descarbonización competitiva para su industria minera, incluido el acceso a electricidad renovable, soluciones basadas en la naturaleza e hidrógeno verde.

ALC debería desarrollar la opción hoy para mejorar la resiliencia ante diversos escenarios. Esto se puede lograr

estableciendo los fundamentos básicos para convertirse en un centro global bajo en carbono, que suministre metales bajos en carbono y, más ampliamente, soluciones bajas en carbono para otras industrias.

Para mantener abierta esta opción, los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil de ALC deben trabajar en conjunto para lograr los objetivos que siguen:

- **Consumidores:** interactuar con los grandes mercados de consumidores de minerales y metales para comprender mejor su perspectiva en términos de la economía circular emergente y su demanda de soluciones bajas en carbono.
- **Políticas:** comprender mejor el desarrollo y la oportunidad de las políticas y prácticas en torno al cambio climático, pero también la gestión de recursos (ej., responsabilidad extendida del productor [REP]), a nivel tanto regional como mundial.
- **Finanzas:** colaborar con las instituciones financieras locales e internacionales para comprender las condiciones que posicionarían a ALC como destino clave de las finanzas bajas en carbono y sostenibles.
- **Tecnología:** estimular la innovación en las cadenas de suministro locales para apoyar una transición a una cadena de valor de minerales bajos en carbono y para desarrollar la competitividad internacional en otras industrias más allá de la minería y los metales.

Si se planifican adecuadamente, las inversiones necesarias para que ALC se convierta en un centro global de soluciones y minería bajas en carbono para 2050 pueden generar valor en todos los escenarios presentados en este informe. El informe establece una agenda para que un amplio conjunto de partes

interesadas apoye una transición exitosa a una economía baja en carbono y cree oportunidades a lo largo del tiempo para incrementar la resiliencia de la región ante diversos escenarios, al tiempo que se desarrollan las capacidades e infraestructura para aumentar la competitividad de la región a corto, medio y largo plazo.

* La OCDE define la REP como “un enfoque de política en virtud del cual los productores tienen una responsabilidad significativa (financiera o física) para el tratamiento o el desecho de productos posconsumo”.

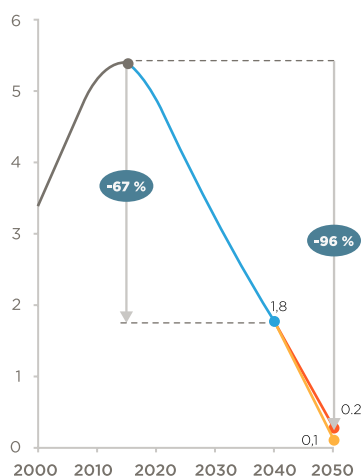
Introducción

La respuesta al cambio climático global y la transición a una economía circular darán forma a nuestra sociedad y economía en las próximas décadas. La crisis de la pandemia COVID-19 ha surgido como un acontecimiento determinante: un momento trágico y profundo en la historia que ha dejado en claro que ya no podemos mantener la situación actual. ALC se encuentra en una posición estratégica para convertirse en un centro de soluciones y metales bajos en carbono, aprovechando los fondos de recuperación por COVID-19 disponibles en mercados clave para el cobre y el mineral de hierro junto con el progreso que ya se está haciendo para expandir las prácticas de minería verde en la región.

Limitar el calentamiento a 1,75 °C para 2100 (conocido como el escenario más allá de los 2 grados o B2DS) requerirá que el consumo de combustibles fósiles caiga entre un 43 % y un 96 % para 2050, como muestra la Figura 1.^{3,4,5} La mitigación del cambio climático depende del desarrollo de una economía baja en carbono, tradicionalmente vinculada al crecimiento de los mercados de minerales.^{6,7,8} Por ejemplo, más allá de los materiales necesarios para la infraestructura y los productos manufacturados, para 2050 la economía mundial requerirá más de 100 millones de toneladas de cobre para paneles solares y turbinas eólicas.⁹

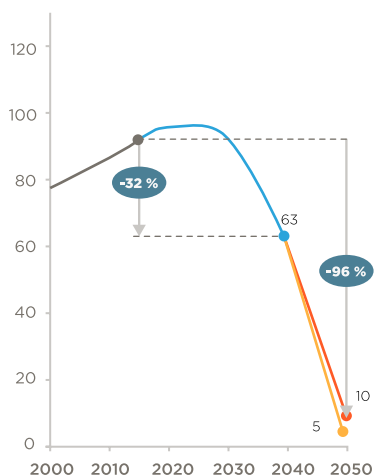
Consumo de carbón

Miles de millones de toneladas por año



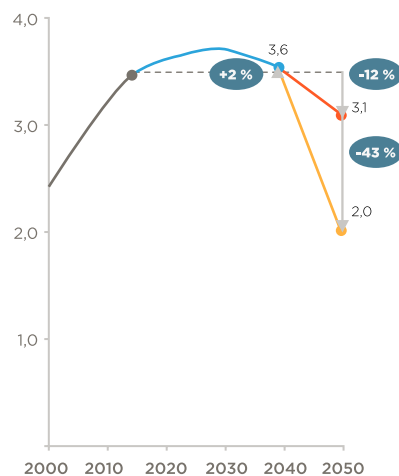
Consumo de petróleo

Millones de barriles por año



Consumo de gas natural

Miles de bcm por año



■ Escenario central

■ Vía ilustrativa de descarbonización del lado de la oferta

■ Vía ilustrativa de descarbonización y eficiencia del lado de la oferta

En las vías de descarbonización de la Comisión de Transición Energética, todas las emisiones del uso restante de combustibles fósiles se reducen con CCS/U

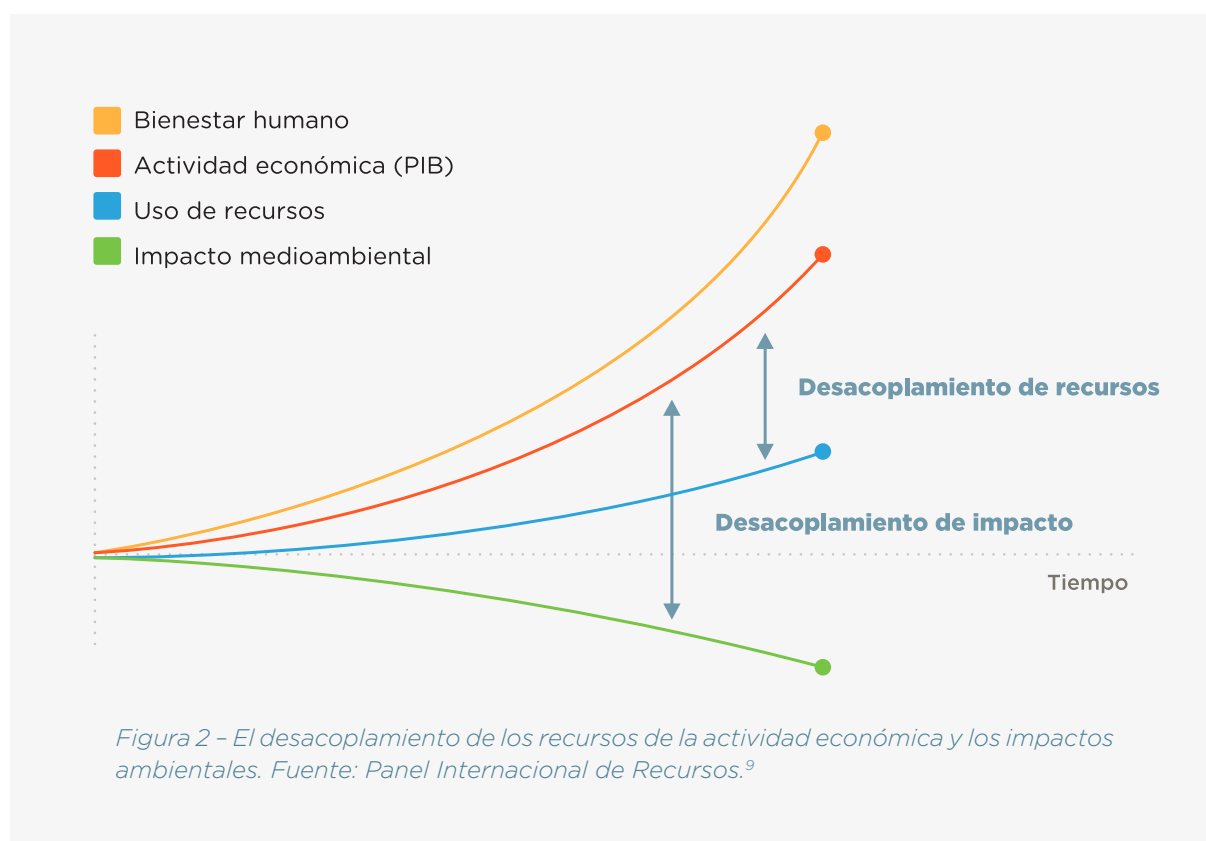
Figura 1 - Disminución del consumo de combustibles fósiles necesaria para cumplir los objetivos climáticos. Fuente: Comisión de Transición Energética, 2018.

Para satisfacer la demanda de minerales de manera más sostenible, los hacedores de políticas y los consumidores clave pueden considerar la posibilidad de desacoplar el consumo de recursos de la extracción de recursos, con lo cual se reducirían los impactos ambientales relacionados con los ciclos de vida de los materiales, como se ilustra en la Figura 2.¹⁰ A nivel mundial, este desacoplamiento podría dar lugar a una reducción del 90 % en las emisiones de carbono para 2060 y a un crecimiento adicional del 8 % en el PIB mundial en comparación con 2015.¹¹

Los consumidores finales no dependen necesariamente de las empresas mineras para lograr estos objetivos, ya que, en el sector del petróleo y el gas, los impactos climáticos de los metales y minerales están relacionados principalmente con el procesamiento y el uso, lo que genera emisiones mucho mayores que las propias actividades mineras. Los consumidores pueden alcanzar muchos de sus objetivos

mediante la sustitución de contenido reciclado, nuevos materiales o fuentes de energía alternativas. ALC tiene la oportunidad de cambiar de dirección para aprovechar los beneficios de pasar de una región impulsada por recursos al escenario global desacoplado, que prioriza los materiales circulares bajos en carbono.

Como signataria del Acuerdo de París, la región de ALC debe impulsar el cumplimiento de sus objetivos climáticos de una manera que genere crecimiento y prosperidad y promueva una economía próspera y sólida. Los esfuerzos que muchas empresas mineras están haciendo para adoptar fuentes de energía alternativas y prácticas más eficientes están sentando las bases para los metales y minerales verdes, que a su vez generarán la capacidad de la región de adoptar los otros nuevos modelos de negocios, tecnologías y combustibles necesarios para alinearse con los objetivos del Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha desafiado anteriormente a los países a “dar el salto” hacia la sostenibilidad, y la pandemia de COVID-19 podría proporcionar el impulso para acelerar el progreso hacia los objetivos para 2050.

Este informe tiene como objetivo proporcionar un conjunto de diferentes estrategias para que tengan en cuenta los líderes de ALC, un escenario que posicionaría a la región como un centro de soluciones y metales bajos en carbono. Esta visión se cimienta en el potencial de reducción de emisiones relacionadas con las industrias del hierro, el acero y el cobre de la región. Usando como guía la reducción de la intensidad de las emisiones, o una disminución de las emisiones de GEI por tonelada producida, a lo largo del ciclo de vida del cobre y del hierro/acero, proponemos una visión progresiva para un sector de minerales de ALC alineado con el Acuerdo de París que podría posicionar a la región para desempeñar un papel fundamental en la economía mundial baja en carbono.

En el capítulo 1, establecemos el contexto de la importancia de la economía circular en el sector minero como una forma de reducir las emisiones de alcance 3 y cómo los compromisos actuales de las grandes corporaciones no serán suficientes para llevarnos a una vía de 1,5 °C. También articulamos por qué la pandemia COVID-19

realmente puede acelerar el cambio en cadenas de valor globales tan complejas. En el capítulo 2, analizamos los perfiles de emisiones de las cadenas de suministro del cobre y el mineral de hierro, y determinamos la intensidad de las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida desde ahora hasta 2060. Creamos 3 posibles escenarios “business as usual”, que abarcan desde ningún progreso hacia los objetivos climáticos hasta un progreso totalmente alineado con la intensidad de emisiones del Acuerdo de París. En el capítulo 3, ofrecemos un escenario alternativo desacoplado, que reinventa el concepto de BaU para crear una nueva normalidad, en la que la demanda de materias primas disminuye y el uso eficiente, la reutilización y el reciclaje de materiales se convierten en estrategias clave para cumplir con la demanda global y los objetivos de emisiones. En el capítulo 4, explicamos por qué creemos que ALC tiene una ventaja comparativa para convertirse en un centro bajo en carbono para metales y minería, dada su posición de bajos costos y acceso a la energía renovable. Por último, pero no menos importante, en el capítulo 5 resumimos los principales hallazgos del estudio, e instamos a ALC a comenzar a crear opciones para una economía circular global que esté completamente alineada con los objetivos del Acuerdo de París y a crear nuevos vehículos financieros para respaldar los requisitos de inversión en todo el sector minero.

Capítulo 1 – Cambio climático, economía circular, COVID-19 y el sector minero de América Latina y el Caribe

El Acuerdo de París compromete a 195 gobiernos a reducir las emisiones y limitar los aumentos de temperatura muy por debajo de los 2 °C. La climatología respalda este compromiso y fomenta una mayor ambición hacia un objetivo de 1,5 °C. Las empresas responsables están respondiendo a este desafío y, en general, apoyan el Acuerdo de París.

Sin embargo, hasta ahora, ninguna industria se está moviendo lo suficientemente rápido para cumplir con los escenarios de 2 °C o 1,5 °C, incluida la cadena de valor de la minería. Esto no solo conlleva el riesgo de que la industria minera sea vista como reactiva y pasiva ante las políticas climáticas, sino que moverse rápidamente y a escala también será crucial para evitar algunos de los efectos de retroalimentación irreversibles que un escenario por encima de los 2 °C podría acarrear. También coloca al sector en riesgo de ser señalado como “de difícil reducción” por parte de reguladores, financistas, inversionistas y consumidores finales. Para la minería, también existe un potencial alcista y una sólida oportunidad comercial para dar forma y hacer crecer una economía baja en carbono, por ejemplo, con modelos vinculados a la economía circular.¹²

La extracción y el consumo de materiales como metales, minerales y cemento contribuyeron con el 23 % de las emisiones globales, u 11,5 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO₂), en 2015.¹³ Estas emisiones son impulsadas en gran medida por la construcción y los

productos manufacturados, principalmente automóviles y viviendas. La transición a una economía baja en carbono presenta una nueva oportunidad y un nuevo desafío: se prevé que la demanda de materiales crecerá un 110 % para 2060 desde los niveles de 2015, lo que requerirá más del doble de extracción de recursos, a 190 millones de toneladas por año.¹⁴ Extraer, procesar, usar y reciclar estos minerales de una manera más sostenible es clave para garantizar que el progreso hacia los objetivos del Acuerdo de París no se limite a trasladar las emisiones a otras industrias o regiones.

En el caso específico de ALC, todos los países son signatarios del Acuerdo de París. Sin embargo, la región es notablemente heterogénea en términos de clima, ecosistemas, distribución de la población humana y tradiciones culturales. Los recursos hídricos, los ecosistemas, la agricultura y la plantación forestal, el aumento del nivel del mar y la salud humana se encuentran entre las áreas más importantes que pueden verse afectadas por el cambio climático y están vinculadas, directa o indirectamente, a la actividad minera. Más importante aún, dado que las economías de la mayoría de los

países y las poblaciones de bajos ingresos dependen de la productividad agrícola, el problema de la variación regional en los rendimientos de los cultivos vinculada al cambio climático es muy relevante¹⁵ y podría exacerbar las tensiones actuales entre las comunidades mineras y agrícolas.

Un requisito fundamental es lograr la neutralidad de carbono en toda la economía en las próximas décadas. Sin embargo, esto solo será posible si las empresas, los gobiernos y la sociedad civil trabajan juntos para producir la energía y los productos, y para brindar los servicios que la sociedad necesita a través de regulaciones y modelos de negocios transformados que desacoplen el crecimiento de las emisiones. Las expectativas cambiantes de los clientes y consumidores, las nuevas regulaciones, las presiones de los inversionistas y las demandas de divulgación desafían los modelos de negocios tradicionales y

amenazan con alterar la industria. Se ha puesto mayor atención en a los sectores de la economía con altas emisiones y a los que fabrican productos que emiten grandes cantidades de CO2 cuando se usan.

Si bien el sector minero ha aumentado su compromiso con la reducción de emisiones, las medidas actuales no contribuyen lo que se necesita para la cadena de suministro en su conjunto. La Figura 3 muestra los compromisos asumidos por algunas de las principales empresas extractivas, algunos vinculados a mejoras en sus operaciones o cadenas de suministro, y otros que incorporan compensaciones de carbono para alcanzar emisiones netas de carbono cero. Para que la minería global esté alineada con los objetivos del Acuerdo de París, debe reducir las emisiones netas a cero para 2050, lo que requerirá una inversión masiva en nuevas tecnologías y procesos, así como en compensaciones de carbono para lograrlo.

□ Presente ■ Ninguno/limitado









Empresa	Objetivo a corto plazo	Objetivo a largo plazo	Uso de compensaciones	Vínculo con remuneración	Objetivo de alcance 3
 BHP	2022 - mantener las emisiones absolutas por debajo de las de 2017 - ajustado para FyA	Cero neto de alcance 1 y 2, segunda mitad de siglo	No para objetivos a corto plazo Sí para contribución a largo plazo	Sí, parte de un objetivo de HSEC más amplio	Sí, compromiso de \$400 millones
 AngloAmerican	2022 - 21 % de reducción frente a BAU 2030 - 30 % de reducción frente a 2016	Objetivo de emisiones neutras de carbono para 2040	Actualmente no, pero no se descarta	Sí, vinculado a plan de incentivos	X
GLENCORE	2020 - 5 % de red. de intensidad frente a 2016 2030 - alineación con los objetivos de París (aún no público)	Dejar de invertir en nuevos proyectos de carbón térmico	No, estudio interno en curso	X	X
 SOUTH32	Objetivo 2021 para el alcance 1: reducción del 3 % respecto de 2015 Revisar y restablecer cada 5 años	Cero emisiones netas de alcance 1 para 2050	Sí	Sí, para informe de remuneración del Com. Ejecutivo	X
 Hydro	2020 - emisiones neutras de carbono sobre la base del ciclo de vida	X	Sí	Sí, uno de varios KPI que contribuyen a las bonificaciones	X
 Shell	Reducir la huella de carbono neta en un 2-3 % para 2022 frente a 2016	Reducir la huella neta un 50 % para 2050, un 20 % para 2035	Sí, soluciones climáticas naturales identificadas explícitamente	Sí, plan de incentivos de la gerencia sénior	Sí, referencia de la industria
 bp	2025 - reducción de emisiones de 3,5 Mtpa desde 2016	Objetivo de emisiones netas cero para 2050	Sí	Sí, aplicable a 35 000 empleados	El compromiso reciente incluye el alcance 3
 RioTinto	Reducir la intensidad de las emisiones en un 24 % para 2020 frente a 2008. Se están preparando nuevos objetivos.	Compromiso de \$1000 millones para lograr emisiones netas cero para 2050	X	X	Sí, NDA con Baowu Steel, pero sin objetivos para el cliente
 VALE	Objetivo de reducción de emisiones del 5 % para 2020 Enfoque en el uso de energías renovables, especialmente biocombustibles	Compromiso de \$2000 millones para lograr emisiones netas cero para 2050	Sí, programa implementado para reforestación en antiguas minas	X	Sí, considerando los objetivos de los clientes

Figura 3 – Objetivos climáticos comprometidos por un conjunto de empresas extractivas.

Fuente: Trabajo de los autores.

- Las emisiones de alcance 1 son emisiones directas de fuentes propias o controladas.
- Las emisiones de alcance 2 son emisiones indirectas de la generación de energía comprada.
- Las emisiones de alcance 3 son todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de la empresa que informa, incluidas las emisiones anteriores y posteriores en la cadena, y aquellas al final de la vida útil.

Actualmente, las empresas mineras tienen diversos puntos de vista en común:

- El cambio climático representa tanto un riesgo como una oportunidad, y es necesario tener en cuenta las disyuntivas difíciles. Por ejemplo, suministrar las grandes cantidades de minerales y metales necesarios para los paneles solares, vehículos eléctricos y parques eólicos también generará importantes emisiones de carbono en toda la cadena de valor;
- Las acciones para reducir la huella directa del sector (es decir, las emisiones de alcance 1 y 2) deben acelerarse para estar alineadas con los objetivos del Acuerdo de París;
- El problema de las emisiones derivadas del uso de productos (el desafío de alcance 3) no se comprende por completo y es difícil de abordar; y
- Los clientes están innovando para crear modelos de negocios cada vez más circulares que tienen el potencial de reducir significativamente las emisiones en la

cadena de valor, pero también tienen un impacto en la extracción “virgen”. La respuesta del sector minero y metalúrgico se ha centrado principalmente en sus operaciones. La reducción de las emisiones de sus propios procesos productivos y del consumo de energía (emisiones de alcance 1 y 2) ha mejorado el desempeño ambiental, ha reducido el uso y los costos de energía y ha disminuido el riesgo financiero. Estos esfuerzos son importantes y bien recibidos, pero no abordan lo obvio: las emisiones derivadas del uso de productos básicos en la cadena de valor o las emisiones de alcance 3.

Centrarse en las operaciones mineras bajas en carbono es un primer paso necesario, pero no es suficiente desde la perspectiva del ciclo de vida completo. La minería representa el 4 % de las emisiones globales, pero las emisiones de las cadenas de suministro mineras pueden ser varias veces más altas. Por ejemplo, en 2019, las emisiones de la cadena de suministro representaron el 96 % y el 97 % de la huella de carbono de Vale y BHP, respectivamente.¹⁶

Las 12 compañías mineras diversificadas que cotizan en bolsa más grandes por capitalización de mercado informaron emisiones de alcance 1 y 2 a CDP de 214 millones de toneladas de CO₂e en 2016.¹⁷ CDP estima que las emisiones de alcance 3 para estas compañías son al menos 10 veces más altas. Muchas de estas empresas mineras globales tienen operaciones en ALC.

Abordar las emisiones de alcance 3 es crucial para reducir la huella ambiental de la industria y cumplir con los objetivos globales de reducción de emisiones. Las reducciones de emisiones en la cadena de valor podrían traducirse en la sustitución de productos básicos o modelos de economía circular que reduzcan la demanda de insumos vírgenes y aumenten los insumos reutilizados, reacondicionados y reciclados.

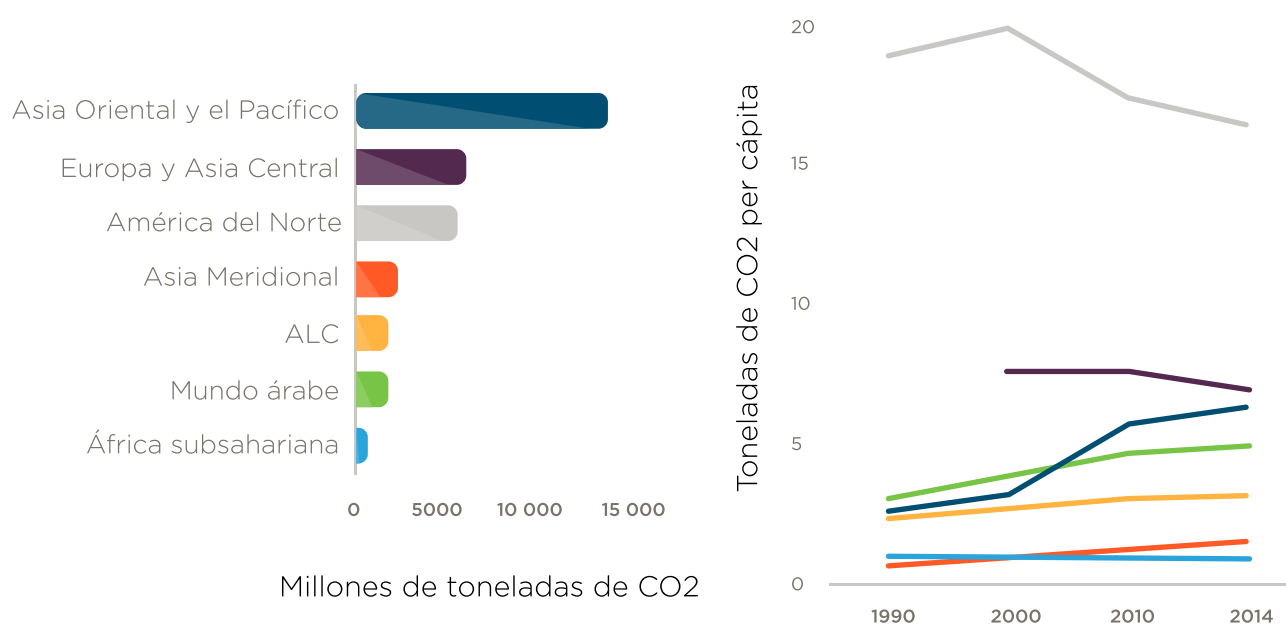


Figura 4, izquierda: Emisiones de CO₂ de 2014 por región; derecha: Crecimiento de las emisiones de CO₂ per cápita (Fuente: Conjunto de datos de los Indicadores del Desarrollo Mundial).

Estos cambios podrían ser particularmente relevantes para los países de la región, donde las exportaciones de productos básicos son el principal impulsor del crecimiento. Si se aprovechan adecuadamente, estas innovaciones y nuevos modelos de negocios y regulaciones podrían generar beneficios significativos para los países de ALC.

Sin embargo, así como ha crecido el PIB de ALC, también lo ha hecho su impacto climático. Como muestra la Figura 4, sigue siendo una de las regiones de menor emisión, aunque las emisiones per cápita han aumentado un 26 % durante los últimos 50 años.¹⁸ En el mismo sentido, los

gobiernos de la región ya han comenzado a implementar políticas que apoyan la reducción de emisiones, pero estas no son suficientes para lograr la alineación con los objetivos del Acuerdo de París. Los gobiernos no se están involucrando con la rapidez o la profundidad necesarias para establecer el contexto y los incentivos adecuados que, a su vez, atraerán inversiones para fomentar una industria minera baja en carbono. Estas son fundamentales para permitir que esta región rica en recursos mantenga el crecimiento y el desarrollo para alcanzar gradualmente a las economías avanzadas durante los próximos 25 a 50 años.

Por su parte, los mercados clave de minerales y metales han comenzado a establecer las condiciones necesarias para reducir las emisiones. Lograr un sector de materiales con cero emisiones netas para 2050 es posible mediante una combinación de uso eficiente de materiales, tecnologías de metales y minerales bajas en carbono, gestión de la demanda y mayor reciclaje.¹⁹

Esta desalineación en las tendencias de emisiones entre los países productores de minerales y metales en ALC y algunos de los mercados más grandes del mundo puede dar lugar a dos resultados diferentes, que deben analizarse con más detalle. Por un lado, podría presentar un riesgo: los mercados podrían comenzar a desviar la demanda hacia fuentes de suministro bajas en carbono. Por otro lado, podría representar una gran oportunidad: los países de ALC pueden aprovechar sus relaciones existentes para desarrollar conjuntamente los mercados de minerales, metales y soluciones bajas en carbono. Estas soluciones bajas en carbono representan nuevas industrias que permiten a la cadena de valor de la minería reducir sus emisiones, por ejemplo, energías renovables, hidrógeno verde, trazabilidad, soluciones basadas en la naturaleza (forestación y agricultura regenerativa), entre otras. Estas soluciones deben trazarse junto con las cadenas de valor de minerales y metales clave para aprovechar plenamente la oportunidad más allá de la etapa de extracción (alcance 1 y 2) y en la etapa de procesamiento, uso y recuperación (alcance 3).

Es importante aclarar que, con toda probabilidad, las emisiones de alcance 3 del sector probablemente no representarán un problema de implementación significativo para la región, pero podrían convertirse

en un problema fiscal o económico más adelante. A medida que las emisiones se aborden con éxito en los países de “procesamiento” y “uso” a través de medidas de eficiencia, sustitución de materiales y modelos de negocios circulares, la extracción de recursos vírgenes podría disminuir y afectar el equilibrio fiscal de los países proveedores de materias primas.

El efecto sobre los ingresos fiscales podría tardar más en materializarse si persisten las tendencias actuales en la demanda y la extracción de productos básicos. Sin embargo, si se intensifican los esfuerzos para cumplir los objetivos del Acuerdo de París, este efecto podría sentirse mucho antes. Cumplir los objetivos del Acuerdo de París representa un desafío importante, pero la mayoría de los países y empresas del mundo se ha comprometido a cumplirlos.

Dados los desafíos relacionados con las emisiones de alcance 3, los actores de la cadena de valor de la minería, especialmente en los países de ALC ricos en recursos, deberían comenzar a considerar las preguntas que se plantean a continuación.

Con respecto al contexto:

- ¿Cuál es la trayectoria de las emisiones de alcance 1, 2 y 3 en la actualidad y cuál es la contribución de la industria minera, en comparación con otras industrias, a esta trayectoria? ¿La industria minera está alineada con los objetivos del Acuerdo de París? Si no es así, ¿es significativa la brecha?
- ¿Cuáles son los principales impulsores de las emisiones de alcance 3 en la cadena de valor de la minería en la actualidad? ¿Cómo buscan los actores de esas industrias abordar sus propias emisiones? ¿Cuál sería el impacto en los actores de la cadena de valor de la minería si los consumidores de metales y minerales se alineasen con un escenario de 1,5 °C en virtud del Acuerdo de París?

Con respecto a las oportunidades:

- ¿Una reducción exitosa de las emisiones a lo largo de la cadena de valor conduciría a un cambio significativo en la distribución del valor generado por la industria en los países de ALC? ¿Qué productos básicos están más expuestos? ¿Qué proveedores de la industria minera y los mercados de la cadena de valor aguas abajo están creciendo y cuáles están disminuyendo?
- ¿Los modelos de negocios de la economía circular son una opción de creación de valor para superar al modelo actual (centrado en la extracción de recursos) y llevar la cadena de valor de la minería hacia una vía de emisiones netas de carbono cero? ¿Cómo podrían los países ricos en recursos retener o aumentar el valor en un escenario circular/de emisiones netas de carbono cero?

Con respecto a los desafíos para la región:

- ¿Deberían los gobiernos y las empresas mineras trabajar juntos para identificar modelos que conserven la propiedad de productos básicos y extraigan valor de su uso productivo durante su ciclo de vida? ¿Cómo evitar que esto se malinterprete como un intento de nacionalizar los recursos?

- ¿Qué mecanismos de políticas clave deberían explorar los gobiernos para respaldar la alineación radical con el Acuerdo de París que incluye emisiones de alcance 3 y, simultáneamente, respaldar el crecimiento a las tasas necesarias para alcanzar a las economías avanzadas? ¿Cómo sería este paquete de políticas más allá de la eficiencia de los recursos, los impuestos al carbono y los esquemas de comercio de carbono?
- ¿Cómo pueden los gobiernos fomentar la adopción y el desarrollo de tecnología para respaldar nuevos modelos de negocios que puedan reducir significativamente las emisiones y fomentar nuevas industrias bajas en carbono en la región usando la industria minera como un potenciador clave (p. ej., soluciones basadas en la naturaleza, REP)?

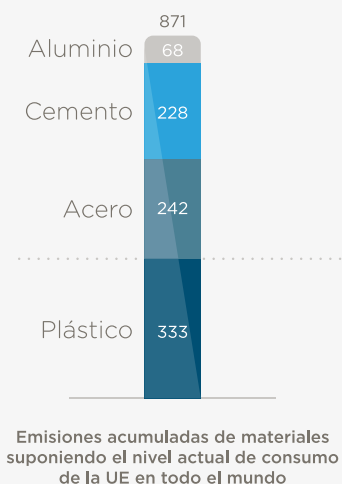
La Comisión de Transición Energética (ETC) ha comenzado a sentar las bases para comprender y trazar cómo descarbonizar los sectores “de más difícil reducción” en la industria pesada y el transporte pesado.

El informe reciente de la ETC, *Mission Possible*²⁰, describe cómo descarbonizar el cemento, el acero, los plásticos, el transporte por carretera, el transporte marítimo y la aviación, que en conjunto representan el 30 % de las emisiones energéticas globales en la actualidad y podrían aumentar al 60 % a mediados de siglo a medida que otros sectores reduzcan sus emisiones. Según las proyecciones actuales de emisiones acumuladas hasta 2100, las emisiones del acero y el aluminio por sí solas podrían agotar el presupuesto hipotético de carbono para todos los materiales combinados.

Emisiones acumuladas hasta 2100

GtCO₂, global, 2015-2100

Emisiones proyectadas de CO₂ de materiales



Presupuesto de carbono hasta 2100

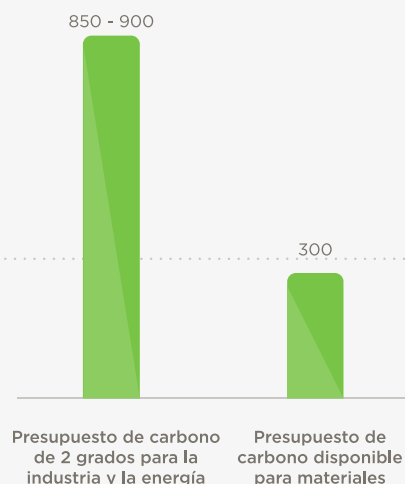


Figura 5 - Emisiones de sectores “de difícil reducción”, 2015 - 2100. de Transición Energética de Transición Energética

Mission Possible muestra que las emisiones de la producción de acero y aluminio podrían reducirse en un 37 % y un 40 % respectivamente, en comparación con los niveles BaU, haciendo un mejor uso de las existencias de materiales mediante el reciclaje y la reutilización, y reduciendo los requisitos de materiales en las cadenas de valor a través de diseños de productos mejorados, mayor vida útil del producto y modelos de negocios basados en servicios.

La solución para la descarbonización está en la cadena de valor. Los consumidores intermedios de productos básicos ya están haciendo la transición hacia una mayor eficiencia, reciclaje, reutilización y nuevos usos de los minerales y metales que usan. Por ejemplo:

- Apple ha manifestado su intención de eliminar la dependencia de los recursos extraídos y se ha fijado el objetivo de fabricar todos sus productos con metales reciclados;

- Renault está diseñando “baterías circulares” para maximizar la productividad de los metales que usan; y
- Maersk y Tata han introducido “pasaportes de materiales” para recuperar acero de alto valor proveniente de buques y edificios.

La naturaleza de las emisiones de alcance 3 significa que ninguna parte de la cadena de valor puede abordarlas por sí sola. Las empresas de minería y metales deben trabajar con los clientes y los disruptores tecnológicos para explorar la mejor manera de abordar los problemas de la oferta y la demanda. También deben trabajar en estrecha colaboración con las instituciones multilaterales y los gobiernos para diseñar nuevos modelos de crecimiento sostenible y equitativo en los países en desarrollo ricos en recursos.

Emisiones de la cadena de valor y el papel de la economía circular como opción de reducción

La economía circular (EC) se centra en diseños que disminuyan los residuos y la contaminación, conservando los productos y materiales en uso y regenerando sistemas naturales, para reducir la presión sobre los recursos finitos de nuestro planeta y los ecosistemas de los que dependen.

Cómo la economía circular reduce las emisiones de CO2



Figura 6 - Reducción de las emisiones de carbono en la economía circular. Fuente: Material Economics

El análisis publicado por el Foro Económico Mundial indica que, si cambiamos la forma en que fabricamos y usamos los productos, podríamos reducir un 45 % las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Al evitar los residuos, hacer que las empresas sean más eficientes y crear nuevas oportunidades de empleo, la economía circular ofrece una oportunidad económica de \$4,5 billones.²¹

La economía circular está ganando impulso rápidamente en un número creciente de industrias. Por ejemplo, los modelos circulares impulsan los cambios urgentes que están surgiendo en el sector de los envases de plástico, una industria de \$400 000 millones que está experimentando una disrupción cada vez mayor. A medida que los consumidores y los reguladores ejercen una presión cada

vez mayor, los productores de plásticos están tomando conciencia del riesgo y la oportunidad de aplicar enfoques circulares a sus modelos de negocios.

Liberar el potencial de la economía circular requiere un cambio a nivel de sistema para las empresas, más allá de una visión simplista de “reciclar más”. En el caso de la cadena de valor minera, algunas empresas ya están implementando nuevos modelos de negocios circulares. Por ejemplo, Mitsubishi Material, JX Nippon Mining & Metals y Sumitomo Metal Mining están intensificando sus iniciativas de reciclaje, encontrando valor en recursos que anteriormente habrían terminado en vertederos. ArcelorMittal está trabajando con Lanza Tech para construir una planta que usará los gases residuales de la fabricación del acero para producir etanol de forma comercial. Caterpillar ha diseñado modelos de negocios circulares que están aumentando los márgenes de ganancia con la creación de productos destinados a ser refabricados varias veces. Rio Tinto (Alcoa) también ha comenzado a explorar modelos de negocios circulares a través de una asociación con Apple para desarrollar un nuevo proceso de fabricación de aluminio que elimine los gases de efecto invernadero. Sin embargo, a pesar de estos ejemplos prometedores, la industria minera está por detrás de otras industrias en lo que respecta a la innovación de la economía circular.

El cobre y el acero se reciclan ampliamente, pero el potencial para un enfoque circular más amplio es significativo. Por ejemplo, la producción de acero primario podría reducirse en un 37 % en comparación con los niveles BaU a través de estrategias circulares, mediante la reducción de pérdidas en la cadena de valor, la reducción de la degradación en el proceso de reciclaje, una mayor reutilización de productos a base de acero y una transición a nuevos sistemas de automóviles compartidos.²²

Los países de ALC deben comprender mejor los incentivos para que los usuarios finales de acero y cobre apliquen modelos circulares a fin de identificar los impactos sobre la producción primaria de cobre y mineral de hierro. **Lo más importante es que los líderes de ALC deben aprovechar las oportunidades que surgen de un mundo más circular, por ejemplo, apoyando el desarrollo de una industria local de hidrógeno verde, participando en modelos de reutilización en los mercados de destino, modernizando la industria de reacondicionamiento local y participando en la industria mundial de reciclaje avanzado.**

La pandemia de COVID-19 como acelerador del cambio en las cadenas de valor globales

Hasta cierto punto, la pandemia COVID-19 ha servido como un experimento natural sobre cómo podría ser una estrategia radical de reducción de emisiones. Durante la primera semana de abril, las emisiones diarias se redujeron en un 17 %; y la Agencia Internacional de Energía espera que las emisiones disminuyan un 8 % en 2020 en comparación con 2019, la mayor reducción en un año desde la Segunda Guerra Mundial.^{23,24}

Sin embargo, una de las ideas clave es que, si bien la reducción del transporte, la reducción significativa de la generación de energía y la minimización del comercio mundial han contribuido mucho a las reducciones de emisiones de carbono a corto plazo, esto no es suficiente para alinear la economía mundial con un escenario B2DS. Además, las emisiones pueden rebotar, volviendo a ponernos en una trayectoria que juega en contra de los objetivos del Acuerdo de París, los ODS y los límites planetarios.²⁵

Lo que la crisis de la pandemia COVID-19 nos está diciendo en el ámbito climático es que necesitamos ir más rápido y con mayor profundidad en la forma en que reducimos las emisiones. Debemos pensar de manera sistémica y promover cambios estructurales, en lugar de presionar por la “optimización” de los modelos actuales

de producción y consumo. Esta es una oportunidad para efectuar este cambio, basándonos en los compromisos de una gran cantidad de países de establecer presupuestos de recuperación por la pandemia COVID-19, muchos de los cuales dan prioridad a una recuperación impulsada por inversiones ecológicas.

Tamaño de los paquetes de estímulo por la pandemia COVID-19 en función del PIB (%)

No exhaustivo

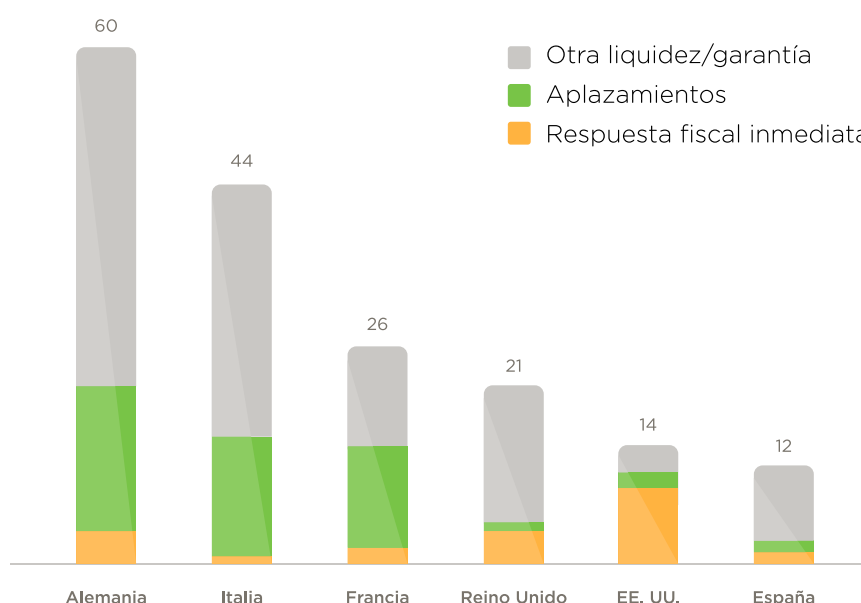


Figura 7 - Paquetes de estímulo por la pandemia COVID-19. Nota: Al 23 de abril de 2020. Fuente: Comisión de Transición Energética, basándose en Bruegel (www.bruegel.org).

Muchos de los países que han puesto a disposición grandes fondos para apoyar la recuperación económica por COVID-19 también son mercados clave para el cobre y el mineral de hierro producidos en ALC. La forma en que los gobiernos y las empresas mineras que operan en ALC interactúan con estos importantes mercados para conectar los planes de recuperación y las inversiones en los próximos 18 a 24 meses puede definir la forma de la recuperación económica en ALC y la vía de las emisiones de carbono de la región.

La pandemia COVID-19 también ha realzado el papel de las cadenas de suministro locales y descentralizadas. Esta podría ser

una gran oportunidad para ALC. Posicionar a los proveedores locales basados en el conocimiento y la innovación para impulsar la recuperación por la pandemia COVID-19 (y, a largo plazo, la economía baja en carbono) puede ser crucial para alcanzar el potencial de desarrollo de la región. Esto debe entenderse como un proceso dinámico a medida que otras regiones y países comienzan a pensar en su propia base de suministro local. La forma en que los grandes mercados, como China y la Unión Europea, acuerdan políticas con los gobiernos de ALC para apoyar la implementación de una base de proveedores bajos en carbono puede convertirse en un factor regional competitivo definitorio.

El cambio climático, la economía circular y la pandemia COVID-19 están creando una gran disrupción, y presentan grandes oportunidades para la región de ALC. Tener claridad sobre los diferentes impactos y oportunidades en diferentes escenarios es fundamental para aprovechar al máximo el contexto actual.

Comprender los diferentes impactos y oportunidades en diferentes escenarios es fundamental para que las partes interesadas aprovechen al máximo el contexto actual.

El siguiente capítulo explora diferentes escenarios para las cadenas de suministro del cobre y el mineral de hierro de ALC:

1. “BaU” – se mantiene la situación actual, sin progreso hacia los objetivos climáticos;
2. “BaU posible” – BaU teniendo en cuenta el potencial técnico actual y los objetivos climáticos;
3. “BaU París” – BaU con intensidades de emisiones alineadas con el Acuerdo de París; y
4. “Desacoplado” – reducción generada a través de reducciones en la intensidad de carbono y el suministro primario.

Capítulo 2 – Propiciar la transición a una economía baja en carbono

Para comprender las vías hacia la alineación con el Acuerdo de París para el sector minero de ALC, primero debemos comprender los perfiles de emisiones de las cadenas de suministro del cobre y el mineral de hierro y determinar la intensidad de las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida, desde la extracción hasta el procesamiento, uso y reciclaje. Este capítulo describe nuestro enfoque para evaluar las emisiones desde ahora hasta 2060²⁶, el año en el que la Agencia Internacional de Energía predice que podemos alcanzar emisiones netas de carbono cero, y cómo estas emisiones se asignan a los volúmenes de producción esperados en condiciones BaU (es decir, aumento de la producción primaria a lo largo del tiempo para satisfacer el crecimiento de la demanda). A través de este proceso, podemos evaluar el impacto de los requisitos de reducción de emisiones para el sector minero de ALC con el fin de cumplir con los objetivos climáticos globales. Esto proporciona un lente a través del cual se puede mirar tanto el desafío como las oportunidades que se avecinan.

Escenarios 2060 definitorios

En esta sección, consideramos tres escenarios para la reducción de emisiones, resumidos en la Figura 8. Estos escenarios ofrecen un espectro de posibles reducciones de emisiones, que van desde un progreso nulo hacia los objetivos climáticos hasta una reducción drástica en la intensidad del carbono, en el marco de una demanda normal que conduce a mayores volúmenes de producción en ALC.

Se describen los tres escenarios de la siguiente manera:

1. BaU – se mantiene la situación actual, sin progreso hacia los objetivos climáticos:

Este escenario refleja una vía en la que las emisiones de la cadena de suministro del cobre y el hierro y los volúmenes de producción continúan según lo previsto y las intensidades actuales de carbono siguen siendo las mismas hasta 2060. Este es un escenario donde se toma la menor cantidad de medidas climáticas, donde las limitaciones económicas por la pandemia COVID-19 u otras fuerzas del mercado restringen la capacidad de las empresas o países para realizar las inversiones necesarias para cumplir con sus objetivos climáticos.

2. “BaU posible” – BaU teniendo en cuenta el potencial técnico actual y los objetivos climáticos:

En este escenario, representamos la reducción de la intensidad de las emisiones en función de las iniciativas existentes de los grupos de interés a lo largo de la cadena de suministro, junto con las proyecciones reflejadas en los estudios para la adopción de procesos, combustibles y tecnologías bajas en carbono. Estas vías se combinan con los volúmenes de producción BaU para determinar las emisiones hasta 2060.

3. “BaU París” – BaU con intensidades de emisiones alineadas con el Acuerdo de París:

En este escenario, tomamos los volúmenes de producción BaU como en los escenarios anteriores, pero “flexibilizamos” las intensidades de emisiones al nivel requerido para cumplir con B2DS. Para

establecer objetivos de reducción de emisiones hasta 2060, buscamos informes y plataformas líderes que han comenzado a establecer vías de reducción para las cadenas de valor de materiales:

- Se requiere una reducción de la intensidad del 87 % (58 % de reducción absoluta de las emisiones) en todos los sectores industriales (incluido el cobre) – Iniciativa Science Based Targets²⁷
- Se necesita una reducción de la intensidad del 55 % (31 % de reducción absoluta de las emisiones) para el sector del acero – Iniciativa Science Based Targets
- Una reducción absoluta del 45 % en las emisiones de acero en comparación con los niveles de 2014 está en línea con un escenario 2 °C – Comisión de Transición Energética²⁸
- Con un aumento del 56 % en los volúmenes de acero crudo, la intensidad deberá reducirse en un 90 % para 2050 para alinearse con los objetivos del Acuerdo de París – Material Economics²⁹

Con estas cifras como punto de partida, es importante considerar la variabilidad al establecer los volúmenes de material y las vías de las emisiones durante un período de 50 años. Cuando se considera junto con los compromisos más ambiciosos de la iniciativa Net Zero Steel del FEM y otros proyectos destinados a llevar las emisiones industriales a cero neto para 2050, es evidente que se requiere más trabajo para alinearse con los objetivos y vías de descarbonización.

Este informe no pretende establecer una vía definitiva para la reducción de emisiones de cobre y acero, sino más bien comprender los efectos de la tecnología, las políticas y las opciones del consumidor sobre la descarbonización. Porque asumimos un objetivo ambicioso y en línea con el Acuerdo de París de una reducción del 90 % en las emisiones a lo largo de la cadena de valor, tanto para el cobre como para el acero, para 2060, nuestro modelo está posicionado para proporcionar información sobre la magnitud de los impactos de los volúmenes y tecnologías cambiantes en estas cadenas de suministro.

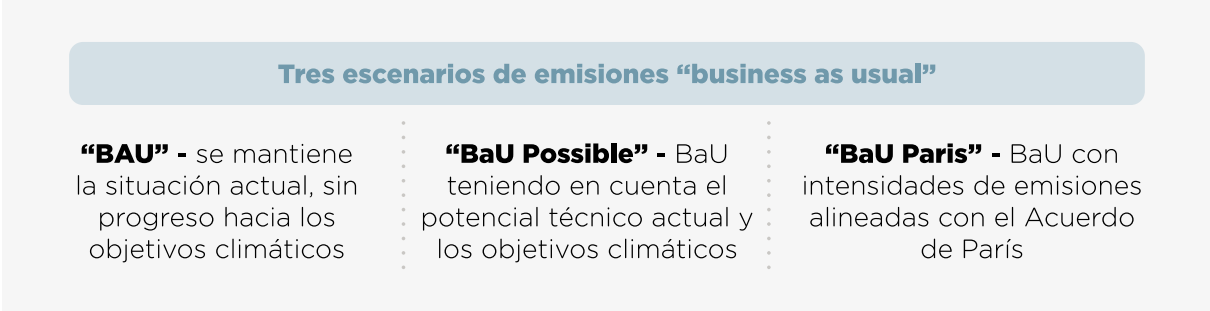


Figura 8 – Un resumen de los tres escenarios BaU evaluados por este estudio. Fuente: Trabajo de los autores.

Definición de las emisiones de las cadenas de suministro del mineral de hierro y el cobre

Definir las emisiones de carbono de las cadenas de suministro del mineral de hierro

y el cobre de ALC es un desafío. Los datos pueden ser difíciles de obtener y, a menudo, no son específicos de la región o la cadena de suministro en cuestión. Además, las prácticas de responsabilidad de las emisiones de carbono a menudo están desalineadas, no se aplican con coherencia o dependen de información desactualizada, lo que dificulta

las comparaciones entre empresas, regiones o productos.^{30,31} Se debe trabajar más para caracterizar y cuantificar estas emisiones a fin proporcionar un panorama completo de los impactos de la cadena de suministro y para alentar la divulgación de las emisiones por parte de proveedores y productores.

Este informe intenta proporcionar una evaluación significativa de las emisiones de carbono del hierro/acero y el cobre de ALC usando información disponible al público de empresas mineras, gobiernos, la comunidad académica y grupos industriales. Las divulgaciones corporativas a CDP constituyeron la columna vertebral del estudio; 28 empresas relacionadas con

los metales y minerales informaron casi 2000 millones de toneladas de CO₂ en 2019.³² Como se muestra en la Figura 9, los informes de CDP proporcionan una visión de las emisiones anuales de carbono de una empresa, divididas, de acuerdo con el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, en tres categorías principales: alcance 1 (emisiones directas), alcance 2 (electricidad usada en el alcance 1) y alcance 3 (cadena de suministro aguas arriba y aguas abajo).^{33,34} Este estudio usó datos de empresas relevantes para las categorías de alcance 1, Bienes y servicios adquiridos de alcance 3, Procesamiento de productos vendidos de alcance 3, y Uso de productos vendidos de alcance 3.



Los informes de CDP son útiles, pero a menudo no son lo suficientemente completos o específicos para explicar por completo las emisiones de un material.^{35,36} Para aplicar los datos de divulgación de CDP a nivel de producto, convertimos las emisiones de CDP a intensidad de carbono (CO₂/tonelada de producto) con datos disponibles al público sobre la producción de materiales en el año en que se emitió el carbono divulgado. Para llenar las lagunas de datos adicionales, usamos estudios académicos, bases de datos de emisiones e informes corporativos de sostenibilidad para calcular los valores promedio de intensidad de carbono y proporcionar una verificación de sentido para las divulgaciones de CDP.³⁷

Abarcamos seis fases del ciclo de vida en este estudio: emisiones agua arriba de compañías mineras, operaciones mineras, fundición, transporte, conformado y uso, y final de la vida útil. En la Figura 10 se incluye un resumen de las emisiones del ciclo de vida y en las siguientes secciones se incluyen más detalles para cada metal.

Estas emisiones deben considerarse una simple instantánea de la escala de las emisiones del ciclo de vida, no un estudio exhaustivo. La realidad es que el procesamiento, transporte, procesamiento, uso y reciclaje de minerales extraídos en ALC siguen innumerables caminos y son realizados por innumerables productores con intensidades de emisiones variables.

Por ejemplo, el transporte se consideró solo en dos elementos de la cadena de suministro posterior: el viaje de la mina al procesador y el transporte a la primera etapa de fabricación. Es probable que se produzcan emisiones adicionales para las actividades de transporte a lo largo del ciclo de vida, especialmente cuando los materiales se convierten en productos terminados. Del mismo modo, las etapas de fabricación y uso de metales y minerales son complejas y dinámicas, especialmente para productos más complicados, como automóviles y dispositivos tecnológicos.³⁸

El estudio tiene una visión simplificada de estas emisiones, que captura solo la primera etapa de fabricación. Por ejemplo, las emisiones generadas en la fabricación de tubos o cables no se incluyen en este estudio; tampoco se incluyen las emisiones aguas arriba, como las de la operación de edificios o automóviles. Sin embargo, como reflejo de la economía circular, tenemos en cuenta el reciclaje y las emisiones de los vertederos para dar cuenta de la importancia de la circularidad en las emisiones durante el ciclo de vida de la cadena de suministro.

Como tal, las emisiones durante el ciclo de vida estimadas en este informe brindan una idea del orden de magnitud del impacto climático de estas cadenas de suministro.

Se debe realizar un trabajo adicional para comprender con más detalle las emisiones de la cadena de suministro de los minerales extraídos en ALC.

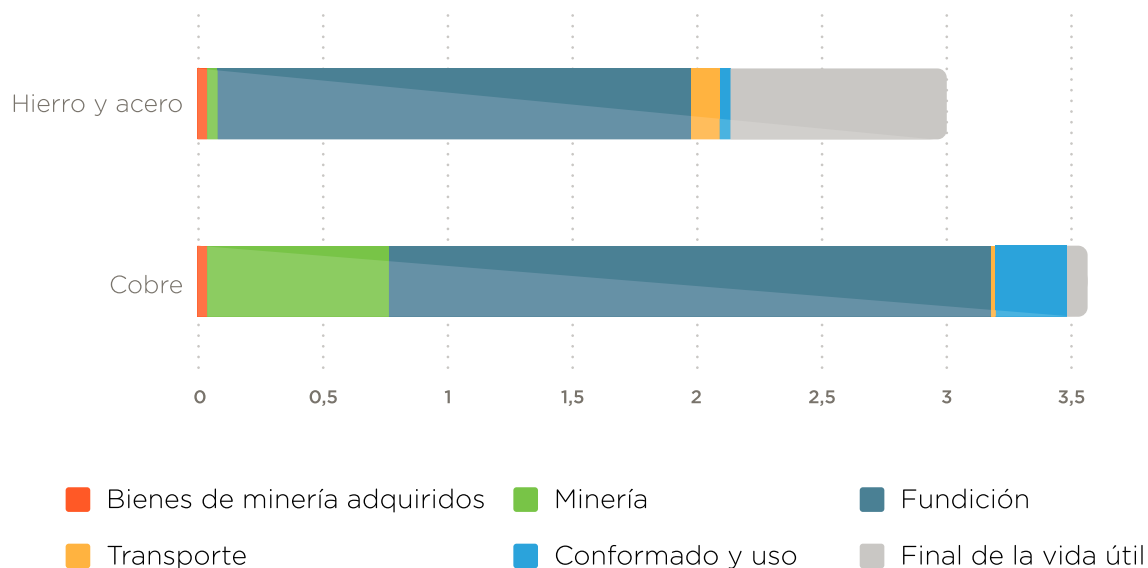


Figura 10 – La proporción de emisiones de carbono del hierro y el cobre por etapa del ciclo de vida (basado en Azadi et al, 2020)

Cadenas de suministro del hierro y el acero originarias de ALC

Desde la perspectiva BaU global, el crecimiento del consumo de acero a nivel mundial se basa en un crecimiento de la producción de acero bruto del 1,4 % anual durante el período 2020-2060. Para 2060, se supone que la producción global de hornos de oxígeno básico (BOF)/ hornos de arco eléctrico (EAF) pasará a

un desglose del 42 %/58 % del acero bruto total. Esto se sustenta en el supuesto de que la creciente oferta de chatarra a nivel mundial, especialmente en China, hará que el uso de chatarra aumente (3,1 % por año) de forma más pronunciada que el mineral de hierro (0,2 % por año). El aumento del consumo de chatarra en los BOF, junto con la aparición de fuentes de combustible alternativas (no basadas en carbón), ayuda a respaldar el proceso de conversión de altos hornos a BOF.³⁹

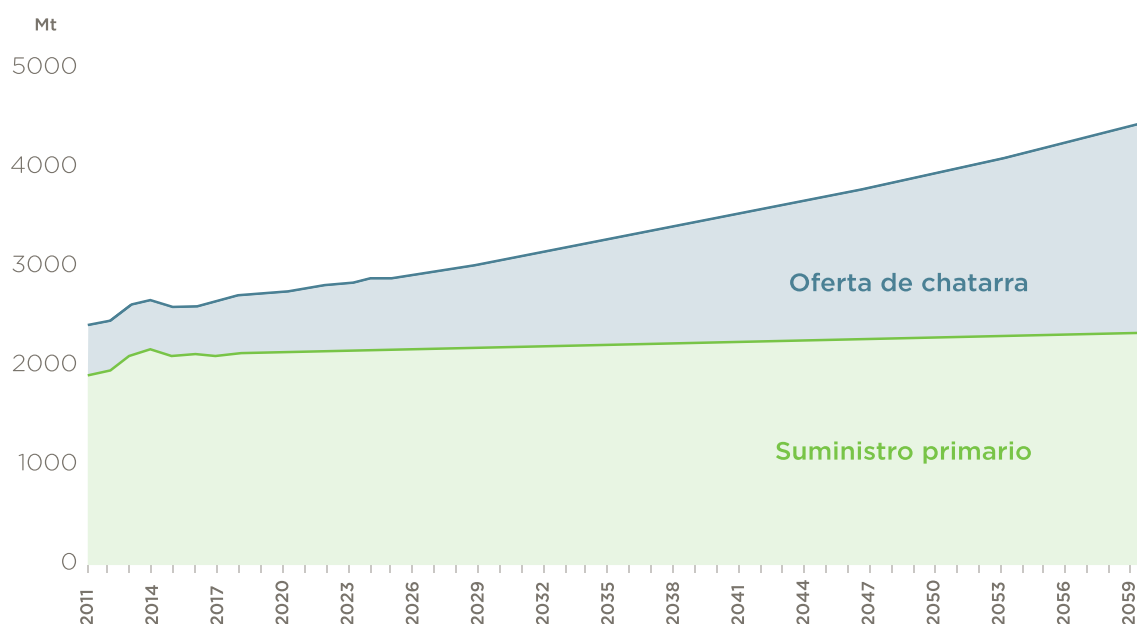


Figura 11 – Escenario BaU de consumo de acero global (millones de toneladas de metal), basado en los cálculos de los autores.

Alrededor del 25 % de la producción mundial de mineral de hierro se origina en ALC, la mayor parte en Brasil, y un componente más pequeño en el resto de la región.⁴⁰ La producción de mineral de hierro de Brasil se vio gravemente afectada por dos importantes fallas de represas de relave; sin embargo, las inversiones multimillonarias en Brasil han reactivado el mercado, por lo que es plausible suponer que Brasil mantendrá su producción de mineral de hierro hasta 2060.⁴¹ Con estos parámetros en mente, complementados por las perspectivas actuales de la industria, un escenario BaU podría incluir un crecimiento del 23 % en la producción anual de mineral de hierro en ALC para 2060.

En cuanto a las emisiones de carbono, los datos limitados disponibles sobre las emisiones de las operaciones de extracción de mineral de hierro en ALC apuntan a la minería como una parte relativamente menor de las emisiones del ciclo de vida del acero (3 %), como se muestra en la Tabla 1. La mayoría de las emisiones provienen de actividades de fabricación

de acero aguas abajo, que tienen lugar predominantemente fuera de ALC. El tratamiento del acero al final de su vida útil es la segunda etapa del ciclo de vida en cuanto a intensidad de emisiones, impulsada por los procesos de alta energía necesarios para reciclar el acero, que también tienen lugar principalmente fuera de ALC. Si bien el acero reciclado tiene una intensidad de emisiones significativamente menor en comparación con el acero virgen, en gran parte debido al uso principal de EAF, todavía representa un proceso de emisiones relativamente altas en la cadena de suministro del hierro y el acero.^{42,43}

Más allá de las emisiones señaladas en este estudio, ciertamente ocurren emisiones adicionales dentro del ciclo de vida, relacionadas con el procesamiento, el uso, el transporte, etc. Esta evaluación debe considerarse parcial y usarse a título orientativo, no como una respuesta integral.

Tabla 1 Base para el cálculo de las emisiones durante el ciclo de vida del hierro y el acero

Proceso	tCO ₂ /t	Explicación	Fuentes
Bienes adquiridos por la empresa minera	0,035	Valor calculado a partir del promedio de emisiones reportadas en 2018 a CDP para Vale y BHP para la categoría de alcance 3, Bienes y servicios adquiridos aguas arriba. Estas emisiones se normalizaron por las toneladas de mineral divulgadas en 2019 por cada empresa; el valor calculado fue de 0,04 para Vale y de 0,03 para BHP.	Divulgación de Vale y BHP a CDP en 2019
Minería	0,0442	Este es un valor promedio para la extracción de mineral de hierro a cielo abierto basado en tres puntos de datos: 1) Estudio Norgate 2007 (0,011); 2) Informe de sostenibilidad de Samarco de 2014 (0,0915); 3) Emisiones de alcance 1 de Vale de 2019 reportadas a CDP, normalizadas por toneladas de mineral producido (0,03).	1. Norgate, T. E. et al. 'Assessing the environmental impact of metal production processes'. Journal of Cleaner Production. 2007. Samarco. Informe anual de sostenibilidad. 2014. Divulgación de Vale a CDP en 2019.
Siderurgia + minería de carbón metalúrgico	1,893	Este estudio usó el valor promedio global de la Asociación Mundial del Acero de 2020 para la siderurgia (1,85) más el valor superior de BHP para la minería de carbón metalúrgico (0,043). Sin embargo, cabe señalar que las emisiones de las siderúrgicas pueden variar entre productores y regiones, lo que muestra el potencial de diferenciación en el mercado para los productores con valores de intensidad más bajos.	1. Asociación Mundial del Acero. Indicadores de sostenibilidad 2003-2018. (2020). Alianza BHP Mitsubishi. Gases de efecto invernadero: evaluación de la mina Caval Ridge, (nd)
Transporte	0,113	El transporte se considera de forma limitada. Este valor abarca un viaje promedio de mineral de hierro en tren desde la región minera de Brasil hasta el puerto, luego a Asia en barco. Para representar el transporte aguas abajo posterior, el 30 % del mineral se envía de China a Europa. No se tiene en cuenta el transporte adicional por carretera o ferrocarril, por ejemplo, para llevar los productos terminados al mercado, por lo que es probable que las emisiones estén subestimadas. Los factores de emisiones promedio se toman del Global Logistics Emissions Council Framework de 2019.	Smart Freight Centre. Global Logistics Emissions Council Framework (2019).
Conformado y uso	0,045	Las emisiones relacionadas con el conformado y uso de productos de acero varían ampliamente. Este valor se calcula a partir del promedio de emisiones reportadas en 2018 a CDP por Hyundai Steel Co., Vale y Tata Steel para las categorías de alcance 3 de Procesamiento de bienes vendidos y Uso de productos vendidos. Estas emisiones se normalizaron por las toneladas de mineral divulgadas en 2019 por cada empresa.	Divulgación de Hyundai Steel Co, Vale y Tata Steel a CDP en 2019.
Final de la vida útil	0,8697	Este estudio partió de la base de que el 85 % del acero se recicló y el 15 % se depositó en vertederos. El factor de emisiones para cada proceso se tomó de la base de datos de factores de emisión de gases de efecto invernadero de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU.	1. Broadbent et al. Asociación Mundial del Acero. 2016.2. EPA de EE. UU., Base de datos de factores de emisiones de gases de efecto invernadero, 2018.
Toneladas totales de CO₂	3,0		

Emisiones de las cadenas de suministro del cobre originarias de ALC

El escenario de consumo global de cobre BAU supone un crecimiento del 1,5 % anual durante el período 2020-60. Para 2060, se prevé que la demanda alcance las 46 000 kilotoneladas (kt). El auge de los vehículos eléctricos será un impulso clave de la demanda en el futuro, además de la

electrificación más amplia de la economía. La división chatarra/cobre virgen debería mantenerse prácticamente constante, con un promedio de 37 %/63 % durante el período 2020-2060, en gran parte debido al estado subdesarrollado de la oferta de chatarra de cobre. Para 2060, se espera que el uso total de chatarra alcance las 20 850 kt. El uso de chatarra en fundiciones y refinerías representa el 11 % y el 7 % de los insumos, respectivamente.⁴⁴

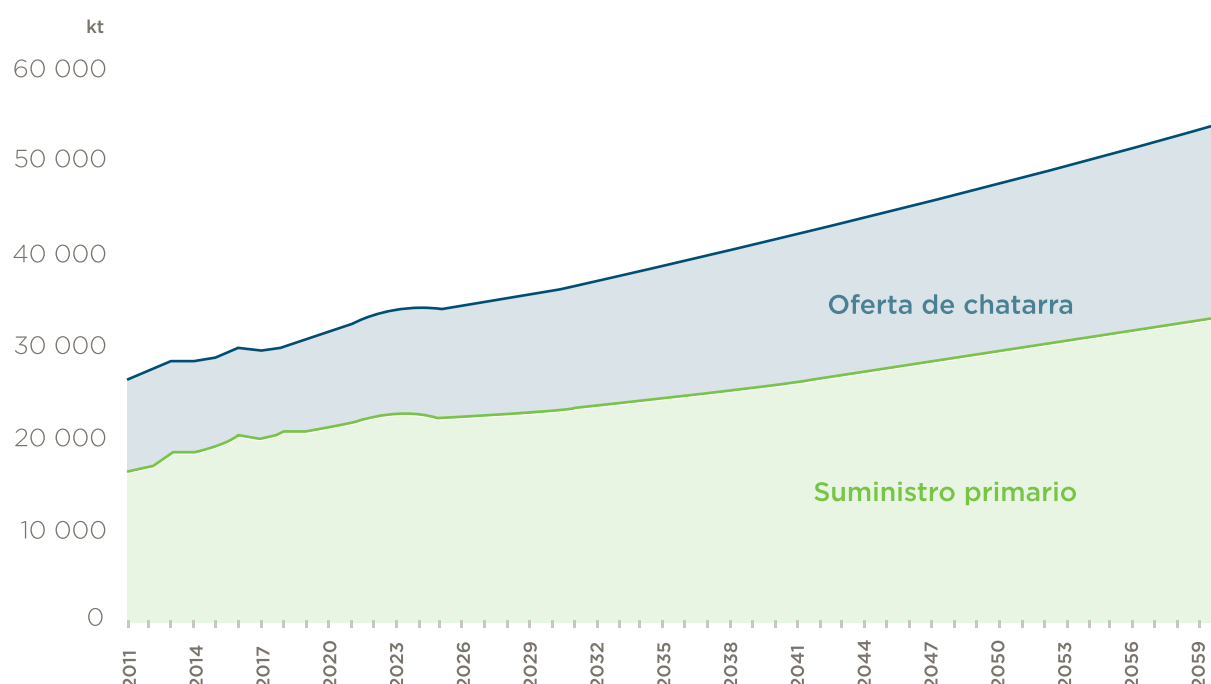


Figura 12 - Escenario de consumo de cobre global BaU (millones de toneladas de metal), basado en los cálculos de los autores.

Chile y Perú tienen las mayores reservas de cobre del mundo, y Chile es el mayor productor de cobre, generando el 21,5 % de la producción mundial.⁴⁵ La mayoría de los proyectos de minería de cobre en desarrollo en la actualidad se encuentra en ALC, y se espera que su producción duplique la producción de cobre primario en la región dentro de la próxima década.⁴⁶ Es incierto si los proyectos de inversión mantendrán una mayor concentración de producción en la región después de 2030, por lo que suponemos que el crecimiento de la producción será el mismo tanto para

ALC como para el resto del mundo hasta 2060. Siguiendo este enfoque, se espera que la producción anual de cobre de ALC aumente a más del doble para 2060, siendo de particular importancia la capacidad para reciclar chatarra.

La intensidad de carbono de la cadena de suministro del cobre es bastante similar a la del mineral de hierro (3,5 toneladas de CO₂/tonelada de cobre, en comparación con 3,0 toneladas de CO₂/tonelada de acero), aunque la distribución de las emisiones a lo largo de la cadena de suministro varía,

como se muestra en la Tabla 2. Este valor es similar, pero inferior, a la evaluación del ciclo de vida de la Asociación Internacional del Cobre para las emisiones globales de cobre de 4,2 toneladas de CO₂/tonelada, publicada en 2017.

En comparación con el mineral de hierro, nuestro estudio encontró que la extracción de cobre es aproximadamente 16 veces más intensiva en emisiones (0,727 tCO₂/t

A diferencia del hierro y el acero, la mayor parte de las emisiones en el ciclo de vida del cobre tienen lugar en ALC; el 85 % del cobre producido en la región se exporta como concentrado al 30 %. El volumen de concentrado exportado contribuye significativamente a las emisiones del transporte, que podrían reducirse aumentando la capacidad de refinamiento dentro de la región.

para el cobre, en comparación con 0,0442 tCO₂/t para el acero). Dicho esto, hay más puntos de datos disponibles para operaciones mineras de cobre individuales de la comunidad académica y los informes de CDP, lo que aumenta la confianza en nuestros resultados.⁴⁷ La transparencia en las emisiones de cobre a nivel de las minas es encomiable y sirve de ejemplo para la extracción del mineral de hierro. Por otro lado, las emisiones de fundición tienen menos de la mitad de la intensidad de carbono que la siderurgia, lo que refleja una tasa más alta de eficiencia y procesos menos intensivos en carbono, dada la ausencia del alto insumo de carbono del acero: el carbón metalúrgico. A pesar de su valor, se recicla menos cobre: solo entre el 35 %⁴⁸ y el 45 % de la producción mundial de cobre proviene de la chatarra.⁴⁹ La intensidad de las emisiones del proceso de reciclaje de cobre, sin embargo, es un orden de magnitud menor que la del acero.

Tabla 2 Base para el cálculo de las emisiones durante el ciclo de vida del cobre.

Proceso	tCO ₂ /t	Explicación	Fuentes
Bienes adquiridos por la empresa minera	0,035	Debido a la información limitada sobre las emisiones aguas arriba, se adoptó el mismo valor para el cobre que para el mineral de hierro.	Divulgación de Vale y BHP a CDP en 2019
Minería	0,727	Estas cifras son de un estudio de 2020 de Azadi et al que incluye datos de operaciones mineras en Chile. El estudio incluye datos sobre actividades mineras subterráneas y a cielo abierto; las emisiones directas (operativas) son de 2017 y las emisiones indirectas (generación de electricidad) son de 2009. Nuestro valor supone que la minería subterránea constituye el 30 % de la producción y la minería a cielo abierto, el 70 %.	Azadi, M. et al., Transparency on GHG emissions from mining to enable climate change mitigation. Nature Geoscience, 13(2), 100-104. (2020)
Siderurgia	2,410	Estas cifras son del estudio de Azadi de 2020. Este valor abarca las actividades de concentración y fundición en Chile, en las cuales se lleva el mineral a la etapa de cátodo. Las emisiones directas (operativas) son de 2017 y las emisiones indirectas (generación de electricidad) son de 2009. El valor chileno se usa en todo el estudio; aunque es probable que las emisiones varíen según la geografía, se requiere investigación adicional para definir la división de actividades y las emisiones subsiguientes por región.	Azadi et al (2020)
Transporte	0,021	El transporte se considera de forma limitada. Este valor abarca un viaje promedio de cobre en camión desde la región minera de Chile hasta el puerto, luego a Asia en barco. Para representar el transporte aguas abajo posterior, el 30 % del cobre se envía de China a Europa. No se tiene en cuenta el transporte adicional por carretera o ferrocarril, por ejemplo, para llevar los productos terminados al mercado, por lo que es probable que las emisiones estén subestimadas. Los factores de emisiones promedio se toman del Global Logistics Emissions Council Framework de 2019.	Smart Freight Centre, Global Logistics Emissions Council Framework, 2019.
Conformado y uso	0,28	Las emisiones relacionadas con el conformado y uso de productos de cobre varían ampliamente. Este valor se calcula a partir del promedio de emisiones reportadas en 2018 a Aurubis para las categorías de alcance 3 de Procesamiento de bienes vendidos y Uso de productos vendidos.	Divulgación de Aurubis a CDP en 2019.
Final de la vida útil	0,0846	Las emisiones relacionadas con el uso de productos de cobre varían ampliamente. Este valor se calcula a partir del promedio de emisiones reportadas en 2018 a CDP por Hyundai Steel Co, Vale y Tata Steel para las categorías de alcance 3 de Procesamiento de bienes vendidos y Uso de productos vendidos. Estas emisiones se normalizaron por las toneladas de mineral divulgadas en 2019 por cada empresa.	1. Simon Gloser et al. Dynamic Analysis of Global Copper Flows, 2013. 2. EPA de EE. UU., Base de datos de factores de emisiones de gases de efecto invernadero, 2018.
Toneladas totales de CO₂	3,56		

Trayectorias de emisiones de las cadenas de suministro del hierro y el acero de ALC para 2060

Siguiendo los tres escenarios descritos anteriormente, podemos explorar la evolución de las cadenas de suministro del hierro y el acero hasta 2060. Si bien hay una serie de mejoras previstas a lo largo de la cadena de suministro, el primer escenario considera una situación en la que no hay progreso hacia la descarbonización y la producción continúa de acuerdo con

nuestras proyecciones BaU. Este escenario refleja una línea de base, pero también una perspectiva donde falta el capital requerido para hacer estos cambios, o donde disminuye la presión de los inversionistas o usuarios finales para lograr los objetivos de descarbonización debido a una recesión económica u otra circunstancia imprevista, o a los efectos prolongados de la pandemia de COVID-19.

Como muestra la Figura 13, una falta en progreso casi duplicaría las emisiones de la cadena de suministro de mineral de hierro de ALC para 2060.

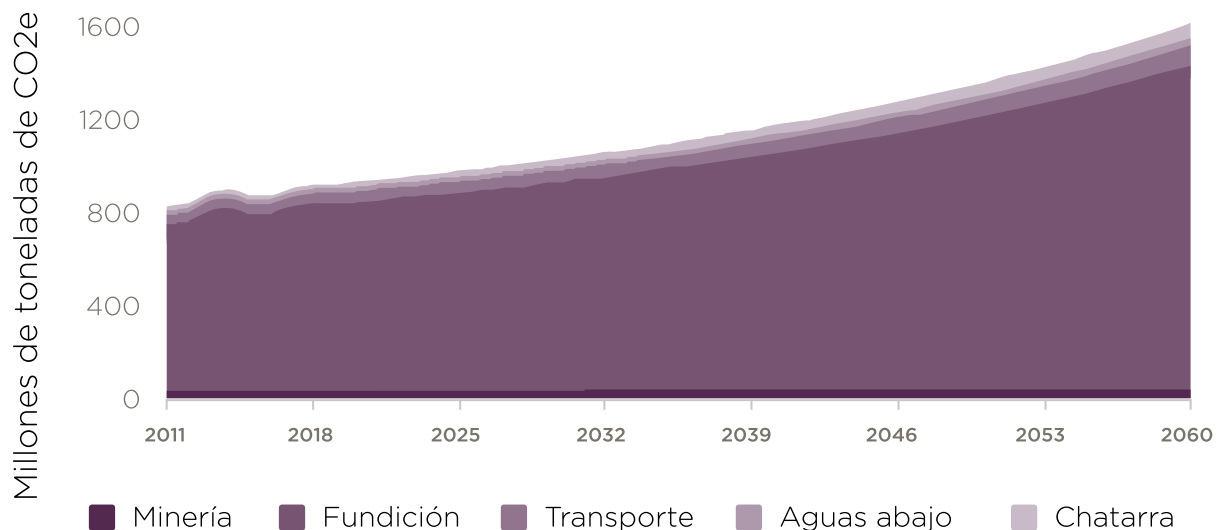


Figura 13 – Emisiones de la cadena de suministro de mineral de hierro de ALC sin implementación de los objetivos climáticos con las proyecciones de demanda actuales, según los cálculos de demanda de los autores y las estimaciones de emisiones que se muestran en las Tablas 1 y 2.

El segundo escenario refleja el potencial de descarbonización si la eficiencia y los avances tecnológicos previstos se cumplen plenamente en los escenarios de demanda proyectados. Por ejemplo, esperamos una formidable reducción del 50 % en la intensidad de la extracción de mineral de hierro debida a la adopción prevista de energía renovable en las operaciones mineras.⁵⁰ También consideramos una reducción del 20 % en la intensidad del transporte de larga distancia siguiendo la proyección de Mission Possible para mejorar la eficiencia; sin embargo, debe tenerse en cuenta que aquí no se considera la adopción de combustibles bajos en

carbono.⁵¹ Para el punto crítico de las emisiones del ciclo de vida en la siderurgia, tomamos una reducción del 10 % en función de las tendencias en el sector del acero.⁵² Incluso con las impactantes reducciones de intensidad de las mineras de ALC, los avances limitados en la fabricación de acero baja en carbono limitan la reducción en la intensidad de carbono de las cadenas de suministro del hierro y el acero de ALC al 11 % de los valores actuales para 2060. Esto conllevará un crecimiento del 72 % en las emisiones de las cadenas de suministro del hierro y el acero de ALC para 2060, lo que las sitúa muy por fuera del Acuerdo de París.

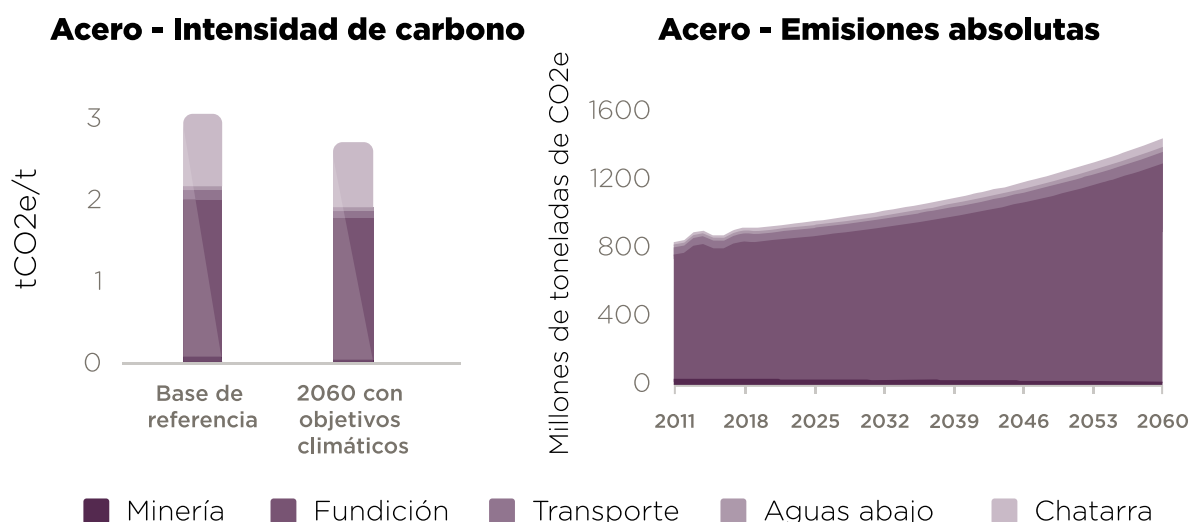


Figura 14 - Reducciones de la intensidad de las emisiones a lo largo del ciclo de vida del hierro y el acero de acuerdo con la descarbonización proyectada, según las fuentes que se muestran en la Tabla 1 (izquierda); emisiones totales del acero con la implementación de estrategias de descarbonización en escenarios de demanda BaU, según la Tabla 1 y los cálculos de demanda de los autores (derecha).

En el escenario final para el hierro y el acero, trabajamos hacia atrás desde el presupuesto de B2DS del sector del hierro y el acero para determinar cómo deben cambiar las intensidades de las emisiones en respuesta. Encontramos que, para lograr la reducción global del 90 % en las emisiones del sector⁵³, la intensidad de las emisiones del acero debe disminuir a 0,13 toneladas de

CO₂/tonelada, una reducción de más del 95 % en la intensidad de las emisiones en toda la cadena de suministro con respecto a los valores actuales. Este tipo de reducción implicaría importantes avances tecnológicos, un despliegue y adopción sustanciales de medidas políticas, y una amplia respuesta por parte de los consumidores para demandar y pagar por el acero bajo en carbono.

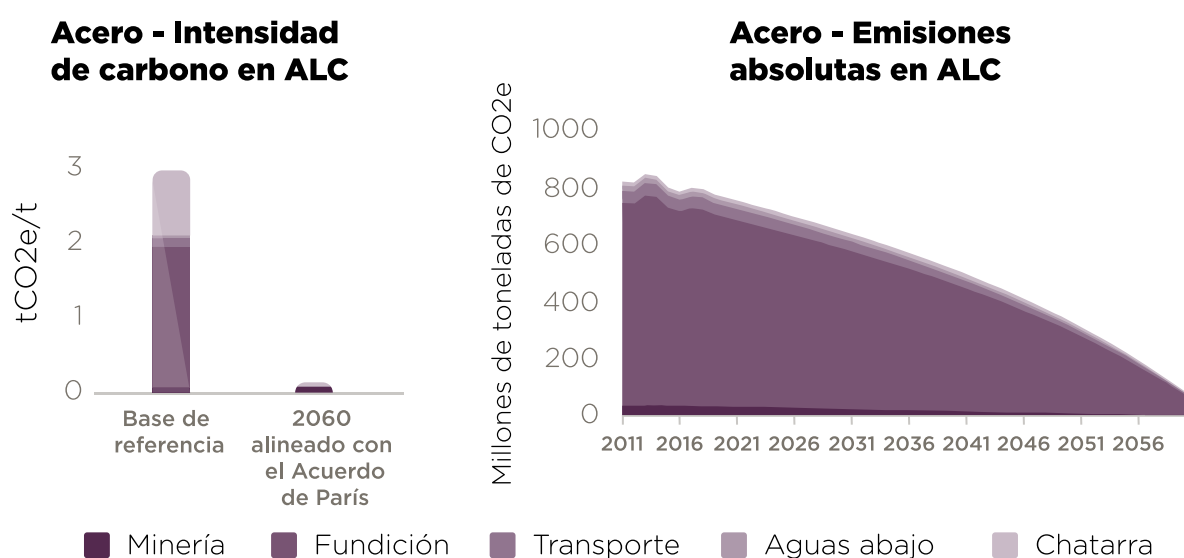


Figura 15 - Reducciones de la intensidad de las emisiones a lo largo del ciclo de vida del hierro y el acero necesarias para cumplir los objetivos del Acuerdo de París a volúmenes BaU, según las fuentes que se muestran en la Tabla 1 (izquierda); emisiones totales de hierro y acero en escenarios de demanda BaU alineados con el Acuerdo de París, según la Tabla 1 y los cálculos de demanda de los autores (derecha).

Trayectorias de emisiones de las cadenas de suministro del cobre de ALC para 2060

Replicando las tres trayectorias para las reducciones de emisiones analizadas para el hierro/acero, primero consideramos el

escenario en el que las intensidades de emisión actuales se amplían para satisfacer la demanda BaU hasta 2060. Aquí vemos la misma tendencia que con el acero, donde un aumento en la demanda global duplicaría con creces las emisiones anuales para 2060, como se muestra en la Figura 16 a continuación.

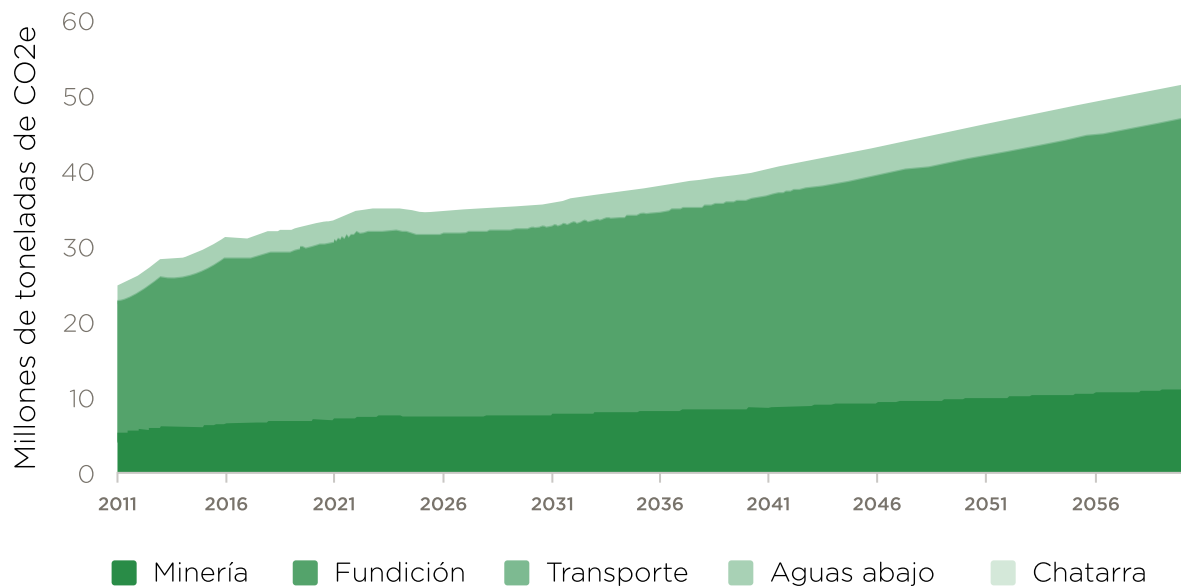


Figura 16 – Emisiones totales de cobre de ALC sin progreso hacia los objetivos climáticos, según las fuentes que se muestran en la Tabla 2 y los cálculos de demanda de los autores.

En el segundo escenario, estimamos las reducciones potenciales de la intensidad de las emisiones basadas en proyecciones de energía y tecnologías bajas en carbono, como una reducción del 50 % en la intensidad minera para 2060. Al igual que para la siderurgia, la energía renovable se adoptará en las operaciones mineras y de fundición, mientras que las emisiones del transporte se reducirán mediante gestión de la demanda y medidas de eficiencia. La implementación de estas soluciones tiene el potencial de reducir la intensidad de carbono del cobre en un 19 % para 2060. Si bien esta es una mejora significativa, dado el crecimiento de la demanda mundial, el resultado final es un aumento neto de las emisiones del 68 % para el sector del cobre de ALC.

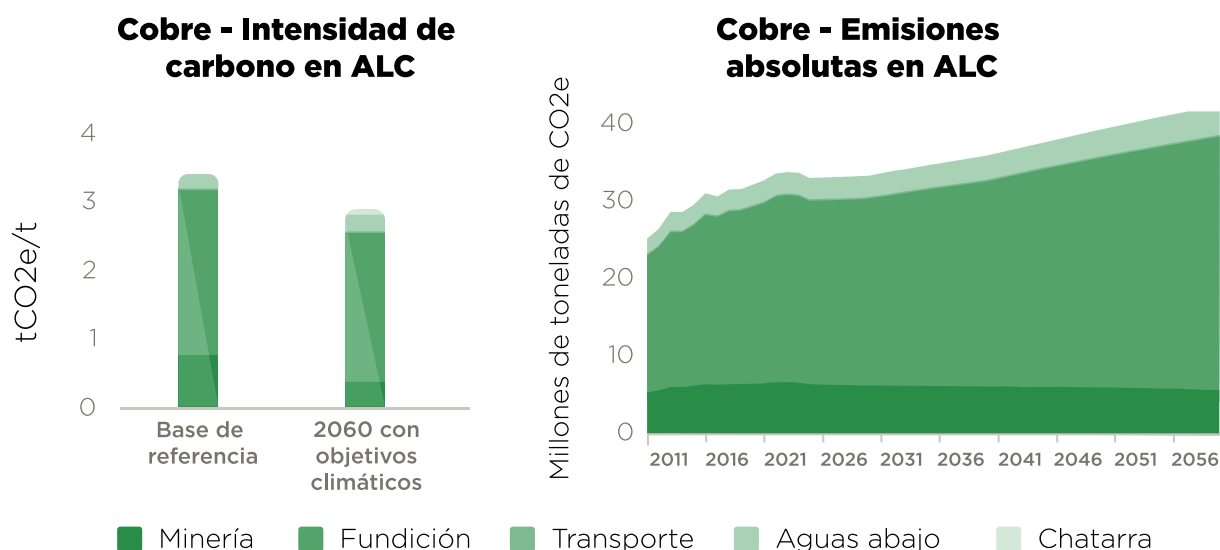


Figura 17 – Reducciones de la intensidad de las emisiones a lo largo del ciclo de vida del cobre de acuerdo con la descarbonización proyectada, según las fuentes que se muestran en la Tabla 2 (izquierda); emisiones totales del cobre con la implementación de estrategias de descarbonización en escenarios de demanda BaU, según la Tabla 2 y los cálculos de demanda de los autores (derecha).

Por último, consideramos las reducciones en la intensidad de las emisiones requeridas para el sector del cobre de ALC y su cadena de suministro para lograr los objetivos de París. Aquí vemos que, para alcanzar los objetivos de reducción del sector de materiales del 90 %, las cadenas de suministro de cobre que se originan

en ALC deberán disminuir colectivamente su intensidad en un 96 % a 0,13 g de CO₂/tonelada para alcanzar la demanda proyectada y cumplir con los objetivos del Acuerdo de París. Nótese que la intensidad se reduce en el mismo porcentaje en todos los pasos del proceso.

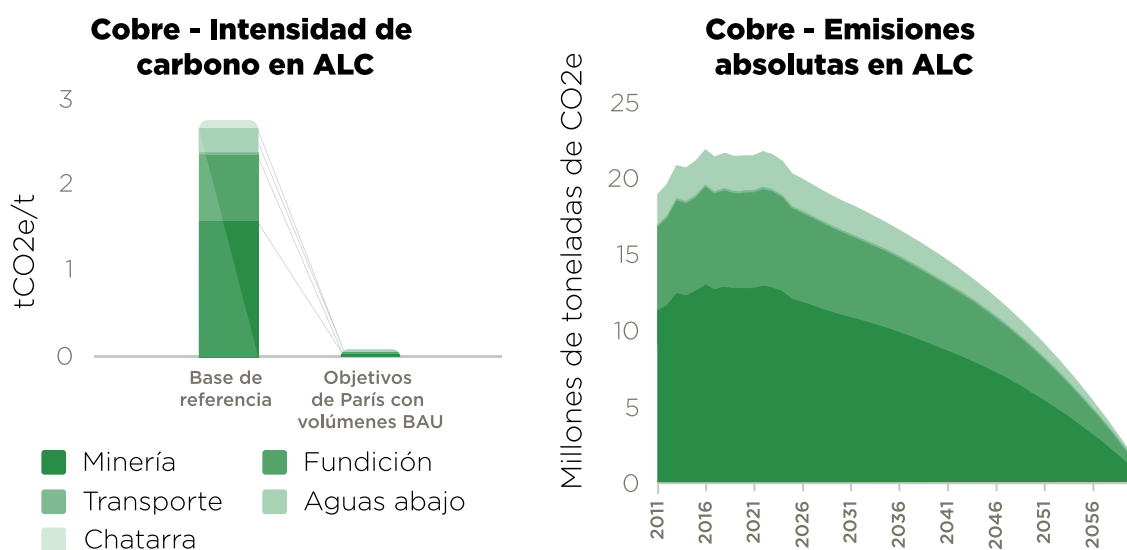


Figura 18 – Reducciones de la intensidad de las emisiones a lo largo del ciclo de vida del cobre necesarias para cumplir los objetivos del Acuerdo de París a volúmenes BaU, según las fuentes que se muestran en la Tabla 2 (izquierda); emisiones totales del sector del cobre en escenarios de demanda BaU alineados con el Acuerdo de París, según la Tabla 2 y los cálculos de demanda de los autores (derecha).

Conclusiones clave de los escenarios de demanda BaU

El aumento de la demanda se traduce en un crecimiento del suministro primario de ALC. Sin embargo, este crecimiento en la producción da lugar a un aumento insostenible de los impactos climáticos globales, incluso si se logran reducciones en la intensidad de las emisiones según lo proyectado por los actores clave en toda la cadena de suministro.

Una estrategia de reducción de la intensidad de las emisiones de carbono ofrece una reducción sustancial de las emisiones a nivel del producto, pero no brinda certeza de alineación de las emisiones absolutas de la cadena de suministro del cobre o el acero de ALC con los objetivos del Acuerdo de París dado el crecimiento en los volúmenes de producción.

Para imaginar un escenario que no dependa tanto de las compensaciones de carbono para lograr los objetivos climáticos globales, debemos imaginar un mundo en el que las cadenas de suministro de energía se descarbonicen sustancialmente. Todas las mineras, fabricantes, siderúrgicas y empresas de transporte deberían cambiar por completo a la energía hidroeléctrica, la energía nuclear o el hidrógeno verde; y casi todo el equipo basado en combustibles fósiles tendría que ser retirado de servicio. Esto es técnicamente posible, pero requiere un compromiso significativo por parte del sector público y privado, y una velocidad y escala de implementación en toda la cadena de valor que pocas veces se había experimentado antes.

El siguiente capítulo cuantifica las reducciones de emisiones que son posibles siguiendo un enfoque “desacoplado”, que pone énfasis en la reducción del suministro primario y las estrategias de economía circular como la eficiencia, la reutilización y el reciclaje como soluciones clave.

Capítulo 3 – La oportunidad de un escenario global desacoplado para las cadenas de valor mineras de América Latina y el Caribe

El capítulo anterior mostró que el escenario “BaU París” puede resultar en un perfil de emisiones alineado con los objetivos del Acuerdo de París, pero requerirá un nivel de esfuerzo y compromiso entre los actores de la cadena de valor nunca antes visto. Sin embargo, los escenarios “BaU” y “BaU posible” siguen sin cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Más allá de los impactos climáticos, estos escenarios podrían tener otro sinfín de impactos ambientales y sociales que pongan en peligro el progreso global hacia los ODS.

Este capítulo ofrece una visión alternativa: **un escenario “desacoplado” que reinventa el concepto de BaU para crear una nueva normalidad, en la que la demanda de materias primas disminuye y el uso eficiente, la reutilización y el reciclaje de materiales se convierten en estrategias clave para cumplir con la demanda global y los objetivos de emisiones.**

Esto significa que el consumo primario global de cobre y acero disminuiría para reflejar un

uso más productivo de los materiales a través de los principios de la economía circular; pero el uso de estos metales aumentaría mediante el diseño más eficiente de productos y nuevos modelos de negocios que permitan una reutilización y recuperación efectivas.

Si bien un escenario desacoplado puede parecer radical a nivel mundial, el desacoplamiento no tendrá un impacto grave en la producción primaria de cobre y mineral de hierro de ALC de inmediato, dada la posición de las operaciones mineras en ALC. Tanto las minas de cobre como las de mineral de hierro en Chile, Perú y Brasil aún pueden operar y crecer en un mundo global desacoplado.

Más aún, ALC tiene la oportunidad de convertirse en un actor importante en una economía de recursos desacoplados que se alinee con los límites planetarios, los ODS y los objetivos del Acuerdo de París. En un escenario desacoplado, ALC tiene las condiciones para transformarse en un centro global de soluciones y minería bajas en carbono. Esta hipótesis se cimienta en dos factores:

- La minería de cobre y mineral de hierro de ALC se ubica principalmente al comienzo de la curva de costos de oferta; y
- ALC tiene condiciones clave para respaldar una vía baja en carbono, como, por ejemplo, el acceso competitivo a soluciones basadas en la naturaleza, la capacidad de energías renovables y el potencial para producir hidrógeno verde.

Para comprender mejor el panorama de emisiones en un escenario de recursos desacoplados, nos basamos en los escenarios analizados en el capítulo anterior para desarrollar un cuarto escenario que ofrece una estimación preliminar de las reducciones de emisiones que podrían realizarse como resultado de estos cambios de paradigma. Aquí, mantenemos la intensidad de las emisiones reflejada en el potencial técnico respaldado por las empresas mineras y los grupos de reflexión (escenario 2: “BaU posible”), pero permitimos que se reduzca el volumen de metal primario y que las existencias de metal en la economía se compartan, reutilicen y reciclen a tasas

mucho más altas basándonos en el análisis realizado por el Panorama de los Recursos Globales 2019 del Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas.

Fuerzas que potencialmente impulsan un escenario desacoplado

Si el mundo decidiera seguir una agenda de desacoplamiento radical, en la que el aumento del PIB no se tradujera en un mayor consumo de metales primarios, los actores globales clave podrían optar por tomar las siguientes decisiones:

- **Empresas** - Apple, Tesla y otros siguen a Coca-Cola en un mundo de “devolución” o “entra uno/sale uno”, en el que la norma es la recuperación del 100 % de los productos después del uso.
- **Política** - Los esquemas de REP imponen tarifas basadas en la reciclabilidad del producto, lo que impulsa rediseños radicales de vehículos, productos electrónicos y baterías para permitir el desmontaje y el reciclaje y la reutilización de alta calidad.
- **Regulaciones** - El sector de la construcción e infraestructura regula la generación de residuos, con pasaportes de materiales que rastrean los materiales desde la fuente hasta el producto final, la nueva norma; los edificios se convierten en “bancos de materiales” registrados diseñados para su desmontaje y reutilización.
- **Adquisiciones** - Primero el gobierno y luego las grandes corporaciones con credenciales ecológicas adoptan estrictas reglas de adquisición, que estipulan estándares de contenido reciclado en edificios y productos.
- **Política** - La política de priorización del suministro nacional se vuelve cada vez más frecuente, según la cual se recompensa el suministro nacional de materiales reciclados (y empleos) sobre las fuentes importadas de materiales vírgenes.
- **Clima** - Se establece un objetivo científico de 1,5 °C para la industria minera, respaldado por un precio del carbono y subsidios para materiales reciclados, reutilizados y reconvertidos.

Independientemente de que ALC adopte o no un enfoque desacoplado, los consumidores finales de cobre y mineral de hierro de ALC buscarán alinear sus productos, actividades y cadenas de suministro con sus objetivos climáticos. Al mirar hacia abajo en la cadena de suministro del acero, los usuarios finales que planifican para 2050 podrían notar las observaciones de CDP de que, si bien el 60 % de las siderúrgicas han establecido objetivos climáticos, solo dos están encaminadas a cumplirlos.⁵⁴ Tras darse cuenta de que sus cadenas de suministro de materiales no cumplirán con sus expectativas, es probable que las empresas busquen materiales y diseños alternativos que faciliten la descarbonización, lo que podría percibirse como un riesgo para las operaciones mineras de ALC.

Los líderes de ALC ahora deberían comenzar a considerar cómo sería la estrategia de generación de valor más radical para la región si el mundo comenzara a adoptar el comportamiento descrito en el escenario anterior.

En 2019, el Panel Internacional de Recursos (PIR) de las Naciones Unidas, la autoridad científica mundial preeminente en el uso de recursos, publicó el análisis más completo hasta la fecha sobre los patrones de consumo y extracción de recursos globales, los impactos socioeconómicos y ambientales asociados y las soluciones de mercado para aumentar la eficiencia y reducir los residuos.⁵⁵

Sus conclusiones fueron claras: si el crecimiento se desacopla del consumo de recursos primarios, el mundo tiene una clara posibilidad de cumplir los objetivos de París y los ODS, y permanecer dentro de los límites planetarios.

Para llegar a estas conclusiones, el PIR modeló diferentes soluciones que reducirían la demanda y el consumo de recursos (biomasa, combustibles fósiles, metales y minerales no metálicos) en un 25 % para 2060 (en relación con un escenario basado en tendencias históricas), al mismo tiempo que se respaldaría un crecimiento económico del 8 % interanual. El centro de su tesis de desacoplamiento es la economía circular, con reducciones de suministro primarias derivadas de la eficiencia de los recursos lograda a través de estrategias de desmaterialización (ahorro, reducción del uso de materiales y energía) y rematerialización (reutilización, refabricación y reciclaje).

Para muchos, el término “economía circular” equivale simplemente a reciclaje. Pero, si se mira un poco más allá, se encuentra un sinfín de nuevos modelos y prácticas de negocios innovadores, todos diseñados para maximizar el valor de los materiales a lo largo de múltiples ciclos de uso. El surgimiento de una economía del uso compartido en el sector automotor, por ejemplo, ha desafiado las nociones arraigadas sobre la necesidad de poseer un automóvil. La recuperación y el reacondicionamiento en los sectores de la electrónica y las baterías darán como resultado que los productos de metal se “vendan” varias veces. Los métodos de construcción avanzados facilitarán enormemente la reutilización de materiales a través de unidades de construcción “modulares” preconfiguradas. Mientras tanto, las nuevas tecnologías, como la impresión 3D, ya están permitiendo reducciones de hasta un 70 % en los insumos de material virgen y reducciones de costos de hasta un 40 %.

Considérense las siguientes tendencias existentes:

- **Política** – Mercados clave como China, Japón e India están implementando políticas bajas en carbono, y el Pacto Verde Europeo movilizará EUR 10 000 millones

para inversiones en capital natural y economía circular para 2030.⁵⁶ Además, se han introducido más de 370 esquemas de REP en todos los continentes y en todos los mercados finales clave desde 1990, con lo cual se ha mejorado la gestión de residuos y el reciclaje.⁵⁷

- **Grandes consumidores** – La capitalización del mercado de los grandes consumidores de metales que ya han implementado estrategias avanzadas bajas en carbono, impulsadas por la economía circular, se estima en \$3 billones. Las empresas buscan maneras de reducir los riesgos de sostenibilidad en su cadena de suministro. Por ejemplo, Apple se ha comprometido a usar aluminio 100 % reciclado en sus productos y materiales no minados a largo plazo; BMW se está asociando con Umicore para trazar los materiales de las baterías hasta el nivel de la mina; y Volkswagen busca un suministro de cobalto sostenible por cinco años.⁵⁸

- **Finanzas** – Más de 1000 empresas han declarado su apoyo al Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con el Clima (TCFD), un programa para promover la transparencia climática en los informes financieros.⁵⁹ Hubo un aumento del 77 % en los activos globales administrados a través de estrategias sostenibles durante la última década. Las grandes instituciones financieras como ING, BNP Paribas y Blackrock ya están usando una lente de EC para desarrollar nuevos productos e instrumentos financieros que permitirán la transición.

- **Tecnología** – El Foro Económico Mundial ha identificado 100 “unicornios” potenciales con la capacidad de irrumpir significativamente en el sector minero (por ejemplo, Desktop Metal en impresión 3D, Sunray Ventures en reciclaje avanzado y Minespider en protocolo de *blockchain* para abastecimiento).

A fin de ilustrar la escala de la oportunidad, se estima que la economía circular podría generar \$4,5 billones en crecimiento económico para 2030 y hasta \$25 billones para 2050.⁶⁰ La Fundación Ellen MacArthur, un grupo de expertos con sede en Gran Bretaña que investiga la economía circular, estima que el valor total de las oportunidades circulares a nivel mundial podría llegar a los USD 700 000 millones anuales en ahorros de material. Como tal, es la oportunidad de un nuevo crecimiento en lugar de la amenaza de la regulación lo que impulsa a quienes buscan asegurar la ventaja de ser pioneros.

El efecto general potencial de la economía circular se modela como una reducción en la suma total de la oferta de chatarra y mineral primario, mientras que el consumo de metales podría seguir creciendo según BaU. Estas “cuñas” reflejan la oferta que podría ser sustituida progresivamente por aspectos de reutilización, nuevos usos y reducción (eficiencias) y otras soluciones de productividad de recursos respaldadas por políticas, tecnología, finanzas y nuevos modelos de negocios.

Basado en Hatfield-Dodds (2017), la base para su modelo, el Panorama de los Recursos Globales 2019 del PIR, desglosa el impacto total de estas cuñas de la economía circular de la siguiente manera:

- 7 % a través de la eficiencia de recursos;
- 46 % a través del impuesto a la extracción de recursos (en representación de cualquier política potencial sobre materias primas vinculada a la evolución de los esquemas de REP, por ejemplo); y
- 47 % a través de cambios en la demanda causados por políticas de economía circular.

Si, cuándo y en qué medida emergen estas fuerzas de desacoplamiento dependerá de la predisposición social, política y comercial a cumplir los objetivos del Acuerdo de París. ALC tiene una opción estratégica clara y una oportunidad única para comprender mejor las condiciones ganadoras en un escenario desacoplado y establecer las condiciones para construir la opcionalidad en una serie de escenarios alternativos.

Un sector del acero desacoplado

En el acero, ya están surgiendo las condiciones para la transición a un mundo desacoplado. La chatarra está cada vez más disponible y se usa cada vez más en BOF (siderurgia integrada). EAF está mejorando la calidad del acero que puede ofrecer y es probable que aumente su capacidad en el mercado. Más allá del reciclaje y la chatarra, los principales actores de los sectores de la automoción, la construcción y la tecnología

ya están aplicando modelos circulares que priorizan la eficiencia, la reutilización, la reparación y el reciclaje.

En este contexto, el mineral de hierro y el carbón metalúrgico se perciben cada vez más como “de difícil reducción”, y durante la próxima década generarán miles de millones en costos de carbono para los fabricantes de acero. Esto crea fuertes incentivos para que los grandes productores como POSCO, Arcelor, Tata y Nippon Steel implementen estrategias de transición que incluyan medidas de eficiencia, captura y almacenamiento de carbono (CCS) y sustitutos (por ejemplo, chatarra, carbón vegetal e hidrógeno). La siguiente figura muestra algunas de las áreas existentes en las que las siderúrgicas clave ya están tomando medidas para explotar la economía circular como un mecanismo de reducción de las emisiones de alcance 3.

Empresa y ventas (millones de CAD)	Emisiones de alcance 3 (millones de toneladas de CO ₂)*	Actividades bajas en carbono (alcance 3)
 CHINA STEEL 336	5,2	<ul style="list-style-type: none"> • Limitadas • Sin embargo, las empresas de hierro y acero siguen siendo los principales objetivos de rectificación para que China alcance su objetivo de reducción de emisiones, ya que la CCS sigue siendo una tecnología nueva • Industria del acero, objetivo del esquema de comercio de carbono de China
 333	4,4	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas bajas en carbono limitadas
 236	3,1	<p>Participante en la iniciativa COURSE50 de la industria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso ecológico: mejorar la eficiencia energética • Productos ecológicos: contribuir a reducciones cuando se usa acero en los productos finales • Solución ecológica: tecnología, transferencia y difusión <p>• Hidrógeno: transición a largo plazo</p>
 236	3,1	<ul style="list-style-type: none"> • Compensaciones: Participar en proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en el extranjero
 230	3,0	<ul style="list-style-type: none"> • Limitadas. Alineadas con COURSE50 de la industria japonesa
 979	12,8	<p>Participante en la iniciativa COURSE50 de la industria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso ecológico: mejorar la eficiencia energética • Productos ecológicos: contribuir a reducciones cuando se usa acero en los productos finales • Solución ecológica: tecnología, transferencia y difusión <p>• Hidrógeno: enfoque a largo plazo</p>
 762	9,9	<ul style="list-style-type: none"> • Cuatro áreas de implementación: acero verde, negocios verdes, vida verde, asociaciones verdes; el objetivo es convertirse en "Líder Global de Crecimiento Verde" • Hidrógeno: pilotos de 2018 a 2024, asociación con SSAB de Suecia • Compensaciones: plan para alcanzar 1,2 millones de toneladas de créditos en el extranjero a través de 19 proyectos MDL en Asia para 2023
 448	5,9	<ul style="list-style-type: none"> • Limitadas • Destacar la tecnología Corex1 como su iniciativa líder en sostenibilidad; uso de carbón de baja calidad; eliminar la necesidad de unidades de producción de coque
 335	4,6	<ul style="list-style-type: none"> • Líder (por bastante) en el espacio • Programa de investigación y demostración de EUR 250 millones para acero bajo en carbono • CCU (LanzaTech) • Eléctricas: Proyecto SIDERWIN de la UE - Acero libre de CO₂ • BioChar: Torero - primer piloto de biorresiduos de \$40 millones, en construcción • Piloto de H₂ • Inclusión de chatarra

Tabla 3 - Resumen de las acciones y planes clave de los productores de acero para reducir las emisiones.
Fuente: Trabajo de los autores.

El escenario de acero desacoplado se basa en el "Escenario sostenible" presentado en el Panorama de los Recursos Globales 2019 del PIR. Usando los supuestos generales del PIR como punto de partida, suponemos que el consumo total de materias primas (mineral de hierro y chatarra) aumenta en un 0,2 % anual entre 2020 y 2060. El mineral de hierro primario desciende

un -2,1 % anual, mientras que la chatarra aumenta un 3,0 % anual. Se supone que el mineral de hierro primario caerá al 30 % de la demanda para 2060. Se prevé que el uso de chatarra aumente del 23 % en 2020 al 70 %⁶¹ de la demanda total de materias primas para 2060. La producción de acero bruto aumenta un 1,02 % anual durante el período 2020-2060.

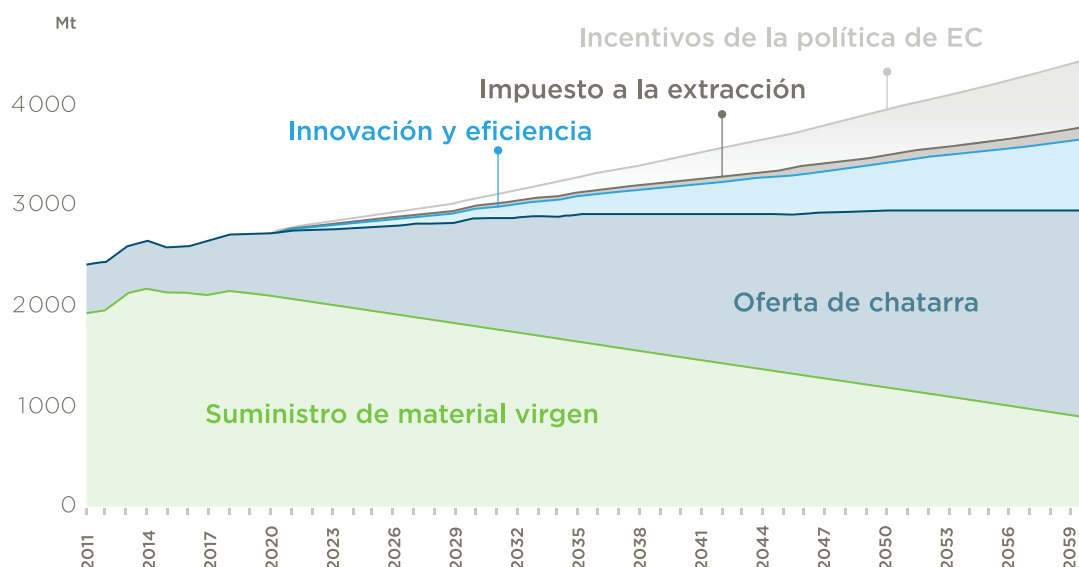


Figura 19 – Escenario mundial de acero desacoplado, según los cálculos de demanda de los autores.

En el escenario desacoplado, nos alineamos con la reducción requerida del 90 % en las emisiones del ciclo de vida del acero para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París. Esto requerirá una reducción del 93 % en la intensidad de las emisiones a lo largo de la cadena de suministro en comparación con los niveles de 2010 — menor que la reducción del 95 % requerida por el escenario 3, “BaU París”, el escenario alineado con el Acuerdo de París sin reducciones de volumen—. Reducir el suministro primario de hierro para reducir las emisiones totales aún requiere un

esfuerzo sustancial en la reducción de la intensidad del carbono para estar alineado con los objetivos del Acuerdo de París.

Si bien la diferencia entre la reducción requerida en la intensidad de las emisiones de los escenarios “BaU París” y “Desacoplado” es un pequeño cambio absoluto cuando se trata de lograr un objetivo tan ambicioso, los ahorros de emisiones de los volúmenes desacoplados son más evidentes cuando se considera un intervalo de objetivos de emisiones, como se ilustra a continuación:

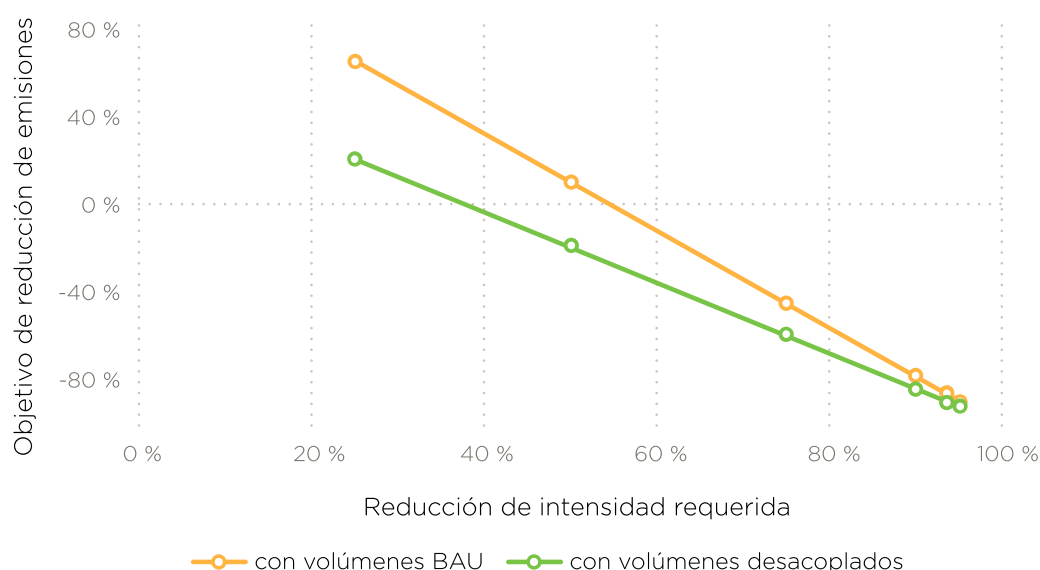


Figura 20 – Relación entre las emisiones y la reducción de la intensidad usando volúmenes BAU y desacoplados para el acero, según los cálculos de demanda de los autores.

El productor primario de mineral de hierro de ALC, Vale, se ha comprometido a reducir las emisiones de sus operaciones mineras en un 33 % antes de 2030 y a cero para 2050.⁶² Sin embargo, para que los consumidores finales alcancen sus objetivos climáticos, el sector minero deberá ir más allá de estos compromisos y reducir las emisiones, ya sea usando menos acero, más acero reciclado, menos acero virgen alto en carbono o nuevos sustitutos del acero, como materiales a base de grafeno. La tabla a continuación muestra las diferencias de volumen para los escenarios examinados en este documento:

	Volumen 2020 (Mt)	Volumen 2060 (Mt)	Diferencia porcentual
BAU virgen	2136	2356	9 %
Desacoplado virgen	2104	891	-136 %
Diferencia porcentual	-2 %	-164 %	
BAU chatarra	613,49	2087	71 %
Desacoplado chatarra	515,05	2078	75 %
Diferencia porcentual	-19 %	0 %	

Tabla 4 - Resumen de los cambios en los volúmenes de material virgen y chatarra para escenarios globales de acero, según los cálculos de demanda de los autores.

Las opciones de acero no basadas en carbón probablemente dependerán del gas natural a corto plazo, pasando a la biomasa como combustible provisional hasta que la economía del hidrógeno madure y finalmente supere a otros combustibles. Entendemos que la biomasa como fuente de acero bajo en carbono puede generar diferentes reacciones de las partes interesadas. Estamos analizando todas las alternativas disponibles y la biomasa es una de ellas, al menos a corto plazo y como transición.

Los productores actuales, principalmente en Asia y Europa, dependen en gran medida del carbón y no parecen tener las condiciones para desarrollar acero a base de gas, a base de biomasa o acero competitivo a base de hidrógeno a la escala y velocidad requeridas. ALC puede aprovechar esta situación y establecer las condiciones para apoyar la producción de acero verde. Brasil tiene el potencial de suministrar la biomasa necesaria para que el acero verde tenga éxito, si se abordan adecuadamente los problemas relacionados con el cambio en el uso de la tierra y la deforestación.

Acero - Intensidad de carbono - Global

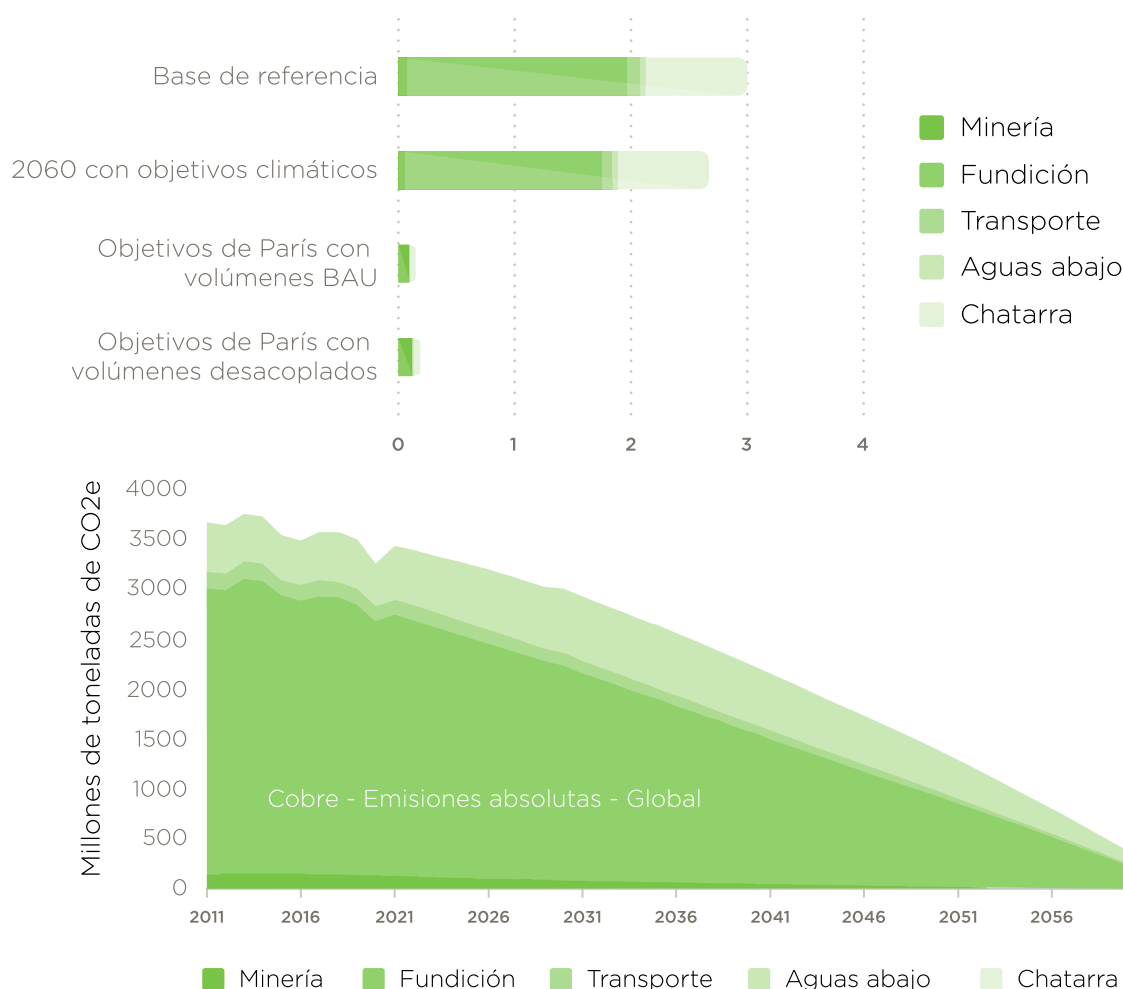


Figura 21 - Resumen de las reducciones de intensidad de emisiones requeridas por cada escenario, con el escenario desacoplado en la parte superior, según las fuentes enumeradas en la Tabla 1 (arriba); el potencial de reducción de emisiones para el hierro y el acero en el escenario desacoplado, según la Tabla 1 y los cálculos de demanda de los autores (abajo).

Un sector del cobre desacoplado

El caso del cobre es diferente del hierro y el acero. Se requiere cobre en grandes volúmenes para electrificar la economía baja en carbono. En muchos escenarios BaU, el suministro de cobre primario se duplicará con creces para 2040. A diferencia del acero, la mayoría de las emisiones en la cadena de valor del cobre se producen durante la minería. Las emisiones del reciclaje siguen siendo bajas en términos de intensidad de carbono por tonelada procesada. Si las fuerzas de desacoplamiento explicadas anteriormente maduran y se consolidan lo suficientemente rápido (es decir, entre

2030 y 2040), el reciclaje podría encontrar suficiente apoyo para desempeñar un papel mucho más importante que en la actualidad. Además, podrían desarrollarse nuevos modelos de recuperación, reutilización y reacondicionamiento (reparación). Algunas de estas tendencias ya están tomando forma hoy. Por ejemplo, Audi se ha asociado recientemente con Umicore y Aurubis con Grillo Werke AG y Deutsche Telekom AG, lo que da cuenta de la predisposición del mercado a explorar modelos de recuperación de circuito cerrado. Las tablas que siguen muestran la manera en que ya están operando algunos actores del cobre a lo largo de la cadena de valor:







Empresa y ventas (miles de toneladas)	Emisiones de alcance 3 (toneladas de CO2)*	Actividades bajas en carbono (alcance 3)
 262 Aurubis	299 873	<ul style="list-style-type: none"> Soluciones de reciclaje: Se ha fijado el objetivo de usar un volumen mayor de materias primas secundarias complejas además de materias primas de cobre, extrayendo muchos metales además del cobre para que estos metales sean útiles para la sociedad El reciclador de cobre más grande del mundo Iniciativas de economía circular Emisiones de CO2: objetivo de reducción > 100 000 t para el año fiscal 2022/23 (año fiscal base: 2012/13)
 61 Yunnan	79 146	<ul style="list-style-type: none"> Miembro de Copper Alliance Tecnologías avanzadas de fundición de cobre Otros
 61 Xiangguang	70 210	<ul style="list-style-type: none"> Advanced copper smelting technologies Other
 58 Sumitomo	66 890	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologías avanzadas de fundición de cobre Otros
 48 LS-Nikko	55 083	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologías avanzadas de fundición de cobre Otros
 48 Jinlong	54 348	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologías avanzadas de fundición de cobre Proveedor de soluciones de materiales, enfoque en I+D - eficiencia energética - enfoque ecológico

Tabla 5 - Resumen de las medidas y planes clave de las fundiciones de cobre y los fabricantes de productos intermedios para reducir las emisiones. Fuente: Trabajo de los autores.


	Empresa	Descripción	Potencial para Teck
Industry associations		1. Institute for Responsible Mining Assurance: se centra en el abastecimiento responsable y la certificación/estándares de la industria	Investigar la colaboración para definir el potencial de "alcance 4/carbono evitado" para los productos de cobre
Entorno construido	 	1. Nexans se asoció con Codelco para crear un mercado del cobre más trazable y transparente. 2. El objetivo es desarrollar e implementar procesos ecológicos, éticos y útiles para la comunidad en la industria del cobre, y promover prácticas sostenibles.	Áreas de enfoque que vale la pena explorar: • Potencial para posicionar a Teck como el proveedor preferido de cobre para las empresas con visión de futuro • Vender solo a los fabricantes de cobre más eficientes
Automotriz	   	1. Asociación de BMW y Codelco para obtener cobre transparente y sostenible 2. VW prevé un ahorro de EUR 2000 millones para 2025 para acelerar el reciclaje y la reutilización en los automóviles eléctricos 3. Tesla busca ir directamente a la fuente de materiales críticos, es decir, minería del litio en Bolivia	• Teck se asocia con refinerías y clientes finales para proporcionar cobre de menor intensidad, a partir de la baja intensidad de producción existente de Teck.
Tecnología	   	1. Apple: objetivo de productos 100 % no minados. Incrementar y certificar el contenido reciclado en los metales que obtenemos. También buscamos comprar metales directamente a las mineras para garantizar la provisión (cobalto) 2. HP continuará con la transición de nuestra empresa y nuestros clientes a una dinámica circular de "fabricar, usar, reutilizar", y su objetivo es ser un actor clave en la impresión 3D de metal 3. Para 2020, Dell Technologies cerrará el ciclo en todos los equipos Dell usados 4. Mitsubishi: Para 2021: Cierre completo del ciclo y 50 % de los ingresos del "modelo de producto como servicio"	Gran impulso de los actores del sector tecnológico hacia productos y servicios de la economía circular: • ¿Cómo puede Teck posicionarse en este sector empresarial en crecimiento? • ¿Qué asociaciones con refinerías existentes y potencialmente con recicladores se requieren?

Tabla 6 - Resumen de asociaciones entre cadenas de valor para reducir las emisiones a través de medidas de economía circular. Fuente: Trabajo de los autores.

Al igual que en el escenario desacoplado del acero, usamos los supuestos básicos del PIR como punto de partida para definir el escenario desacoplado del cobre global. En este escenario, el consumo total de cobre primario y de chatarra aumentará un 0,2 % anual entre 2030 y 2060. El cobre primario desciende un -2,2 % anual y la chatarra

aumenta un 2,3 % anual. Se supone que el cobre primario disminuirá al 30 % de la demanda total de cobre durante el período 2030-2060. Se prevé que el uso de chatarra aumente del 37 % en 2030 al 70 % de la demanda de cobre para 2060. Se prevé que la demanda de cobre refinado crecerá a un 0,8 % anual durante el período 2030-2060.

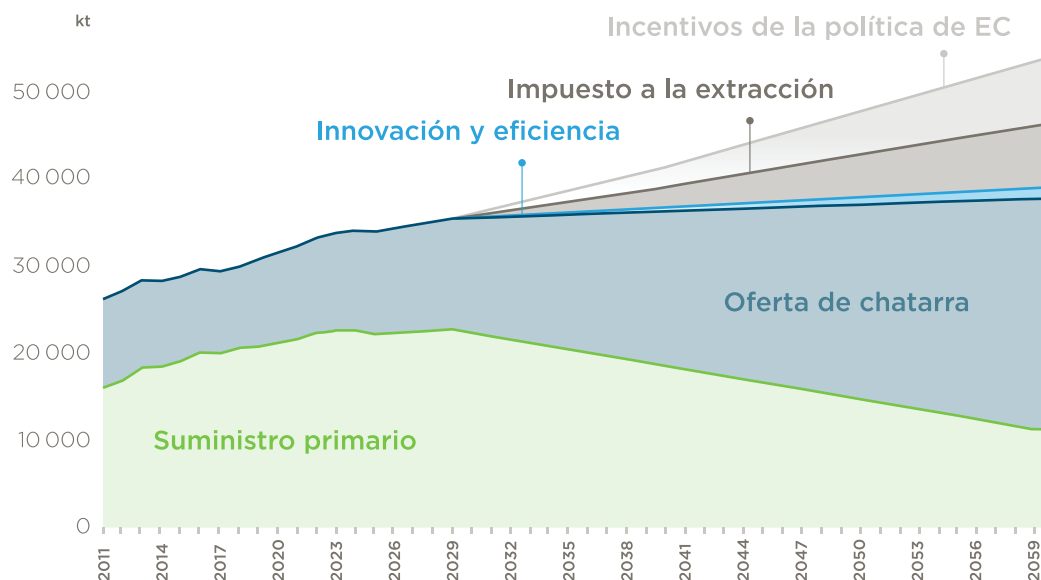


Figura 22 - Escenario global desacoplado del cobre, según los cálculos de demanda de los autores.

Nuestro estudio muestra que un escenario desacoplado para el cobre requeriría una reducción de la intensidad de carbono del 87 % en comparación con los valores de 2010, menor que la reducción del 95 % requerida por el escenario BaU alineado con el Acuerdo

de París ("BAU París"). Nuevamente, aunque una diferencia absoluta del 8 % no parece grande, la diferencia es más pronunciada cuando se ve como una relación entre los objetivos y la reducción de la intensidad, como se muestra a continuación.

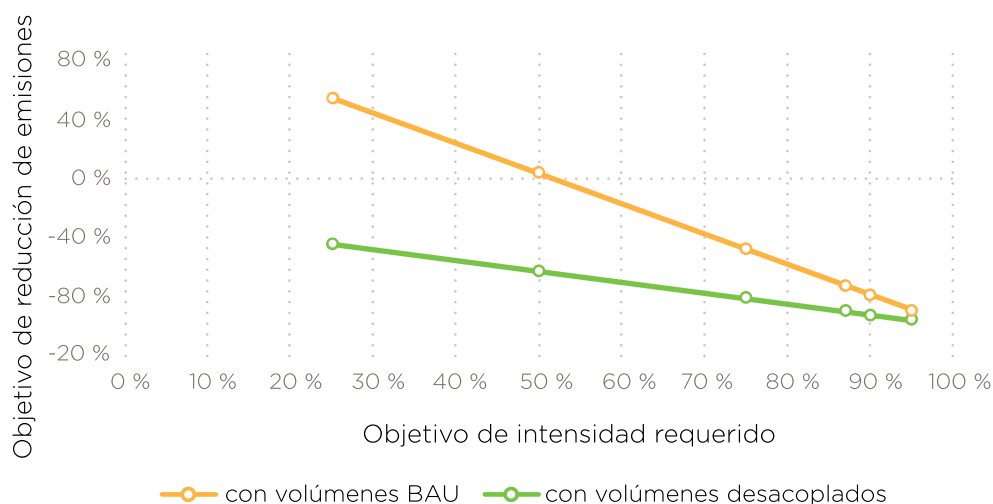


Figura 23 - Muestra la relación entre las emisiones y la reducción de la intensidad usando volúmenes BAU y desacoplados de cobre, según los cálculos de demanda de los autores.

Como se analiza con más detalle en la siguiente sección, las actividades mineras de cobre con mayor intensidad de emisiones provienen en gran medida de los combustibles fósiles usados para el transporte de materiales. En comparación con los avances tecnológicos necesarios para la producción de acero bajo en carbono, las opciones de transporte descarbonizado son mucho más avanzadas. Los biocombustibles producidos de

manera sostenible podrían servir como una fuente de combustible bajo en carbono, reflejando las soluciones propuestas para el acero brasileño, así como los productos de baterías y paneles solares por los que se conoce a la región.⁶³ Los cables en catenaria aéreos también son una opción para el transporte de cobre y ya se están implementando en proyectos piloto para el transporte de camiones pesados.

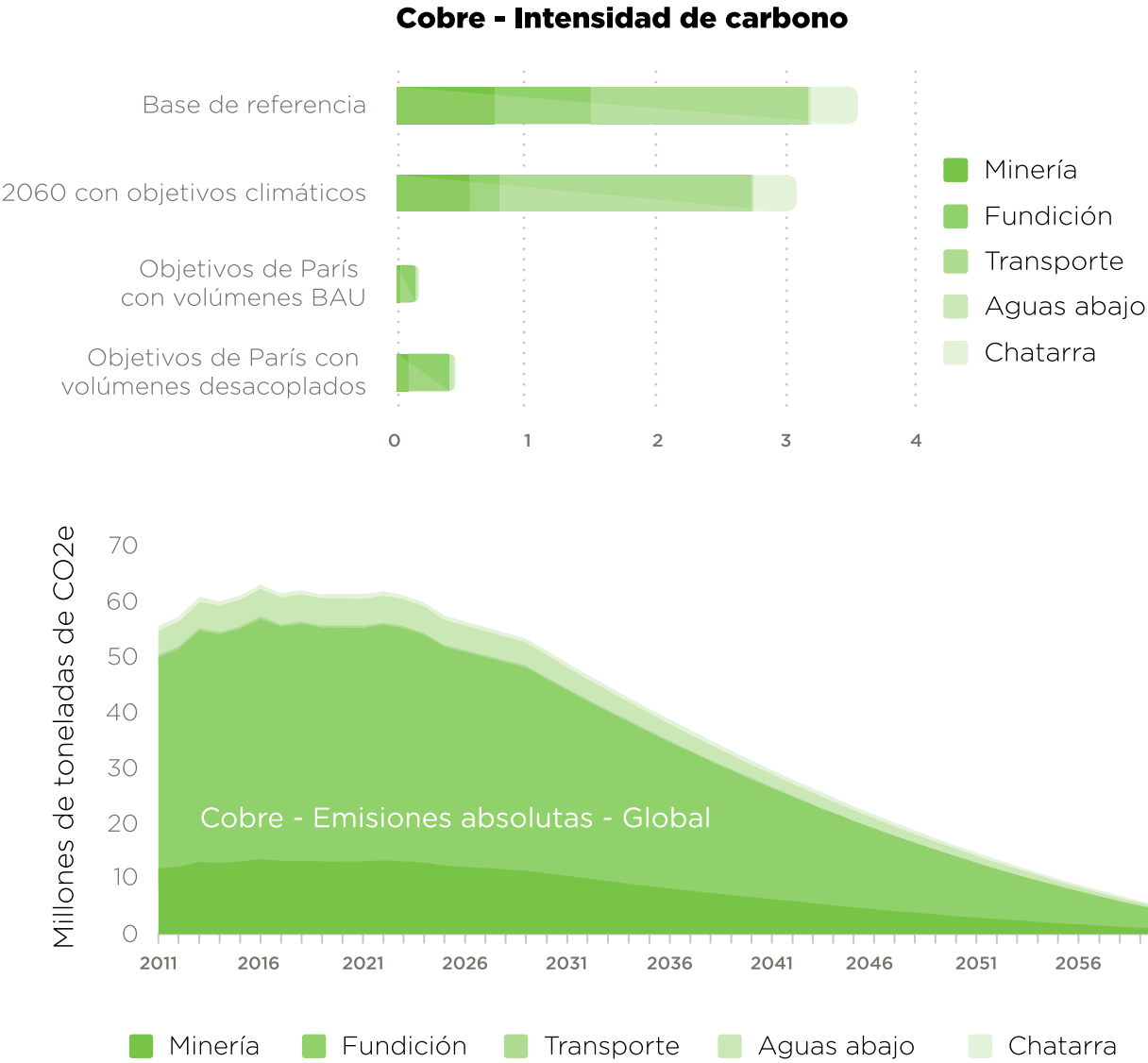


Figura 24 – Resumen de las reducciones de intensidad de emisiones requeridas por cada escenario, con el escenario desacoplado en la parte superior, según las fuentes que se muestran en la Tabla 2 (arriba); y potencial de reducción de emisiones de cobre en el escenario desacoplado, según la Tabla 2 y los cálculos de demanda de los autores (abajo).

Conclusiones clave del escenario desacoplado

Al contrario de lo que podría esperarse, el desacoplamiento no tendrá un impacto grave inmediato en la producción primaria de cobre y mineral de hierro de ALC, dada la posición de las operaciones mineras en la región. Tanto las minas de cobre como las de mineral de hierro en Chile, Perú y Brasil aún pueden operar y crecer en un mundo global desacoplado. Sin embargo, la transición a un mundo desacoplado abrirá muchas más oportunidades que el simple sostenimiento de la producción primaria. Para aprovechar plenamente estas nuevas oportunidades, es necesario desarrollar una cadena de valor local baja en carbono en ALC mientras se impulsa una

rápida reducción de la intensidad de las emisiones, que se explora con más detalle en la siguiente sección.

Desacoplar el creciente consumo de metal del suministro primario no conduce a la reducción requerida de emisiones absolutas para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, a menos que las intensidades de emisiones también se reduzcan sustancialmente. Si bien no definimos qué socios de la cadena de suministro son responsables de la descarbonización, hay claros puntos críticos en los ciclos de vida del cobre y del hierro/acero. Para el hierro y el acero, estos son los procesos de fabricación de acero y reciclaje; mientras que para el cobre, son la minería y la fundición. Los aprendizajes se pueden compartir entre las dos industrias, especialmente en torno a las opciones de energías renovables para los equipos de minería y transporte.

Capítulo 4 – ¿Puede América Latina y el Caribe convertirse en un centro global de soluciones y metales bajos en carbono?

A nivel mundial, ALC es una región clave en términos de reservas y producción mineras. Chile es el principal productor mundial de cobre, Brasil es el tercer productor mundial de hierro, México es el principal productor mundial de plata, el quinto productor mundial de molibdeno y plomo, y Perú es uno de los principales productores de plata, cobre, oro y plomo.

Reservas minerales mundiales por región

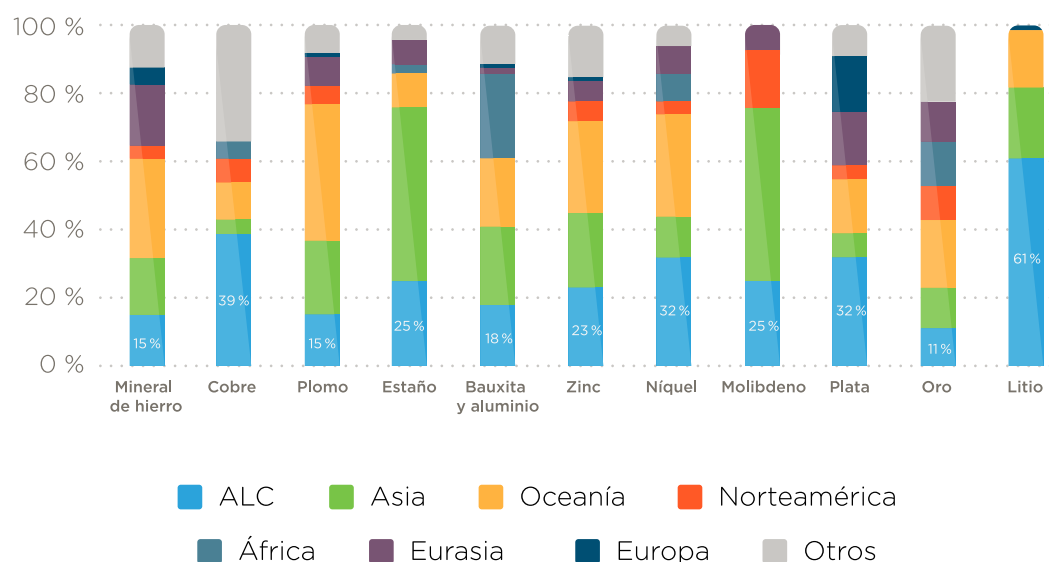


Figura 25 – Reservas minerales mundiales por región. Fuente: Cepal, 2018

Entre 2004 y 2014, la inversión en exploración de minerales no ferrosos en la región aumentó de USD 2000 millones a USD 18 000 millones⁶⁴, y entre 2003 y 2017 ingresaron a la región USD 171 000 millones de IED en minería, especialmente concentrada en Chile (40 %) y Brasil (24 %).

Las exportaciones mineras de ALC se valoraron en USD 170 000 millones en 2017, lo que representa el 17 % del total de las exportaciones regionales. Las exportaciones relacionadas con el cobre, el hierro y el acero representaron el 57 % de las exportaciones mineras de la región para 2015-2017.⁶⁵

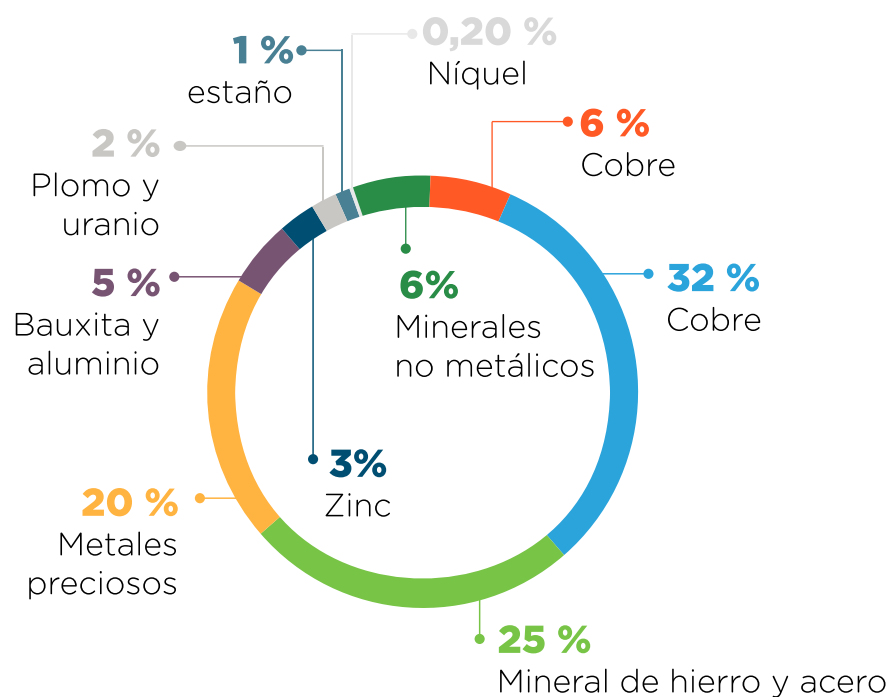


Figura 26 - Importancia de los minerales en las exportaciones mineras totales de ALC. Fuente: Cepal, 2018

Además, la minería representa más del 10 % del producto interno bruto (PIB) de países como Chile, Perú, Bolivia y Colombia, y es una fuente importante de ingresos gubernamentales.

El último superciclo de precios de productos básicos mejoró los términos

de intercambio, aumentó los ingresos y volúmenes de exportación, generó ingresos extraordinarios e impulsó el crecimiento económico, pero no condujo a la diversificación productiva. En este sentido, la posición de la región como exportadora neta de minerales se ha mantenido constante a lo largo del tiempo.

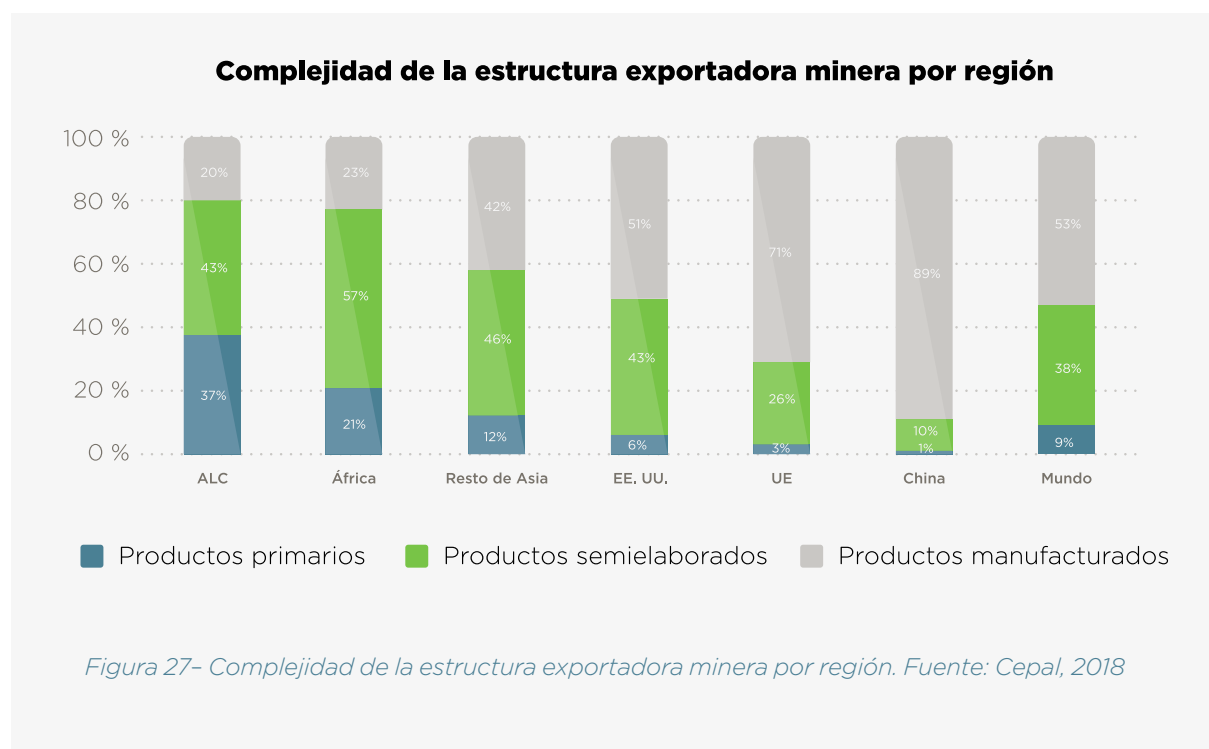


Figura 27- Complejidad de la estructura exportadora minera por región. Fuente: Cepal, 2018

Al mismo tiempo, el sector minero de ALC ha creado una base industrial a gran escala, que comprende vínculos productivos sofisticados que son fundamentales para el desarrollo de clústeres mineros. Esto incluye servicios y productos que generan mayor productividad, con mejor

desempeño ambiental y soluciones para minería de bajas emisiones. En Chile, por ejemplo, el sector minero comprende a más de 5000 proveedores, que en 2018 vendieron más de USD 35 000 millones y exportaron más de USD 500 millones.⁶⁶

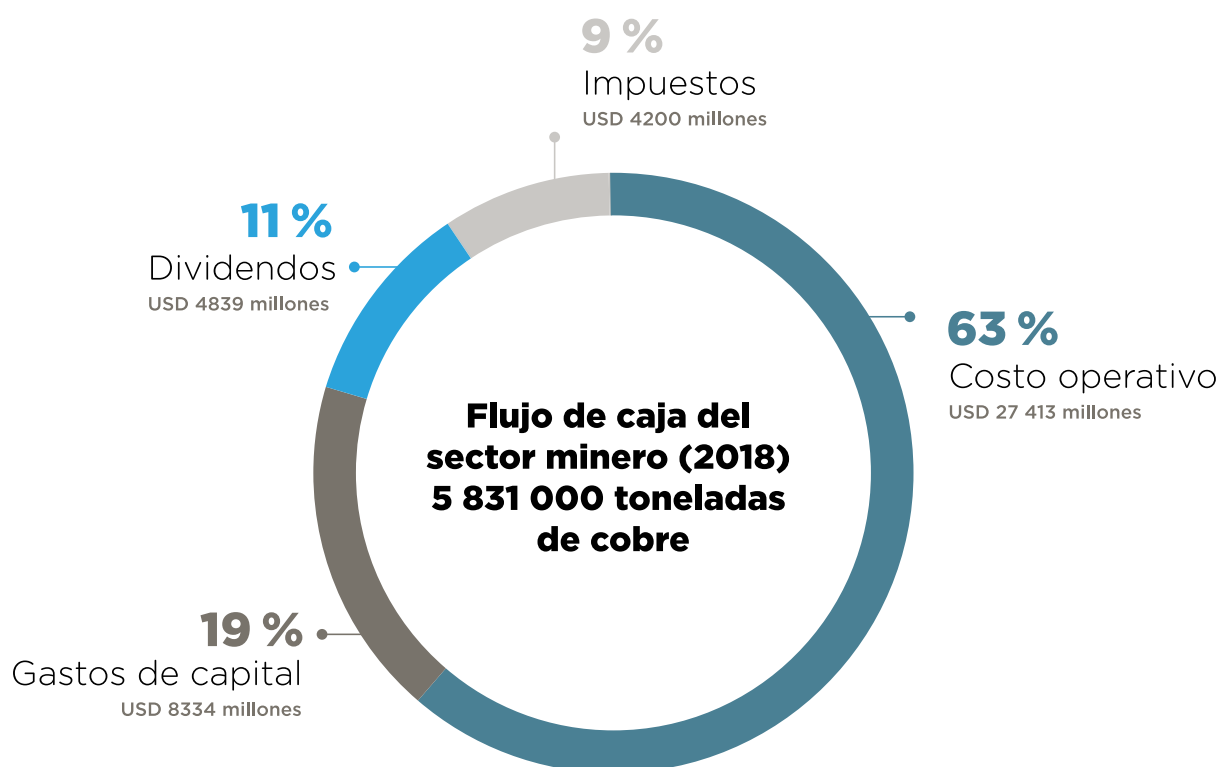


Figura 28 – Flujo de caja del sector minero chileno (2018) Fuente: Consejo Minero de Chile (2019) “Cifras Actualizadas de la Minería”

Fomentar estos clústeres mineros basados en el conocimiento es un proceso crucial para que los países líderes en recursos de ALC evolucionen hacia economías más sofisticadas y productivas. Esta evolución incluiría procesos de minería bajos en carbono y soluciones bajas en carbono, como los servicios basados en la naturaleza, el hidrógeno verde o los servicios de trazabilidad, como se describe en este capítulo.

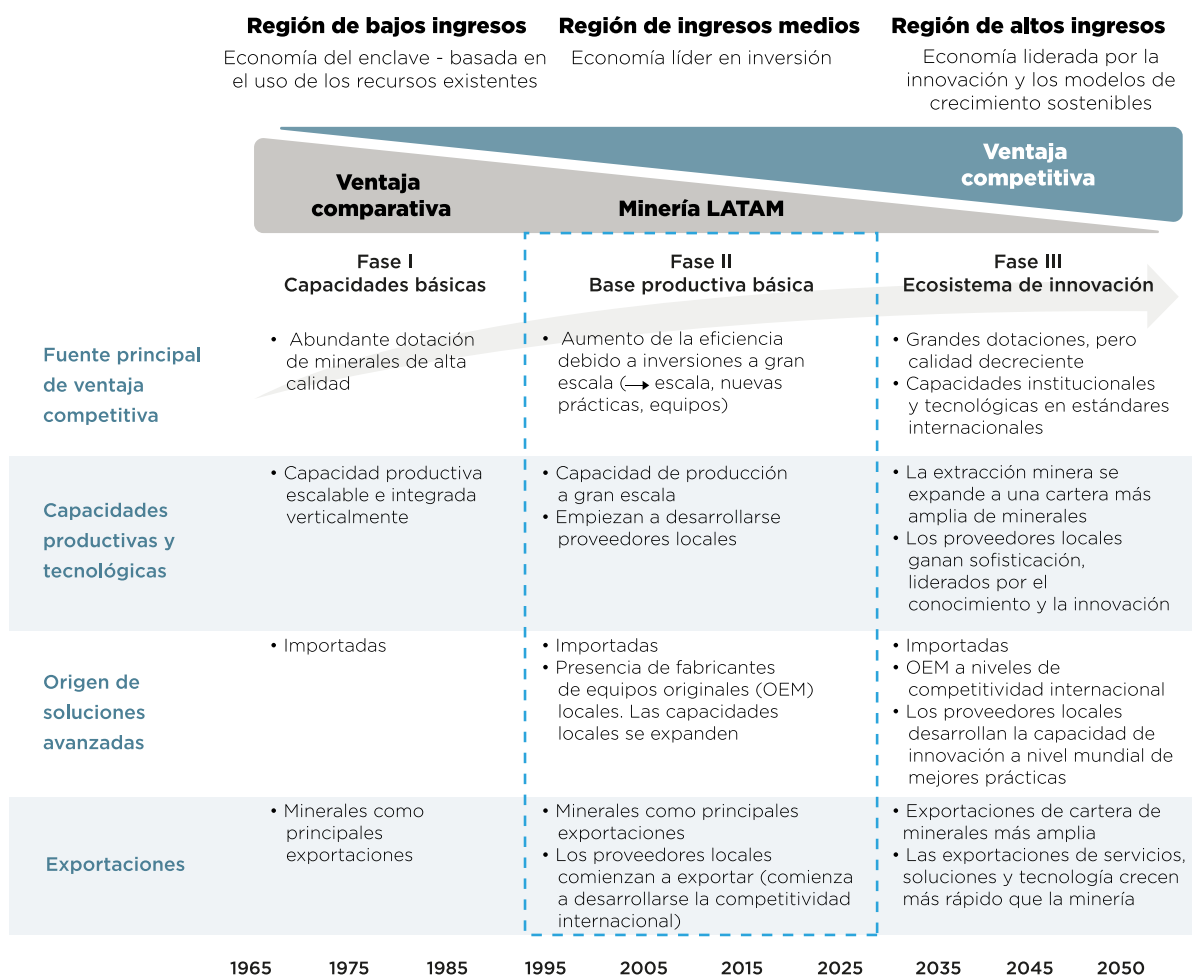


Figura 29 – De la base productiva básica a un ecosistema de innovación. Fuente: Adaptado de Urzúa, O (2020)⁶⁷

Posición competitiva de la minería de ALC para liderar la transición a un centro global de soluciones y minería bajas en carbono

Los primeros análisis sugieren que si el mundo decide reducir las emisiones reduciendo la intensidad de carbono por tonelada producida y reduciendo el consumo de metales de la producción primaria (en este informe, cobre y mineral de hierro), el sector minero de ALC estaría en ventaja. Más aún, **dada su posición competitiva en la curva de costos y la abundancia de factores facilitadores de bajas emisiones de carbono, la región puede convertir las amenazas de cualquiera de los escenarios presentados en este informe en una opción**

de crecimiento, siempre que la región sea proactiva en la implementación del conjunto adecuado de medidas.

Incluso en el caso extremo de un escenario “desacoplado”, la reducción en los volúmenes globales se traduciría, contrariamente a la intuición, en una mayor participación de mercado de suministro de cobre y mineral de hierro de ALC. A medida que el suministro primario disminuya en el largo plazo, las operaciones que salgan de la curva de oferta serían desde fuera de la región. Esto permite que la oferta de las operaciones de ALC siga creciendo como se esperaba en un escenario BaU hasta finales de la década de 2030; también permite que la región aumente su participación de mercado a largo plazo en el mercado global de suministro primario.

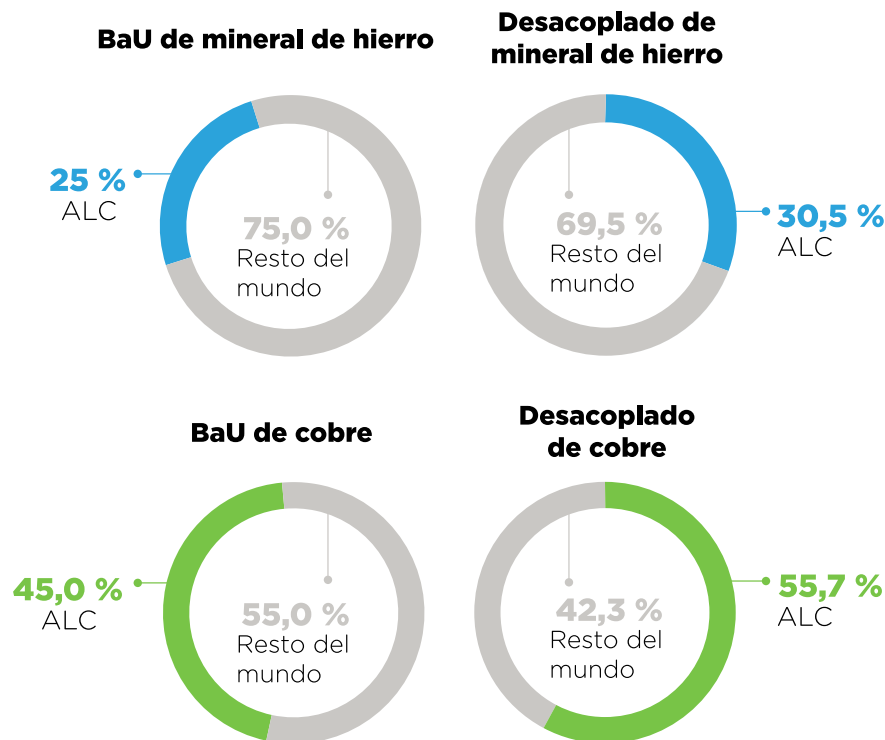


Figura 30 – Participación del mercado mundial de cobre y mineral de hierro entre ALC y el resto del mundo

Dada la posición competitiva de las operaciones mineras de ALC en la curva de costos, una reducción global en el consumo primario se traduciría en una mayor participación de mercado para los proveedores de ALC, tanto de cobre como de mineral de hierro, como muestra la Figura 31. Esto haría que su producción minera fuera más relevante desde un

punto de vista puramente competitivo; lo que es más importante, dada la dotación ambiental en ALC que representa la base para desarrollar de manera competitiva servicios bajos en carbono, podría convertir el suministro primario tradicional en un tipo único de suministro primario bajo en carbono y de bajo costo.

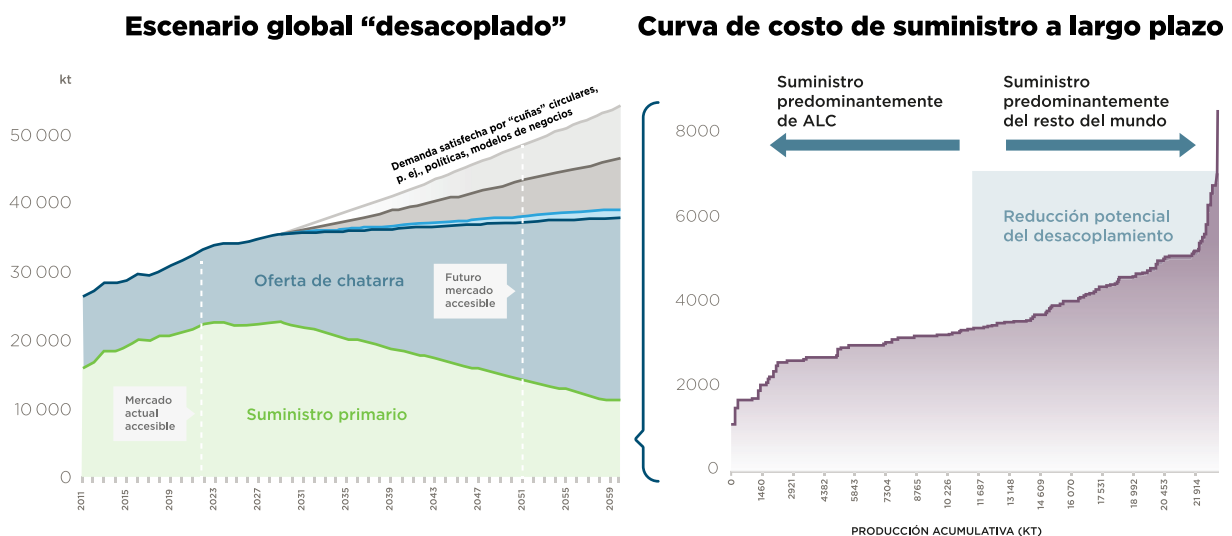


Figura 31 – Una reducción en el suministro primario de cobre global impacta la producción de metal en otros lugares antes de afectar significativamente el suministro de ALC. Hasta la década de 2030, ALC crece como en el escenario BaU. Fuente: Trabajo de los autores.

En un escenario desacoplado, la región de ALC puede convertirse en un proveedor más destacado de minerales primarios. También puede cosechar los beneficios de desarrollar la infraestructura y las capacidades para satisfacer la creciente demanda de “soluciones bajas en carbono”, al servicio de la industria minera y más allá. **ALC tiene las condiciones necesarias para convertirse en un proveedor global competitivo de estas soluciones bajas en carbono.**

La combinación de su posición competitiva en la curva de costos de suministro global y la disponibilidad de factores facilitadores de bajas emisiones de carbono, como las energías renovables de bajo costo, puede permitir que la región de ALC acceda no solo al mercado de minerales primarios, sino también a un mercado mucho más grande y creciente de metales bajos en carbono y de soluciones bajas en carbono. Obviamente, esto es atractivo desde el punto de vista fiscal y de creación de empleos, pero también puede servir como plataforma para una transición estructural de la economía regional, permitiéndole aprovechar mejor su valiosa base de recursos.

Potencialmente, ALC puede pasar de una economía impulsada por los recursos a una economía desmercantilizada impulsada por la innovación.

Como fuente de minerales ecológicos, la región puede proporcionar el suministro que necesitan los productos ecológicos. Sin embargo, también crea una oportunidad para desarrollar las capacidades para adoptar otras iniciativas clave en la economía circular baja en carbono, lo que a su vez mejorará aún más las prácticas de minería verde. Para reducir los riesgos y capitalizar las oportunidades dentro de la transición, las empresas mineras que operan en la región deben adoptar el enfoque del ciclo de vida completo y buscar formas de reducir las emisiones a lo largo de la cadena de

suministro. El desarrollo de nuevas industrias locales bajas en carbono protegerá contra el eventual estancamiento de la producción primaria durante la década de 2040 que, sin una planificación adecuada, podría resultar en dificultades económicas, agitación política y malestar social en la región.

A pesar de la amenaza potencial que puede representar un escenario desacoplado para la industria minera en ALC, hay una serie de oportunidades que la industria regional no ha aprovechado por completo o ni siquiera ha considerado todavía. Estas proporcionarían “victorias rápidas” para respaldar la inversión y el crecimiento en la región, lo cual promovería el crecimiento a largo plazo y, más inmediatamente, una recuperación resiliente de la crisis de la pandemia COVID-19.

A continuación, presentamos áreas clave de oportunidad para reducir las emisiones del sector minero de ALC. Estas oportunidades permiten que la región desarrolle nuevos sectores que brinden servicios y productos vinculados a la reducción de emisiones en el procesamiento y consumo de los minerales extraídos y, más ampliamente, en la economía baja en carbono. Estas son las oportunidades que representan los pilares de un centro de soluciones y minerales bajos en carbono en ALC para 2050.

Convertirse en un centro de soluciones y metales bajos en carbono

Aunque un “centro de soluciones y metales bajos en carbono” puede parecer una perspectiva lejana, el sector minero de ALC ya ha comenzado el recorrido. Ya se han

comenzado a implementar importantes iniciativas de mitigación, incluido el establecimiento de objetivos específicos de reducción de carbono y la adopción de precios internos del carbono (incluidos, por ejemplo, Vale y BHP). Hay avances importantes en energías limpias, como la solar y eólica, y soluciones basadas en la naturaleza; estas se centran especialmente en las emisiones de alcance 1 y 2, con algunas acciones iniciales hacia el alcance 3, como los servicios de trazabilidad. Este es un primer paso significativo que, además de comenzar a posicionar a la región como una fuente competitiva de materias primas bajas en emisiones, está desencadenando un proceso que puede dar lugar a la creación de otras áreas de oportunidad críticas, como el desarrollo de la capacidad de suministro de soluciones bajas en carbono más amplias para los actores que

procesan, consumen, usan y recuperan los metales extraídos en ALC.

Existen enormes oportunidades, a nuestro alcance ahora, para desarrollar un sector de hidrógeno verde, nuevos servicios en torno a la trazabilidad verde de la cadena de valor y la implementación de un sector verde diferenciado del acero y el cobre. Todas estas opciones, además de facilitar soluciones para las etapas de alta intensidad de carbono tanto aguas arriba como aguas abajo de la cadena de suministro de minerales, tienen el potencial de traer nuevas inversiones, empleos altamente calificados y prosperidad a la región. No obstante, estos beneficios no se obtendrán automáticamente, y los países deben adoptar una actitud proactiva para aprovecharlos.



Figura 32 – Condiciones y áreas que podrían respaldar la transición de la región de ALC a un centro mundial de soluciones y metales bajos en carbono. Fuente: Adaptado de Urzúa, O (próximo a publicarse)

Cobre y acero verdes (minería y procesamiento)

Procesos mineros ecológicos

En el escenario desacoplado, las empresas mineras de ALC deberán adoptar varias soluciones para descarbonizar sus procesos. El cambio de materias

primas, la electrificación de los procesos térmicos junto con la introducción de la electromovilidad son soluciones a corto plazo, aunque el enfoque correcto depende del tipo de mineral y de las condiciones imperantes. **A largo plazo, las soluciones provendrán de una combinación de electrificación, electromovilidad e “hidrógeno verde” (es decir, hidrógeno**

producido usando electricidad limpia a partir de tecnologías de energía renovable para electrolizar el agua sin generar CO₂).

En cuanto al cobre, el 47 % de las emisiones de cobre en Chile, el mayor productor mundial, proviene del uso de combustibles, y el 88 % de estas provienen de los camiones usados para transportar materiales.^{68,69} Por lo tanto, hay importantes oportunidades para optimizar las rutas de transporte de materiales y sustituir los combustibles usados en el transporte de materiales. Para una flota de 1600 camiones todoterreno con una capacidad de más de 50 toneladas, cada uno de los cuales consume un promedio de 3m³ de diésel por día y emite más de 3000 toneladas de CO₂e al año, el potencial de reducción es de unas 4,8 millones de toneladas de CO₂e al año, alrededor de un 40 % de la emisión de CO₂ derivada del uso de combustibles en la minería.⁷⁰ Varias empresas mineras están comenzando a adoptar la movilidad eléctrica como una opción para los camiones de alto tonelaje que transportan el mineral.

Brasil es la mayor minera de mineral de hierro del mundo. Sus plantas de acero son plantas integradas que emiten 2,5 veces más carbono que las plantas de metal reciclado. El 35 % del acero se basa en carbón vegetal para producir arrabio; se introdujo con el objetivo de reducir las emisiones en virtud de los compromisos asumidos con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la ONU. Sin embargo, dado que la industria no obtenía carbón vegetal de las plantaciones, la cantidad de emisiones de carbono producidas por el sector se duplicó en menos de una década, lo que sigue siendo un desafío climático clave para la industria. Las opciones clave a corto plazo para la descarbonización incluyen aumentos en las medidas de eficiencia energética⁷¹, que son rentables para reducir el consumo de combustible

para uso energético entre un 15 % y un 20 % en todos los sectores industriales a nivel mundial. Las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles o carbón vegetal para generar calor pueden reducirse cambiando a hornos, calderas y bombas de calor que funcionen con electricidad sin carbono, la electrificación y el reemplazo de los combustibles fósiles en el transporte (p. ej., electrificación de camiones y ferrocarriles), la introducción de biocombustibles para peletizar el mineral de hierro en lugar de carbón vegetal es una solución viable, siempre que estos biocombustibles no estén vinculados a la deforestación.^{72,73} Teniendo en cuenta la disponibilidad limitada de materias primas sostenibles para la producción de biocombustibles, el hidrógeno verde será una solución clave a largo plazo.⁷⁴ Esta oportunidad se desarrolla a continuación.

Inversión en energías renovables

El acceso a energías renovables abundantes y competitivas es un factor subyacente para reducir las emisiones de alcance 1, 2 y 3.

ALC tiene condiciones excepcionales para las energías renovables, con el 55 % de su capacidad energética instalada proveniente de energías renovables (en comparación con un promedio mundial del 25 % en 2014).⁷⁵ Una tendencia reciente en la región es el rápido crecimiento de las energías renovables no hidroeléctricas, cuya capacidad instalada se ha más que triplicado entre 2006 y 2015, de 10 GW a 36 GW. Como resultado, la participación relativa de la energía hidroeléctrica en la capacidad renovable de la región está disminuyendo (83 % en 2015, frente al 95 % en 2000). La disminución del costo de las energías renovables, junto con

la necesidad de mitigar los riesgos a la reputación de las empresas vinculadas a su huella de carbono, se encuentran entre los principales impulsores de la adopción de energías renovables por parte de varias empresas mineras en ALC.

En este sentido, la energía renovable está jugando un papel central en las estrategias de descarbonización minera. Desde 2012, las empresas mineras de cobre (p. ej., en Chile) han comenzado a abastecerse a través de contratos de energía solar, y varias empresas mineras se abastecerán al 100 % con energía renovable a partir de 2020 (esto se calcula sobre la base del consumo de energía de la empresa minera y

la cantidad de energía renovable comprada durante un período determinado). El gran impulso que la minería genera en las nuevas energías renovables es un factor determinante del hecho de que las nuevas energías renovables ahora representan más del 20 % de la generación de energía en el país, permitiendo una inversión de USD 15 000 millones, que se espera que genere 25 000 puestos de trabajo durante la próxima década.^{77,78} La minería de hierro en Brasil también está invirtiendo en energías renovables para reducir las emisiones globales; en el caso de Vale, tiene el objetivo de producir el 100 % de la electricidad consumida a partir de fuentes renovables para 2025.

En el futuro desacoplado, aumentará la presión sobre las empresas mineras para que aumenten sus ambiciones climáticas. Esto canalizará una mayor inversión en innovación para mejorar la extracción y el procesamiento y mitigar los efectos del cambio climático. En este sentido, la competitividad de las energías renovables será un factor clave en la toma de decisiones de las empresas mineras.

Reciclaje y sistemas circulares

La economía circular es un enfoque cíclico de la fabricación y la gestión de recursos que ofrece a la industria minera la oportunidad de seguir creciendo en forma sostenible. **Los metales son infinitamente reciclables. El valor elevado de muchos metales y minerales también incentiva el diseño adecuado de productos para extender la vida útil del material y la recuperación eficiente de dichos materiales al final del ciclo de vida de un producto.** En la UE, que ya satisface el 50 % de la demanda de cobre con metal

reciclado, las medidas de economía circular buscan aumentar el PIB de la UE en un 0,5 % para 2030 y crear 700 000 nuevos puestos de trabajo.⁷⁹

Hay dos dimensiones del enfoque de la economía circular que darán forma a la industria minera de diferentes maneras. Uno se relaciona con el aumento de la eficiencia de los materiales y la reducción de los residuos producidos en el proceso minero. La masa de desperdicio de material puede ser varias veces mayor que la de los propios metales base, lo cual es una inquietud particular debido a su contenido tóxico y los riesgos de accidentes. La industria

minera también usa neumáticos grandes en los camiones mineros: se estima que se han eliminado 500 000 toneladas de neumáticos de desecho durante las últimas tres décadas solo en Chile.⁸⁰ **Los países de ALC apenas están comenzando a introducir herramientas políticas, como las leyes de responsabilidad extendida del productor (REP), para incentivar a las empresas hacia un enfoque circular:** en Chile, por ejemplo, los aceites, los equipos eléctricos y electrónicos, las baterías y los neumáticos deben cumplir con los requisitos de REP, y se estableció un objetivo de recogida de neumáticos del 50 % para 2021. También estamos viendo el comienzo de países que identifican e inician oportunidades para una economía circular a lo largo de la cadena de suministro de la minería.

La otra dimensión se relaciona con la minería como parte de un sistema de producción circular de industrias usuarias (p. ej., fabricantes de automóviles). Una economía circular podría reducir las emisiones globales de CO₂ del cemento, acero, plástico y aluminio en un 40 % (o 3700 millones de toneladas) para 2050 y lograr casi la mitad del objetivo de cero emisiones.⁸¹ Los enfoques circulares trasladan las emisiones de carbono de las actividades de difícil reducción a otras que son más fáciles de descarbonizar. En particular, la recirculación evita las emisiones de la nueva producción, así como la incineración al final de su vida útil. El diseño de productos con materias primas alternativas (p. ej., bajas en carbono o renovables) garantiza que las emisiones se eviten desde el principio. La reducción del uso de acero y cobre son medidas rentables del enfoque circular.⁸² Otros procesos cruciales para una economía circular, como la refabricación y el reacondicionamiento, pueden ser impulsados por electricidad renovable o aumentando la eficiencia energética. Hay una oportunidad para que las empresas mineras en ALC participen

cada vez más en modelos de negocios que extiendan la vida útil de sus metales y recuperen sus metales en los mercados de uso. También existe una oportunidad para que las mineras brinden soluciones a los clientes que exigen compensaciones de bajo costo o servicios de trazabilidad.

El hidrógeno verde, producido a través de energías renovables, se ha convertido en un vector energético prometedor para descarbonizar la energía, especialmente para los sectores “difíciles de electrificar”, como la minería, la industria y el transporte; también tiene el potencial de mejorar las condiciones de seguridad energética y abrir nuevos mercados.

Hidrógeno verde

Las posibilidades a corto plazo del hidrógeno verde en la minería se pueden llevar a cabo readaptando los motores diésel de combustión interna usando una mezcla de diésel e hidrógeno, o sustituyendo un porcentaje de los motores de combustión diésel por propulsión eléctrica con celdas de combustible.⁸³ A largo plazo, los combustibles fósiles pueden ser sustituidos por hidrógeno renovable junto con electricidad renovable y calor de proceso térmico solar, para todas las aplicaciones.

A nivel mundial, los países están otorgando al hidrógeno verde un papel destacado en sus estrategias de reducción de carbono y, para satisfacer la demanda mundial de hidrógeno proyectada para 2040, el mundo debe duplicar la provisión de hidrógeno cada 2-4 años.⁸⁴ Además de reducir las emisiones de carbono, el hidrógeno verde ofrece la posibilidad de aprovechar nuevas

oportunidades de mercado, dado que el mercado mundial del hidrógeno y las tecnologías asociadas pronostican ingresos de más de USD 2,5 billones/año y puestos de trabajo para más de 30 millones de personas para 2050.⁸⁵ Los paquetes de recuperación por la pandemia de COVID-19 están destinando grandes sumas para el desarrollo de hidrógeno.

ALC tiene condiciones excepcionales para producir hidrógeno verde de bajo costo para los mercados internos y externos a precios altamente competitivos gracias a la combinación de energías verdes, la disponibilidad de espacio y las fuentes de agua de la región. Mientras que algunos países de la región, como Chile, ya están implementando un ambicioso plan para canalizar la inversión para desarrollar hidrógeno 100 % renovable altamente competitivo con el propósito de convertirse en un actor global clave para 2030, otros países mineros tienen que adoptar un enfoque más proactivo.

Servicios de trazabilidad

La demanda global de minerales impulsada por la industria de la energía limpia y la revolución digital brindan una oportunidad para adoptar nuevos servicios avanzados de trazabilidad. En un escenario desacoplado, habrá una presión creciente de los consumidores, las ONG, los inversionistas globales, entre otras partes interesadas clave, para que la cadena de valor de la minería demuestre, a través de sistemas de certificación sólidos y creíbles, las credenciales de sostenibilidad ambiental y social del proceso de producción, tanto aguas arriba como aguas abajo. En la actualidad, empresas como Tesla ya se han comprometido con materiales de origen local y ético; BMW verifica el origen y los modos de extracción del mineral incorporado en sus baterías; y Samsung exige que sus proveedores estén certificados a través del Proceso de Aseguramiento de Minerales Responsables (RMAP).⁸⁶

Las empresas mineras de la región han comenzado a adoptar la trazabilidad para rastrear las emisiones de alcance 3. Si bien la minería del cobre comenzó con un piloto para la certificación de cobre verde en Chile, las empresas mineras de hierro en Brasil están comenzando a introducir cláusulas contractuales relacionadas con la gestión de gases de efecto invernadero para los proveedores.^{87,88}

Un obstáculo clave para el proyecto de cobre verde es la falta de capacidades para la certificación de trazabilidad para los mercados externos.⁸⁹ Para aprovechar las oportunidades, ALC debe desarrollar capacidades para adoptar nuevas tecnologías digitales, como el *blockchain*, que ofrecen la oportunidad de enmascarar

la trazabilidad a lo largo de la cadena de custodia de minerales, lo que brinda varios beneficios. El uso de la trazabilidad puede reducir los riesgos (trazabilidad completa de extremo a extremo aguas arriba-aguas abajo entre participantes que no son de confianza, concentrar la debida diligencia en áreas de inquietud o no conformidad, y

reducir el fraude en los residuos); reducir costos (evitando costos de duplicación de datos de auditoría, ineficiencias, recuento doble); además de contribuir a la reducción de carbono y otros ODS.⁹⁰

Teniendo en cuenta que el tamaño del mercado de la cadena de suministro global de *blockchain* se valoró en USD 93 millones en 2017 y se proyecta que alcance los USD 9852 millones para 2025 con el segmento de trazabilidad como el mayor contribuyente al mercado global de cadena de suministro de *blockchain*.⁹¹ Actualmente hay pocas soluciones implementadas y ninguna relacionada con el seguimiento del carbono ha ingresado por completo al mercado. Teniendo en cuenta que ALC tiene una de las mejores reservas mineras y distrito de metales del mundo, los productos básicos trazables pueden aprovechar oportunidades para atender a su propia industria nacional y para llegar a otros sectores materiales y no materiales, así como a mercados externos de uso final.

Soluciones basadas en la naturaleza

Un escenario desacoplado implica una combinación de esfuerzos de mitigación y soluciones climáticas basadas en la naturaleza. **En países de ALC como Brasil, México, Ecuador, Perú y Chile, las soluciones basadas en la naturaleza son una parte muy importante de su ambición de reducción de emisiones de carbono.** Las soluciones basadas en la naturaleza pueden frenar las emisiones de carbono de tres maneras: redefinir el uso de la tierra y realizar cambios en el uso de la tierra; capturar y almacenar dióxido de carbono de la atmósfera; y mejorar la resiliencia de los ecosistemas, ayudando así a las comunidades a adaptarse al aumento de las inundaciones y las sequías asociadas con el cambio climático.⁹²

Para 2030, se podría alcanzar hasta un tercio de los objetivos globales anuales de reducción de emisiones terrestres a un costo de USD 20/tonelada de carbono. Los países de ALC son muy competitivos en costos: el costo promedio en Brasil es de USD 8/tonelada de carbono. Su potencial es enorme.

Las soluciones climáticas basadas en la naturaleza son opciones rentables y fácilmente disponibles. Sus beneficios van más allá de la reducción de emisiones de carbono y tienen costos de capital, operación y mantenimiento iniciales más bajos que las soluciones de energía limpia. Por otro lado, representan alrededor del 40 % de todo el potencial de reducción de carbono, lo que sugiere que los países de ALC deben tomar algunas medidas para aprovechar los beneficios subyacentes y convertirse en líderes mundiales en la prestación de estos servicios.

Aunque las empresas mineras de la región están comenzando a invertir en áreas protegidas, tanto en la selva tropical como templada para proyectos de captura de carbono, restauración forestal y reforestación, los países de ALC deben impregnar aún más el sector empresarial con opciones naturales como soluciones concretas y rentables de mitigación de carbono.⁹⁴ Los gobiernos y la industria deben recurrir a la comunidad financiera para que los desarrolladores de proyectos identifiquen las fuentes de ingresos generadas por el componente de soluciones de base natural y las incorporen a la estructura financiera del proyecto. Además, las partes interesadas deben avanzar en el desarrollo de metodologías de evaluación claras y fácilmente replicables que aumenten la credibilidad y transparencia de las soluciones.

Financiamiento bajo en carbono

Los actores del sector financiero en ALC están participando cada vez más en iniciativas obligatorias y voluntarias que se centran en la sostenibilidad, los nuevos modelos de negocios circulares y los riesgos relacionados con el clima (p. ej., el Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con el Clima). Los bonos verdes se están convirtiendo lentamente en una opción de inversión generalizada en ALC, y se están introduciendo nuevos productos en el mercado (p. ej., instrumentos vinculados a la transición y la sostenibilidad). En 2019, los países de ALC emitieron cerca de \$5000 millones en bonos verdes, lo que elevó el total histórico general de la región a \$13 600 millones.⁹⁵ Esto facilitó la inversión en infraestructura sostenible y sistemas de transporte bajos en carbono.

Pero las instituciones financieras en la región de ALC deben fortalecer su caja de herramientas, tanto para identificar las oportunidades relacionadas con un mundo más circular como para comprender los riesgos de la cartera asociados a seguir dependiendo de una economía lineal no alineada con el clima. En encuestas recientes, se concluyó que la adopción de metodologías para la evaluación del riesgo asociado al cambio climático en las carteras financieras en la región de ALC es relativamente débil. En Colombia, solo el 31 % de las instituciones financieras cuenta con metodologías para evaluar las implicaciones del cambio climático, y el 20 % ha usado alguna forma de análisis de escenarios. En Chile, solo el 8 % de los bancos, el 25 % de las administradoras de activos y ningún fondo de pensiones o seguros ha usado metodologías para riesgos relacionados con el clima. En México, solo el 14 % de los bancos y el 29 % de las administradoras de activos han realizado evaluaciones prospectivas de los

riesgos relacionados con el medioambiente, mientras que otras instituciones financieras están incorporando una evaluación cualitativa de la exposición a los riesgos ambientales.⁹⁶

Más allá del cambio climático, existe una creciente necesidad de que los actores del sector financiero, tanto en ALC como a nivel internacional, comprendan mejor la manera en que EC está transformando las industrias y cómo las finanzas pueden ayudar a las empresas a anticipar o incluso liderar y acelerar dicho cambio.

El cambio hacia prácticas comerciales circulares, como modelos de producto como servicio, tiene un impacto directo en las finanzas de una empresa, incluidos diferentes perfiles de flujo de efectivo y composición del balance en comparación con un modelo de venta de productos que, a su vez, tendrá un impacto en la estructuración financiera. Varias instituciones financieras internacionales están participando activamente con los clientes en EC, lanzando productos y explorándolos como una estrategia de mitigación de riesgos. Por ejemplo, **ING** presentó pautas financieras de economía circular, **BNP Paribas** lanzó un “fondo de inversión cotizado para la economía circular” global y **Blackrock** lanzó un Fondo de Economía Circular en 2019 en asociación con la Fundación Ellen MacArthur.

Orientaciones como la taxonomía de la UE y las “Pautas Financieras de la Economía Circular” ayudan a facilitar un lenguaje y una comprensión comunes.⁹⁷ A medida que cambian las necesidades de financiamiento, se debe fomentar la colaboración activa con las empresas para que el sector financiero (incluido el (re)seguro) pueda desarrollar soluciones que puedan generar creación de valor e innovación.

COVID-19: de la recuperación a la prosperidad a largo plazo

La emergencia sanitaria provocada por la pandemia COVID-19 no solo ha puesto al límite la capacidad de los sistemas sanitarios y se ha cobrado la vida de miles de personas. El confinamiento está provocando una crisis económica mundial de la que los países de ALC no han estado exentos. A nivel mundial, nunca tantos países entraron en recesión al mismo tiempo, y la estimación de la recesión económica mundial (5,2 % para 2020) supera con creces la crisis financiera de 2008. En ALC, los múltiples shocks internos y externos derivados de la pandemia tendrán un impacto severo, con una contribución proyectada de la

actividad económica regional del 7,2 por ciento, mucho más abrupta que durante la crisis financiera global o la crisis de la deuda de ALC en la década de 1980. Las exportaciones se reducirán drásticamente con la economía mundial en recesión. Se proyecta que la demanda interna regional se desacelerará de forma significativa en 2020, a pesar del aumento del gasto público, ya que los negocios cerrados acarrearán salarios más bajos y menos consumo privado. La inversión fija se verá especialmente afectada por las condiciones de financiamiento más estrictas y la profunda incertidumbre sobre la trayectoria de la pandemia de COVID-19. Las exportaciones se reducirán sustancialmente con la economía mundial en recesión.⁹⁸

A medida que se reduzcan las medidas de mitigación y el financiamiento, el precio de las materias primas y las condiciones de la demanda externa se vuelvan más favorables, se prevé que el crecimiento regional se recupere al 2,8 por ciento en 2021.⁹⁹

Al mismo tiempo, la magnitud de la respuesta económica desplegada por los países para enfrentar la crisis provocada por la pandemia no tiene precedentes y supera con creces los estímulos fiscales de la crisis financiera de 2008. Las lecciones de la crisis financiera sugieren que las implicaciones de la calidad de las decisiones y medidas tomadas para la recuperación tienen dimensiones económicas, sociales y ambientales a corto y largo plazo. En particular, los países deben evitar repetir la experiencia de los programas de recuperación de la crisis de

2008, cuyas medidas alentaron inversiones que no se condecían con los objetivos de descarbonización y dieron como resultado un bloqueo tecnológico que dio lugar a un aumento de las emisiones de GEI. Los países, por lo tanto, deben manejar la crisis multidimensional con un enfoque estratégico que combine una respuesta rápida a la crisis, pero firme en sus soluciones y con potencial para reorientar el desarrollo hacia objetivos de recuperación económica que fortalezcan la productividad integrada con objetivos sociales y ambientales sustentables.¹⁰⁰

En este contexto, la iniciativa de recuperación de la pandemia COVID-19 abre oportunidades de inversión importantes vinculadas a la transición de ALC a un centro de soluciones y metales bajos en carbono. Por ejemplo, los gobiernos de los principales mercados están creando ambiciosos paquetes de estímulo verdes en línea con el Acuerdo de París y nuevas regulaciones para los grandes inversionistas para divulgar los riesgos ambientales y sociales en sus inversiones desde 2021.¹⁰¹ Tomar medidas para alinear las cadenas de valor mineras con el Acuerdo de París es una oportunidad para ALC. Por ejemplo, según la Agencia Internacional de Energías Renovables

(IRENA), la transición energética es una parte integral de la recuperación más amplia, con una ganancia del PIB mundial prevista de casi USD 100tn de ahora a 2050.¹⁰² Los gobiernos de ALC deben aprovechar esta oportunidad y desarrollar alianzas para participar de los paquetes de recuperación por la pandemia COVID-19. Esto no solo puede acelerar la implementación de soluciones bajas en carbono para la cadena de valor de la minería en ALC, sino, más importante aún, redefinir sus relaciones con socios críticos en mercados que actualmente están en transición a un ritmo más rápido hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono.

Capítulo 5 – Conclusiones y próximos pasos recomendados

Este informe presenta cuatro escenarios de emisiones a lo largo de las cadenas de valor del mineral de hierro y el cobre, y proporciona una perspectiva inicial sobre las condiciones necesarias para que ALC comience a construir la opción de una economía circular global que esté totalmente alineada con los objetivos del Acuerdo de París. Todos los escenarios requieren que los líderes de ALC consideren realizar inversiones en tecnología baja en carbono en diferentes grados. Sin embargo, las inversiones requeridas en el escenario desacoplado también son compatibles con los escenarios BaU, y aportarían mayor flexibilidad y resiliencia a la región. **Las principales conclusiones preliminares de este informe son las siguientes:**

- En los escenarios “BaU” y “BaU posible”, las cadenas de suministro del cobre y el mineral de hierro de ALC superarán los presupuestos de carbono requeridos para un mundo B2DS. Esto colocaría a ALC en una trayectoria difícil, que implicaría una batalla constante contra el clima y las barreras circulares, a nivel tanto local como internacional.
- La oferta de minerales en ALC se ubica en gran medida al comienzo de la curva de costos, lo que brinda una ventaja significativa en cualquier escenario de demanda primaria. En un escenario

desacoplado, la oferta de ALC continuaría creciendo según los escenarios BaU hasta la década de 2030 y la región aumentaría gradualmente su participación en el mercado global con el tiempo.

- Más allá de su posición competitiva en la curva de costos primarios, ALC tiene las condiciones para respaldar la transición de la cadena de valor de la minería local a un estatus bajo en carbono. Más importante aún, el desarrollo de nuevos sectores bajos en carbono también podría proporcionar soluciones y servicios para los actores internacionales a lo largo de la cadena de valor, capturando así una parte de un mercado en crecimiento mucho más grande.
- Las fuerzas que potencialmente impulsarán un escenario desacoplado ya están presentes en los mercados consumidores clave de minerales de ALC. Incluyen una mayor demanda de los clientes de productos circulares bajos en carbono; política y regulaciones; desarrollos tecnológicos; y compromisos financieros y de inversionistas. No sería improbable que estas fuerzas se convirtiesen en fundamentales para los modelos de crecimiento de estas economías y para los modelos de negocios de los grandes consumidores en numerosas industrias.

Sobre la base de los puntos anteriores, si los líderes de ALC decidieran apoyar un modelo de centro de soluciones y metales bajos en carbono en las próximas décadas, la región tendría una mayor opción en diversos escenarios, ganando en resiliencia y competitividad.



Son incontables las oportunidades para ALC, incluidos nuevos modelos de negocios, tecnologías y productos, pero estas solo pueden hacerse realidad con el apoyo del gobierno, los inversionistas y los consumidores. La adopción de esta nueva trayectoria podría generar una mayor contribución económica y social a la región que las trayectorias BaU. Se requiere un análisis más profundo para evaluar claramente el tamaño de la oportunidad, las áreas clave que representan el valor más alto, desde la perspectiva tanto del sector como del país, y las vías más efectivas para comenzar a construir la opcionalidad para la región.

A través de nuestro análisis presentado en este informe, consideraríamos las siguientes áreas cruciales para seguir desarrollando el análisis necesario:

1. Alineación de los objetivos de carbono: lograr claridad sobre los objetivos de carbono en toda la cadena de valor de la minería. Las proyecciones de reducción de emisiones definidas en este proyecto deben

desarrollarse aún más usando el enfoque de descarbonización sectorial de Science Based Targets, para establecer trayectorias de emisiones B2DS para las cadenas de suministro mundiales del cobre y el acero.

2. Claridad en la metodología del carbono: mejorar la responsabilidad del carbono y el intercambio de datos para permitir a los gobiernos, inversionistas, compradores de materiales y consumidores hacer un seguimiento del progreso hacia los objetivos climáticos acordados. La disponibilidad de mejores datos brinda a todas las partes interesadas una comprensión más profunda de las vías factibles y facilita la identificación de las soluciones óptimas en cada caso.

3. Comprensión más profunda del impacto potencial: realizar más investigaciones para cuantificar los riesgos financieros y físicos para la cadena de valor de la minería de ALC si no se alcanzan los objetivos del Acuerdo de París.

Próximos pasos sugeridos hacia la implementación:

En función de nuestro análisis y conclusiones, pero más importante aún, del compromiso con la red de expertos que apoya este proyecto, sugerimos los próximos pasos a continuación:

1. Seguir trabajando en estrecha cooperación con la red de asesoramiento de expertos creada para orientar el progreso y desarrollar aún más las oportunidades identificadas en este informe para iniciar la transición de la región de ALC a un centro de soluciones y metales bajos en carbono.
2. Sobre la base de la participación y el análisis más profundos sugeridos en el punto 1 anterior, sugeriríamos como próximo paso inmediato la creación de grupos de trabajo más pequeños de la red de expertos más amplia. Estos grupos estarían enfocados en establecer vehículos de implementación para comenzar a realizar ensayos piloto a escala comercial de las soluciones con mayor potencial, por ejemplo:

- Crear un **fondo exclusivo (combinado)** que pueda asumir más riesgos tanto en tecnología como en nuevos modelos (circulares).
- Explorar **instrumentos del mercado de capitalización** (p. ej., bonos verdes/de transición) u otros **productos financieros** verdes (vinculados a la sostenibilidad) para crear una institución que apoye a las empresas en este recorrido.
- Considerar la posibilidad de crear una **instalación de desarrollo de proyectos** que pueda brindar asistencia técnica.

Los grupos de trabajo más pequeños darían forma a la arquitectura de los vehículos de implementación seleccionados a través de una serie de talleres; por ejemplo, durante un período de seis meses, los miembros del grupo de trabajo podrían reunirse para decidir:

- **Sesión 1:** vehículos de implementación preferidos y componentes básicos
- **Sesión 2:** funciones y responsabilidades de los miembros clave del grupo de trabajo en la implementación de los vehículos de implementación elegidos
- **Sesión 3:** la importancia de los gobiernos de la región, así como de las agencias de desarrollo (e IFI), en los vehículos de implementación elegidos
- **Sesión 4:** la importancia del capital comercial en la ampliación de la inversión en la cartera elegida
- **Sesión 5:** acordar y comprometerse con la hoja de ruta de implementación elegida y la asignación de capital

Estas sesiones darían a los actores clave de los grupos de trabajo el tiempo necesario y el conocimiento compartido para traducir

conjuntamente los hallazgos de este informe en una realidad tangible en ALC.

Glosario

Emisiones absolutas: Las emisiones totales de carbono de una fuente determinada a lo largo del tiempo, como las emisiones anuales de carbono de una empresa, sector o región.

Escenario más allá de los 2 grados

(B2DS): Proyecciones de emisiones y actividad usadas para calcular las vías sectoriales alineadas con la limitación del calentamiento a 1,75 °C para 2100, según la Agencia Internacional de Energía.⁴

Economía desacoplada: Una economía que puede crecer sin los correspondientes aumentos de la presión ambiental.

Intensidad de las emisiones: Las emisiones de carbono asociadas a un determinado producto o actividad. En este informe, la intensidad de las emisiones se aplica a menudo a las emisiones de carbono por tonelada de metal.

Responsabilidad extendida del productor:

Un enfoque de política en virtud del cual los productores tienen una responsabilidad significativa (financiera o física) para el tratamiento o el desecho de productos posconsumo.

Gases de efecto invernadero (GEI): Gases identificados por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático/ Protocolo de Kioto como responsables del calentamiento global. Estos incluyen dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos, hexafluoruro de azufre y trifluoruro de nitrógeno, que a menudo se combinan como equivalentes de CO₂ (CO₂e).

Science Based Targets: Según la iniciativa Science Based Targets, los objetivos adoptados por las empresas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se consideran “basados en la ciencia” si están en línea con lo que la ciencia climática más reciente dice que es necesario para cumplir los objetivos del Acuerdo de París: limitar el calentamiento global bien por debajo de los 2 °C por sobre los niveles preindustriales y continuar los esfuerzos para limitar el calentamiento a 1,5 °C.

Alcance 1: Emisiones directas de GEI que se producen a partir de fuentes que son de propiedad o están controladas por una empresa.

Alcance 2: Emisiones de GEI de la generación de electricidad comprada consumida por una empresa.

Alcance 3: Las emisiones de alcance 3 ocurren en la cadena de suministro aguas arriba o aguas abajo de una empresa; actividades o productos que no son de propiedad la empresa ni están controlados por esta.

Cadena de suministro: Un sistema de organizaciones, personas, actividades, información y recursos involucrados en el suministro de un producto o servicio a un consumidor.

Toneladas (t): Toneladas métricas o toneladas. “Mt” denota millones de toneladas métricas.

Bibliografía seleccionada

Allied Market Research. (2019). Blockchain Supply Chain Market Expected to Reach \$9,852.81 Million by 2025. <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/blockchain-supply-chain-market.html>

Alta Ley. (2019). Hoja de Ruta 2.0 de la Minería Chilena. https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2019/12/ACTUALIZACION-HOJA-DE-RUTA-MINERIA-DEL-COBRE_2019.pdf

Bazilian, M. D. (2018). The mineral foundation of the energy transition. *The Extractive Industries and Society*, 5(1), 93-97. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.12.002>

BHP. (2019). BHP – CDP Climate Change 2019 Response. CDP Climate Change 2019 Information Request. https://www.bhp.com/media/documents/environment/2019/190809_bhpcdpresponseclimatechange2019.pdf?la=en

Borregaard N., Bitrán E., Dufey A., Durán V., Rabí V., Rojas M., & von Wolfersdorff M. (forthcoming). Propuestas para una reactivación económica resiliente e inclusiva. Fundación Espacio Público, Santiago.

Brief, C. (2020). Coronavirus: Tracking how the world's 'green recovery' plans aim to cut emissions.

Broadbent, C. (2016). Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling steel to achieve a circular economy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(11), 1658-1665.

Carbon Disclosure Project. (2019) Melting Point 2019. <https://www.cdp.net/en/investor/sector-research/melting-point>

CDP, U., & WRI, W. (2015). Sectoral decarbonization approach: a method for setting corporate emission reduction targets in line with climate science.

CDP. (n.d.). Carbon Disclosure Data, 2019. <https://www.cdp.net/en>

Circular Economy. (2018). Circular Economy Finance Guidelines.

Circulor. (2020). Our Purpose: Empowering Better Business through Traceability. <https://www.circulor.com/>

Climate Bonds Initiative. (n.d.). <https://www.climatebonds.net/>

Citi Group. (2017) Mineracoes Associadas. Renatório de Sustentabilidade 2016. Citi Group Brazil, 2017. <https://www.citigroup.com/citi/about/esg/download/2016/2016-Brazil-Sustainability-Report.pdf?ieNocache=124>

Code Verde. (2019). Codelco desecha plan de “cobre verde” pero busca limpiar su producción en próximos años. Reuters. <https://www.reuters.com/article/mineria-chile-codelco-idLTAKBN1WW1OB>

Council, H. (2017). Hydrogen scaling up: A sustainable pathway for the global energy transition.

Creagh, B. (2019). Turning used mining tyres into a resource.” Australian Mining. <https://www.australianmining.com.au/features/turning-used-mining-tyres-into-a-resource/>

Damgaard, A., Larsen, A. W., & Christensen, T. H. (2009). Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. Waste Management & Research, 27(8), 773-780.

Domenech, T., Ekins, P., van Ewijk, S., Spano Klein, C., Kloss, B., Miedzinski, M., Petit, M., Stuchtey M., and Tomei, J. (2019). Making Materials Work for Life – Introducing Producer Ownerships. University College of London and SYSTEMIQ. <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2020/02/Producer-Ownership-Project-LAUNCH-White-Paper.pdf>

Dufey, A. (2020). Iniciativas para transparentar los aspectos ambientales y sociales en las cadenas de abastecimiento de la minería: tendencias internacionales y desafíos para los países andinos.

Eclac. (2020). International Trade Outlook for Latin America and the Caribbean Regional integration is key to recovery after the crisis.

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the picture: How the circular economy tackles climate change.

Elshkaki, A., Graedel, T. E., Ciacchi, L., & Reck, B. K. (2016). Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. Global environmental change, 39, 305-315.

Energy Transitions Commission. (2018). Mission Possible: reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century. Energy Transitions Commission.

European Commission. (2020). Questions and Answers: A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_419

Ferroukhi, R., Kieffer, G., López-Peña, Á., Barroso, L., Ferreira, R., Muñoz, M., & Gomelski, R. (2016). Renewable energy market analysis Latin America”. Abu Dhabi: IRENA.

Generadoras de Chile. (2020) Carbono Neutralidad en el Contexto del ODS 7.

GIZ. (2017). Hidrógeno en el transporte minero chileno a partir de ERNC.

Global Sustainable Investment Alliance. (2019). Sustainable investor poll on TCFD implementation. <http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2019/12/Global-Sustainable-Investment-Alliance-TCFD-Poll.pdf>

Govreau, J. (2018) Project Survey. Engineering and Mining Journal. <https://www.e-mj.com/features/project-survey-2018-commodity-comeback-drives-new-investments/>

Guarascio, F. (2019) EU rules on responsible investments to kick in from 2021. Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-eu-regulations-sustainablefinance-idUSKBN1XE1U3>

Hawley, J. M. (2014). Handbook of recycling: State-of-the-art for practitioners, analysts, and scientists.

Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., & Heeren, N. (2020). Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future-Summary for Policymakers. IRP Reports.

Horowitz, C. A. (2016). Paris agreement. International Legal Materials, 55(4), 740-755.

Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T. & Drexhage, J. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Washington DC, USA: World Bank, 2020.

International Copper Association. (2017) Copper Environmental Profile. <https://sustainablecopper.org/wp-content/uploads/2018/07/ICA-EnvironmentalProfileHESD-201803-FINAL-LOWRES.pdf>

International Energy Agency. (2017). Tracking Clean Energy Progress 2017. Catalysing

Energy Technology Transformation. https://doi.org/10.1787/energy_tech-2014-en

International Resource Panel, United Nations Environment Programme. Sustainable Consumption, & Production Branch. (2011). Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. UNEP/Earthprint.

IPCC. (2018). Ch 14 Latin America. Working Group II. Impacts, Adaptation and Vulnerability.

IRENA. (2020). Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>

Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J., Abernethy, S., Andrew, R. M., ... & Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647-653.

Lebdoui, A. A. (2019). Economic diversification and development in resource-dependent economies: Lessons from Chile and Malaysia (Doctoral dissertation, University of Cambridge).

Lee, J., Bazilian, M., Sovacool, B., Hund, K., Jowitt, S. M., Nguyen, T. P., ... & Kukoda, S. (2020). Reviewing the material and metal security of low-carbon energy transitions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109-789. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109789>

Material Economics. (2019). Industrial Transformation 2050: Pathways to net-zero emissions from EU Heavy Industry.

McKinsey. (2018). Decarbonization of industrial sectors: The next frontier. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/how-industry-can-move-toward-a-low-carbon-future>

Natural Climate Solutions (n.d.). Nature's sleeping giant." <http://naturalclimatesolutions.org/>

Nodal. (2021). Minería en América Latina: debates y conflictos de una actividad en expansión. <https://www.nodal.am/2014/05/mineria-en-america-latina-debates-y-conflictos-de-una-actividad-en-expansion>

Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., & Clement, J. (2019). Global Resources Outlook: 2019. International Resource Panel, United Nations Envio.

Organisation for Economic Co-operation and Development & United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean. (2016). OECD Environmental Performance Reviews: Chile 2016. <https://www.oecd.org/env/oecd-environmental-performance-reviews-chile-2016-9789264252615-en.htm>

Ramirez, L., Thomä, J., & Cebreros, D. (2020). Transition Risks Assessment of Latin American Financial Institutions and the use of Scenario Analysis.

Samarco. (2014). Annual Sustainability Report. <https://www.unglobalcompact.org/participation/report/cop/create-and-submit/advanced/161911>

Soliman, T., Fletcher, L., & Crocker, T. (2017). Digging Deep: Which Miners are Facing up to the Low-carbon Challenge. Carbon Disclosure Project, London, www.cdp.net/en/investor/sectorresearch.

Sonter, L. J., Barrett, D. J., Moran, C. J., & Soares-Filho, B. S. (2015). Carbon emissions due to deforestation for the production of charcoal used in Brazil's steel industry. *Nature Climate Change*, 5(4), 359-363.

Ucini, A. (2020). A new opportunity to tackle climate change. Countries should seize the moment to flatten the climate curve. *The Economist*. <https://www.economist.com/leaders/2020/05/21/countries-should-seize-the-moment-to-flatten-the-climate-curve>

Urzúa, O. (forthcoming). "Cadenas de Valor de la Minería Chilena Procesos de Innovación y Fortalecimiento Productivo - Capacidades y condiciones habilitantes para la creación y retención de valor en el sector minero-metalúrgico chileno impulsando un desarrollo sostenible en el S.XXI."

Vale. (2019). Vale – CDP Climate Change 2019 Response. CDP Climate Change 2019 Information Request. <http://www.vale.com/esg/en/Pages/ClimateChange.aspx>

Vale. (2020). Climate Change. <http://www.vale.com/esg/en/Pages/ClimateChange.aspx>

Van Grootel, A., Chang, J., Wardle, B. L., & Olivetti, E. (2020). Manufacturing variability drives significant environmental and economic impact: The case of carbon fiber reinforced polymer composites in the aerospace industry. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121087.

Volkswagen. (2019). Corporate and Sustainability reports.

Watson, C. & Schalatek, L. (2018). Climate Finance Regional Briefing: Latin America. Climate Funds Update.

World Bank. (2020). World Development Indicators Dataset. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

World Bank. (2020). Global Economic Prospects, June 2020. Washington, DC.

World Bank. (2017). The growing role of minerals and metals for a low carbon future. World Bank Group and Extractives Global Programmatic Support (EGPS), 112.

World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. (2015). Greenhouse Gas protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard." Greenhouse Gas Protocol, 2004. <http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard>

World Economic Forum. (2020). To build a resilient world, we must go circular. Here's how to do it. <https://europeansting.com/2020/07/06/to-build-a-resilient-world-we-must-go-circular-heres-how-to-do-it/>

World Steel Association. (2020) Sustainability Indicators 2020. Indicator trends and participation 2003-2019. <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:6d73d7fa-9739-439e-96d8-b2d57b32951c/Indicator%2520data%2520report%25202020.pdf>

WRI. (2011). Greenhouse gas protocol corporate value chain (scope 3) accounting and reporting standard. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland.

Referencias

- ¹ Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T. & Drexhage, J. Minerals for Climate Action : The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. (2020).
- ² Agencia Internacional de Energía. Energy Technology Perspectives 2017. (2017) doi:10.1787/energy_tech_2014-en.
- ³ Comisión de Transición Energética (ETC). Mission Possible. (2018).
- ⁴ Grupo del Banco Mundial y EGPS. The growing role of minerals and metals for a low carbon future. 112 (2017).
- ⁵ Bazilian, M. D. The mineral foundation of the energy transition. Extr. Ind. Soc. 5, 93-97 (2018).
- ⁶ Lee, J. et al. Reviewing the material and metal security of low-carbon energy transitions. Renew. Sustain. Energy Rev. 124, 109789 (2020).
- ⁷ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. (2011).
- ⁸ Panel Internacional de Recursos. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2020).
- ⁹ ETC, arriba.
- ¹⁰ Horowitz, C. A. Paris Agreement. Int. Leg. Mater. 55, 740-755 (2016).
- ¹¹ Banco Mundial. Conjunto de datos de los Indicadores del Desarrollo Mundial. (2020)
- ¹² http://www.energy-transitions.org/sites/default/files/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf.
- ¹³ Carbon Brief. Coronavirus: Tracking how the world's 'green recovery' plans aim to cut emissions. (2020)
- ¹⁴ PIR, arriba.
- ¹⁵ <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/wg2TARchap14.pdf>
- ¹⁶ Ver Hund, La Porta et al, e IEA, (1) y (2) arriba.
- ¹⁷ CDP, informe "Digging Deep": <https://www.cdp.net/en/investor/sector-research/mining-report>
- ¹⁸ University College of London y Systemiq. Making Materials Work for Life - Introducing Producer Ownership. (2019).
- ¹⁹ Banco Mundial, (11) arriba.
- ²⁰ <http://www.energy-transitions.org/mission-possible>
- ²¹ Naoko Ishii, directora ejecutiva y presidenta del Fondo Mundial para el Medioambiente; Frans van Houten, director ejecutivo de Royal Philips, "To build a resilient world, we must go circular. Here's how to do it", 6 de julio de 2020
- ²² Bazilian, arriba.
- ²³ Alianza Global de Inversión Sostenible. Sustainable Investor Poll on TCFD Implementation. (2019).

- ²⁴ Oberle, B. et al. Panorama de los Recursos Globales. (2019).
- ²⁵ Oberle, arriba.
- ²⁶ Agencia Internacional de Energía. Energy Technology Perspectives 2017. (2017) doi:10.1787/energy_tech 2014-en.
- ²⁷ Vale. CDP Climate Change 2019 Information Request. (2019).
- ²⁸ Bazilian, arriba.
- ²⁹ BHP. CDP Climate Change 2019 Information Request. (2019)
- ³⁰ Countries should seize the moment to flatten the climate curve. The Economist (2020).
- ³¹ Le Quéré, C. et al. Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement. Nat. Clim. Chang. (2020) doi:10.1038/s41558-020-0797-x.
- ³² Iniciativa Science Based Targets. Sectoral Decarbonization Approach: A method for setting corporate emission reduction targets in line with climate science. (2015).
- ³³ Material Economics. Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. (2019).
- ³⁴ CDP. 2019 Carbon Disclosure Data. (2019).
- ³⁵ The Economist, arriba
- ³⁶ Le Quéré, C. et al, arriba.
- ³⁷ Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible e Instituto de Recursos Mundiales. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: A Corporate Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard> (2004).
- ³⁸ Asociación Mundial del Acero. Indicadores de sostenibilidad 2003-2018. (2020).
- ³⁹ Asociación Mundial del Acero; AME; Wood Mackenzie; ABM; Oldendorff; BHP – información pública; BMO; Citi; Mysteel; SMM
- ⁴⁰ Sama Mineracoes Associadas. Renatório de Sustentabilidade 2016. (2017).
- ⁴¹ Damgaard, A., Larsen, A. W. y Christensen, T. H. Recycling of metals: Accounting of greenhouse gases and global warming contributions. Waste Manag. Res. 27, 773-780 (2009).
- ⁴² Bazilian, arriba.
- ⁴³ Broadbent, C., Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling steel to achieve a circular economy. Int. J. Life Cycle Assess. 21, 1658-1665 (2016).
- ⁴⁴ ICSG; Ocean Partners; BMO; Citi; BHP; Rio Tinto, información pública; Wood Mackenzie; Investiv; USGS.
- ⁴⁵ Samarco. Informe anual de sostenibilidad. (2014). doi:10.2784/1473.
- ⁴⁶ Damgaard, A., Larsen, A. W. y Christensen, T. H, arriba.
- ⁴⁷ Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible e Instituto de Recursos Mundiales.. Greenhouse Gas Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. http://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Scope3_Calculation_Guidance.pdf (2011).

⁴⁸ La fuente del límite inferior del 35 % proviene de un estudio desarrollado por ICA y Fraunhofer ISI, 2017.

⁴⁹ Asociación Internacional del Cobre. Copper Environmental Profile. (2017).

⁵⁰ van Grootel, A., Chang, J., Wardle, B. L. y Olivetti, E. Manufacturing variability drives significant environmental and economic impact: The case of carbon fiber reinforced polymer composites in the aerospace industry. *J. Clean. Prod.* 261, (2020).

⁵¹ Bazilian, arriba.

⁵² The Economist, arriba.

⁵³ Vale, arriba

⁵⁴ Govreau, J. Project Survey 2020. *Eng. Min. J.* (2020).

⁵⁵ 2019, Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas, Panorama de los Recursos Globales 2019

⁵⁶ CDP. Melting Point. (2019).

⁵⁷ Björkman, B. y Samuelsson, C. Recycling of Steel. *Handb. Recycl. State-of-the-art Pract. Anal. Sci.* 65–83 (2014) doi:10.1016/B978-0-12-396459-5.00006-4.

⁵⁸ 2019, informes corporativos y de sostenibilidad.

⁵⁹ Alianza Global de Inversión Sostenible. Sustainable Investor Poll on TCFD Implementation. (2019).

⁶⁰ Ishii y v. Houten, (22), arriba.

⁶¹ El 70 % es el porcentaje de acero a base de chatarra que se produce actualmente en EE. UU. y que se tomó como punto de referencia para este análisis. Esto debería representar un escenario plausible en el

que la mayor parte del metal se produce con chatarra.

⁶² Elshkaki, A., Graedel, T. E., Ciacci, L. y Reck, B. K. Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. *Glob. Environ. Chang.* 39, 305–315 (2016).

⁶³ Elshkaki et al.

⁶⁴ Nodal, 2014, <https://www.nodal.am/2014/05/mineria-en-america-latina-debates-y-conflictos-de-una-actividad-en-expansion>

⁶⁵ Cepal.

⁶⁶ Lebdioui, A. (2019) “Economic Diversification and Development in Resource dependent Economies: Lessons from Chile and Malaysia”; disertación para el grado de Doctor en Filosofía; Centro de Estudios del Desarrollo de la Universidad de Cambridge

⁶⁷ Urzúa, O. (próximo a publicarse) “Cadenas de Valor de la Minería Chilena Procesos de Innovación y Fortalecimiento Productivo - Capacidades y condiciones habilitantes para la creación y retención de valor en el sector minero-metalúrgico chileno impulsando un desarrollo sostenible en el S.XXI”

⁶⁸ Alta Ley. Hoja de Ruta 2.0 de la Minería Chilena. (2019).

⁶⁹ GIZ. Hidrógeno en el transporte minero chileno a partir de ERNC. (2017).

⁷⁰ GIZ, arriba.

⁷¹ Sonter, L. J., Barrett, D. J., Moran, C. J. y Soares-Filho, B. S. Carbon emissions due to deforestation for the production of charcoal used in Brazil’s steel industry. *Nat. Clim. Chang.* (2015) doi:10.1038/nclimate2515.

- ⁷² McKinsey & Company. Decarbonization of industrial sectors: The next frontier. (2018).
- ⁷³ Vale. Climate Change. <http://www.vale.com/esg/en/Pages/ClimateChange.aspx> (2020).
- ⁷⁴ McKinsey & Co, arriba.
- ⁷⁵ IRENA Renewable Energy Market Analysis: Latin America”, IRENA, Abu Dabi. (2016)
- ⁷⁶ Alta Ley, arriba.
- ⁷⁷ Generadoras de Chile. Carbono Neutralidad en el Contexto del ODS 7. (2020).
- ⁷⁸ OCDE/CEPAL. OECD Environmental Performance Reviews: Chile 2016. (2016).
- ⁷⁹ Comisión Europea. Questions and Answers: A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe. (2020).
- ⁸⁰ Creagh, B. Turning used mining tyres into a resource. Australian Mining (2019).
- ⁸¹ Fundación Ellen McArthur. Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. (2019).
- ⁸² Material Economics. The Circular Economy – A Powerful Force for Climate Mitigation. (2019).
- ⁸³ GIZ, arriba.
- ⁸⁴ GIZ, arriba.
- ⁸⁵ Hydrogen Council. Hydrogen scaling up - A sustainable pathway for the global energy transition. (2017).
- ⁸⁶ Dufey, A. Iniciativas para transparentar los aspectos ambientales y sociales en las cadenas de abastecimiento de la minería: tendencias internacionales y desafíos para los países andinos. (2020).
- ⁸⁷ Vale, Climate Change, arriba.
- ⁸⁸ Code Verde. Codelco desecha plan de “cobre verde” pero busca limpiar su producción en próximos años. (2019).
- ⁸⁹ Code Verde.
- ⁹⁰ Circular. Our Purpose: Empowering Better Business through Traceability. (2020).
- ⁹¹ Allied Market Research. Blockchain Supply Chain Market Outlook: 2025. (2019).
- ⁹² Natural Climate Solutions. Nature’s sleeping giant. (2020).
- ⁹³ Climate Funds Update. Climate Finance Regional Briefing: Latin America. (2018)
- ⁹⁴ Vale, Climate Change, arriba.
- ⁹⁵ Climate Bonds Initiative.
- ⁹⁶ 2º Investing Initiative y BID, “Transition Risks Assessment of Latin American Financial Institutions and the use of Scenario analysis”, (2020).
- ⁹⁷ Circular Economy Finance Guidelines (2018).
- ⁹⁸ Banco Mundial. 2020. Global Economic Prospects, junio de 2020. Washington, DC.
- ⁹⁹ Banco Mundial, arriba.

¹⁰⁰ Borregaard N; Bitrán E.; Dufey A.; Durán V.; Rabí V; Rojas M., von Wolfersdorff M. (próximo a publicarse) Propuestas para una reactivación económica resiliente e inclusiva, Fundación Espacio Público, Santiago.

¹⁰¹ Guarascio, F. EU rules on responsible investments to kick in from 2021. Reuters (2019).

¹⁰² IRENA. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. (2020).

Anexo

Metodología

Hemos evaluado el caso de que ALC se convierta en un centro de metales bajos en carbono mediante el análisis de la relación entre los volúmenes cambiantes de acero y cobre y las intensidades de los GEI de su producción. Para cada año del modelo, la huella de carbono del sector se determina multiplicando el volumen producido en un año determinado por el cambio en la intensidad de producción. Para asignar una parte de las emisiones mundiales a ALC, se analizaron las curvas de costos sectoriales para determinar la participación de mercado actual de ALC y cómo esa participación cambia a lo largo del tiempo en diferentes escenarios de volumen, tanto para chatarra como para material virgen.

La intensidad de producción de referencia se determinó mediante la construcción de un mapa de la cadena de suministro de inclusiones relevantes, poblado principalmente con divulgaciones corporativas a CDP por 28 compañías relacionadas con metales y minerales que, en conjunto, reportaron casi 2000 millones de toneladas de CO₂ en 2019. Para el acero, usamos datos de la Asociación Mundial del Acero; AME; Wood Mackenzie; ABM; Oldendorff; BHP; BMO; Citi; Mysteel; SMM. Para el cobre, usamos datos del ICSG; Ocean Partners; BMO; Citi; BHP; Rio Tinto; Wood Mackenzie; Investiv; USGS. Debido a las condiciones específicas del sitio que impulsan la intensidad de la producción y la falta de una metodología de informes armonizada, no se pudieron traer detalles significativos a las intensidades de producción actuales de ALC en comparación con el resto del mundo. En este sentido, las líneas de base de intensidad de producción para las cadenas de suministro del cobre y el acero en ALC no se ajustaron a partir de las cifras mundiales.

Los escenarios BaU 1, 2 y 3, que se analizan en el Capítulo 2, se basan en los volúmenes “business as usual”, con una reducción de la intensidad (para los escenarios 2 y 3) aplicada linealmente año tras año. El escenario desacoplado analizado en el Capítulo 3 se basa en volúmenes desacoplados, y la reducción de intensidad también se aplica linealmente. Los dos escenarios de volumen que se usan en este informe son del Panorama de los Recursos Globales 2019 del Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas; los volúmenes BaU, basados en un crecimiento constante año tras año, y desacoplados, en los que la eficiencia de los recursos, el impuesto a la extracción y el cambio de la demanda se aplican a los volúmenes BaU, con la consecuente disminución neta en los volúmenes de cobre y acero para 2060. Para el efecto general de las cuñas de la economía circular en relación con los cambios de demanda causados por las políticas de economía circular, Hatfield-Dodds (2017) fue la base para el modelo del PIR.

El argumento para que ALC se convierta en un centro bajo en carbono para la minería, presentado en el Capítulo 4, se basa en las conclusiones de los escenarios combinados con consideraciones sobre la importancia relativa del acero y el cobre en la economía regional, así como su estructura exportadora en relación a otras regiones (Cepal 2018). Nuestra conclusión, que requiere la búsqueda de nuevas ventajas comparativas en la diversificación de productos (de las cuales los productos básicos bajos en carbono son un ejemplo clave) se basa en la proyección de las posiciones relativas de los productores de ALC en las curvas de costos del mineral de hierro y el cobre, que hemos usado para producir estimaciones de la participación de mercado futura de ALC en ambos productos básicos, de donde surge una ventaja especial para ALC cuando se basa en el escenario de volumen desacoplado.