

La industria mundial del cobre: cambios territoriales y desafíos socioambientales en el siglo XXI

The Global Copper Industry: Territorial Shifts and Socio-Environmental Challenges in the 21st Century

Isidro Téllez Ramírez*  <https://orcid.org/0000-0002-1470-0994>

Resumen

Objetivo: analizar los cambios territoriales y los principales desafíos socioambientales de la industria mundial del cobre en el siglo XXI, con énfasis en América Latina. **Metodología:** con base en indicadores de fuentes oficiales, se representaron las propiedades estadísticas y los cambios espaciotemporales de la industria cuprífera mediante mapas temáticos, gráficos y tablas. **Resultados:** se muestra que América Latina es una región extractiva y proveedora de cobre bruto y que la fundición y refinación de dicho metal dio un giro geográfico desde los países occidentales hacia China. **Limitaciones:** el estudio no revisa las alternativas a las problemáticas detectadas. **Valor:** se presenta un panorama actual, integral y prospectivo de la producción, el consumo y las reservas mundiales de cobre. **Conclusiones:** la expansión territorial y los conflictos socioambientales son dos problemas de la industria del cobre que se verán agravados por la transición energética que, entre otros efectos negativos, aumenta el perfil extractivo y dependiente de América Latina.

Palabras clave: industria del cobre; recursos de cobre; extractivismo; reorganización espacial; transición energética.

Abstract

Objective: analyze the territorial shifts and the main socio-environmental challenges of the global copper industry in the 21st century, with emphasis on Latin America. **Methodology:** based on indicators from official sources, the statistical properties and spatiotemporal changes of the copper industry were represented through thematic maps, graphs and tables. **Results:** it is shown that Latin America is the extractive and supplier region of raw copper, while the smelting and refining of copper made a geographical turn from Western countries toward China. **Limitations:** this study does not review the alternatives to the identified problems. **Value:** a current, comprehensive and prospective overview of global copper production, consumption and reserves is established. **Conclusions:** territorial expansion and socio-environmental conflict are two problems of the copper industry that will be aggravated by the energy transition that, among other negative effects, increases the extractive and dependent profile of Latin America.

Keywords: copper industry; copper resources; extractivism; spatial reorganization; energy transition.

■ **Cómo citar:** Téllez Ramírez, I. (2024). La industria mundial del cobre: cambios territoriales y desafíos socioambientales en el siglo XXI. *región y sociedad*, 36, e1858. <https://doi.org/10.22198/rys2024/36/1858>

*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Departamento de Geografía Económica. Circuito Exterior, s. n., Ciudad Universitaria, C. P. 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México. Correos electrónicos: isidro@geografia.unam.mx; isidrotr@gmail.com

Recibido: 16 de diciembre de 2023.

Aceptado: 1 de abril de 2024.

Liberado: 23 de abril de 2024.



Esta obra está protegida bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional.

Introducción

Después del hierro y el aluminio, el cobre es el tercer mineral metálico no ferroso más utilizado en el mundo. Es insumo de múltiples industrias debido a su alto grado de conductividad eléctrica y térmica, su gran resistencia a la corrosión, su excelente maleabilidad y ductilidad y su capacidad bactericida (International Copper Study Group [ICSG], 2023). De color rojo intenso, es un mineral que se puede reciclar reiteradamente sin que pierda sus propiedades, además de que posee una alta capacidad de aleación con otros metales (Donoso, 2013). Si bien el aluminio y el zinc lo han sustituido en algunas de sus principales aplicaciones —por ejemplo, en la fabricación de los cables de transmisión eléctrica—, hasta el día de hoy sigue conservando su vigencia como metal de uso amplio.

Al igual que el litio, en la actualidad se está perfilando como protagonista en el desarrollo de fuentes de energía renovable, en especial solar y eólica, y en la fabricación de vehículos eléctricos e híbridos cuya producción requiere entre cuatro y cinco veces más cobre que los automóviles con motor de combustión interna (Jones, Acuña y Rodríguez, 2021).

Esta extendida utilidad del cobre y las perspectivas de crecimiento de su demanda mundial han atraído la mirada de la academia y de entidades estatales, pero también de organizaciones sociales, agencias de investigación financiera y de las propias empresas mineras. Estudios y reportes recientes han avanzado en la generación y análisis de información sobre la producción, el consumo y la disponibilidad global de este metal (Bhutada, 2021; ICSG, 2023; Jones et al., 2021; Servicio Geológico de Estados Unidos [USGS], 2021). Se han evaluado las tecnologías de minado y procesamiento, incluidas las referentes al reciclaje y la disposición final de residuos (Li et al., 2017), y se han revisado los cambios en las legislaciones mineras (Acosta, 2018; Fitch Solutions, 2022). Ante el aumento de la demanda de cobre como parte de la transición energética, también se han examinado los problemas en torno a la productividad, eficiencia y sostenibilidad de las cadenas globales de dicho mineral, en especial en estudios provenientes de China, donde se estima que las reservas tienen un tiempo de vida de apenas 15 años (Hao et al., 2023; Kang, Wang, Chen y Li, 2023; Li et al., 2017).

Las investigaciones con un enfoque crítico han dirigido su interés hacia los efectos ambientales y sociales negativos derivados del despliegue territorial de esta industria, en particular de la llamada megaminería (Evans y Dom, 2021). A partir de estudios de casos y metodologías cualitativas, esta literatura ha logrado avanzar en el análisis de los procesos que originan y organizan la industria del cobre. También ha reconocido e incluido en la propia investigación las demandas de las comunidades afectadas por esta actividad económica (Dunlap, 2019; Jardim-Wanderley y Rocha, 2023; Muñoz, Llano y Ruiz, 2023; Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina [OCMAL], 2023; Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación [PODER], 2022).

Otros estudios a escala mundial han aportado elementos para comprender los patrones geopolíticos y geoeconómicos de la producción y el comercio de cobre (Correa, 2008; Gahona-Flores, 2020). También han logrado avanzar en la identificación de las tendencias, desafíos y potencialidades de esta industria

(Donoso, 2013; Energy Transitions Commission, 2023; González y Cantallopts, 2022; Ministerio de Economía de Argentina, 2023).

La presente investigación pretende contribuir a esta última literatura respondiendo, desde el horizonte de la geografía económica, tres preguntas principales: ¿cuál ha sido la dinámica global de la producción y consumo de cobre durante el siglo XXI? ¿Dónde se concentran las reservas de este metal? ¿Cuáles son los principales problemas socioambientales a los que se enfrenta la industria cuprífera? El objetivo que anima la investigación es analizar los cambios territoriales y los principales desafíos socioambientales de la industria mundial del cobre, entendiendo por esta la actividad económica integrada por minas (subterráneas y de tajo a cielo abierto), plantas de fundiciones, refinерías, instalaciones de reciclaje y fabricantes de productos semiacabados de cobre y aleaciones de este (International Copper Association [ICA], 2023). Se toma la escala mundial y el periodo 2001-2021 como referencias de análisis, aunque haciendo énfasis en la región latinoamericana con la intención de aportar a la literatura sobre la temática una visión geográfica integral de la dinámica de este importante sector, destacando los cambios y permanencias entre los principales países productores y consumidores, así como las tendencias y los desafíos que encara en el marco de la transición energética.

En el primer apartado se expone el horizonte teórico utilizado. En el segundo se revisan brevemente las distintas etapas que conforman la industria del cobre. En el tercero se presentan los resultados de la investigación, poniendo el acento en los cambios en la organización global de la producción y del consumo, así como en la situación actual de las reservas. Luego se identifican y discuten las principales problemáticas inherentes a la industria cuprífera. Y al final se exponen las conclusiones.

Elementos teórico-metodológicos

Gran parte de la literatura contemporánea sobre la industria minero-metalúrgica toma como horizonte teórico el extractivismo, definiéndolo como la extracción de recursos naturales en grandes volúmenes o con alta intensidad, en la cual por lo menos la mitad es exportada como materia prima, con un mínimo o nulo procesamiento, que ocupa grandes áreas geográficas y que es controlada tanto por empresas estatales como por corporaciones de capital privado nacional o transnacional que producen dudosos beneficios locales (Gudynas, 2015 y 2018). Este planteamiento teórico se ha beneficiado de los aportes de la ecología política y de la perspectiva de la reprimarización de las economías dependientes (Bolinaga y Slipak, 2015), así como del concepto marxista de acumulación por desposesión (Rodríguez, 2017).

Aunque se ha generalizado el uso del concepto de extractivismo —el cual continúa suscitando un rico debate académico y político—, presenta una limitación para analizar la industria mundial del cobre que nace de su propia conceptualización: la minería no figura como industria, ya que en ella no existe un procesamiento propio de la manufactura sino solo la extracción y exportación

de minerales sin procesar o con un exiguo procesamiento (Gudynas, 2018). Este supuesto, basado en la realidad sudamericana donde, en efecto, el volumen de mineral procesado es reducido, no se corresponde con el grado de manufactura alcanzado por la economía china ni por otras naciones asiáticas donde la obtención de cobre constituye una industria integrada de forma vertical que produce mercancías o aleaciones de este metal que son consumidas por otras ramas manufactureras (Li et al., 2017). Si bien el concepto contempla el destino final de las materias primas y la desigualdad económica y ecológica presente en su intercambio comercial, lo que ayuda a ubicar a América Latina como una periferia extractiva organizada según las necesidades de las economías desarrolladas, generalizar la experiencia de esta región deja fuera del análisis los cambios geográficos y las problemáticas propias del resto de las etapas por las que pasa la industria cuprífera.

Para garantizar un análisis más integral de la dinámica de la industria cuprífera mundial y sus desafíos, en esta investigación el concepto de extractivismo se complementa con la perspectiva de la reorganización del espacio. Esta conceptualización analítico-explicativa ofrece la posibilidad de revisar no solo los aspectos relacionados con la fase extractiva —sin duda presente en la industria del cobre—, sino también los elementos que integran las fases de fundición y refinación y sus interconexiones funcionales con otras ramas manufactureras, así como aquellas condiciones y procesos, locales y globales, cuyo movimiento en conjunto dan origen a la estructura y reorganización espacial que comprende destrucciones, sustituciones y adiciones de índole social, económico, político y ambiental (Sánchez, 1990).

A partir de este horizonte teórico, la estrategia metodológica se concentró, en primer lugar, en la revisión de artículos científicos, libros y notas de periódico sobre esta industria. En segundo lugar, se analizaron indicadores, como la producción anual de cobre de mina, de fundición y refinado, la participación porcentual por país en la producción y consumo mundial y las proyecciones para 2030, construidos con los datos provistos en los informes anuales y reportes elaborados por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés), la International Copper Association (ICA) y el International Copper Study Group (ICSG), entre otras fuentes oficiales. La información recopilada se interpretó por medio de dos rutas: 1) la descripción y representación de las propiedades estadísticas de la industria cuprífera mediante gráficas y tablas; y 2) la representación de los cambios espaciotemporales a través de mapas temáticos elaborados con el software QGIS.

El cobre y sus etapas de producción

En la naturaleza es común que el cobre se encuentre asociado con otros metales y roca estéril (sin valor económico), sobre todo en forma de óxidos (con un alto contenido de óxido de carbono) y de sulfuros (con alto contenido de azufre). Por este motivo, hablar de la producción de este mineral implica entender una serie de procesos industriales necesarios para obtener un metal de alta pureza

apto para elaborar mercancías de consumo cotidiano. Estos procesos se pueden dividir en cuatro etapas que en conjunto conforman la industria cuprífera: 1) extracción, 2) concentración, 3) fundición y 4) refinación.

La primera de ellas consiste en extraer del subsuelo los minerales de cobre, principalmente calcopirita, que es la variedad más abundante en la corteza terrestre (Sánchez, 1990). Para ello se emplea el minado subterráneo o la extracción de tajo a cielo abierto. En los últimos 40 años, este último método de extracción es el que predomina en el mundo (ICSG, 2023). De los 14 yacimientos de clase mundial catalogados como supergigantes por el USGS (2021), es decir, que contienen más de 24 millones de toneladas de cobre, solo la mina El Teniente, ubicada en Chile, es subterránea. La introducción en las últimas décadas de equipos de acarreo y procesamiento de tamaño gigante ha facilitado y abaratado la explotación de enormes volúmenes de minerales de baja ley mediante el minado superficial, lo cual ha posibilitado además la expansión territorial de las operaciones mineras hacia lugares impensables medio siglo antes.

Sin embargo, parece que esta tendencia será revertida en los próximos años. El aumento de la profundidad promedio de los depósitos de cobre descubiertos recientemente, sobre todo de sulfuros de cobre (ICA, 2023), sugiere que un mayor porcentaje de operaciones tenderá a adoptar la extracción mediante túneles y galerías en lugar del minado con tajos. Esto se debe en parte a que los gastos de exploración se han concentrado en ampliar los depósitos en operación en lugar de buscar nuevos, pues ello implicaría un mayor riesgo económico. Es el caso de la mina chilena Chuquicamata que, tras un siglo de explotación superficial intensiva, en la actualidad se encuentra en plena fase de transformación para convertirse en una profunda mina subterránea, con lo cual su vida útil se extenderá por lo menos cuatro décadas (Townsend, 2017).

La segunda etapa continúa con la separación del cobre de los materiales sin valor económico para obtener lo que se conoce como cobre bruto o concentrados de cobre. Este proceso, llamado concentración, ocurre dentro del mismo perímetro de la unidad minera. Cuando se trata de minerales cúpricos sulfurados, la concentración se realiza mediante una solución acuosa compuesta de distintos químicos, la cual separa el metal de los sulfuros hasta producir un concentrado en una proporción de entre 20% y 40% de cobre (Donoso, 2013). Es frecuente que los óxidos de cobre se separen a través de un proceso hidrometalúrgico en el que se aplica lixiviación para extraer sulfato de cobre que, a su vez, es purificado con la ayuda de solventes hasta obtener una concentración cúprica de alrededor de 50% y 70% (ICSG, 2023). Después los concentrados de cobre son procesados en las plantas de fundición, que suelen ubicarse lejos de las unidades mineras. De esta tercera etapa resulta el llamado cobre blíster o ampollado (que incluye ánodos), el cual posee un contenido cúprico de entre 98.5% y 99.5% (ICA, 2023). El porcentaje restante está conformado por subproductos, como oro, plata, cobalto, molibdeno, platino, selenio y telurio, así como por ácido sulfúrico y silicato de hierro (ICSG, 2023).

La cuarta y última etapa consiste en la refinación del cobre blíster mediante el uso de electricidad hasta lograr una pureza de 99.99%. El principal producto son los cátodos de cobre ER, cuya sigla hace referencia al proceso de electro-

rrefinación. De manera alternativa, el cobre ampollado se refina a través de la lixiviación (extracción por solventes) y electroobtención en las denominadas plantas ESDE (extracción por solventes y deposición electrolítica). El producto obtenido se denomina cátodos de cobre SX-EW, en donde las siglas aluden a la extracción por solventes y a la mencionada electroobtención. Ambos tipos de cátodos de alta pureza son la forma más común en la que el cobre se comercializa (Donoso, 2013; ICSG, 2023).

Los procesos de fundición y refinación también incluyen el procesamiento del cobre contenido en la chatarra desechada de la fabricación de mercancías (chatarra nueva) y en los productos descartados por avería u obsolescencia (chatarra vieja). Este reciclaje se clasifica como producción secundaria (ICSG, 2023). Pero ya sea que provenga de una fuente primaria (concentrados, blíster o cátodos) o de una fuente secundaria (chatarra), el cobre es consumido sobre todo por las ramas industriales vinculadas con la construcción, la generación de energía eléctrica y las telecomunicaciones, y recientemente por otros sectores de vanguardia, como la fabricación de vehículos eléctricos y el desarrollo de fuentes de energía renovable (Li et al., 2017).

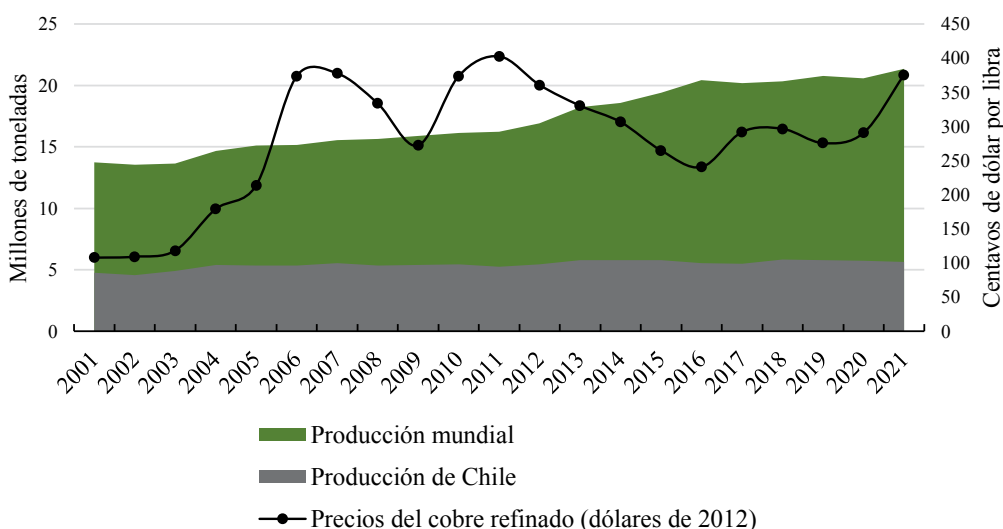
Cambios territoriales de la industria global del cobre

En el transcurso de las primeras dos décadas del siglo XXI, el uso generalizado y las perspectivas de crecimiento significativo de la demanda de cobre son factores que han impulsado a las empresas mineras a buscar y asegurar con ávido interés el acceso a los principales depósitos. Esta inclinación ha ocasionado distintas modificaciones en la organización territorial de esta industria. En los siguientes apartados se revisa la reciente dinámica y los cambios geográficos asociados con la producción y el consumo, además de la situación actual de las reservas y los recursos de cobre identificados y no identificados.

La producción mundial del cobre: la continuidad extractiva de América Latina

La producción cuprífera mundial registró un aumento sustancial durante las primeras décadas del siglo XXI. En 2001 el volumen de cobre de mina (que no incluye el cobre reciclado) fue de 13 millones 757 mil toneladas. Veinte años después, esta producción se incrementó 55.2%, al registrar un total de 21 millones 353 mil toneladas (Reichl y Schatz, 2023). Como se observa en la figura 1, esta elevación se produjo en gran medida durante la década de 2010, impulsada por la multiplicación por cuatro del precio real del cobre refinado que, en 2011, registró un valor histórico de 403 centavos de dólar por libra (a dólares de 2012), mientras que en 2001 la libra de cobre alcanzó una cotización de 108 centavos de dólar.

Figura 1. Producción mundial de cobre de mina, 2001-2021



Fuente: elaboración propia con datos de COCHILCO (2022) y Reichl y Schatz (2023).

Durante estas dos décadas, Chile se ha mantenido como el principal productor mundial, con un volumen de 5 millones 625 mil toneladas en 2021, lo que significa un incremento de 18.7% respecto a 2001. Exporta más de 50% de su producción en forma de concentrado y se espera que en la próxima década este porcentaje aumente hasta 70% (COCHILCO, 2021b). Sin embargo, como se aprecia en la figura 2, su aportación global retrocedió durante los últimos veinte años al pasar de 34.4% a 24.5%. Aun así, el país andino sigue ubicándose lejos del segundo sitio ocupado por Perú. Tan solo la producción de las minas chilenas Escondida y Collahuasi representa poco más de 10% del total global (Bhutada, 2021), que es la misma proporción alcanzada por toda la minería de cobre peruana al sumar una producción de 2 millones 299 mil toneladas (COCHILCO, 2021a), aunque es importante indicar que este volumen permitió a Perú registrar un aumento de 218% en la producción del metal rojizo entre 2001 y 2021 (USGS, 2023).

Otra proporción significativa del crecimiento de la producción de cobre provino de la inserción de la República Democrática del Congo dentro del mapa mundial de productores cupríferos, así como del ascenso de China. En la última década, el Congo superó a Zambia para convertirse en el tercer productor global en 2021, con una participación de 8.8%, lo que implicó cuadruplicar la extracción de 480 mil toneladas en 2010 a 1 millón 878 mil toneladas. El complejo minero Kamoá Kakula, localizado en el cinturón de cobre y cobalto de Katanga, fue el principal impulsor del incremento de la producción congoleña (USGS, 2023). Mientras tanto, China continental pasó de la octava a la cuarta posición mundial al triplicar su producción de 587 mil toneladas en 2001 a un volumen de 1 millón 741 mil toneladas en 2021, lo que le permitió superar a Indonesia y Australia, otrora la tercera y cuarta naciones productoras de cobre, respectivamente (figura 2).

Por el contrario, la producción de cobre de Estados Unidos registró un constante descenso durante los últimos 20 años, con un volumen estimado en 2021 de 1 millón 228 mil toneladas, frente a 1.3 millones de toneladas en 2001. Incluso en 2011 la producción cayó a 1 millón 110 mil toneladas como efecto de la crisis financiera de las hipotecas *subprime* y el estallido de distintos conflictos socioambientales en su territorio (Fitch Solutions, 2023b). Esta disminución implicó que este país pasara de ser el segundo productor de cobre a ocupar el quinto lugar, con una participación de 5.7% del total global (figura 2).

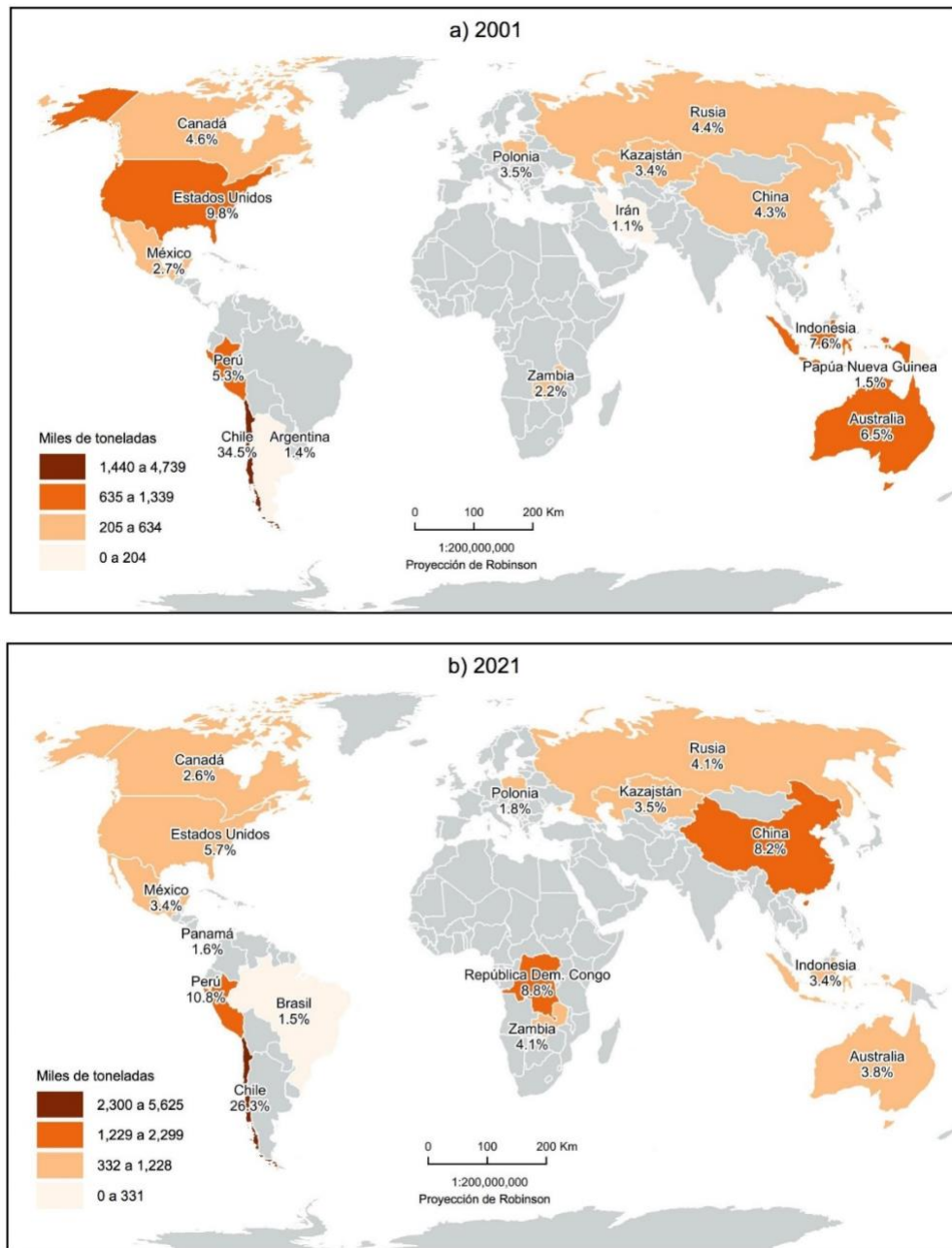
Aunque en una proporción mucho menor, México también aumentó su producción de cobre al pasar de 371 mil toneladas a 734 mil toneladas durante el periodo 2001-2021, lo que significó un incremento de 98% y su posicionamiento como el décimo productor de cobre del mundo. El yacimiento supergigante de Cananea, ubicado en el estado de Sonora, es el mayor centro extractivo de cobre de México, con una capacidad de producción anual de 525 mil toneladas, lo cual representó 2.6% del total global en 2021 (Bhutada, 2021). Con una proporción menor, en la última década Brasil y Panamá también figuraron en el mapa de los principales países extractores del metal rojizo.

Desde el punto de vista regional, hay un claro dominio de América Latina y el Caribe al contribuir con 44% de la producción mundial de cobre de mina en 2021, casi la misma proporción registrada en 2001. Chile y Perú son quienes marcan la pauta al producir en conjunto 37% del total. África fue la región que presentó el mayor aumento al pasar de 2.2% en 2001 a 13% en 2021, merced a la mencionada inserción del Congo y la duplicación de la aportación de Zambia, que pasó de 2.2% a contribuir con 4.1%. Por el contrario, la participación de América del Norte (excluido México) disminuyó de 14% a 8%, situación similar para Europa, que de 7.8% bajó a una contribución mundial de 6% durante el mismo periodo (figura 2).

Aunque la pandemia de COVID-19 llevó a varios países a introducir medidas que implicaron la suspensión temporal de la actividad minera, se proyecta que en la década de 2030 la extracción mundial de cobre registrará un aumento de 50.8% (Jones et al., 2021). La figura 3 indica que dentro de los próximos diez años América Latina pasará de 8.4 millones de toneladas de cobre a producir 11.7 millones de toneladas, con Chile y Perú a la cabeza. En Asia (excluida China), la producción sumará poco más de 4 millones de toneladas en 2030, impulsada básicamente por el incremento del volumen producido en las minas Grasberg y Oyu Tolgoi, localizadas en Indonesia y Mongolia, respectivamente.

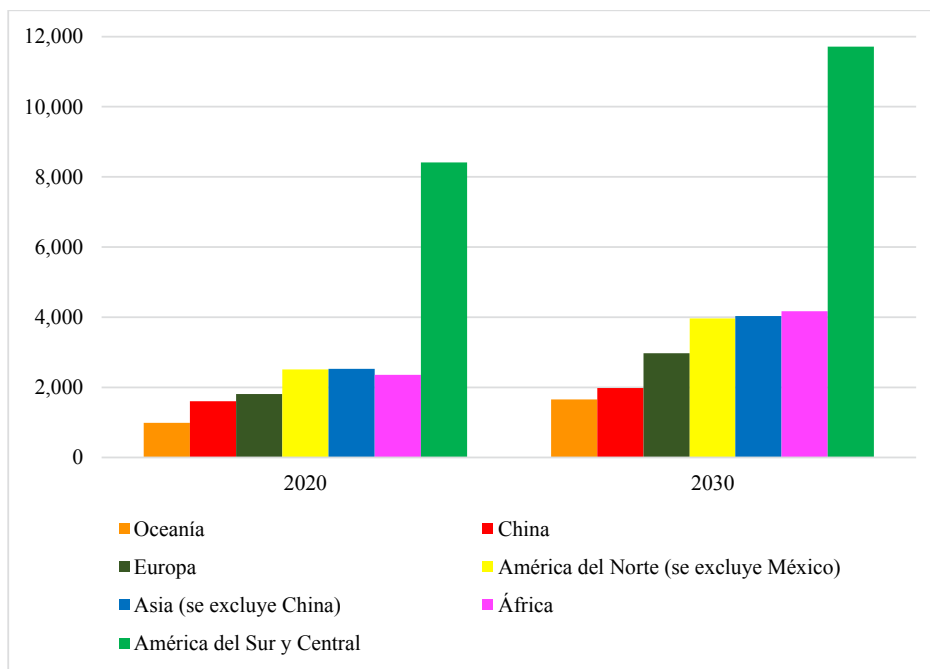
En relación con las empresas productoras, la Corporación Nacional de Cobre (CODELCO) destacó como el mayor productor de cobre del mundo al registrar una producción de 1 millón 703 mil toneladas en 2021, lo que significó 8% del total global. El segundo sitio fue ocupado por la empresa estadounidense Freeport-McMoRan, también uno de los mayores productores mundiales de oro, con un volumen de 1 millón 384 mil toneladas de cobre y una contribución global de 6.5%. En el tercer lugar se ubicó la compañía suiza Glencore con 6%, seguida de la británico-australiana BHP Billiton con 5.5% y Grupo México con 4.4%. Estas cinco empresas concentraron poco más de 30% de la producción mundial de cobre (Ministerio de Economía de Argentina, 2023). Como se aprecia en la

Figura 2. Cambios en la producción mundial de cobre de mina, 2001 y 2021



Fuente: elaboración propia con datos de COCHILCO (2003 y 2021a).

Figura 3. Proyección de la producción de cobre de mina según región, 2020-2030



Fuente: elaboración propia con datos de Jones et al. (2021).

tabla 1, a excepción de CODELCO, que es propiedad del Estado chileno, y de Antofagasta PLC y Southern Copper, que son filiales de las multilaterales Grupo Luksic y Grupo México, respectivamente, las grandes corporaciones que operan en América Latina tienen en común que su casa matriz se localiza fuera de esta región. Estas empresas controlan además siete de las doce principales minas latinoamericanas que, en conjunto, aportan 21% de la producción cuprífera global. Esto significa que gran parte de la actual extracción de cobre de América Latina es realizada por compañías extranjeras (Acosta, 2018; Correa, 2008). Chile es el principal ejemplo de esta concentración. En este país las grandes empresas transnacionales controlaron 71% de la producción nacional de cobre, estimada en 2021 en 4.1 millones de toneladas (Consejo Minero, 2023).

Tabla 1. Principales minas cupríferas en operación en América Latina, 2020

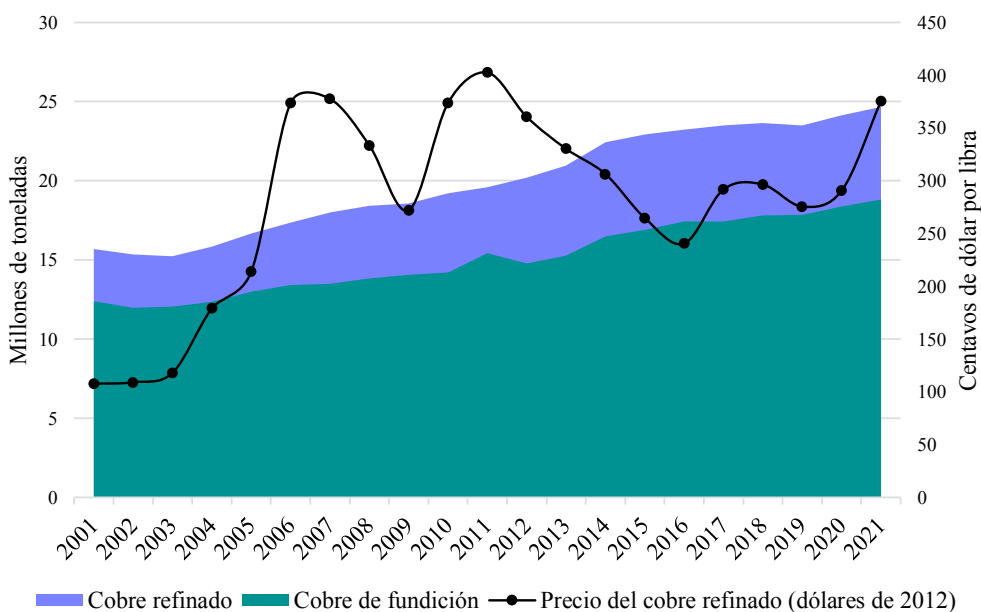
Nombre	Ubicación	Empresa principal	Origen del capital	Tipo de propiedad	Capacidad de producción anual (miles de toneladas)	Participación en la producción mundial (%)
Escondida	Chile	BHP Billiton	Reino Unido y Australia	Privada	1 400	7.0
Collahuasi	Chile	Glencore / Anglo American	Suiza y Reino Unido	Privada	610	3.1
Cananea	México	Grupo México	México	Privada	525	2.6
Cerro Verde	Perú	Freeport-McMoRan	Estados Unidos	Privada	500	2.5
Antamina	Perú	BHP Billiton / Glencore	Reino Unido, Australia y Suiza	Privada	450	2.3
Las Bambas	Perú	Minerals & Metals Group (MMG)	China	Estatal	430	2.2
El Teniente	Chile	CODELCO	Chile	Estatal	399	2.0
Chuquibambilla	Chile	CODELCO	Chile	Estatal	370	1.9
Los Bronces	Chile	Anglo American	Reino Unido	Privada	370	1.9
Los Pelambres	Chile	Antofagasta	Chile y Reino Unido	Privada	370	1.9
Radomiro Tomic	Chile	CODELCO	Chile	Estatal	330	1.7
Cobre Panamá	Panamá	First Quantum	Australia	Privada-Estatal	300	1.5

Fuente: elaboración propia con datos de Bhutada (2021).

El consumo mundial de cobre: el viraje geográfico hacia el Oriente

En 2021 el consumo global de cobre refinado registró un total de 24 millones 581 mil toneladas, un volumen 57% mayor que las 15 millones 686 mil toneladas consumidas en 2001. Como se indica en la figura 4, el consumo mantuvo un incremento promedio anual de 2.5% entre 2001 y 2021, a pesar de la caída de la cotización internacional del metal rojizo como efecto de la crisis económica mundial de 2008-2009 y de la pandemia de COVID-19.

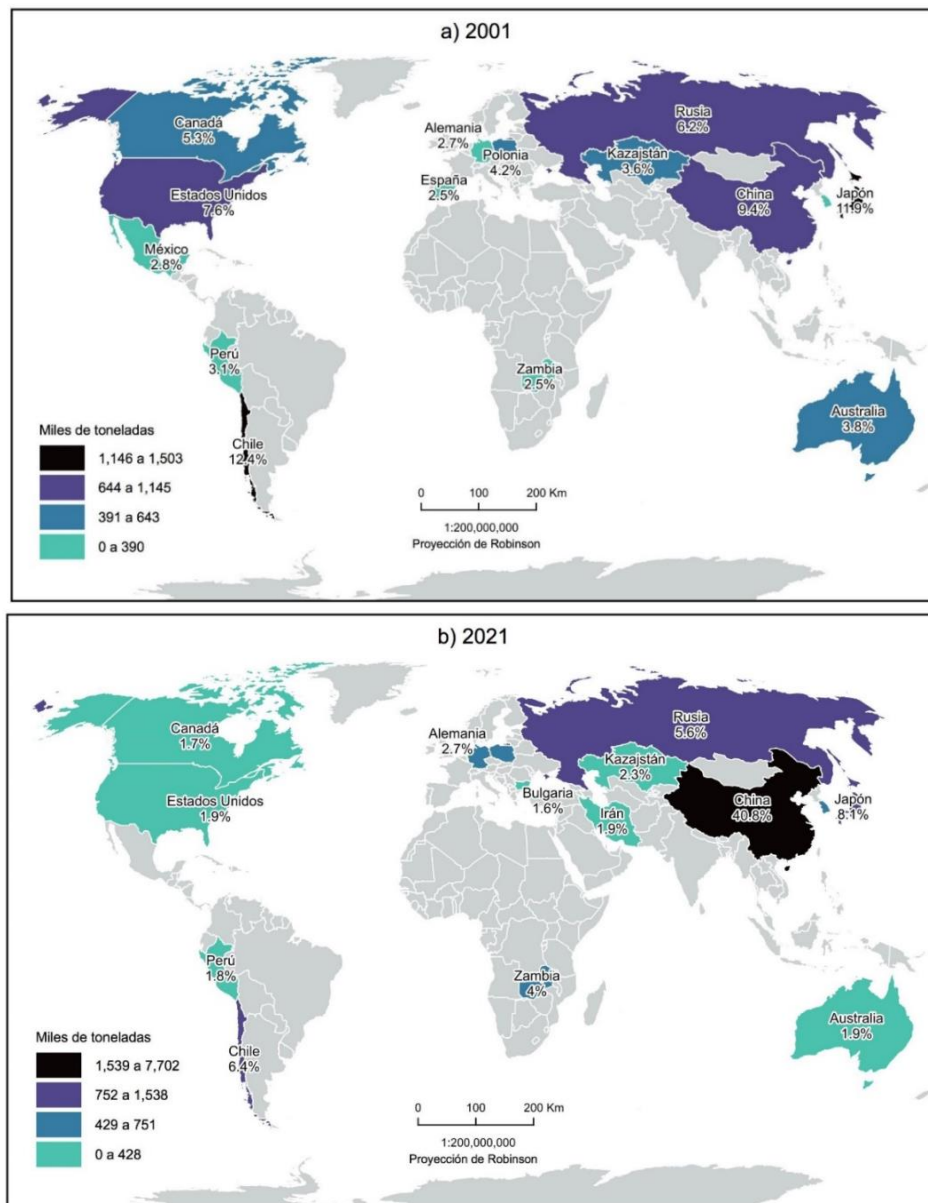
Figura 4. Consumo mundial de cobre de fundición y refinado, 2001-2021



Fuente: elaboración propia con datos de COCHILCO (2022) y Reichl y Schatz (2023).

Como se observa en las figuras 5 y 6, al inicio del siglo XXI el consumo de cobre estaba dominado por países con plantas de fundición y refinación ubicadas en Occidente, tomando como línea divisoria el oeste de los montes Urales. El 49% del cobre extraído en 2001 era fundido en Occidente, la mayor parte en los complejos metalúrgicos localizados en Chile, Japón, Estados Unidos, Canadá y Polonia. La mitad de la producción de cátodos también provenía de las fundiciones y refinerías localizadas en las naciones occidentales, con Chile y Estados Unidos como los mayores refinadores al aportar en conjunto 30% del total mundial.

Figura 5. Cambios en la producción mundial de cobre de fundición, 2001 y 2021

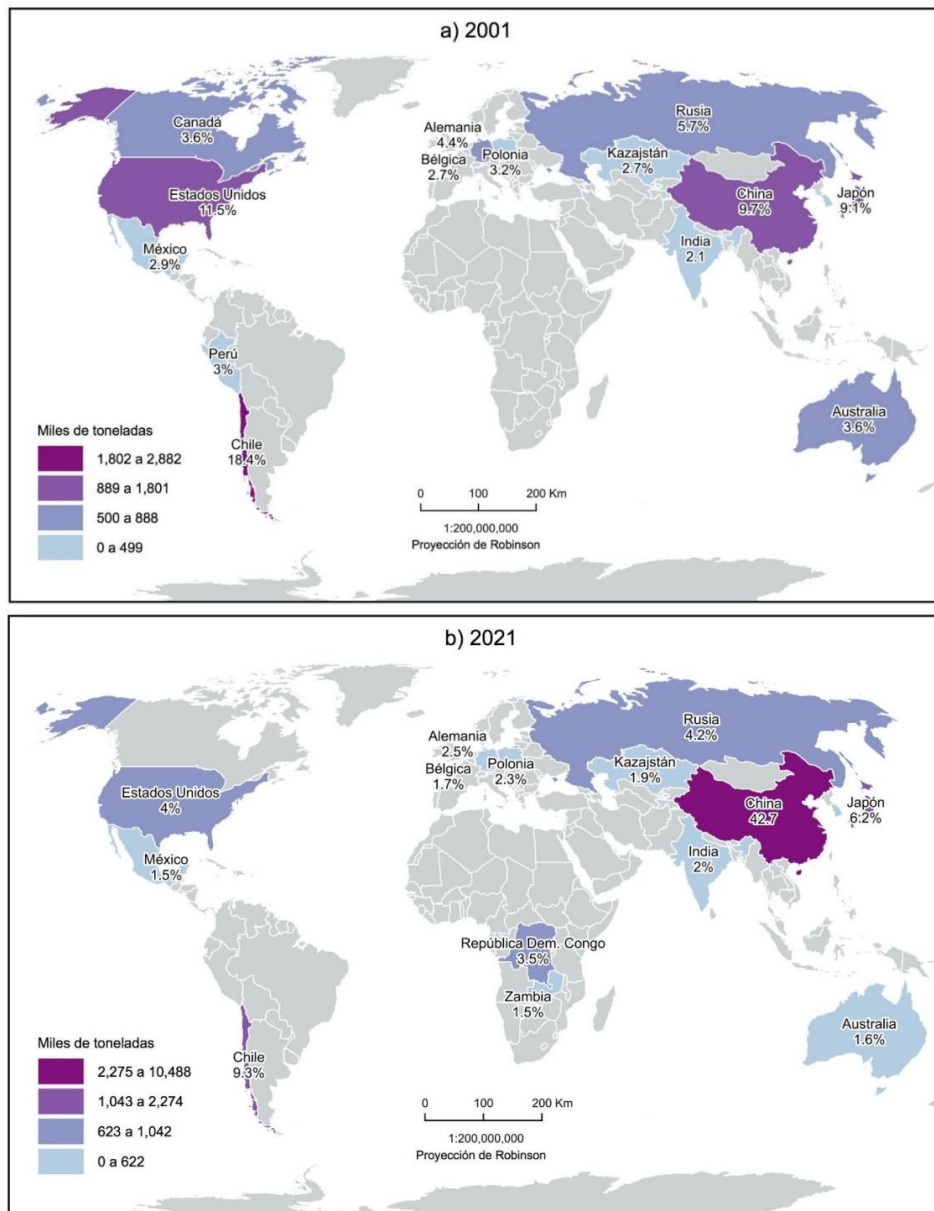


Fuente: elaboración propia con datos de COCHILCO (2003 y 2021a).

Sin embargo, veinte años después se presentó un giro geográfico de 180 grados. Los países orientales (incluidos Rusia y Australia) pasaron a concentrar 58% de la producción global de cobre de fundición estimada en 18 millones 885 mil toneladas en 2021. La refinación global también se trasladó hacia el Oriente. Cerca de seis de cada diez toneladas de cobre refinado provinieron de esta zona del planeta. En contraste, las plantas de fundición localizadas en el Occidente contribuyeron con 29% de la producción mundial de cobre blíster

(figura 5). En cuanto a la producción de cobre refinado, los países occidentales procesaron poco más de 6 millones de toneladas, lo que significó 26% del total mundial (figura 6). La refinación de cobre siempre había estado dominada por Chile, Estados Unidos y Japón. En 2001, estas naciones sumaron en conjunto 6.1 millones de toneladas, equivalentes a 39% del total global. Sin embargo, dos décadas después registraron un volumen de 4.7 millones de toneladas, con

Figura 6. Cambios en la producción mundial de cobre refinado, 2001 y 2021



Fuente: elaboración propia con datos de COCHILCO (2003 y 2021a).

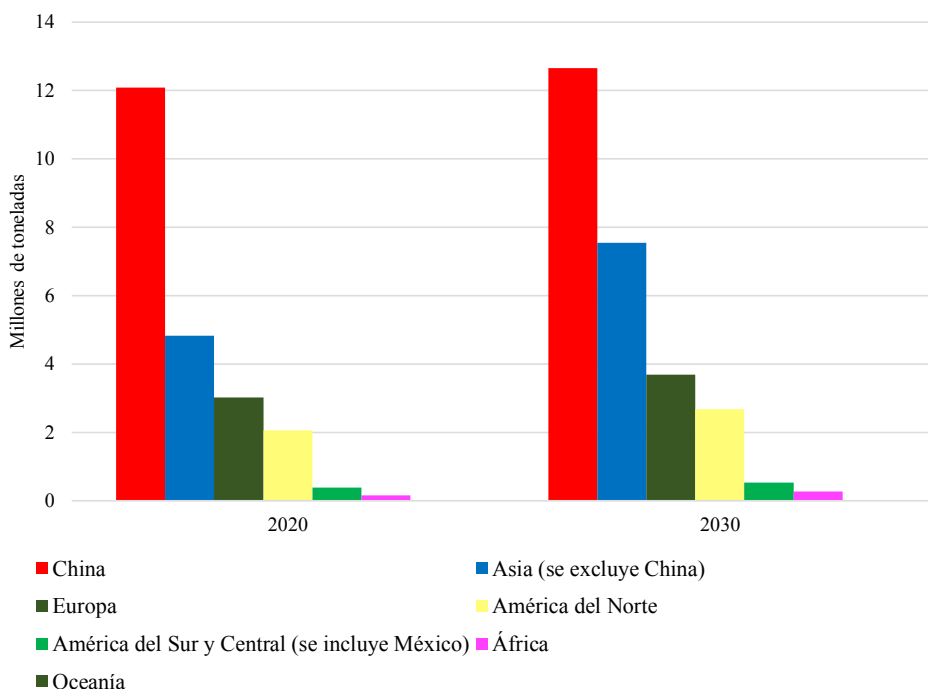
lo cual su contribución global cayó a 20%. Esto ocasionó que Chile bajara del primer sitio a ocupar la segunda posición en el *ranking* mundial de países refinadores de 2021, con una producción de 2.2 millones de toneladas, volumen cinco veces menor que el que registró China, que alcanzó 10.4 millones de toneladas (USGS, 2023).

Este cambio radical de la geografía de la industria metalúrgica del cobre se explica, fundamentalmente, por la creciente presencia y dinamismo espectacular de la República Popular China en las últimas décadas. Como se observa en las figuras 5 y 6, esta nación domina de manera indiscutible las fases de industrialización del cobre. En dos décadas, cuadruplicó su participación en la producción global de cobre fundido de 9.4% en 2001 a poco más de 40% en 2021. De igual modo, multiplicó por cuatro su contribución en la refinación al pasar de 9.7% a 42.7% en el mismo periodo. Por eso China es en la actualidad el mayor consumidor de cobre. Y no es para menos. Desde 2014 se convirtió en la principal economía del planeta: su PIB per cápita mantuvo un aumento promedio anual de 9.2% entre 1980 y 2020, además de que registró la expansión constante de la urbanización, electrificación y digitalización de su territorio, procesos sustentados en un drástico escalamiento tecnológico y en la innovación de su industria manufacturera (Dussel, 2022), en especial de la vinculada con un alto consumo de cobre, como son las industrias eléctrica, electrónica y automotriz, así como con las ramas productoras de tecnologías de la información, inteligencia artificial y de vehículos eléctricos (Acosta, 2018; González y Cantallops, 2022).

Las perspectivas para 2030 señalan que China continuará siendo el principal consumidor de cobre del mundo, aunque con un dinamismo menor que el que presentó en la última década. En Asia (China excluida), la demanda aumentará 56.3% al requerir 7.5 millones de toneladas en 2030. Este incremento será superado solo por África, ya que se espera que, en los próximos diez años, este continente requiera un volumen de 81.7% mayor que el que se registró en 2020 (véase figura 7).

La industria cuprífera mundial avanza así en dos sentidos divergentes pero inseparables. Por un lado, América Latina es la región extractiva y proveedora de concentrados de cobre de China y de otras naciones asiáticas que refinan el mineral y lo exportan hacia el territorio chino (Freitas y Bielschowsky, 2018). Por otro lado, China, y en general Asia, son el epicentro mundial de la producción de cobre blíster y refinado, o sea, de la industria metalúrgica de este metal.

Figura 7. Proyección de la demanda de cobre según región, 2020-2030



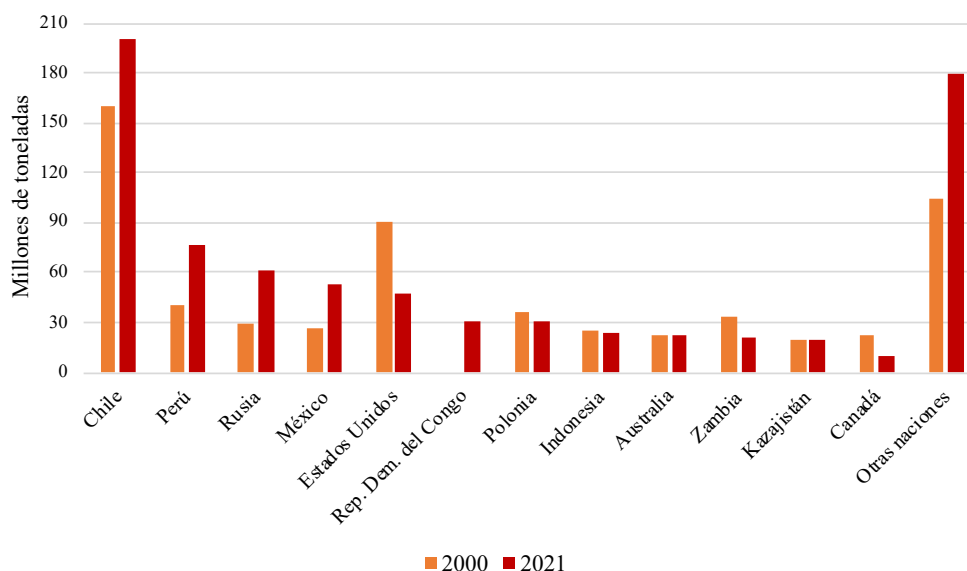
Fuente: elaboración propia con datos de Jones et al. (2021).

Reservas y recursos de minerales de cobre: entre la abundancia y la escasez

Se estima que en 2021 existían reservas minerales de cobre por 880 millones de toneladas, lo que significó un incremento de 35.4% en comparación con los 650 millones de toneladas contabilizadas en 2001. Cinco países concentraron la mitad de ellas: Chile con 23%, Perú con 9%, Rusia con 7%, México con 6% y Estados Unidos con 5% del total (USGS, 2023).

Como se observa en la figura 8, en términos relativos Rusia es el país que más ha ampliado sus reservas. En 2021 cuantificó 62 millones de toneladas de cobre, volumen 106.7% mayor que el que se registró en 2001. México también aumentó de manera notable sus reservas, al pasar de 27 millones de toneladas a un total de 53 millones de toneladas en veinte años, es decir, un incremento de 96.3%, porcentaje similar al obtenido por Perú, que amplió sus reservas 92.5%. Chile, por su parte, sumó 200 millones de toneladas de reservas en 2021, cantidad 25% mayor que la referida 20 años antes. En cambio, las reservas de Canadá, Estados Unidos y Zambia cayeron 57.4%, 46.7% y 38.2%, respectivamente.

Figura 8. Principales países con reservas de cobre, 2001 y 2021

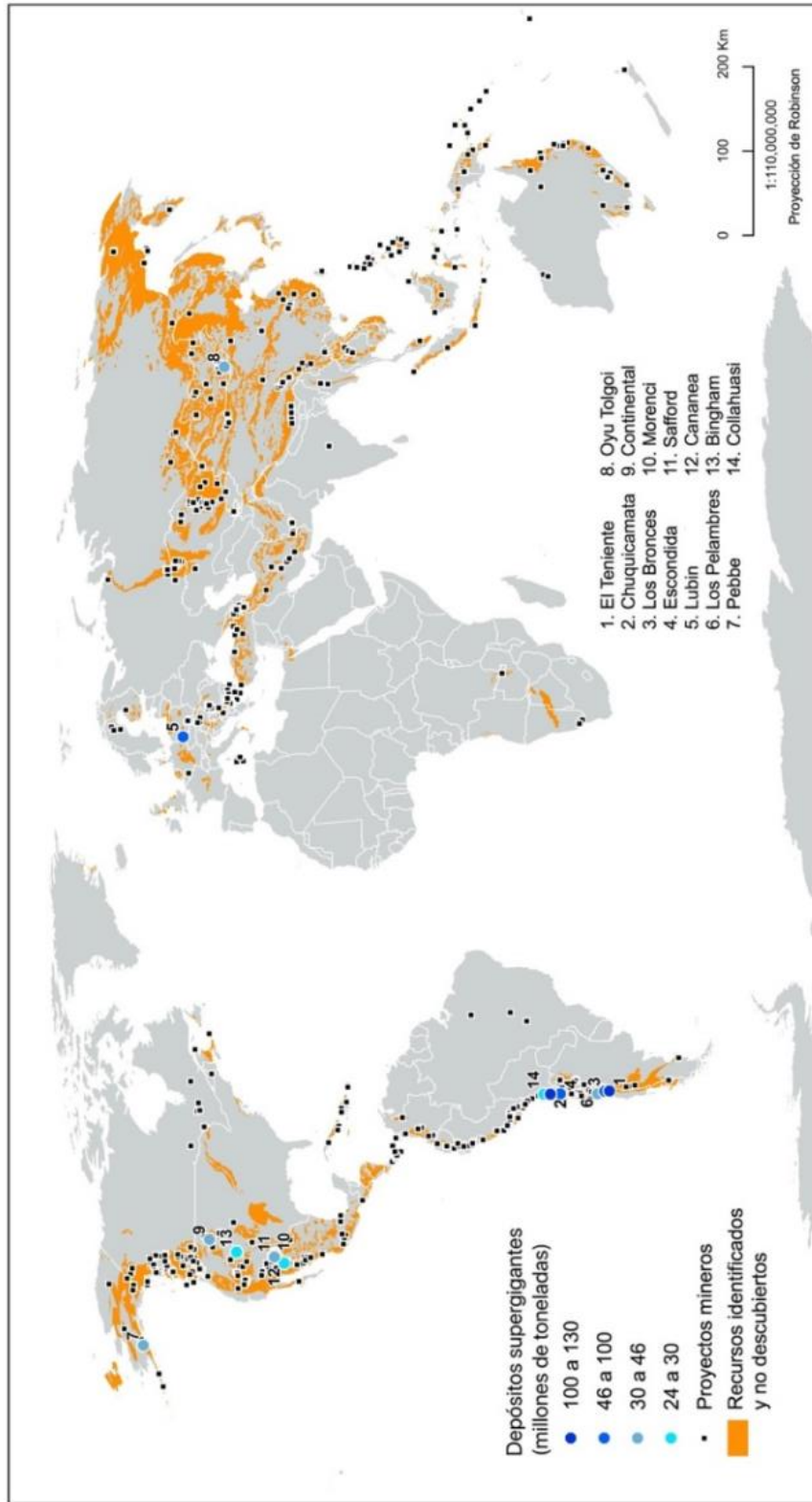


Fuente: elaboración propia con datos de USGS (2002 y 2023).

El USGS cuantifica además 5 600 millones de toneladas de cobre contenidas en recursos identificados y no identificados. Como se aprecia en la figura 9, los recursos se extienden por una enorme superficie que incluye depósitos descubiertos que son potencialmente rentables (2 100 millones de toneladas de cobre) y depósitos no descubiertos (3 500 millones de toneladas) que se predicen con base en estudios geológicos (USGS, 2021). América del Sur posee la mayor proporción de los recursos de cobre identificados, con 39% del total mundial, así como 21% de los recursos no descubiertos.

De acuerdo con las estimaciones del USGS (2021), esta riqueza cuprífera sería suficiente para mantener el consumo mundial durante 40 años al actual nivel usando solo las reservas de cobre, y más de 200 años extrayendo todos los recursos estimados. Este horizonte temporal aumenta si se consideran los recursos potenciales ubicados en el fondo marino, en especial en los nódulos polimetálicos del océano Pacífico que constituyen concentraciones de cobre y níquel, entre otras sustancias (Núñez, 2020). Sin embargo, hay problemas operativos que ponen en cuestión esta abundancia. Entre ellos sobresale la reducción del porcentaje de metal obtenido por tonelada de mineral removido, es decir, la ley del cobre. Por ejemplo, las minas de Chile registraron una ley promedio de 0.6% en 2021, lo que equivale a 600 gramos de cobre por tonelada, cuando 20 años antes era de 1.25 kilogramos (Fitch Solutions, 2023a), por lo cual se espera que el actual promedio mundial, estimado en 0.8% en 2021, siga disminuyendo hacia 2030 (ICA, 2023).

Figura 9. Depósitos supergigantes y recursos de cobre no descubiertos, 2015



Fuente: elaboración propia con datos de USGS (2021).

Los desafíos presentes y futuros de la industria cuprífera global

Para mantener los niveles de consumo de cobre a largo plazo sería necesario descubrir y abrir más depósitos supergigantes. Pero ello no está sucediendo. Ante este problema, Goldman Sachs alertó de una escasez de cobre a mediano plazo, pese a la abundancia de recursos identificados y no identificados (Expansión, 2022). Sin embargo, esta alarma palidece ante dos grandes problemáticas que contradicen el desarrollo de la industria cuprífera y determinan su futuro: 1) la expansión territorial y la conflictividad social; y 2) la transición energética. A continuación, se discute brevemente cada una.

Expansión territorial desmedida y conflictividad social

Además de ser adquirido por empresas manufactureras para producir distintas mercancías semielaboradas de cobre o con alguna de sus aleaciones, este metal también se negocia con motivos especulativos en los principales mercados financieros del mundo. Al igual que los metales preciosos, el cobre se cotiza por medio de futuros y opciones, entre otros instrumentos financieros que implican que la compraventa del metal no se hace al contado, sino que en el presente se fijan los términos para que la operación se haga en un momento futuro. Cerca de 90% de este tipo de operaciones se realiza en la Bolsa de Metales de Londres (Correa, 2008) en dólares y en lotes de 25 toneladas. También se cotiza en centavos de dólar y en lotes de 25 000 libras en la Commodity Exchange, mercado estadounidense usualmente llamado COMEX. La Bolsa de Futuros de Shanghai es el tercer centro financiero donde el cobre se vende en lotes de cinco toneladas cotizadas en renminbis (Muñoz et al., 2013). La idea de estas transacciones es que, al cuantificar el precio futuro del metal, se contribuye en el presente a producir menor riesgo a los inversionistas y a las empresas mineras. Sin embargo, en la práctica, las decisiones de invertir en el cobre son tomadas para especular y no por pura aversión al riesgo (Acosta, 2018; Correa, 2008).

Ante el incremento del precio del cobre y la estimación de enormes expectativas hacia 2050, esta especulación financiera ha sido un factor de enorme peso en los mencionados cambios registrados en la geografía cuprífera mundial. Con este impulso financiero el territorio ocupado por la minería ha avanzado hacia nuevas fronteras. Por ejemplo, en Chile la superficie concesionada para realizar actividades mineras comenzó a aumentar a partir de 2003, tanto en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y O'Higgins —que cuentan con una larga historia de explotación cuprífera—, como en aquellas donde la minería se desarrollaba a una escala muy pequeña o no existía (Molina, 2022). Así, hasta 2020 el área concesionada ocupaba 49.8% del territorio chileno, cuando en 2003 representaba poco más de 10% (Consejo Minero, 2023).

Pero la expansión territorial de la minería metálica no es un fenómeno exclusivo de Chile. Otros importantes productores de cobre también han visto crecer la superficie destinada a la minería. En Perú los títulos mineros pasaron de ocupar 3.1% en 1992, a 14.8% de su territorio en 2019 (Andujar y Ormachea,

2021). En México, hasta febrero de 2018 se habían concesionado 26.7 millones de hectáreas mediante 26 762 títulos vigentes, lo que representó 14% de su superficie continental. En 2006 este porcentaje ocupaba 4% del país. En Brasil, la quinta nación más extensa, la frontera minera representa 19% de la superficie nacional, mientras que Canadá, el país con la segunda mayor superficie, tiene 27% de su territorio concesionado para extraer distintos metales, entre ellos el cobre (Global Forest Watch, 2019).

A este acaparamiento del subsuelo continental se suma la expansión de la actividad minera hacia los territorios que están quedando “libres” ante el deshielo del Ártico, haciendo que lugares antes inalcanzables sean ahora considerados viables para la minería polar. Las actividades extractivas también avanzan sin regulación sobre el fondo marino. Ya se han reservado más de 1.3 millones de kilómetros cuadrados de casi todos los océanos para la exploración minera (Evans y Dom, 2021; Núñez, 2020).

Esta ocupación desdoblada implica que la apertura de nuevas minas y la ampliación de operaciones antiguas ocurra sobre zonas de cultivo, áreas naturales protegidas, sitios arqueológicos, territorios habitados por pueblos originarios y campesinos, e incluso en sitios sagrados (Téllez y Morales, 2023). Esta expansión territorial ha derivado, en consecuencia, en el aumento sustancial de la oposición social al emplazamiento de operaciones mineras, al grado que hasta 2022 se tenía registro de la ocurrencia de 739 conflictos mineros alrededor del mundo, 209 de ellos asociados con la industria cuprífera (Global Atlas of Environmental Justice [EJATLAS], 2023).

El foco de las protestas sociales en contra de la industria minera es América Latina. De acuerdo con el OCMAL (2023), hasta 2022 había 289 conflictos mineros en esta región, la mayoría localizados en México (58 casos), Chile (49) y Perú (46). Si bien los datos proporcionados por el OCMAL se refieren a la industria minera metálica y no metálica, se puede deducir de ellos que cinco de cada diez conflictos mineros suscitados en América Latina se concentran en estos tres países que, como se indicó, aportan en conjunto cerca de la mitad de la producción mundial de cobre.

Para los inversionistas y empresarios mineros esta conflictividad social es uno de los principales factores de riesgo para la continuidad de las operaciones mineras, a lo que añaden otro elemento de riesgo: el arribo de gobiernos nacionalistas, como el de Gabriel Boric en Chile y el de Andrés Manuel López Obrador en México que, entre otras medidas, plantean la soberanía sobre minerales críticos, como el litio y el cobre, así como una regulación más estricta para el sector minero-metalúrgico (Fitch Solutions, 2023a).

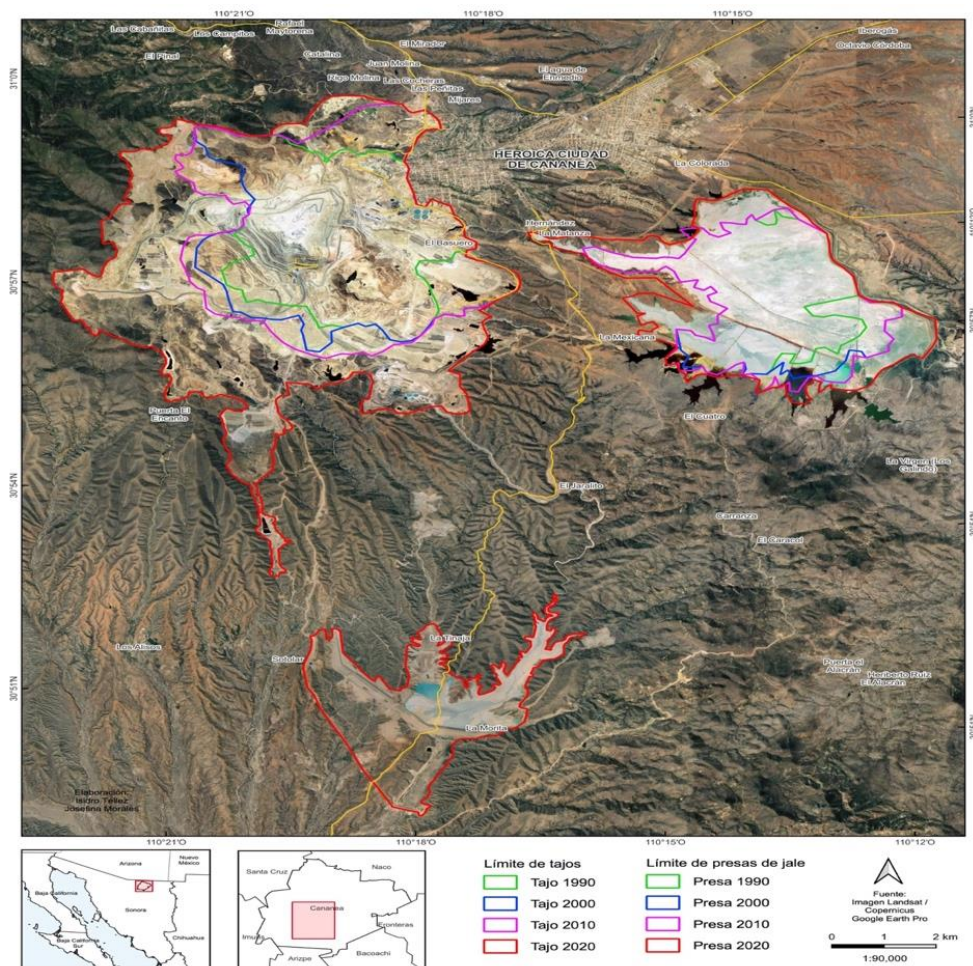
En cambio, para las poblaciones afectadas el rechazo social es el resultado de los problemas sociales y ambientales intrínsecos al desarrollo de la industria minera sobre sus territorios. Nunca habían estallado de manera simultánea tantos conflictos mineros como en las últimas tres décadas, con tramas causales diversas y convergentes: desde la falta de consulta previa e informada, la violación de los derechos a la autodeterminación y el desplazamiento interno forzado de poblaciones enteras, pasando por la pugna por mejores beneficios en las zonas de explotación, hasta el reclamo por la cancelación anticipada de

las concesiones mineras o el cierre de alguna operación metalúrgica ante daños irreversibles de índole ambiental y social (Muñoz et al., 2023).

Uno de los conflictos mineros que ejemplifican estos efectos es el registrado en la mina Buenavista del Cobre, antes Cananea. Localizada en el estado de Sonora, este yacimiento supergigante, propiedad del conglomerado Grupo México, fue la primera mina de tajo a cielo abierto en México, iniciando operaciones en 1944. Sin embargo, como se aprecia en la figura 10, la mayor expansión territorial de esta mina se registró durante la segunda década del siglo XXI, hasta ocupar una superficie vigente aproximada de 8 545 hectáreas, de las cuales los tajos representan 61%.

La figura 10 revela además que gran parte de los jales carecen de recubrimiento, lo que aumenta el riesgo de inestabilidad física y química, en especial

Figura 10. Expansión territorial de la mina Buenavista del Cobre, 1990-2020



Fuente: elaboración propia.

la ocurrencia de derrames y escurrimientos, tal como sucedió el 6 de agosto de 2014, cuando fueron vertidos 40 000 metros cúbicos de aguas residuales con sulfato de cobre sobre el río Tinajas, los cuales se extendieron hasta los ríos Bacanuchi y Sonora. Este derrame, resultado de la intensificación de la producción de cobre, afectó a 22 000 habitantes de los municipios de Arizpe, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora, Ures e incluso a los habitantes de Hermosillo, capital de Sonora localizada a más de 200 kilómetros de la mina (Osorio, 2023; PODER, 2022).

La empresa calificó el siniestro como un accidente derivado de las lluvias atípicas. Empero, distintas investigaciones han demostrado que el derrame fue producto de la negligencia patronal, porque el sistema hidráulico de la mina fue diseñado de manera deficiente, además de que no contaba con la Licencia Ambiental Única ni con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos (PODER, 2022; Toscana y Hernández, 2017). Cabría suponer que la mina fue clausurada de forma definitiva ante lo que fue catalogado como “la peor tragedia ambiental de México”. No fue así. Grupo México sigue operando hasta el presente sin haber hecho la reparación ambiental (Osorio, 2023).

El cobre en la transición energética: conductor hacia un futuro distópico

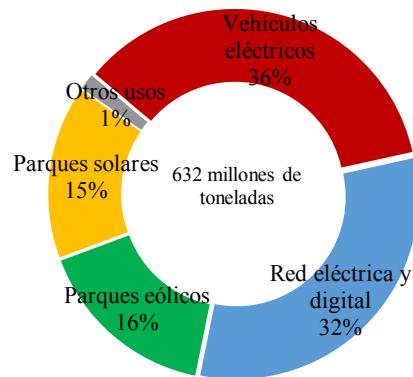
La transición energética de la economía mundial no se entiende sin el cobre. Este metal desempeña una función esencial en casi todas las estrategias tecnológicas planteadas para revertir los efectos asociados con la crisis climática global. Desde la adopción de las fuentes de energías renovables (eólica, solar, hidráulica, geotérmica, entre otras), pasando por la transición hacia la electromovilidad y los sistemas de almacenamiento de energía a gran escala, hasta la digitalización de las economías, el cobre y sus aleaciones estructuran la descarbonización del planeta. Si se logra el objetivo planteado en el Acuerdo de París de aumentar la temperatura global a 1.5°C, la demanda de cobre refinado podría ascender a 57 millones de toneladas en 2050, de las cuales 10 millones procederían de fuentes secundarias (chatarra reciclada) (ICA, 2023).

Para alcanzar este objetivo, se estima que se necesitará una inversión total de 525 billones de dólares, únicamente para la apertura de minas y plantas de fundición y refinación de cobre (ICA, 2023; Jardim-Wanderley y Rocha, 2023). Sin embargo, estimaciones más conservadoras sugieren que una inversión inicial de 110 mil millones de dólares podría ser suficiente para que la producción mundial de cobre satisfaga la demanda creciente provocada por la transición energética, siempre y cuando las tasas de interés y el precio del dólar se mantengan relativamente estables hasta 2050 (ICA, 2023). Pero, independientemente de los montos de inversión requeridos, es un hecho que la transición energética necesitará la apertura de más minas de cobre que las que ahora se encuentran en funcionamiento, así como la ampliación de la capacidad de las plantas de beneficio, fundición y refinación para producir el volumen necesario para descarbonizar la economía global en 2050. En efecto, las distintas tecnologías e infraestructuras utilizadas para sustituir el consumo de hidrocarburos tienen en

común que todas requieren grandes cantidades de cobre, entre otros minerales. Se calcula que la demanda acumulada para tecnologías energéticas de cero emisiones será de 632 millones de toneladas de dicho metal entre 2022 y 2050.

Como se aprecia en la figura 11, 36% de este volumen tan solo lo demandará la fabricación de vehículos eléctricos. Y no es para menos. En 2020 las ventas de automóviles livianos de cuatro ruedas fueron de alrededor de 75.7 millones de unidades, de las cuales cerca de 3 millones fueron de carros eléctricos, esto es, que funcionan exclusivamente con baterías recargables. Las estimaciones indican que las ventas de estos últimos vehículos se van a multiplicar 9 y 16 veces entre 2030 y 2040, al sumar ventas por 28 millones y 50 millones de unidades, respectivamente (González y Cantallopsts, 2022).

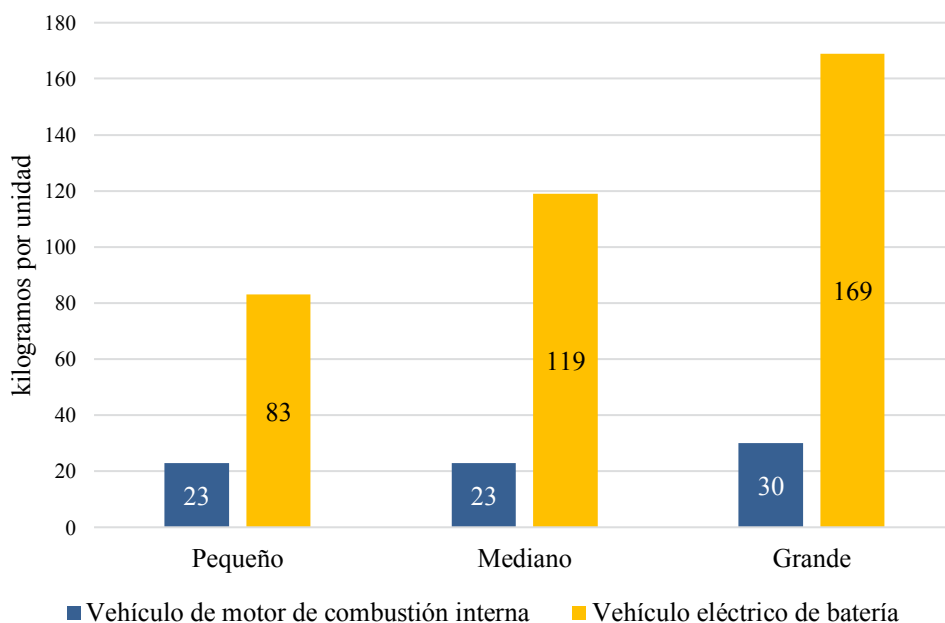
Figura 11. Demanda acumulada de cobre estimada para tecnologías energéticas de cero emisiones, 2022-2050



Fuente: elaboración propia con datos de Energy Transitions Commission (2023).

En la figura 12 se muestra que una unidad de vehículo eléctrico pequeño requiere un volumen de cobre cuatro veces mayor que el de un carro con motor de combustión interna, mientras que la fabricación de automóviles de tamaño mediano y grande utilizan una cantidad cinco y seis veces mayor. La demanda es considerable a la vez que contradictoria si se contempla que la apuesta por la electromovilidad no considera la adaptación como vehículo eléctrico de la actual flota de autos en circulación, estimada en 1 400 millones de unidades (Jardim-Wanderley y Rocha, 2023).

Figura 12. Uso estimado de cobre por vehículo eléctrico, según tamaño de la unidad



Fuente: elaboración propia con datos de González y Cantallopts (2022).

Aun cuando es difícil no asociar estas cifras con un futuro distópico, algunos estudios aseguran que las estimaciones son conservadoras, pues no consideran los minerales necesarios para transportar el cobre ni para calentar los hornos de fundición, entre ellos los hidrocarburos y el carbón (Jardim-Wanderley y Rocha, 2023). Al respecto, el informe *El fin de la minería* publicado por la asociación Ecologistas en Acción (Evans y Dom, 2021), estima que incrementar la capacidad de generación de electricidad para cumplir las metas adoptadas en el Acuerdo de París traería consigo la necesidad de construir 900 nuevas plantas de energía nuclear, más de 13 mil presas hidroeléctricas, 70 mil nuevos parques eólicos y 74 mil parques solares en todo el mundo, además de la extensión en la misma magnitud de la infraestructura de distribución de energía con un uso intensivo de cobre. A ello hay que añadir que los aerogeneradores y los paneles solares tienen una vida útil estimada de 25 años, lo cual junto con la obsolescencia programada que caracteriza a la mayoría de los productos electrónicos, constituyen otro elemento que agrava la problemática asociada con la transición energética.

Desde el punto de vista regional, América Latina parecería tener una oportunidad al concentrar el mayor volumen de reservas y recursos de cobre, además de otros metales críticos, como el litio, del que posee 52% de las reservas mundiales (USGS, 2023). Sin embargo, la transición energética tendrá por lo menos dos efectos negativos sobre la estructura territorial de esta región que

se suman a la ocurrencia creciente de afectaciones ambientales y del rechazo social a la extracción de metales.

En primer lugar, descarbonizar el mundo de la manera en que se está pensando implica la profundización del extractivismo minero presente en Chile, Perú, México, Brasil, Panamá y demás países exportadores de cobre. Este modo de apropiación de los recursos mineros ha sido calificado como depredador debido a sus irreversibles efectos ambientales y a los problemas sociales derivados del gran volumen de mineral extraído (Gudynas, 2015), por lo cual, aunque Chile y México figuran dentro de los 15 principales productores de cobre refinado, con cerca de 11% de la producción mundial (figura 6), no se vislumbran indicios claros de que este posicionamiento se vea reflejado en un proceso de industrialización regional. En otras palabras, no conlleva un escalamiento de la etapa extractiva hacia las fases de fundición y refinación de cobre que tienen un mayor valor agregado y, en el caso chileno, tampoco supone un encadenamiento con las ramas manufactureras que fabrican productos de cobre y de sus aleaciones, como sucede en China y otros países asiáticos. Por eso las ventajas económicas que puede ofrecer la transición energética a los países latinoamericanos son inviables, precisamente por este lugar que ocupan en la división internacional del trabajo (Crossa y Morales, 2021).

En segundo lugar, la transición energética supone la ampliación del control chino sobre la producción de cobre de América Latina, en particular de Chile, Perú y México, que en conjunto sustentan 62% de las importaciones de concentrados cupríferos de China (Trade Map, 2023). De acuerdo con Li et al. (2017), la nación asiática posee reservas que garantizan un periodo de apenas 15 años al ritmo actual de consumo. Por este motivo, el metal se encuentra en la segunda posición de la lista de minerales críticos de China, tan solo superado por el petróleo. Pero ya sea que financie proyectos o que invierta de manera directa en la apertura y operación de minas, el capital chino (privado y estatal) está consolidando su control sobre el subsuelo latinoamericano, convirtiéndose en el “nuevo eslabón de la dependencia” (Freitas y Bielschowsky, 2018, p. 10), sitio hasta no hace mucho ocupado por Estados Unidos, país que a su vez es hoy el mayor importador de productos finales chinos que contienen cobre o sus aleaciones (Hao et al., 2023).

Con la intención de alcanzar un mayor control e independencia en las cadenas de suministro existentes, Estados Unidos y la Unión Europea están impulsando una coalición de naciones “amigas” para asegurar la extracción y refinación de los minerales críticos (Swanson, 2023). Esta coalición, denominada Asociación de Seguridad de Minerales, se conforma por Canadá, Australia, Finlandia, Francia, Alemania, Suecia, Reino Unido, Japón y Corea del Sur. Es por este motivo que ha recibido el sobrenombre de “OTAN de los metales” (Abeldo, 2022). Aunque todavía no está claro si esta asociación será bienvenida o abandonada, es evidente que, a medida que la economía mundial adopte fuentes de energía renovable, la disputa por el control sobre los minerales críticos aumentará de manera similar al fervor ocurrido durante el periodo de expansión del imperio español y portugués entre los siglos XV y XVIII.

Conclusiones

El presente estudio logró cumplir con el objetivo planteado al identificar los principales cambios de la industria cuprífera mundial, así como los desafíos socioambientales más apremiantes que enfrenta esta actividad económica. El análisis de la reorganización espacial de esta importante industria permitió demostrar que la producción y consumo de cobre ha seguido dos sendas territoriales distintas e indisociables durante las primeras décadas del siglo XXI. Por un lado, América Latina continuó profundizando su carácter de territorio extractivo y proveedor de concentrados del metal rojizo. Chile, Perú y México son los que en mayor medida han visto crecer esta etapa al interior de sus economías. Del mismo modo, Zambia y el Congo siguen posicionando a África como un importante centro extractivo dentro de la geografía global del cobre. Las proyecciones sugieren que esta situación se acentuará en las próximas décadas mientras ambas regiones sigan concentrando la mayoría de las reservas y recursos cúpricos identificados y no identificados del mundo.

Por otro lado, el análisis espaciotemporal de las etapas de fundición y refinación logró exhibir el giro geográfico de la metalurgia del cobre al pasar de los países occidentales hacia las naciones asiáticas, sobre todo en dirección hacia China. Durante el siglo XX, la producción proveniente de estas etapas industriales estaba concentrada al principio en Europa y, más tarde, en Estados Unidos. Sin embargo, en menos de dos décadas China consolidó el control sobre la industrialización del metal cuadruplicando su producción de cobre blíster (y ánodos) y de cátodos y se convirtió en el mayor consumidor global. Los pronósticos de crecimiento para 2030 indican que este país continuará ostentando esta posición, aunque con un menor dinamismo y con una alta dependencia de la importación del cobre de América Latina y África.

A partir de las perspectivas teóricas del extractivismo y la reorganización del espacio, se identificaron y discutieron dos grandes problemáticas que contradicen el desarrollo presente y futuro de la industria cuprífera. Primero se consiguió entrever la expansión desproporcionada de la minería del cobre sobre el subsuelo mundial, proceso territorial vinculado estrechamente con la especulación que de este metal se hace en los mercados bursátiles localizados en los países del norte global. Se pudo mostrar que la minería ha registrado una tendencia expansiva insólita durante lo que va del siglo XXI y que se avizora un impulso de esta de cara a la descarbonización de la economía global.

Este proceso expansivo ha ocasionado también de manera inédita el estallido de por lo menos 739 conflictos mineros alrededor del mundo, un tercio de ellos causado solo por la industria del cobre. América Latina concentra la mitad de estos conflictos, porque predomina en la región una industria extractiva carente de responsabilidad ambiental, civil y penal, tanto por parte de las empresas privadas nacionales y foráneas como de las estatales que han causado daños ambientales irremediables.

El análisis de la relación entre la transición energética y la minería del cobre lleva a la conclusión de que esta actividad presenta dos posibles efectos negativos sobre la estructura territorial de América Latina. En primer lugar, el

abandono de los combustibles fósiles acarrea la apertura de más minas, profundizando así el perfil extractivo de esta región. En segundo lugar, se observa la disputa por el cobre de América Latina por parte de China, sobre todo de Chile, Perú y México. Pero ya sea que se consolide este “nuevo eslabón de la dependencia” latinoamericana o que Estados Unidos y Europa recuperen la hegemonía, para América Latina se augura la perpetuidad de un modelo minero en el que han predominado y siguen predominando las etapas extractivas y dependientes.

Referencias

- Abeldo, A. (4 de julio de 2022). La OTAN de los metales: alianza de Occidente por minerales críticos. *Mining Press*. Recuperado de <https://miningpress.com/nota/348598/la-otan-de-los-metales-alianza-de-occidente-por-minerales-criticos>
- Acosta, I. (2018). *Copper geographies*. Londres: RM Verlag.
- Andujar, J. M., y Ormachea, R. R. (2021). Minería del cobre en Perú: análisis de las variables exógenas y endógenas para gestionar su desarrollo (Tesis de Ingeniería Industrial). Universidad de Lima. Recuperado de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14986/Andujar-Ormachea_Miner%C3%ADa-cobre-Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bhutada, G. (12 de octubre de 2021). The largest copper mines in the world by capacity. *Elements*. Recuperado de <https://elements.visualcapitalist.com/the-largest-copper-mines-in-the-world-by-capacity/>
- Bolinaga, L., y Slipak, A. (2015). El consenso de Beijing y la reprimarización productiva de América Latina: el caso argentino. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 46(183), 33-58. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.003>
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2003). *Estadísticas del cobre y otros minerales 1994-2003*. Santiago: Ministerio de Minería. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/12/Anuario2003.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2021a). *Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 2002-2021*. Santiago: Ministerio de Minería. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/25/Ae-2021final.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2021b). *Reporte fundición y refinación 2021*. Santiago: Ministerio de Minería. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Presentaciones/211125%20-%20Fundiciones%20-%20Informe%20Cochilco.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2022). *Precio del cobre refinado, nominal y real*. Santiago: Comisión Chilena del Cobre, Dirección de Estudios. Recuperado de <https://n9.cl/uwmk>
- Consejo Minero. (2023). *Cifras actualizadas de la minería. Octubre 2023*. Santiago: Consejo Minero. Recuperado de <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2023/11/Cifras-Actualizadas-de-la-Mineria-2023-October.pdf>

- Correa, D. (2008). La globalización del cobre: patrones geopolíticos y geoeconómicos de su producción y comercio en Latinoamérica y el Mundo. *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 2(1), 88-99. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/5118/511851317006.pdf>
- Crossa, M., y Morales, J. (2021). Escalamiento industrial o industrialización dependiente. En J. Basave (ed.), *Política industrial en México: antecedentes, lecciones y propuestas* (pp. 335-370). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM-IIE).
- Donoso, M. (2013). El mercado del cobre a nivel mundial: evolución, riesgos, características y potencialidades futuras. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(2), 248-261. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000200008>
- Dunlap, A. (2019). "Agro sí, mina NO!" The Tía María copper mine, state terrorism and social war by every means in the Tambo Valley, Perú. *Political Geography*, 71(mayo), 10-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2019.02.001>
- Dussel, E. (2022). Capitalismo con características chinas. Conceptos y desarrollo en la tercera década del siglo XXI. *El Trimestre Económico*, 89(354), 467-489. doi: <https://doi.org/10.20430/ete.v89i354.1500>
- Energy Transitions Commission. (2023). *Material and resource requirements for the energy transition*. Recuperado de <https://www.energy-transitions.org/publications/material-and-resource-energy-transition/>
- Evans, J., y Dom, A. (2021). *El fin de la minería*. Bruselas: Ecologistas en Acción.
- Expansión. (8 de diciembre de 2022). El cobre se disparará a 11 000 dólares por tonelada, pronostica Goldman Sachs. Recuperado de <https://expansion.mx/mercados/2022/12/08/goldman-sachs-pronostica-precio-record-cobre>
- Fitch Solutions. (2022). *China mining report. Includes 10-year forecasts to 2031*. Londres: Fitch Solutions Group Ltd.
- Fitch Solutions. (2023a). *Chile mining report. Includes 10-year forecasts to 2031*. Londres: Fitch Solutions Group Ltd.
- Fitch Solutions. (2023b). *United States mining report. Includes 10-year forecasts to 2031*. Londres: Fitch Solutions Group Ltd.
- Freitas, F., y Bielschowsky, R. (2018). La búsqueda de China de recursos naturales en América Latina. *Revista de la CEPAL* (126), 27-29. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/44300/REV126_Rocha.pdf
- Gahona-Flores, O. (2020). Gestión de proveedores en la cadena de suministro de la minería del cobre en Chile. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(92), 1671-1683. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/290/29065286024/html/>
- Global Atlas of Environmental Justice (EJATLAS). (2023). Copper. Recuperado de <https://ejatlas.org/commodity/copper>
- Global Forest Watch. (2019). *Concessions*. Recuperado de <https://data.globalforestwatch.org/search?collection=Dataset&page=3&q=%20concessions>
- González, A., y Cantallopis, J. (2022). *Demanda de cobre a partir de la transición energética*. Santiago: Dirección de Estudios y Políticas Públicas y Comisión Chilena de Cobre.

- Gudynas, E. (2015). *Extractivismo. Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la naturaleza*. Cochabamba: Centro de Documentación e Información Bolivia.
- Gudynas, E. (2018). Extractivismos: el concepto, sus expresiones y sus múltiples violencias. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global* (143), 61-70. Recuperado de [https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6705622#:~:text=Texto%20completo%20\(pdf\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6705622#:~:text=Texto%20completo%20(pdf))
- Hao, M., Tang, L., Wang, P., Wang, H., Wang, Q., Dai, T., y Chen, W. (2023). Mapping China's copper cycle from 1950-2015: Role of international trade and secondary resources. *Resources, Conservation and Recycling*, 188(enero), 1-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106700>
- International Copper Association (ICA). (2023). *Cobre -el camino hacia NetZero*. Vancouver: ICA.
- International Copper Study Group (ICSG). (2023). *The world copper factbook 2023*. Lisboa: ICSG.
- Jardim-Wanderley, L., y Rocha, P. (2023). *Transição energética e a demanda por alumínio na Amazônia Brasileira*. São Paulo: Comissão Pró-Índio de São Paulo.
- Jones, B., Acuña, F., y Rodríguez, V. (2021). *Cambios en la demanda de minerales. Análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la región andina*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/adbb16fd-48d0-4ba6-aab4-59561bfa0578/content>
- Kang, X., Wang, M., Chen, L., y Li, X. (2023). Supply risk propagation of global copper industry chain based on multi-layer complex network. *Resources Policy* 85 parte A(agosto), 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103797>
- Li, L., Pan, D., Li, B., Wu, Y., Wang, H., Gu, Y., y Zuo, T. (2017). Patterns and challenges in the copper industry in China. *Resources, Conservation & Recycling*, 127(diciembre), 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.046>
- Luque, D., y Murphy, A. (2020). La gramática del río Sonora que exhibió el derrame de la mina de Cananea. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, 2(93), 217-238. doi: <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-10>
- Ministerio de Economía de Argentina. (2023). *Mercado de cobre. Informe de coyuntura*. Buenos Aires: Dirección de Economía Minera, Subsecretaría de Política Minera. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/coyuntura_mercado_de_cobre.pdf
- Molina, G. (2022). *Análisis al sistema de concesiones mineras: oportunidades de mejoras* (Tesis de Maestría). Universidad de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/194669>
- Muñoz, K., Llano, M., y Ruiz, N. (2023). Desplazamiento interno forzado en México por violencia e inseguridad en regiones mineras. *Investigaciones Geográficas* (109), 1-16. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.60569>

- Núñez, V. (2020). *El capital rumbo al mar. Una nueva era minera: minería marina*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco y Editorial Ítaca.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL). (2023). *Conflictos mineros en América Latina*. Base de datos versión 2.4.0. Recuperado de https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/
- Osorio, V. (1 de octubre de 2023). Persiste, a 9 años, daño a Río Sonora. *Reforma*. Recuperado de <https://www.reforma.com/persiste-a-9-anos-dano-a-rio-sonora/ar2684994>
- Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER). (2022). *El camino hacia la verdad tras 8 años de impunidad en el río Sonora*. Río Sonora y Ciudad de México: PODER y Comités de Cuenca Río Sonora. Recuperado de https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2022/08/CaminoHaciaLaVerdad_8AnosDeImpunidad_RS.pdf
- Reichl, C., y Schatz, M. (2023). *World Mining Data 2023*. Viena: Federal Ministry Republic of Austria. Recuperado de <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2023.pdf>
- Rodríguez, C. (2017). Despojo para la acumulación. Un análisis de los procesos de acumulación y sus modelos de despojo. *Bajo el Volcán*, 17(26), 41-63. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/286/28655577003.pdf>
- Sánchez, M. T. (1990). *Análisis de la organización territorial de la actividad minera en México* (Tesis de Doctorado). UNAM. Recuperado de https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/485R2GTGLG8TGK5CHNXL2GIIPNUCK5GY4S8QL21UQL8S-FF8FRA-05413?func=full-set-set&set_number=283179&set_entry=000002&format=999
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). (2002). *Mineral commodity summaries 2002*. Washington: U. S. Geological Survey. Recuperado de <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2002.pdf>
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). (2021). *Assessment of undiscovered copper resources of the world, 2015 (ver. 1.2, December 2021)*. Washington: U. S. Geological Survey Global Copper Mineral Resource Assessment Team. doi: <https://doi.org/10.3133/sir20185160>
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). (2023). *Mineral commodity summaries 2023*. Washington: U. S. Geological Survey. doi: <https://doi.org/10.3133/mcs2023>
- Swanson, A. (25 de mayo de 2023). EE. UU. necesita minerales para los carros eléctricos. Los demás países también. *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/es/2023/05/25/espanol/minerales-criticos-baterias-autos.html>
- Téllez, I., y Morales, M. J. (2023). Industrias Peñoles y el monopolio de las concesiones mineras en México. *Investigaciones Geográficas* (110), 1-18. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.60636>
- Toscana, A., y Canales, P. de J. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del Cobre de Cananea. *Investigaciones Geográficas* (93), 1-14. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.54770>

- Townsend, N. (2017). Mina Chuquicamata subterránea: excavando hacia el futuro. *Revista En Concreto* (168). Recuperado de <https://www.revistaenconcreto.cl/grandes-proyectos-cchc/mina-chuquicamata-subterranea/>
- Trade Map. (2023). Lista de los mercados proveedores para un producto importado por China en 2022. Producto: 2603 minerales de cobre y sus concentrados. Recuperado de <https://n9.cl/4za7t>