

METALES CRÍTICOS

OPORTUNIDAD PARA BOLIVIA O
PROLONGACIÓN DE LA MALDICIÓN
DE LAS MATERIAS PRIMAS



Director Ejecutivo:
Juan Carlos Núñez V.

Coordinador Área de Investigación:
Waldo Gómez R.

Elaboración:
Héctor Córdova E.

Revisión:
Raúl Velásquez G.

Gestión comunicacional:
Jorge Jiménez Jemio
Cecilia Rocabado C.

Dirección:
Calle Quintín Barrios N° 768 Sopocachi
La Paz - Bolivia
Telf: (591-2) 2125177 – 2154641

Correo electrónico:
fundajub@jubileobolivia.org.bo
2025

Con apoyo de:



CONTENIDO

Introducción	3
Antecedentes	4
Minerales críticos para la transición energética.	5
Diagnóstico sobre la presencia de los minerales críticos en Bolivia	10
Indio	10
Tierras raras	10
Bismuto	13
Antimonio	14
Cobre	17
Estaño	20
Wólfram	23
Zinc	25
Cobalto	28
Magnesio	28
Litio	28
Los metales que podrían ser explotados	32
Limitaciones para una explotación a mayor escala	34
Desafíos para aprovechar el incremento de la demanda mundial de estos minerales críticos	35
Conclusiones y recomendaciones	37
Bibliografía	39

Bolivia cuenta con abundantes recursos naturales, lo que la ubica como un potencial actor determinante en la provisión mundial de materias primas para la transición energética. Para aprovechar la oportunidad debe haber cambios sustanciales.

INTRODUCCIÓN

La región de América Latina y el Caribe (ALC) cuenta con abundantes recursos naturales, lo que la ubica como un actor clave en el suministro mundial de minerales esenciales para la transición energética. Esta transición, destinada a descarbonizar los sistemas energéticos, es intensiva en minerales, lo que impulsa la demanda de un conjunto de materias primas clasificadas como “minerales críticos”. Estos minerales se consideran críticos debido a su concentración de suministro en geografías específicas; su uso en tecnologías estratégicas, como la energía renovable, la transición energética y la movilidad eléctrica; las dificultades para su reciclaje y los desafíos técnicos y económicos asociados con la búsqueda de sustitutos.

Bolivia cuenta con abundantes recursos naturales, lo que la ubica como un potencial actor determinante en la provisión mundial de materias primas para la transición energética. Este proceso está destinado a descarbonizar la generación de energía mediante el aprovechamiento de fuentes renovables que, para ser desarrolladas, requieren de una explotación intensiva de minerales. Esto ha incrementado la demanda de algunos de estos metales, clasificados como estratégicos y algunos como críticos. Este apelativo se debe a su concentración geográfica, su uso en tecnologías estratégicas, como la electromovilidad y la energía renovable, las dificultades para su reciclaje y, los desafíos técnicos y económicos asociados con la búsqueda de sustitutos.

Para los países ricos en minerales, este nuevo escenario mundial ha sido ampliamente interpretado como una ventana de oportunidad, no solo para aumentar los ingresos fiscales y las rentas económicas de la extracción de recursos, sino también para promover los vínculos productivos internos y la mejora tecnológica, en particular dentro de las cadenas de valor mundiales de energía limpia.

ANTECEDENTES

El presente y el futuro parecen sonreír a Bolivia, nuevamente. El mundo se ha dado a la tarea de descarbonizar la generación y el uso de energía, y hay una intensa campaña para lograrlo, con un periodo intenso de transición energética que durará entre 30 y 40 años. Las fuentes nuevas de energía y los sistemas de almacenamiento, además de todo lo que implican políticas como la electromovilidad que son intensivas en ciertos metales y conocimiento. El incremento de la demanda de esos metales los ha ubicado en la categoría de estratégicos y, el riesgo de romper su cadena de suministro, más su importancia económica en el desarrollo tecnológico y la dificultad para encontrarles sustitutos y de reciclarlos, los ubica como críticos.

Estos metales críticos están provocando crisis geopolíticas que, en ciertos casos, están desembocando en guerras para controlar las fuentes de suministro y apropiarse de la riqueza de países en vías de desarrollo. En otros casos, se han impulsado invasiones pacíficas que tienden a colocar los yacimientos de esos metales bajo su control.

La visión estratégica y de largo plazo de algunas potencias las han colocado en posiciones ventajosas. En este aspecto, China es un ejemplo. Su líder Deng Xiaoping, a fines de los años 80, hace más de 35 años, manifestaba que “el Oriente Medio tendrá petróleo; pero la China tiene tierras raras”.

En este momento de la historia, China controla la producción y el comercio de los materiales críticos cuando en occidente se habla de producir energía eólica o solar, los generadores de la una y la otra los fabrica China. La visión estratégica sumada a la velocidad de reacción son el factor desequilibrante en esta encrucijada de la historia.

La reacción tardía de las otras potencias está rompiendo el equilibrio mundial mientras China continúa avanzando en el control pacífico de las fuentes de recursos. Mientras unos invaden países para apropiarse de sus metales críticos, China es el mayor inversor del mundo en exploración y desarrollo de nuevos proyectos mineros.

En este contexto mundial, Bolivia se encuentra poco preparada para sacar provecho de la coyuntura. De los metales calificados como críticos, hay varios en su subsuelo; de ellos, algunos ya se explotan; otros, se intentó explotar, y otros no han sido extraídos sino como subproductos de otros metales y, paradójicamente, castigados en la comercialización.

La minería boliviana ha quedado rezagada respecto a la minería mundial en varios aspectos y por diferentes factores. La mayor parte de la actividad del sector es intensiva en mano de obra (organizaciones denominadas cooperativas), trabaja sin tener autorización ambiental, pese al marco normativo, utiliza métodos arcaicos y es altamente ineficiente. Hay empresas privadas y del Estado que han dado pasos importantes para estar a la altura de la minería mundial; pero no han logrado contagiar este impulso al resto de la minería. Inti Raymi, empresa que explotó un gran yacimiento de oro en Oruro, operó con tecnología de punta para su actividad; luego San Cristóbal, con un uso intensivo de conocimiento, extrajo minerales complejos de plomo, plata y zinc, con rendimientos y eficiencia similares a los de cualquier operación mundial.

La minería moderna no es manual, es altamente mecanizada y automatizada, procura ser altamente eficiente y provocar el menor daño posible al medioambiente, mientras hace esfuerzos por respetar los derechos de pueblos originarios, de niños y de las normas de los países que los acogen; al mismo tiempo, tratan de sacar la mayor tajada posible de la torta aprovechando los resquicios que le dan las normas nacionales; por lo que Bolivia enfrenta enormes desafíos para llegar a este tipo de desarrollo del sector minero.



MINERALES CRÍTICOS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Lo apropiado es hablar de metales críticos más que de minerales críticos. Hablar de minerales críticos es limitado, si se trata de un proveedor, al referirse solo al primer eslabón de la cadena de valor del sector. Si se pretende agregar valor a la materia prima, extrayendo el o los metales valiosos y procesándolos antes de su venta, entonces, ya no se estaría hablando de minerales. Lo que se utiliza en la industria no son los minerales sino los metales u otros compuestos procesados de estos.

La industria de la producción de baterías para almacenar la energía generada a partir de fuentes renovables, la de producción de motores eléctricos o de mecanismos para transformar la energía solar o eólica en energía eléctrica precisa de varios metales, algunos bastante corrientes, otros de uso más específico. Estos metales, indispensables para la producción de esos equipos, los ha convertido en estratégicos para el desarrollo local y mundial presente. La necesidad de estos metales incrementó su demanda y puso en riesgo su disponibilidad.

El análisis de la cadena de suministro se volvió fundamental para asegurar la provisión de esos insumos, lo que ha impulsado en planteamiento de diferentes preguntas: ¿Cuánto se puede conseguir de proveedores locales?, ¿cuánto se puede obtener del reciclaje a partir de equipos obsoletos?, ¿se los podrá sustituir con otros metales más disponibles? En caso de ser insuficientes estas fuentes, ¿quién puede proveerlos?

Las respuestas que mostraban déficits a estas preguntas hicieron que se clasifique a varios de estos metales estratégicos como críticos y, más tarde, se hizo una lista más corta con metales denominados claves para el desarrollo industrial en el marco de la transición energética. Cada región, cada país tiene, entonces, una lista diferente porque algunos producen cierta tecnología y otros, no; porque unos tienen en sus territorios yacimientos de algunos metales y otros, no; porque unos países tienen control de la cadena de suministro y otros, no.

Entonces, cuando se hace referencia a metales críticos, hay que aclarar para qué país o países son críticos; sin embargo, hay algunos metales que son críticos para todas las potencias industriales; aún más, las listas cambian, permanentemente, en función de las acciones que tomen los países para controlar las cadenas de suministro.

TABLA 1
Minerales/metales considerados críticos por EEUU, UE y China (2023)

Mineral / Considerado Crítico	EE.UU.	UE	China	Mineral / Considerado Crítico	EE.UU.	UE	China
Aluminio/ bauxita	Sí	Sí	Sí	Zirconio	Sí	No	Sí
Antimonio	Sí	Sí	Sí	Fósforo	No	Sí	Sí
Cobalto	Sí	Sí	Sí	Cesio	Sí	No	No
Cobre	Sí	Sí	Sí	Cromo	Sí	No	No
Fluorita	Sí	Sí	Sí	Indio	Sí	No	No
Grafito	Sí	Sí	Sí	Rubidio	Sí	No	No
Litio	Sí	Sí	Sí	Samario	Sí	No	No
Níquel	Sí	Sí	Sí	Telurio	Sí	No	No
Tierras raras	Sí	Sí	Sí	Zinc	Sí	No	No
Tungsteno	Sí	Sí	Sí	Boro	No	Sí	No
Arsénico	Sí	Sí	No	Carbón de coque	No	Sí	No
Barita	Sí	Sí	No	Feldespato	No	Sí	No
Berilio	Sí	Sí	No	Galio	No	Sí	No
Bismuto	Sí	Sí	No	Helio	No	Sí	No
Germanio	Sí	Sí	No	Roca de fosfato	No	Sí	No
Hafnio	Sí	Sí	No	Escandio	No	Sí	No
Magnesio	Sí	Sí	No	Silicio	No	Sí	No
Manganeso	Sí	Sí	No	Estroncio	No	Sí	No
Niobio	Sí	Sí	No	Oro	No	No	Sí
Platino	Sí	Sí	No	Hierro	No	No	Sí
Tantalio	Sí	Sí	No	Molibdeno	No	No	Sí
Titanio	Sí	Sí	No	Potasa	No	No	Sí
Vanadio	Sí	Sí	No	Uranio	No	No	Sí
Estaño	Sí	No	Sí				

Fuente: Venditti, B. The Critical Minerals to China, EU, and U.S. National Security, 2023.

Los 10 primeros de esta lista son críticos para las tres potencias y, por tanto, estas han puesto especial atención en el control de la cadena de suministro de cada uno de ellos.

Cada país actúa de manera particular para asegurarse el suministro de estos recursos tan importantes. Algunos acuden, inclusive, al expediente de la invasión y la consecuente guerra; otros actúan de manera más sutil y utilizan sus recursos económicos para adquirir los derechos, a largo plazo, de explotar los minerales. Un punto crucial de la cadena es el proceso de refinación de la materia bruta hasta obtener el metal o el compuesto en el estado que requiere la etapa de industrialización.

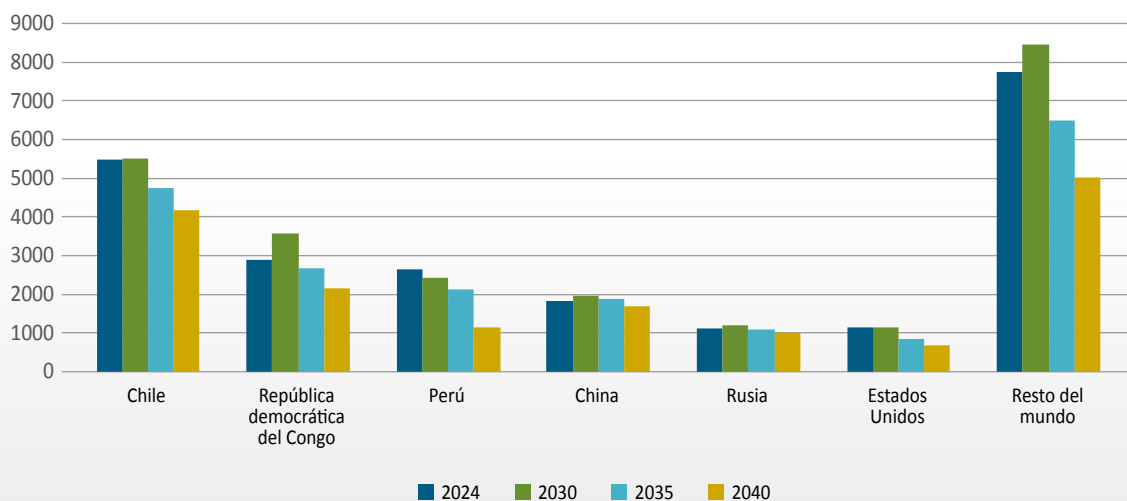
China ha dado muestras de una visión estratégica única. Aunque posee yacimientos de la mayor parte de los minerales, ha logrado concentrar en su territorio las plantas refinadoras de casi todos ellos y, de esa manera, se asegura el control de la provisión de insumos a las otras potencias.

EE. UU. y la Unión Europea son, fuertemente, dependientes de China para el suministro de estos metales críticos. Esta situación ha movido a estos países a buscar caminos que les liberen de esta relación desequilibrada con China; por esto, se llevan a cabo investigaciones para desarrollar las tecnologías (que China controla) de procesamiento de estos minerales y buscan espacios en el planeta donde existan yacimientos que no están bajo el control chino.

Esta actitud ha abierto una ventana de oportunidades para los países que poseen yacimientos de estos metales en sus territorios.

El comportamiento de la demanda presente y futura de estos metales, el análisis de los actuales proveedores y los centros de consumo pueden dar una idea que permita definir la conveniencia o no de su explotación futura o del incremento del volumen de explotación actual.

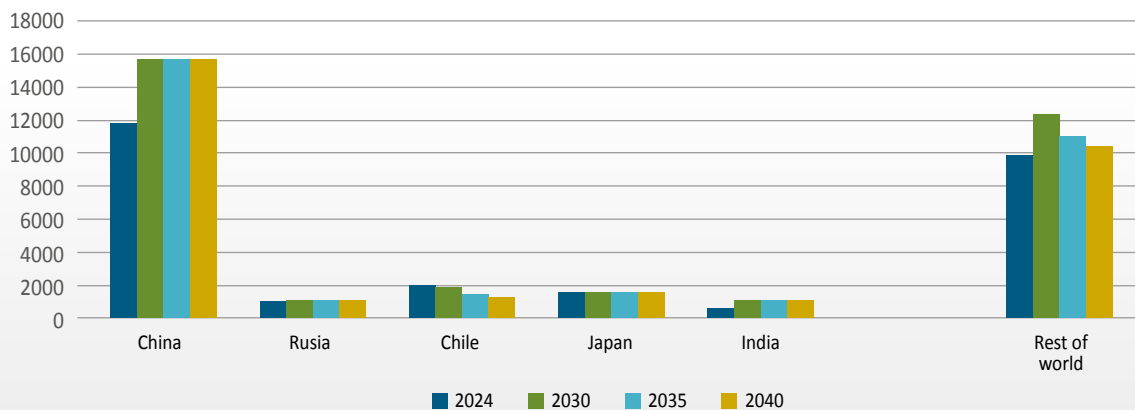
ILUSTRACIÓN 2
Proyección de la provisión de mineral de cobre en miles de toneladas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Critical Minerals Outlook 2025 de IEA. 2025.

Esta proyección de la oferta de los países que, tradicionalmente, proveen cobre, muestra una ventana de oportunidades a nuevos proveedores que poseen este metal en sus territorios.

ILUSTRACIÓN 3
Proyección del suministro de cobre refinado en kt

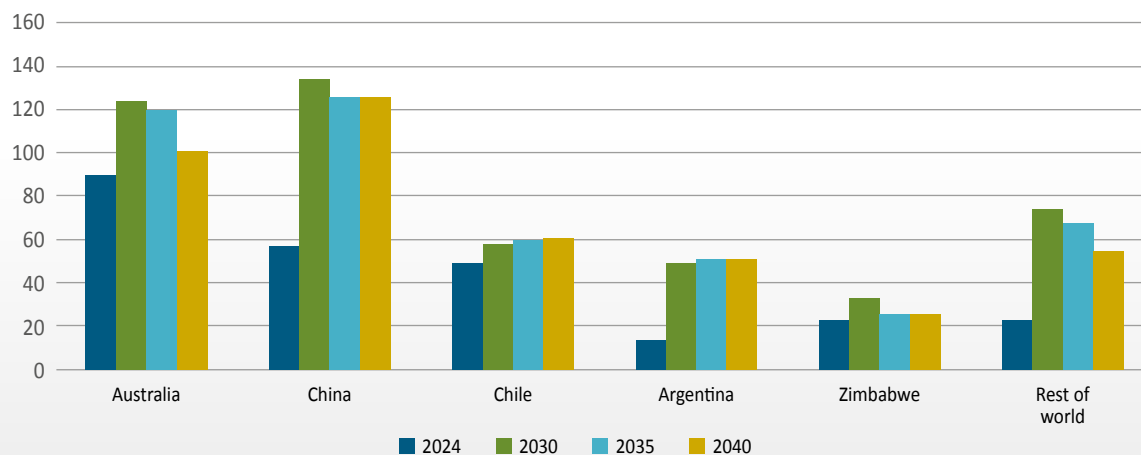


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Critical Minerals Outlook 2025 de IEA. 2025.

Como se explicó anteriormente, si bien China controla la refinación de cobre, Chile es el mayor productor, exporta más de 60% de este metal como concentrado, sin refinar. De esta manera, Chile transfiere al comprador de concentrados elementos valiosos; pero también etapas fuertemente contaminantes (Lagos, 2020). Según Lagos, los yacimientos de cobre fáciles de lixiviar se están agotando y los complejos son, cada vez más, los que proporcionan la materia prima. China aprovecha de esta situación para instalar, en su territorio, plantas de refinación o fundición de cobre, y compra los concentrados chilenos.

Vender concentrados, en lugar de producto refinado, aleja al proveedor del contacto con el cliente final y, por tanto, se pierde el conocimiento sobre las exigencias del mercado industrial. Este conocimiento es fundamental para el desarrollo tecnológico y la investigación.

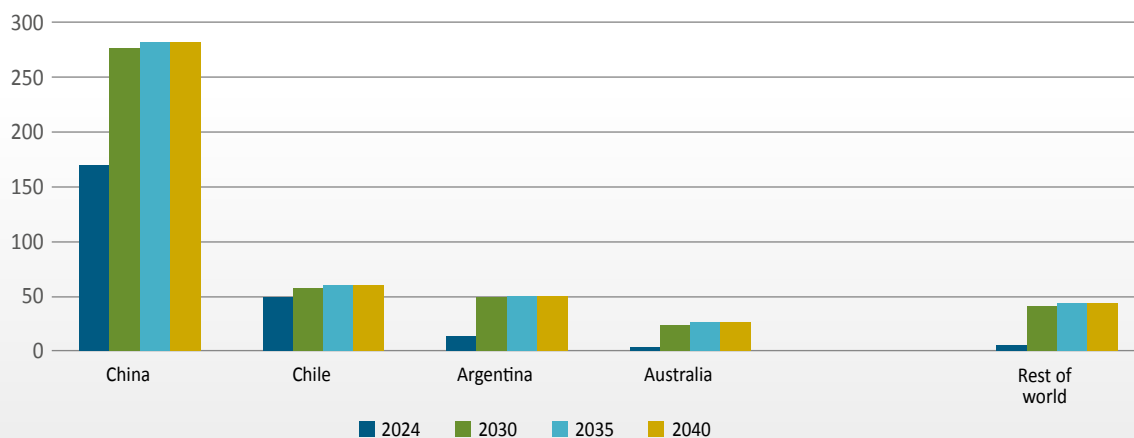
ILUSTRACIÓN 4
Proyección de la provisión de carbonato de litio sin refinar



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Critical Minerals Outlook 2025 de IEA. 2025.

Lo que ocurre con el cobre también sucede con el litio, gran parte del carbonato de litio o del hidróxido de litio refinados provienen de China.

ILUSTRACIÓN 5
Proyección de la provisión de carbonato de litio grado batería en miles de toneladas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Critical Minerals Outlook 2025 de IEA. 2025.

En los dos casos presentados, se observa que China es la mayor refinadora del mundo. Esta característica le otorga una posición estratégica que la mantiene en un punto muy alto del control del aprovisionamiento de estos metales.

DIAGNÓSTICO SOBRE LA PRESENCIA DE LOS MINERALES CRÍTICOS EN BOLIVIA

De la lista desplegada en la Tabla 1, Bolivia tiene en su territorio yacimientos de la mayor parte de estos metales. Varios ya son explotados por algunos actores productivos que operan en el país, otros tienen proyectos de explotación y otros, se sabe que existen, pero no se tienen cuantificadas las reservas.

INDIO

Uno de los metales críticos más importantes es el indio. En Bolivia, este metal se presenta como acompañante de otros metales, particularmente, en minerales de zinc. El geólogo Arce Burgoa (2020), a partir de leyes de indio en los depósitos de este metal, hace una estimación de esos recursos en el territorio.

El yacimiento de Potosí tiene leyes máximas de 5.740 ppm de indio, el de Jaquegua, 4.390 ppm; el de Huari Huari, 3.080 ppm; el de Bolívar, 2.730 ppm y el de Siete Suyos – Ánimas, 2.510 ppm de indio (Ishihara et al, citado por (Arce Burgoa, 2020)).

Esos contenidos de indio, extrapolados a recursos probables zínquíferos de los yacimientos polimetálicos estudiados en el país, según Arce Burgoa, arrojan una estimación mayor que 12.000 toneladas de indio, que es superior que la reserva de China (11.000 t) y que la de Japón (9.000 t), consiguientemente, Bolivia contendría el mayor depósito del mundo (Ishihara et al, citado por (Arce Burgoa, 2020)).

TIERRAS RARAS

TABLA 2
Depósitos de W, Ta y Sn en el Precámbrico de Bolivia (Biste 2010)

Sector	Ascensión de Guarayos	San Pedro, Concepción	Lomerío	San Ignacio
Estructura	Pegmatita	Pegmatita	Pegmatita	Pegmatita
Mena	Casiterita	Columbita/ tantalita	Casiterita, wolframita	Columbita/tantalita
Silicatos	Qz, mus, fsp, top, turm	Qz, mus, fsp, turm, ber	Qz, mus, fsp, turm	Qz, mus, fsp, turm
Trabajos mineros	Exploración	Explotación rústica y mecanizada	Exploración, explotación rústica	Explotación rústica
Empresas	Estalsa S. A. 1986–1988	Varias 1992 a 2004	Fluminense S. A. 2001	Desconocido

Qz, cuarzo; mus, muscovita, fsp, feldespato potásico; turm, turmalina; Ber, berilio.

Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020.

Se conoce de la presencia de niobio y tantalio en varios yacimientos del Precámbrico, así como en desmontes y colas provenientes de la explotación de otros metales (Arce Burgoa, 2020).

Las tierras raras en el cerro Manomó (Santa Cruz) incluyen la asociación escandio, itrio y lantánidos, programas de recolección sistemática de muestras de suelo y sedimentos de corriente revelaron elevadas concentraciones de niobio, torio, uranio, fosfatos y escandio (61 y 88 ppm Sc) (Fletcher et al. citado por (Arce Burgoa, 2020)).

Según Arce Burgoa, la radiactividad en el cerro Manomó arrojó mediciones en un dique de goethita-cuarzo-barita-bastnasita, que oscilaron entre 200 y 800 $\mu\text{R/h}$ (promedio 400 $\mu\text{R/h}$). El núcleo presenta un rango de radiactividad entre 100 y 300 $\mu\text{R/h}$ con niveles más altos en zonas adyacentes a los diques (Litherland et al citado por (Arce Burgoa, 2020)).

Rincón del Tigre representa un gran depósito de minerales del grupo del platino de baja ley (0,25 ppm Pt, 0,5 ppm Pd) y de níquel garnierítico con más de 50 millones de toneladas con leyes mayores a 1% de Ni, debajo de una capa relativamente delgada de sílice, así como un gran recurso de V y Ti de baja ley (0,1% V, 0,3- 0,5% de Ti) en un gabro magnético (Prendergast citado por (Arce Burgoa, 2020)).

Son 17 elementos que hay en la naturaleza (y no son tan raros como dice su nombre), que se han convertido en indispensables para la vida ligada a la tecnología que llevamos. Lo que los hace tan importantes es sus propiedades fisicoquímicas únicas. Uno de ellos tiene propiedades magnéticas que permiten crear imanes de elevada potencia, esenciales para los motores eléctricos (de vehículos, particularmente); una combinación de ellos hace que las pantallas de celulares den los colores que vemos o hacen que vibren estos equipos cuando llega algún mensaje u otras situaciones que vivimos a diario y que no se podrían dar sin la participación de estos elementos.

Son, prácticamente, insustituibles, y su aprovisionamiento no es tan simple como de otros metales. Esto porque, si bien existen en toda la superficie de la tierra, la pequeña proporción en que se encuentran los hace difíciles de obtener. Casi no se pueden reciclar y conseguirlos de minerales frescos es un proceso caro y altamente contaminante; además que, siguiendo la tradición minera, desde que se descubre un yacimiento interesante hasta que se obtenga el elemento aislado pueden pasar hasta 25 años. Para que su explotación sea rentable, su concentración tiene que ser “elevada”, porque si fuera baja, los costos de obtención serían demasiado altos.

Todos los recursos de tierras raras contienen materiales radiactivos; por eso, muchos países, incluida la Unión Europea, son reacios a procesarlos en sus territorios. Los residuos generados deben ser eliminados de manera “absolutamente segura, conforme y permanente”, según afirman estudiosos de estos materiales.

Los yacimientos más importantes de estos elementos están en China, por eso, ese país se ha convertido en el principal proveedor. Este carácter le ha dado a China un peso geopolítico importante. Pero no es solo la existencia de esos yacimientos, sino, sobre todo, la planificación de largo plazo lo que ha convertido a China en un controlador del desarrollo tecnológico del mundo. El año 1987 (según otros autores, en 1992), Den Xiaoping, visitando la ciudad minera Bayan Obo, donde están los yacimientos de tierras raras, expresó: “Oriente Medio tiene el petróleo; nosotros, las tierras raras”. Son décadas de preparación, especialización y profundización del conocimiento que han hecho de China lo que es en el terreno de estos materiales.

La lucha por la independencia de occidente respecto a China es constante. Hace poco tiempo, se encontró un buen yacimiento en Suecia, en una antigua mina de hierro, y, aunque habrá que esperar 10 años más para lograr su explotación, la Unión Europea ha reaccionado con expectativa ante el anuncio.

China es el único país que tiene la tecnología para procesar estos minerales, sobre todo las tierras raras pesadas, y obtener los insumos que requiere el desarrollo tecnológico, la transición energética y la electromovilidad. Esta exclusividad ha otorgado a China un poder inigualable que le ha permitido, por ejemplo, hacer retroceder al gobierno de EEUU en sus medidas arancelarias.

China tiene casi el monopolio de la extracción de tierras raras, así como de su refinación, que es el proceso de separarlas de otros minerales.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que China representa alrededor de 61% de la producción de tierras raras y 92% de su procesamiento.

Estos materiales se han convertido en indispensables para mantener el estilo de vida que lleva la sociedad moderna: celulares, vehículos, equipos de medicina, computadoras, internet, inteligencia artificial, cámaras fotográficas de celulares, baterías, aerogeneradores, paneles solares, audífonos, parlantes de alta calidad, electrodomésticos, relojes y muchos otros dispositivos que marcan la forma de vida de las nuevas generaciones.

En el sector del armamento (drones, misiles, equipo antiaéreo), también son indispensables y, por las circunstancias actuales, ese puede ser el factor más importante para el juego geopolítico.

Actualmente, China domina la cadena de suministro de tierras raras y, por tanto, puede decidir qué empresas pueden y no pueden recibir suministros de tierras raras.

Pensar que en Bolivia se industrialicen estos elementos parece más lejano que la fabricación de baterías de litio, al menos a corto plazo. Solo para obtener los elementos aislados (u óxidos industrializables) hay que esperar 25 años. Posteriormente, pasar a la industrialización, parece un sueño inalcanzable si el país mantiene su nivel de extrema dependencia industrial.

Desde hace muchos años, se sabe que en el cerro Manomó, en Santa Cruz, hay un depósito de estas tierras raras; pero se necesita hacer exploración para determinar su cuantía y la posibilidad de una futura explotación; sin embargo, todo indica que el país tendría que mantenerse en el plano habitual de proveedores de materias primas.





Por otra parte, las cotizaciones de estos materiales no son las que se esperaría, particularmente, cuando se los vende como mineral sin procesar. Según el Institute for Rare Earths and Metals, los precios de aquellos o sus compuestos están entre 5 y 30 \$us/kg, puestos en China.

Hay otros metales estratégicos más valiosos, y que se explotan en Bolivia, que tendrían que aprovecharse prioritariamente, como antimonio, bismuto, indio, cobre, wólfram. El país tiene muchas oportunidades que le ha concedido la naturaleza y el estilo de desarrollo de la humanidad; para aprovecharlas debe desarrollarse la educación, investigación, visión estratégica, plan de desarrollo, liderazgo, incentivos y un marco normativo que se respete; como pilares indispensables para aspirar que la riqueza que posee se transforme en bienestar para los bolivianos.

BISMUTO

Dentro de los metales críticos, el bismuto ocupa un lugar especial, para EE. UU. y Europa. En Bolivia se conocen varios yacimientos de este metal. En un momento, Bolivia fue el primer productor de bismuto del mundo.

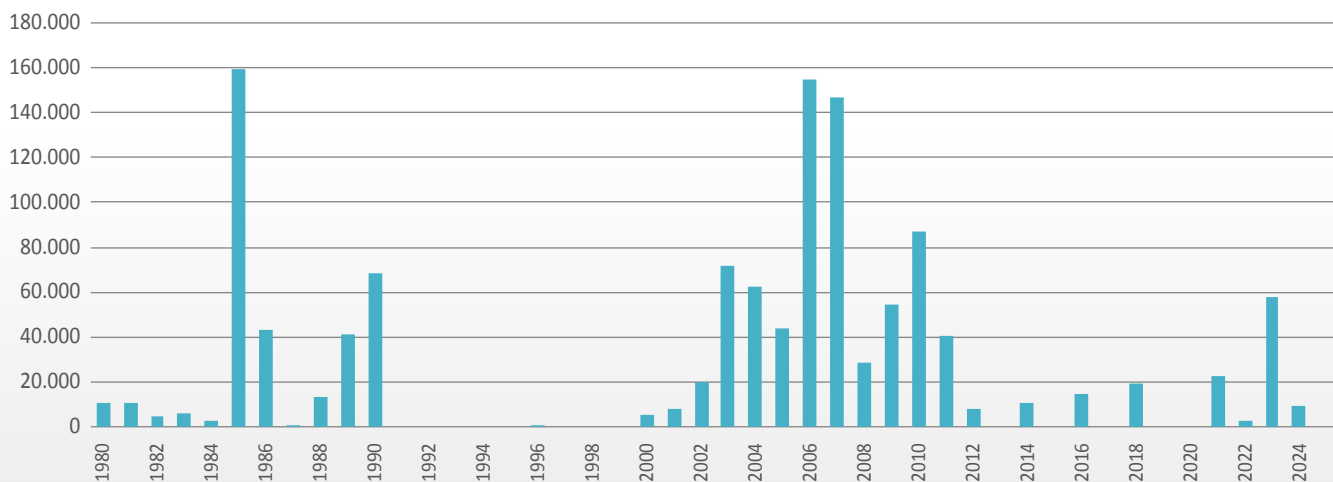
TABLA 3
Principales ocurrencias y yacimientos de bismuto en Bolivia

YACIMIENTO/OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC.	OTROS METALES	DEPTO	PROVINCIA
Marcamarcani	19 L	539674	8257869	Bi	Au-W	La Paz	Larecaja
Tasna	19 K	791739	7716491	Bi	W-Sn	Potosí	Nor Chichas
Aguas Calientes	19 K	780400	7600580	Bi		Potosí	Sud Chichas
Bolívar	19 K	763129	7587295	Bi		Potosí	Sud Lípez
Dos Martillos y San José	19 K	761310	7588118	Bi		Potosí	Sud Lípez
La Salvadora	19 K	763921	7586060	Bi		Potosí	Sud Lípez
San Martín	19 K	776379	7599552	Bi		Potosí	Sud Chichas

Fuente: Arze B. O. Yacimientos metálicos de Bolivia, 2020.

El año 1972, se puso en marcha la fundición de bismuto de la COMIBOL, en Telamayu, con una capacidad de tratar 400 toneladas de concentrados al mes. Bolivia era el primer productor mundial de este metal, explotando, sobre todo, el yacimiento de Tasna. Esta planta paralizó sus operaciones cuando el Gobierno determinó quitar a la corporación sus competencias productivas. La mina Tasna, que alimentaba a la planta, también de COMIBOL, fue transferida a las cooperativas y, cómo de esa se extraen estaño y wólfram, se descuidó la producción de bismuto y la fundición quedó sin materia prima.

ILUSTRACIÓN 6
Producción de bismuto en Bolivia (expresado en kilogramos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Dossier del Ministerio de Minería y Metalurgia, 2023 y del Anuario estadístico 2024.

La producción de bismuto es altamente inestable y, por tanto, poco confiable para un mercado exigente.

La COMIBOL intentó reflotar la planta; pero no logró concretar su propósito.

ANTIMONIO

Otro metal crítico muy demandado en el mundo es el antimonio. En la Tabla 4 se observan los varios yacimientos de este metal (Sb) que se conocen en el país. La mayor parte está en La Paz, Oruro y Potosí. Muchos tienen oro (Au) como acompañante, otros cobre (Cu), plomo (Pb) o zinc (Zn). Su separación ha sido un dolor de cabeza durante muchos años; pero, ahora, ya se cuenta con la tecnología para lograrla.

TABLA 4
Principales yacimientos y ocurrencias de antimonio en Bolivia

YACIMIENTO/OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC.	OTROS METALES	DEPTO.	PROVINCIA
Orcoma	19 K	779792	8035594	Sb	-	Cochabamba	Capinota
San Pedro	19 K	730615	8070935,9	Sb	Au	Cochabamba	Ayopaya
Armonia	19 K	720571	8100419	Sb	-	La Paz	Inquisivi
Botafogo	19 K	643105	8132788	Sb	-	La Paz	Loayza
Espíritu Santo	19 K	626986.35	8129108,7	Sb	-	La Paz	Loayza
Gradani-Santa Rosa de Lima	19 K	691985	8097500	Sb	Cu	La Paz	Inquisivi
Huara Huarani	19K	693608	8115528	Sb	-	La Paz	Inquisivi
La Salvadora	19K	718787	8063155	Sb	-	La Paz	Inquisivi
Los Machos	19 K	695767	8153083	Sb	Au	La Paz	Inquisivi
Poderosa	19K	697094	8088271	Sb	(Pb-Ag-Zn)	La Paz	Inquisivi
Rosario	19 K	536603	8220001	Sb	-	La Paz	Omasuyos
Tarajahuira	19K	612272	8171115	Sb	Au	La Paz	Murillo

YACIMIENTO/OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC.	OTROS METALES	DEPTO.	PROVINCIA
Ajata	19 K	742754	7868768	Sb	-	Oruro	S, Pagador
Antofagasta	19 K	712827	8001533	Sb	Au	Oruro	Cercado
San Luis	19K	735841	7988198	Sb	-	Oruro	Dalence
San Luis	19K	712144	7988154	Sb	Au	Oruro	Dalence
Tarumita	19 K	691901	8053361	Sb	Au	Oruro	Cercado
14 de septiembre	19K	802508	7657591	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Aurora	19K	787908	7707789	Sb	Pb	Potosí	Antonio
Bachiller	19K	805406	7708765	Sb	-	Potosí	Nor Chichas
Belen	19K	798499	7709985	Sb	Pb	Potosí	Nor Chichas
Calchiri	19K	778918	7723192	Sb	-	Potosí	Antonio
Candelaria	19K	799031	7614674,2	Sb	Au	Potosí	Sur Chichas
Caracota	20 K	194925	7775913	Sb	Au	Potosí	Antonio Quijarro
Carma	20 K	202660	7811483,3	Sb	-	Potosí	Antonio arro
Chilcobija	19K	800402	7629834,2	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Churquini	20K	191813	7666708	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Copacabana	20 K	198150	7608170	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Guadalupe	20 K	203711	7929742	Sb	Pb	Potosí	Nor Chichas
Jankho Layme	19K	772203	7941618	Sb	Au	Potosí	Rafael Bustillo
Juanita	19K	779924	7770650	Sb	-	Potosí	Antonio Quijarro
La Exploradora	19K	800475	7645884	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Lipeña	19K	768509	7584627	Bi	Sb	Potosí	Sur LÍpez
Marcawi	20 K	198239	7882522	Sb	Pb	Potosí	Tomás Frías
Oropeza	20 K	197951	7746003	Sb	-	Potosí	Nor Chichas
Orquestaca	20 K	216776	7644220	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Punutuma	19 K	806872	7779139	Sb	-	Potosí	Antonio Quijarro
Rosa de Oro	19K	797368	7597286	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Santiago	20K	205950	7635022	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Sausalito	19K	793471	7603534	Sb	-	Potosí	Sur Chichas
Sucre	19K	781749	7600721,8	Sb	-	Potosí	Antonio Quijarro
Trapiche	19K	737804	7577131	Sb	-	Potosí	Sur LÍpez
Virgen de los Remedios	20K	221050	7621483	Sb	-	Potosí	Sur chichas
Yaretani	19K	784425	7662077	Sb	Au	Potosí	Sur Chichas

Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020.

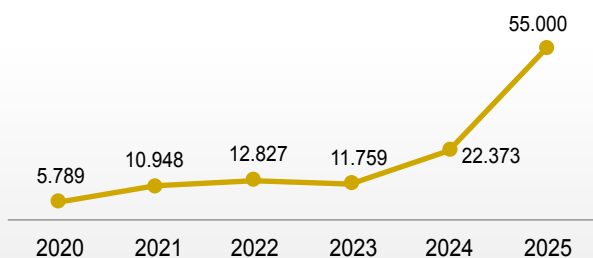
El año 1975, se inauguraron las operaciones de la fundición de antimonio en la Empresa Nacional de Fundiciones, con una capacidad de producir 4.200 toneladas de antimonio al año, más tarde se amplió la planta para procesar sulfuros y obtener trióxido de antimonio (Empresa Metalúrgica Vinto, 2025). Esta

fundición cerró operaciones con el modelo de ajuste estructural y no logró convencer a inversores para ser capitalizada. El 2010, fue recuperada para el Estado y no reinició la producción de antimonio.

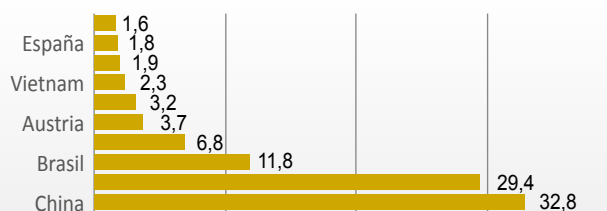
El año 2024, Bolivia exportó 4.531 toneladas de antimonio fino, 2.185 como trióxido, 402 como metálico (producido por empresas privadas) y el resto como concentrado. La cotización de la tonelada de antimonio está por encima de los \$us 56.000, triplicando la cotización del año anterior; lo que es señal de un incremento de la importancia de este metal en el momento que vive el mundo.

ILUSTRACIÓN 7 Situación de la explotación de antimonio al 2024

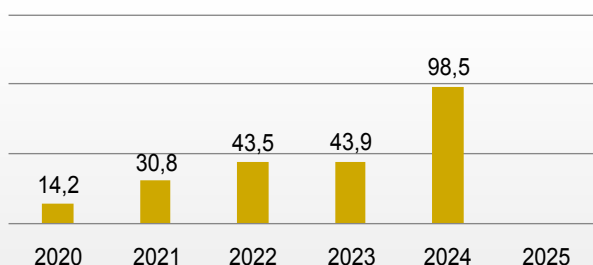
Cotización \$us/TMF



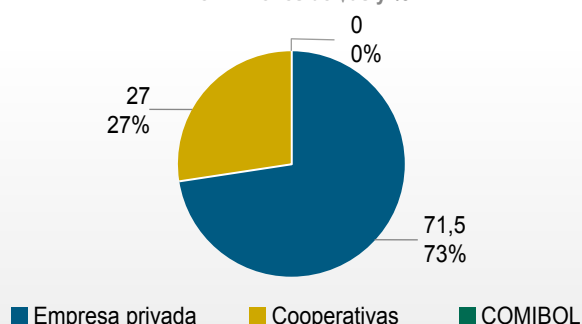
Principales destinos de exportación en millones de \$us 2024



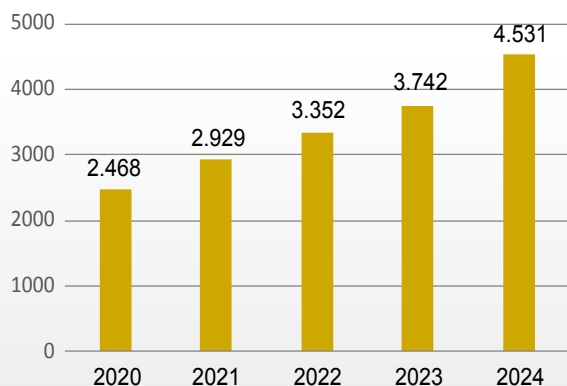
Valor de exportación millones de \$us



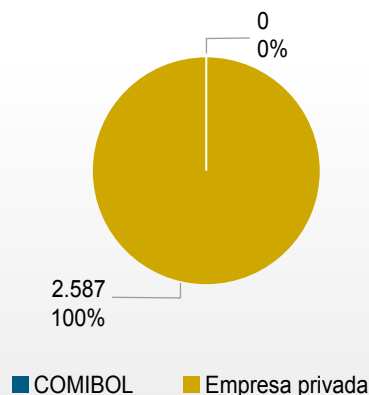
Exportación por actores mineros en millones de \$us y %



Peso de exportación TMF



Exportación de metálico en TM



Fuente: Anuario estadístico 2024 del Ministerio de Minería y Metalurgia.

COBRE

Otro metal crítico de gran demanda en el mundo industrial es el cobre. Los países con los que limita Bolivia, al norte y al sur son los primeros productores mundiales de este metal, por lo que no es descabellado pensar que en Bolivia podrían existir grandes yacimientos de cobre. La Tabla 5 muestra la gran cantidad de yacimientos conocidos en el occidente y oriente del país.

En algunos de estos yacimientos, el cobre está acompañado de oro, de oro y plata, de zinc o de uranio, lo que aumenta el valor de esos depósitos, aunque, también, dificulta la extracción del metal.

TABLA 5
Principales yacimientos y ocurrencias de cobre en Bolivia

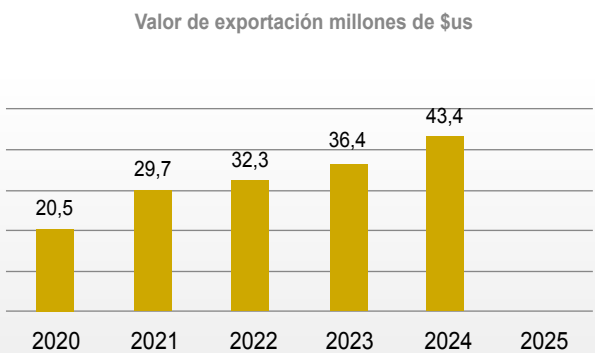
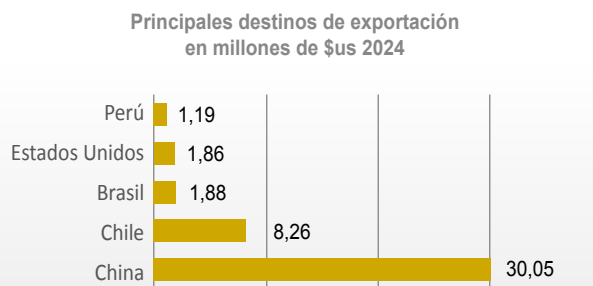
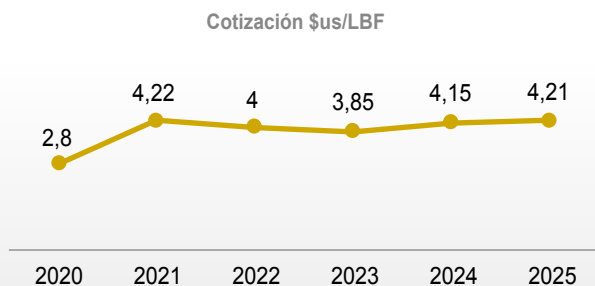
YACIMIENTO/ OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC	OTROS METALES	DEPTO.	PROVINCIA
Iru Tambo	19K	725566	8047838	Cu		Cochabamba	Tapacari
Yarvicoya	19K	721254	8051550	Cu		Cochabamba	Tapacari
16 de Julio	19K	572679	8071860	Cu		La Paz	Pacajes
Ana María y Vatutin	19 K	511794	8163382	Cu		La Paz	Ingavi
Américas Unidas	19K	555861	8106076	Cu		La Paz	Pacajes
Aurora y Santa María	19K	519393	8162635	Cu		La Paz	Ingavi
Calluma	19K	525166	8149814	Cu		La Paz	Ingavi
Cerro Anta uira	19 K	591836	8046310	Cu		La Paz	Villarroel
Cerro Pusimujuna	19K	557401	8144256	Cu		La Paz	Ingavi
Cerro Tancaloma	19K	557852	8146836	Cu		La Paz	Ingavi
Chacarilla	19K	583581	8056074	Cu	U	La Paz	Villarroel
Chacoma	19K	561880	8141646	Cu		La Paz	Ingavi
Copacabana	19K	568662	8075748	Cu		La Paz	Pacajes
Corocoro	19K	558357	8101313	Cu	Ag -U	La Paz	Pacajes
Dinamita	19K	569797	8074778	Cu		La Paz	Pacajes
Distrito Chacarilla	19K	584238	8055331	Cu		La Paz	Villarroel
Distrito Corocoro	19K	558169	8101261	Cu		La Paz	Pacajes
Elena-Victoria	19K	531375	8110773	Cu	Ag -Pb	La Paz	Pacajes
EMUSA	19K	501786	8163048	Cu		La Paz	Ingavi
Iquiri	19K	565334	8135076	Cu		La Paz	Ingavi
Jankho Kkollu	19K	521279	8162581	Cu		La Paz	Ingavi
Jayuma	19K	577593	8078752	Cu		La Paz	Pacajes
La Casualidad	19K	528687	8147250	Cu		La Paz	Ingavi
La Encontrada	19K	581284	8056841	Cu		La Paz	Villarroel
La Incógnita	19 K	522509	8162498	Cu		La Paz	Ingavi
La Riviera	19 K	486526	8028593	Cu	Ag -Au	La Paz	Pacajes
Las Mercedes	19K	560153	8136530	Cu		La Paz	Ingavi
Laurani	19K	629989	8077319	Cu	Au—Ag	La Paz	Aroma
Letanias	19 K	574114	8154001	Cu		La Paz	Ingavi
Llalla	19K	563604	8119393	Cu		La Paz	Pacajes
Lord de Senes	19K	558459	8149673	Cu		La Paz	Ingavi
María Elena	19K	531690	8146922	Cu		La Paz	Ingavi
Mica a	19K	577447	8062475	Cu		La Paz	Pacajes
Pankahuaranca	19K	698086	8111988	Cu	Pb	La Paz	Inquisivi

YACIMIENTO/ OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC	OTROS METALES	DEPTO.	PROVINCIA
San Silvestre	19K	536115	8144501	Cu		La Paz	Ingavi
Santa Cruz	19K	514745	8162547	Cu		La Paz	Ingavi
Veta Verde	19K	563391	8080072	Cu		La Paz	Pacajes
Pisakheri	19K	554159	8115470	Cu		La Paz	Pacajes
Transvaal	19K	557828	8106210	Cu		La Paz	Pacajes
Azurita	19K	589101	8001664	Cu		Oruro	Sajama
Chacoma	19K	561889	8141605	Cu		Oruro	Ingavi
Concepción (Prospecto)	19 K	680508	7834129	Cu		Oruro	Ladislao Cabrera
Llanquera	19 K	633290	8010234	Cu		Oruro	Nor Carangas
Santa Clara	19 K	577311	8008788	Cu		Oruro	San Pedro
Amistad	19 K	718380	7856160	Cu		Oruro	Abaroa
Corona de España	19 K	590506	7995365	Cu		Oruro	Sajama
Cuprita mine	19K	598691	7979825	Cu		Oruro	Carangas
25 de Julio	19K	658522	7598107	Cu		Potosí	E, Baldivieso
Aviadora	19K	782343	7582727	Cu		Potosí	Sur Lípez
Aguilar	19K	691394	7604438	Cu		Potosí	Nor Lípez
Bartola	19K	658325	7597568	Cu		Potosí	Baldivieso
Bartolo	19K	659420	7598706	Cu		Potosí	Baldivieso
Cerro Colorado	19 K	663969	7608073	Cu		Potosí	Baldivieso
Cerro Colorado	19K	606613	7727913	Cu		Potosí	Daniel Campos
Cerro Pescado	19K	624642	7772167	Cu		Potosí	Daniel Campos
Cerro Negro y Linares	19K	691682	7606773	Cu		Potosí	Nor Lípez
Cobrizos	19K	685614	7676947	Cu		Potosí	Nor Lípez
Don Piot y San Pedro	19K	751958	7631807	Cu		Potosí	Sur Lípez
Esmeralda San Pablo	19 K	751965	7632130	Cu		Potosí	Sur Lípez
Farellón	19 K	663804	7612458	Cu		Potosí	Baldivieso
Huallpa co	19K	660047	7600020	Cu		Potosí	Baldivieso
Huancane	19 K	755252	7627677	Cu		Potosí	Sur Lípez
Inés	19 K	659747	7664807	Cu		Potosí	Nor Lípez
Jachi	19K	705234	7778177	Cu		Potosí	Antonio
Jvilcha	19K	679688	7644602	Cu		Potosí	Nor Lípez
Koll ani	19K	744031	7641842	Cu	U	Potosí	Nor Lípez
Lagarto Jarita	19K	692198	7561184	Cu		Potosí	Sur Lípez
Mallku Cu eva	19K	656283	7589679	Cu		Potosí	Nor Lípez
Mochara	20K	225437	7637305	Cu		Potosí	Sur Chichas
Pomposa	20K	223204	7620700	Cu		Potosí	Sur Chichas
Pujios	19K	716232	7702222	Cu		Potosí	Nor Lípez
Puntillas	19 K	661920	7670077	Cu		Potosí	Nor Lípez
Quetena	19K	670762	7546372	Cu	Ag	Potosí	Sur Lípez
Rancho Orkho	19K	782528	7626048	Cu	Ag-Zn-Pb	Potosí	Sur Chichas
San Francisco	19K	659463	7627423	Cu	Ag	Potosí	Baldivieso
Santa Ana	19K	663658	7675073	Cu		Potosí	Nor Lípez
Ucrania	19K	754974	7629835	Cu		Potosí	Sur Lípez
Veta Kholu	19K	612071	7752421	Cu		Potosí	Daniel Campos
Don Mario	21 K	215387	8082050	Cu	Au—Ag	Santa Cruz	Chiquitos

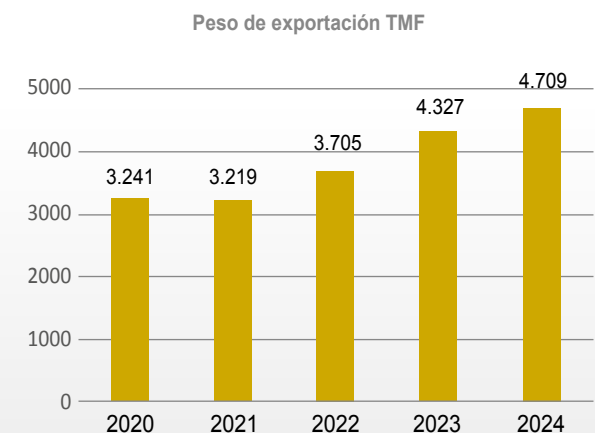
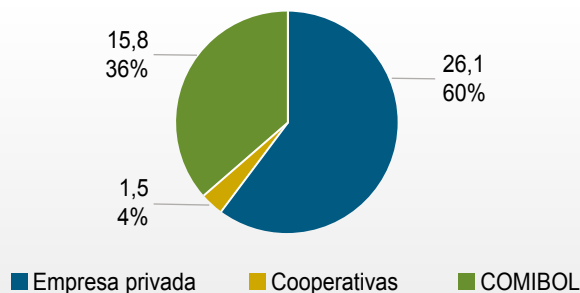
Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020

En Bolivia hay muchos yacimientos de cobre, tanto en el occidente como en el oriente, estos depósitos han sido explotados desde hace muchos años, otros continúan siéndolo, otros están abandonados y otros precisan inversiones relativamente grandes para entrar en operaciones. A pesar de esto, en ningún caso se realizaron operaciones de grandes dimensiones como en los países vecinos del occidente.

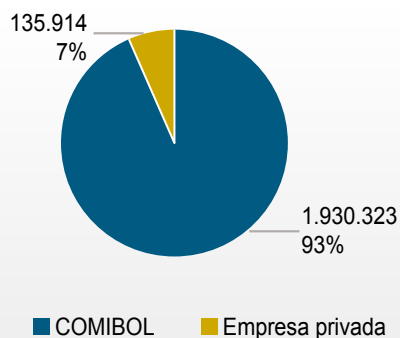
ILUSTRACIÓN 8
Situación de la explotación de cobre a 2024



Exportación por actores mineros en millones de \$us y %



Exportación de cobre metálico en TM



Fuente: Anuario estadístico 2024 del Ministerio de Minería y Metalurgia.

Solo 44% del cobre que se exporta sale como metal, el resto va como concentrado.

La COMIBOL instaló el año 2009 una pequeña planta en Corocoro para obtener cobre de alta pureza. La capacidad de la planta es de 3000 TPA; pero nunca ha llegado a colmarla. El proceso es de lixiviación en pilas, aunque el proyecto no había sido diseñado así, porque se pensaba que se debía recuperar cobre de las colas antiguas de la explotación de COMIBOL lixivándolas en tanques; pero varios problemas técnicos (características de las colas antiguas, diseño de los tanques) hicieron que se buscara el tratamiento de mineral fresco en pilas.

El año 2007, el grupo coreano Kores firmó un contrato con COMIBOL para explotar masivamente el yacimiento de esa mina; pero, después de haber hecho la exploración del caso, el año 2012, decidieron interrumpir el proyecto por la caída de la cotización del metal y por el rechazo de la comunidad al ingreso de la empresa. Kores había propuesto adquirir la planta de COMIBOL como planta piloto para el gran proyecto que pensaban poner en marcha; pero varios desencuentros, dobles roles de dirigentes de la empresa y de la comunidad, y malas estrategias de acercamiento a la comunidad terminaron por poner un alto a este plan.

En Santa Cruz, la empresa EMIPA, de la canadiense ORVANA, explotó el yacimiento Don Mario produciendo cobre de alta pureza, utilizando ácido sulfúrico de su propia planta.

Empresas chinas han puesto en marcha pequeños proyectos de explotación, tanto en Oruro como en Potosí, de donde se extrae cobre y se lo procesa hasta obtener cobre metálico de buena calidad.

ESTAÑO

Un metal del que dependió la economía nacional durante un siglo y que se encuentra distribuido en el occidente del país. Su explotación, desde fines del siglo XIX hasta mediados del XX, hizo millonarios a los denominados barones del estaño y, desde la nacionalización de sus minas, la COMIBOL, responsable de administrarlas, llegó a ser la empresa más grande e importante de la historia del país. Catorce plantas de generación de electricidad abastecían totalmente la demanda de la corporación, sus fundiciones de acero y sus maestranzas permitían la producción de gran parte de los repuestos de alta rotación que precisaban sus empresas; asimismo, contaba con importantes beneficios en términos de salud y educación, tanto para sus trabajadores y sus familias.

La explotación de este metal promovió la creación de la primera Facultad de Ingeniería de Bolivia, el año 1906, en Oruro, ciudad que se había constituido en la capital del estaño por su proximidad a los principales centros mineros donde se extraía el metal (Huanuni, Catavi, Colquiri). La ciudad llegó a ser la más desarrollada del país por este motivo. Por la cantidad de fábricas e industrias que se crearon en las primeras décadas del siglo XX, Oruro fue reconocida como la capital industrial de Bolivia.

La revolución de 1952 tenía como consigna la fundición de estaño en territorio boliviano. Grandes intereses que se verían afectados si este propósito se alcanzaba obstaculizaron desde fuera y desde dentro del país el plan de las fundiciones; pero, finalmente, el año 1971, la fundición de Vinto comenzó a operar. Los técnicos bolivianos, formados en la Facultad Nacional de Ingeniería condujeron acertadamente las operaciones de la planta.

La visión de desarrollo del Estado había dado pie a la creación de un centro de investigación minero-metalúrgica en Oruro, el Instituto de Investigaciones Minero Metalúrgico, que, por la calidad de su trabajo, de su personal y de su equipamiento fue un referente latinoamericano en este ámbito. Grandes científicos

del mundo llegaron a sus instalaciones para continuar con sus investigaciones sobre el estaño y otros metales.

La cogestión obrera que controlaba el directorio de la corporación ya había decidido poner fin a las operaciones de varias minas que trabajaban a pérdida por el agotamiento de los yacimientos; pero no tuvo tiempo de ponerlas en marcha y fue el modelo de ajuste estructural, instaurado en Bolivia desde 1985, que acabó ejecutando esas decisiones.

Tres grandes minas de estaño de COMIBOL continúan sus operaciones y son las que alimentan a la fundición de estaño. Haununi, Colquiri y Chorolque; las dos primeras operadas directamente por la corporación y la última por cooperativas.

La fundición se modernizó con la instalación de un horno Ausmelt en la primera década del siglo XXI. Su capacidad instalada, ahora es de casi 30.000 toneladas por año; pero la alimentación proveniente de las minas no alcanza a proveerle de materia prima suficiente.

Una empresa privada pionera en fundir estaño continúa con sus operaciones y absorbe casi el 30% de la producción del metal.

Estas fundiciones han significado grandes ahorros para el Estado y la creación de un efecto multiplicador que, de manera bien planificada, puede replicarse en otros ámbitos.

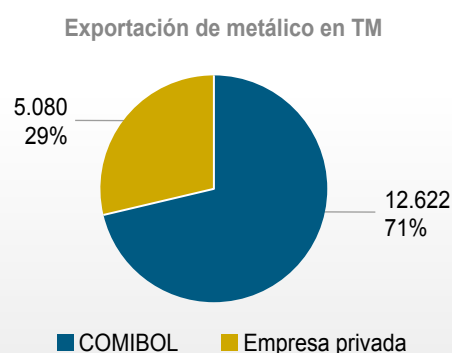
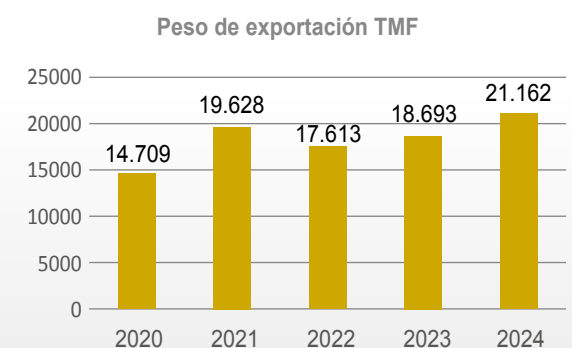
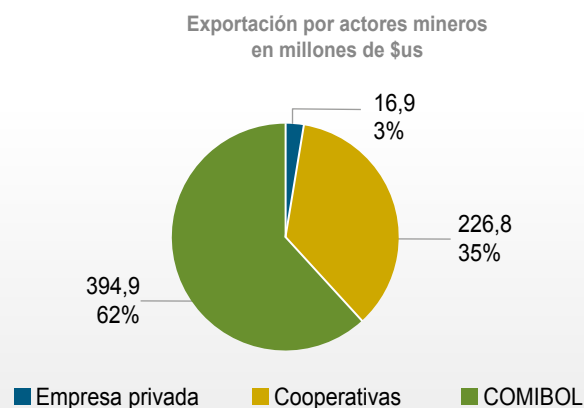
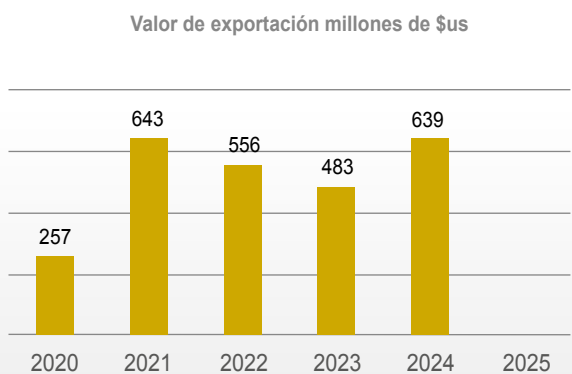
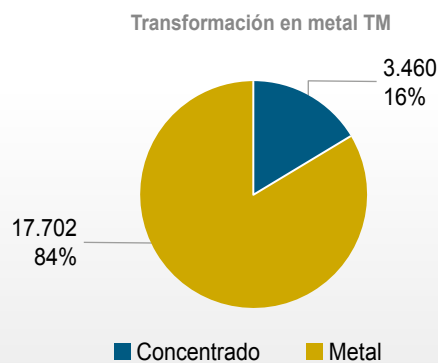
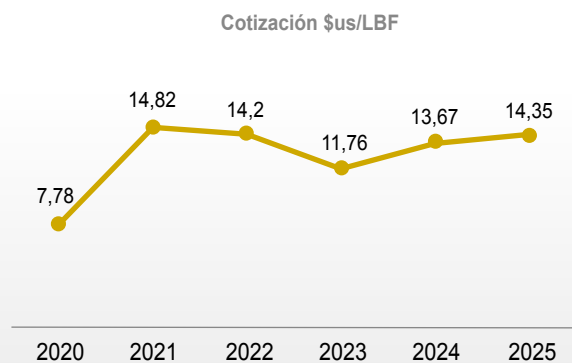
TABLA 6
Principales yacimientos y ocurrencias de estaño en Bolivia

YACIMIENTO/OCURENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC	OTROS METALES	DEPTO	PROVINCIA
Sayaquira	19K	686175	8111115	Sn		La Paz	Inquisivi
Suka	19L	504254	8316791	Sn		La Paz	Bautista Saavedra
Viloco	19K	660017,8	8135540,26	Sn	w	La Paz	Loayza
Avicaya-Total	19K	725339	7952243	Sn	Zn	Oruro	Poopó
Cañadón Antequera	19K	729455,6	7956473,11	Sn		Oruro	Poopó
Coriviri	19K	715830	7975546	Sn	Zn-Ag-W-(Bi)	Oruro	Poopó
Huanuni	19K	730021,7	7977978,51	Sn		Oruro	Pantaleón Dalence
Japo	19K	729062,2	8001055,93	Sn		Oruro	Pantaleón Dalence
La Vencedora	19 K	732996	7948150	Sn	Zn	Oruro	Poopó
María Teresa	19K	743252	7903131	Sn		Oruro	Sebastián Pagador
Morococala	19 K	733893,3	7991710,96	Sn		Oruro	Pantaleón Dalence
Oruro	19K	698091,4	8014789,64	Sn		Oruro	Cercado
Paco Khaua (Prospecto)	19K	519196	7918001	Sn		Oruro	Sabaya
San Florencio	19K	746924	7972781,09	Sn		Oruro	Cercado
Santa Fe	19K	735117,5	7994638,38	Sn		Oruro	Pantaleón Dalence
Andacaba	20 K	234585,6	7815621,28	Sn		Potosí	Tomas Frías
Asunta (San Mateo)	19K	781540	7648274	Sn	Ag	Potosí	Sud Chichas
Chorolque	19K	808342,6	7683953,98	Sn		Potosí	Sur Chichas
Carguaicollo	19K	745397,9	7840097,88	Sn		Potosí	Antonio Quijarro
Central y Pueblo Viejo	19K	781763	7600761	Sn		Potosí	Sud Chichas
Colavi	20 K	232768,5	7861104,72	Sn		Potosí	Cornelio Saavedra

YACIMIENTO/OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC	OTROS METALES	DEPTO	PROVINCIA
El Asiento	19K	741547	7791281	Sn		Potosí	Antonio Quijarro
Huari Huari	20 K	228056	7849906	Sn		Potosí	Tomas Frías
Humaña	20 K	187490,8	7842016,24	Sn	Bi	Potosí	Tomas Frías
Isca Isca	20 K	204903,1	7656014,45	Sn		Potosí	Sur Chichas
Kumurana	20 K	222182	7810030	Sn		Potosí	José María Linares
Llallagua (Siglo XX)	19K	753653,4	7958948,46	Sn	Ag -Bi-W	Potosí	Rafael Bustillo
Cerro Grande	19 K	762704,7	8029437,92	Sn	Ag -Ni-Co	Cochabamba	Arque
Bari uña	19 K	660332,2	8093251,1	Sn		La Paz	Arorma
Barrascota	19 K	680346	81 19674	Sn		La Paz	Inquisivi
Carabuco	19 L	489819	8263215	Sn		La Paz	Camacho
Caracoles	19 K	679308	8123666,5	Sn		La Paz	Loayza
Caracoles-Pacuni	19K	677720	8126342	Sn	W-(Bi)	La Paz	Inquisivi
Chulum ini	19L	572838	8242940	Sn		La Paz	Larecaja
Col uiri	19 K	698573,2	8076295,36	Sn	Zn-Pb-Ag	La Paz	Inquisivi
Cotacucho (Distrito)	19K	679335	8114811	Sn	(Zn-Sb-Au)	La Paz	Inquisivi
Cruz Roja-Colorada	19K	692841	8108652	Sn	w	La Paz	Inquisivi
El Rodeo (Distrito)	19 K	670600	8115423	Sn	(Au)	La Paz	Loayza
Fabulosa	19 K	580049,5	8222789,47	Sn	w	La Paz	Larecaja
Graciela	19K	577621,8	8217024,67	Sn	w	La Paz	Larecaja
Graciela	19K	595841	8207285	Sn	w	La Paz	Murillo
Huallatani (Distrito)	19 K	585791	8197136	Sn	Bi-Ag -Au-Pb	La Paz	Los Andes-Murillo
Huarachani	19 L	553620	8284461	Sn	w-Bi	La Paz	Larecaja
Karijana	19 L	523536	8318457	Sn	Zn-Ag	La Paz	Bautista Saavedra
Kellhuani	19 K	594874,5	8190078,51	Sn		La Paz	Murillo
La Riqueza	19K	689734	8111557	Sn		La Paz	Inquisivi
La Unión	19 K	584944	8202212	Sn		La Paz	Los Andes
Laramcota-Chojñacota	19K	673458	8123069	Sn	Zn-(Pb-Ag)	La Paz	Loayza
Mauritania	19L	556717	8256668	Sn		La Paz	Larecaja
Milluni	19 K	591287	8194525,47	Sn		La Paz	Murillo
Monte Blanco	19K	677466	8119057	Sn		La Paz	Inquisivi
Natividad	19K	573863	8222446	Sn	Au	La Paz	Larecaja
San José de Ayata	19 L	521125	8299520	Sn		La Paz	Muñecas
San Miguel	19 L	520888,3	8296782,02	Sn	W-Bi	La Paz	Muñecas
Lípez Huayco	20 K	205257	7911503	Sn		Potosí	Chayanta
Mallku Khota	19K	800159	7984764,66	Sn		Potosí	Alonso de Ibáñez
Malmisa	20 K	209692	7886845,21	Sn	Zn	Potosí	Tomas Frías
Mara	20 K	208521,2	7899964,74	Sn		Potosí	Chayanta
San Luis	20 K	187223	7832756	Sn	Zn-Ag	Potosí	Tomas Frías
Santo Domingo	19K	795891	7610436	Sn	Ag	Potosí	Sud Chichas
Vilacota	19 K	747922	7954709	Sn	Ag-Pb-Zn	Potosí	Rafael Bustillo

Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020.

ILUSTRACIÓN 9 Situación de la explotación del estaño a 2024



Fuente: Anuario 2024 del Ministerio de Minería y Metalurgia (Ministerio de Minería y Metalurgia, 2024).

Como se aprecia en el gráfico anterior, 84% del estaño que se extrae de minas bolivianas es transformado en metal. Esto permite recuperar los acompañantes valiosos y el total del valor del estaño.

WÓLFRAM

Un metal que se explota en Bolivia, clasificado entre los críticos, es el wólfra. También, hay varios yacimientos de este metal; pero los más explotados y que continúan en operación son los de Chojlla, Kami, Tasna, Bolsa Negra. En el caso de este metal y de todos los que se venden como concentrados, la

comercialización juega un papel importante. Las empresas comercializadoras imponen condiciones y los operadores mineros no tienen ninguna opción de negociación.

El wólfram es el metal más duro que hay y el que funde a temperatura más elevada; por eso, su extracción es complicada ya que se requieren equipos especiales. Se lo usaba para los filamentos de los focos antiguos, ahora, por ejemplo, se lo emplea para recubrir las puntas de las palas mecánicas o para fabricar balas antitanques.

TABLA 7
Principales yacimientos y ocurrencias de wólfram en Bolivia

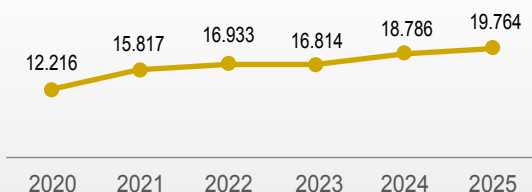
YACIMIENTO/ OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC.	OTROS METALES	DEPTO	PROVINCIA
Kami	19 K	730934	8076357	W		Cochabamba	Ayopaya
Bolsa Negra	19 K	628759	8169234	W		La Paz	Sud Yungas
Chambillaya	19 K	688129	8112145	W	Sn	La Paz	Inquisivi
Chicote	19 K	727230	8083991	W		La Paz	Inquisivi
Chojlla	19 K	630942	8186071	W	Sn	La Paz	Sur Yungas
Choquetanga Chico	19 K	672684	8142578	W		La Paz	Inquisivi
Ensueño	19 K	618115	8208839	W		La Paz	Nor Yungas
Himalaya	19 K	639141	8154709	W	Sn	La Paz	Murillo
Hucumarini	19 L	541408	8249881	W	Cu-Bi-(Sn)	La Paz	Larecaja
Leque Palca	19 K	716178	8049840	W	Sb	La Paz	Inquisivi
Mururata	19 K	619584	8169740	W		La Paz	Murillo
Paragui	19 K	701578	8094698	W		La Paz	Inquisivi
Reconquistada	19 K	624219	8185325	W		La Paz	Sur Yungas
San Antonio	19 K	577977	8227423	W		La Paz	Larecaja
San Antonio-Mercedes	19 L	544330	8245635	W	Cu-Bi-(Sn)	La Paz	Larecaja
San Francisco	19 K	617866	8177484	W	Sn	La Paz	Murillo
Siki Chanca	19 K	692473	8079863	W		La Paz	Inquisivi
Sococoni	19 L	517705	8263145	W		La Paz	Muñecas
Urania	19 K	629026	8154586	W	Sn-U	La Paz	Murillo
Villa El Carmen	19 K	538376	8218609	W		La Paz	Omasuyos
Conde Auque	19 K	722345	8040418	W	Sb	Oruro	Cercado

Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020.

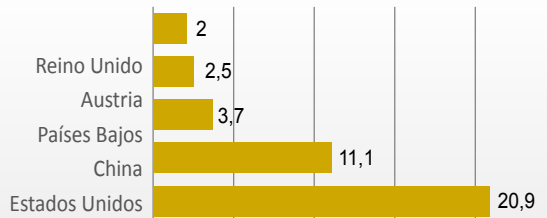
El peso de wólfram extraído no es muy alto; pero tiene su importancia en el mercado internacional porque, después del gigantesco aporte de China a este mercado, Bolivia ocupa el cuarto lugar de proveedores.

ILUSTRACIÓN 10 Situación de la extracción de wólfram a 2024

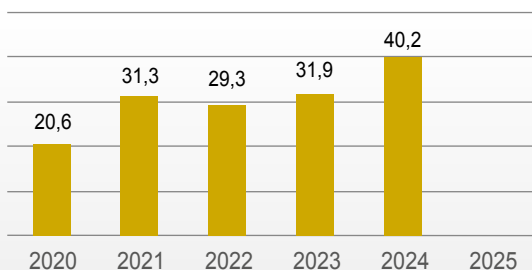
Cotización \$us/LBF



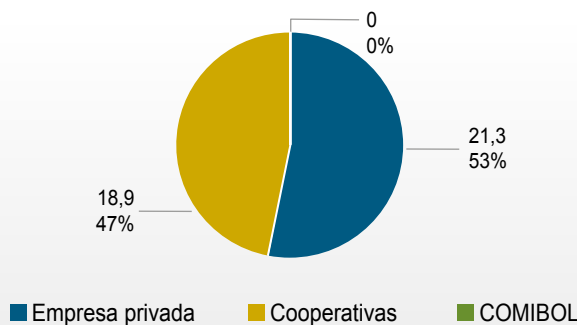
Principales destinos de exportación en millones de \$us 2024



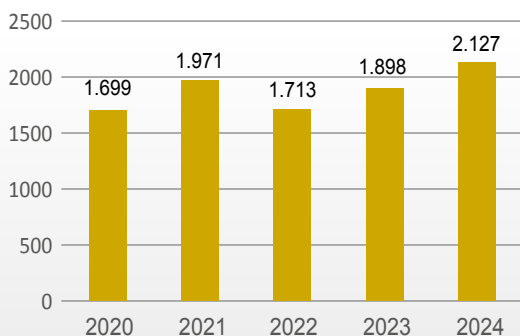
Valor de exportación millones de \$us



Exportación por actores mineros en millones de \$us



Peso de exportación TMF



Fuente: Anuario estadístico 2024 del Ministerio de Minería y Metalurgia.

ZINC

El mineral que más exporta Bolivia es el de zinc. Este es un metal crítico para EE. UU.

En Bolivia hay varios yacimientos de zinc, yacimientos que son, mayormente, complejos; es decir que contienen otros metales en abundancia; la mayor parte de las veces, plomo y plata.

Los principales yacimientos están en Potosí y La Paz.

TABLA 8
Principales yacimientos y ocurrencias de zinc

YACIMIENTO/OCURRENCIA	ZONA	ESTE	NORTE	METAL PRINC.	OTROS METALES	DEPTO	PROVINCIA
Horno Huasi	20 K	252922	7642260	Zn	Pb	Chuquisaca	Sur Cinti
Tuntoco	20 K	293311	7760344	Zn	Pb	Chuquisaca	Nor Cinti
Anaconda, el Zorro y Jokolluni	19 K	485306	8085938	Zn		La Paz	Pacajes
Dos Amigos	19 K	474054	8084826	Zn		La Paz	J. M. Pando
Lourdes Inés	19 K	474494	8087593	Zn		La Paz	J. M. Pando
Matilde	19 L	505737	8256365	Zn	Pb-Ag	La Paz	Camacho
San Luis	19 K	476941	8090238	Zn		La Paz	J. M. Pando
Maria Luisa	19 K	634350	7819557	Zn		Oruro	Ladislao Cabrera
Argentina	20K	242663	7578697	Zn	Pb-Ag	Potosí	Modesto Omiste
Begonia	20K	206953	7659588	Zn	Pb-Ag	Potosí	Sur Chichas
Copacabana	20K	190290	7659560	Zn	Pb	Potosí	Sur Chichas
Peña Amarilla	20K	244148	7598046	Zn	Pb-Ag	Potosí	Modesto Omiste
Porco	20 K	187814	7804840	Zn	Pb-Ag	Potosí	Antonio
San Cristóbal (Distrito)	19K	686162	7665638	Zn	A -Pb	Potosí	Nor Lípez
San Matías	20 K	215238	7743838	Zn	Pb-Ag	Potosí	Nor Chichas
San Ramón	20K	240650	7571727	Zn	Pb-Cu	Potosí	Modesto Omiste
Santa Rosa	20K	244581	7582085	Zn	Pb-Ag	Potosí	Modesto Omiste
Tomasamil	19K	607073	7645162	Zn	Mn-Au	Potosí	Nor Lípez
Urania	20K	246649	7591427	Zn	Pb	Potosí	Modesto Omiste
Quioma-El Asiento	20 K	233410	7980589	Zn	Pb-Ag	Potosí	Charcas
San Antonio	20 K	250833	7622819	Zn	Pb	Potosí	Sur Chichas
Takhoni	20 K	215532	7771478	Zn	Pb-Ag	Potosí	Linares
Wara Wara (Distrito)	20 K	275218	7816770	Zn	Pb	Potosí	Linares

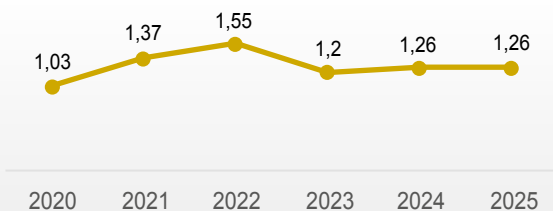
Fuente: Arze B. O. Yacimientos metalíferos de Bolivia, 2020.

El comercio de los concentrados complejos es altamente desfavorable para el país. En las planillas de liquidación de COMIBOL se observa que a la ley del concentrado le bajan 8 puntos que, si el concentrado tiene 120 g de Ag/T, solo pagan por 20 g/T y con 70% de la cotización internacional. La comercializadora define topes de aceptación de contenido de acompañantes; si esos son sobrepasados, se aplican descuentos.

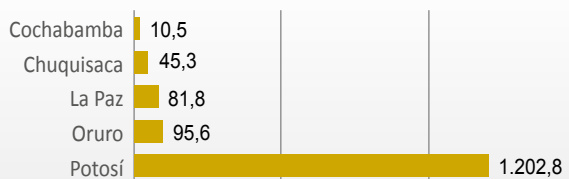
A pesar de esta situación adversa, esos concentrados se exportan íntegramente como tales, sin procesamiento metalúrgico. Esta realidad está reflejada en la Ilustración 11.

ILUSTRACIÓN 11 Situación de la explotación de zinc al 2024

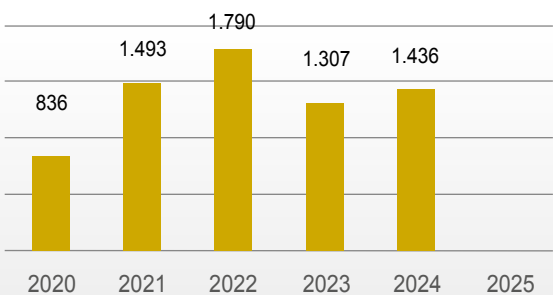
Cotización \$us/LBF



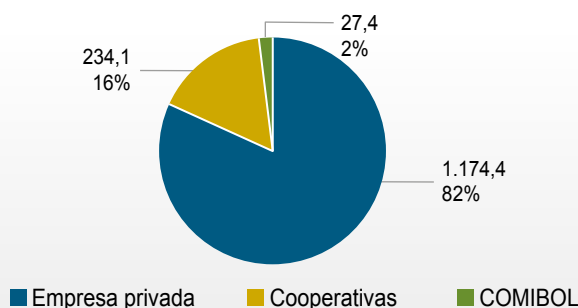
Producción por departamento en millones de dólares



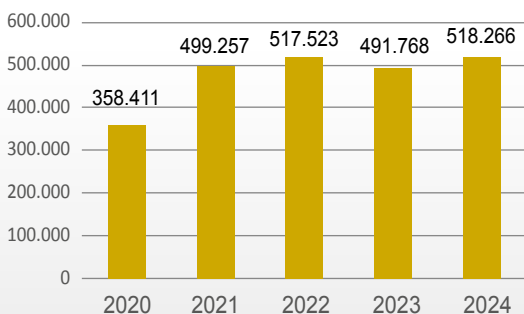
Valor de exportación millones de \$us



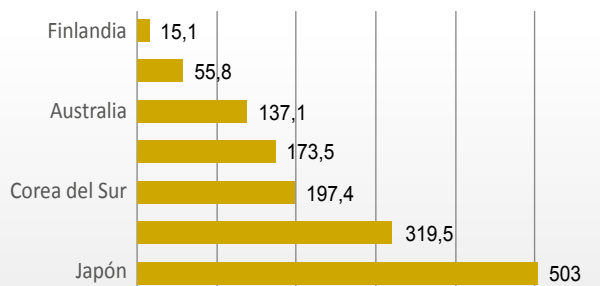
Exportación por actores mineros en millones de \$us



Peso de exportación TMF



Principales destinos de exportación



Fuente: Anuario estadístico 2024 del Ministerio de Minería y Metalurgia.

Desde el año 2010, el Estado intentó poner en marcha dos plantas de refinación de zinc, una en Oruro y otra en Potosí. Estas plantas debían funcionar con hidrometalurgia porque así se reduce el impacto ambiental y pueden recuperarse todos los acompañantes valiosos.

La tecnología convencional elimina el azufre del mineral sometiéndolo a una temperatura inferior al punto de fusión. Este proceso produce óxido de zinc y material libre de azufre, este producto es sometido al ácido sulfúrico para disolver el zinc. Esta solución, después de limpiarla es sometida a electrólisis para obtener zinc metálico. El proceso es altamente contaminante por los gases de anhídridos de azufre. Si se quiere eliminar su expulsión a la atmósfera se puede transformar en ácido sulfúrico. Esto da una ventaja y grandes dificultades; la ventaja es que se obtiene el ácido sulfúrico que se usa en la etapa de lixiviación. Las dificultades son los volúmenes no utilizados de ácido que son muy grandes y no tienen ni mercado ni uso.

Se han desarrollado tecnologías para evitar la tostación, lixiviando el mineral, directamente, con ácidos, oxígeno líquido y, elevada presión y temperatura superior a los 100 °Celsius. Estas tecnologías tropiezan con la dificultad de que en la lixiviación, en esas condiciones, se genera azufre elemental que rodea a las partículas de mineral e impide su lixiviación.

Para resolver este problema, algunas empresas emplean una remolienda del mineral, otras aumentan la permanencia en el reactor, en tanto que algunas muelen el mineral previamente a tamaños muy finos y existe una tecnología, patentada en EE. UU. que fue ofrecida a COMIBOL que elimina esas capas de azufre disolviéndolas con un reactivo corriente. Esto le permite trabajar en condiciones más benevolentes y en tiempos cortos para disolver todos los metales solubles que son recuperados casi totalmente en las etapas posteriores.

El Gobierno licitó en varias ocasiones la construcción de esas plantas y ninguna dio el resultado esperado; finalmente, se asoció con una empresa china para instalar las plantas; pero a costos muy elevados, comparados con la tecnología estadounidense ofrecida a COMIBOL y con resultados inciertos, según manifestaron técnicos de Oruro que conocen la propuesta china.

COBALTO

En el departamento de Potosí hay dos minas antiguas, abandonadas, que contienen cobalto, se trata de las minas Wálter y San Luis, estas fueron explotadas hace más de 100 años por su riqueza en otros metales. La COMIBOL hizo un estudio de estos yacimientos, mostrando la viabilidad de las operaciones de extracción siempre que se mantengan los precios elevados en el mercado internacional o Bolivia decida pasar a la industrialización del litio.

MAGNESIO

Este es otro metal crítico para todas las potencias industriales que existe en abundancia en las salmueras de los salares. Los estudios que se han hecho en el salar de Uyuni mostraron que, por cada gramo de litio hay, aproximadamente, 20 g de magnesio. Los estudios de exploración dieron como resultado la confirmación de la existencia de más de 20 millones de toneladas de litio, lo que significa que la cantidad de magnesio está alrededor de 400 millones de toneladas.

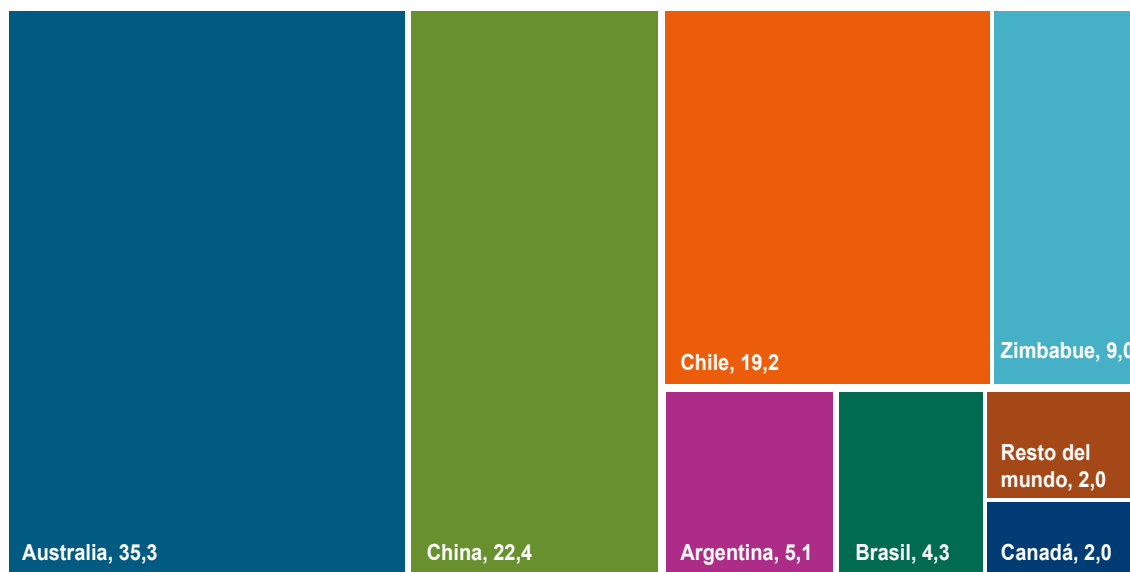
LITIO

Las baterías de litio para vehículos eléctricos son el principal producto de destino del litio; hasta el año 2016, las baterías para equipos electrónicos captaban la mayor parte del litio. Según la (IEA, 2025), para el 2030, las baterías para vehículos eléctricos representarán entre 73% y 79% de la demanda total de litio. El análisis de la cadena de valor da importantes señales para entender el proceso de producción de compuestos de litio, así como las posibilidades de que Bolivia y los países vecinos avancen hacia la “corriente abajo”, como se explica en la publicación “De la salmuera a la batería”, realizada por Antonio Rodríguez e Iván Aranda, a solicitud de la Vicepresidencia del Estado Plurinacional.

Habitualmente, en los sectores extractivos se analiza la cadena de valor en tres momentos: aguas arriba (*upstream*), en el medio de las aguas (*middlestream*) y aguas abajo (*downstream*). En el caso de la minería, el primero se refiere a la obtención de la materia prima y su refinación; en el segundo, a la fabricación de productos intermedios (en el caso del litio, láminas de electrodos, ánodos, cátodos, separadores, electrolitos y otros); aguas abajo se refiere a la fabricación de celdas de baterías, de baterías y productos de electromovilidad. El reciclaje se empalma con el momento de aguas arriba.

La producción de litio está concentrada en pocos países, cinco controlaban 91% de la producción mundial el año 2024. Cuando se habla del litio refinado (carbonato o hidróxido de litio) la concentración es aún mayor; tres países, China, Chile y Argentina, controlan 86% de la producción. China refina 62% del litio que llega al mercado, esto provoca preocupaciones en aquellos que desean desarrollar su propia industria de baterías de litio. Por eso, incluyen al litio entre los metales críticos y ponen en marcha estrategias para garantizar un suministro estable del metal. Aunque, en un futuro próximo, ingresarán al mercado nuevos proveedores, la concentración geográfica seguirá en la refinación, principalmente (IEA, 2025).

ILUSTRACIÓN 12
Concentración de la producción de carbonato e hidróxido de litio



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (USGS, 2025).

Los principales compradores del litio chileno y argentino son China, Corea y Japón; estos países concentran la producción de materiales catódicos. El hidróxido de litio que proviene de las minas de Australia es refinado casi exclusivamente por China, por su infraestructura de refinación y su participación accionaria en proyectos mineros mediante acuerdos de compra. China acapara 60% de las exportaciones de carbonato de litio; Corea, las de hidróxido de litio.

La creciente demanda del litio provocó una dinámica febril en el sector; la cantidad de operaciones nuevas se multiplicó vertiginosamente al influjo del precio de venta que trepó de 5.000 \$US/T de carbonato de litio, el año 2015, a más de 80.000, a fines de 2022. Pero, como consecuencia de las medidas tomadas en China y EE. UU. la demanda se frenó y las cotizaciones bajaron a menos de 10.000 \$US/T en mayo de 2025. Con esta caída, varios proyectos nuevos entraron en crisis, algunos, a pesar de trabajar a pérdida, mantuvieron sus producciones para no perder los nichos de mercado que habían ganado. Ante esta caída, China tomó una determinación de frenar la producción de una mina que entregaba 11.000 toneladas por año, esto hizo remontar el precio del litio, nuevamente, demostrando lo subjetivo que es el comportamiento del mercado de esta materia prima.

La extracción de litio de las salmueras permite una integración casi natural con la refinación; no ocurre lo mismo con el material extraído de las minas de espodumeno (Australia) que envía sus concentrados a China para que sean procesados y refinados. Para la explotación de las salmueras, el costo de inversión es alto y el costo operativo, relativamente bajo; lo contrario que ocurre con las minas de roca.

En América Latina, la industria está controlada por empresas multinacionales; la chilena SQM es la única originaria de la región.

El momento “en medio de las aguas” incluye la producción de precursores químicos y componentes de celdas de la batería. El electrodo clave de la celda es el cátodo, este determina, en gran medida, las características cruciales del rendimiento de la batería, densidad de energía, velocidad de carga, alcance y seguridad (IEA , 2022).

La preferencia por una tecnología de cátodo sobre otra tiene implicaciones importantes para los países ricos en litio, ya que determina el compuesto de litio requerido en el proceso de producción. Mientras que las tecnologías NMC y NCA utilizan hidróxido de litio, la tecnología LFP utiliza carbonato de litio, un producto en el que Argentina, Bolivia y Chile tienen ventajas comparativas.

La producción de material catódico está menos concentrada que los otros elementos mencionados. En América Latina, Bolivia montó una planta piloto de producción de estos materiales en La Palca, Potosí, con el propósito de determinar parámetros y dominar tecnología para el salto a la producción industrial. La fábrica es de origen francés. En Chile, se puso en marcha una política destinada a atraer productores de cátodos que no ha tenido éxito, todavía.

Aguas abajo, la producción de baterías de litio está fuertemente concentrada en China, donde se fabricaba 81% de las baterías el año 2023, alcanzando los 1.036 GWh, CATL y BYD son las empresas que lideran ese proceso productivo. En la producción de vehículos eléctricos, China también ha tomado la vanguardia.

Los países ricos en recursos de litio han intentado, por diversos caminos, mejorar los beneficios para los Estados; uno de los puntos cruciales en este aspecto es el papel del Estado frente al del sector privado, las políticas y estrategias asumidas.

Es fundamental el marco normativo que controla la explotación de los minerales, y el litio en concreto, la organización del esquema y la distribución de responsabilidades; por otra parte, las políticas destinadas a desarrollar competencias locales.

En Bolivia, las políticas, estrategias y normas han quedado fuera de aplicación con las decisiones tomadas por el Gobierno anterior. La estructura vigente del proyecto de explotación de las salmueras en el Ministerio de Hidrocarburos y Energía prohíbe a YLB delegar el procesamiento de la salmuera o asociarse con el sector privado para este fin y, aunque YLB esté en el ministerio hidrocarburífero, la regulación sobre regalías, impuestos y gestión de los derechos corresponde al sector minero. Como ha sido mencionado en innumerables ocasiones por varios especialistas, el litio es un metal y no un energético, por lo que su explotación debe estar bajo competencia del Ministerio de Minería y Metalurgia.

Los países ricos en salmueras están contemplando el uso de la extracción directa del litio, sin pasar por las piscinas de evaporación para aumentar la eficiencia y disminuir el consumo de agua. Estas tecnologías tienen escasa aplicación industrial por el momento; pero esto cambiará en un futuro próximo.

YLB y las universidades han investigado estas tecnologías; pero los resultados no han sido escalados a mayores dimensiones y, por esto, se acudió a proveedores externos; pero, como ocurrió el año 2010, los dueños de las tecnologías quieren participar desde la extracción de la salmuera hasta la refinación del carbonato y, ante la prohibición legal de asociaciones tempranas, YLB está en un callejón sin salida.



El camino que Bolivia podría seguir para maximizar los beneficios de la explotación del litio no depende solo de ella; sin embargo, el país debe considerar varias alternativas y realizar cambios estructurales para que en diferentes escenarios salga airosa. El país podría mantenerse como proveedor de materias primas de alta calidad o avanzar a producir materiales para la fabricación de baterías o, en el caso optimista, fabricar baterías; este último caso se vería favorecido por la instalación en América Latina de fábricas de vehículos eléctricos como respuesta a políticas de los estados para promover la electromovilidad que jalaría a los países ricos en litio a avanzar en la cadena de suministro.



METALES QUE PODRÍAN SER EXPLOTADOS

El territorio boliviano alberga a muchos de los denominados metales críticos; pero no son explotados. Las razones son diversas, no se tiene certeza del volumen de los yacimientos, no se han hecho estudios sobre los costos operativos para la extracción, tampoco se conoce la inversión necesaria ni las tecnologías que habría que utilizar.

No todos los metales críticos podrían ser explotados por entidades nacionales; pero la necesidad de las potencias de asegurar las cadenas de suministro podría significar la llegada de inversiones de estas potencias.

Sin embargo, a lo que aspiran los países industrializados es a controlar la cadena de suministro; como en el caso de China, el procesado y refinado de los minerales se realizaría en esos países y no en Bolivia. Esto se vio, claramente, cuando Bolivia pidió a centros de investigación de varios países identificar la tecnología apropiada para recuperar litio del salar de Uyuni. Varios trabajaron sobre este tema y acabaron ofreciendo la tecnología al país; pero no planteaban transferirla, solo querían introducirse en la fase de extracción de la salmuera y procesarla por su cuenta. Buscaban controlar la provisión de la materia prima.

¿Se podría aspirar a ir más lejos en la cadena de valor? Dejar de ser solo proveedores de materias primas es un anhelo de antaño que raya en el nivel de utopía. Si la refinación –que es una etapa del primer eslabón de la cadena– está controlada, sobre todo, por China, los otros eslabones están mucho más lejos de nuestro alcance.

El caso del cobre y Chile es una muestra de lo que puede suceder. Chile, con el nivel educativo y de desarrollo tecnológico e industrial con que cuenta, exporta la mayor parte del cobre sin refinar, a pesar de que el negocio de exportar concentrados es un mal negocio.

El indio, metal acompañante del zinc en los minerales complejos, de instalarse las plantas refinadoras de zinc, se recuperaría íntegramente y podría ser exportado, al menos, como metal.


El níquel es un metal que existe en Bolivia y que tiene una demanda muy alta en el ámbito global. Este es un recurso que no se explota actualmente y que podría ser aprovechado estratégicamente.



Un metal que no se menciona corrientemente como una opción valiosa es el magnesio. Este metal está presente en las salmueras de nuestros salares en grandes cantidades; en el salar de Uyuni se tiene más de 400 millones de toneladas de este metal que es crítico para todas las potencias. Se había intentado su explotación mediante el contrato con la alemana ACI System SA; pero la poca disponibilidad de los insumos necesarios descartó esa posibilidad.



LIMITACIONES PARA UNA EXPLOTACIÓN A MAYOR ESCALA



Entre estos metales, Bolivia tiene al cobre, wólfram, antimonio, bismuto, manganeso y litio.

En primer término, no hay una política estatal que apunte al incremento de la producción de estos minerales. El Gobierno dejó en manos de las cooperativas mineras la conducción de la minería nacional y dejó a la COMIBOL en un estado que la posiciona más en la estructura del antiguo Código Minero Nº 1777 que en la de la Ley de Minería y Metalurgia Nº 535 vigente. No tiene capital de inversión, no le ha dado la estabilidad que requiere una empresa de la dimensión que tiene, ha cambiado de presidentes ejecutivos con una frecuencia inusitada, saltándose la norma que exige que estas autoridades sean nombradas, por varios años, a partir de una terna propuesta por la Cámara de Diputados.

Las cooperativas mineras, casi sin asistencia técnica y con escaso capital de inversión están muy limitadas para encarar el desafío de desarrollar una minería moderna y eficiente.

El otro actor reconocido, la empresa privada, tiene todas las posibilidades de lograr el objetivo de aumentar la producción de estos metales; pero los frecuentes avasallamientos, las obstaculizaciones a sus actividades y las exigencias de las comunidades que se deberían formular al Estado son trasladadas a este actor. En síntesis, las condiciones para hacer viable la inversión privada externa no están dadas.

Las investigaciones para adaptar tecnologías o desarrollar nuevas, desde el cierre de operaciones del Instituto de Investigaciones Minero-Metalúrgicas (IIMM), quedaron reducidas a lo que se hace en las universidades y, parcialmente, en el Centro de Investigaciones de COMIBOL.





DESAFÍOS FRENTE A LA DEMANDA MUNDIAL DE MINERALES CRÍTICOS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

En la explotación de estos recursos estratégicos, se debe cambiar el enfoque. Seguir haciendo minería como hasta ahora va contra el medioambiente, contra la sostenibilidad, contra el patrimonio nacional y limita los beneficios para el país, las regiones y los territorios.

Un aspecto que el país persigue desde hace varios años es la reducción o minimización del impacto ambiental de las operaciones mineras. Ante la dificultad, si no imposibilidad, de lograrlo se apunta a la no generación de desechos.

La economía circular en minería es un modelo de desarrollo que maximiza la vida útil de los recursos minerales, minimiza la generación de residuos y reduce la extracción de materiales vírgenes, mediante la reutilización, reciclaje, valorización de subproductos y el diseño de procesos que permitan cerrar el ciclo de los materiales dentro de la cadena de valor minera.

En reducción de residuos, se busca que los desechos mineros (como relaves, escorias o aguas residuales) sean tratados como recursos potenciales; en reutilización y reciclaje, que los metales valiosos pueden recuperarse de residuos y reintegrarse al proceso productivo; en diseño para la durabilidad, que infraestructura y maquinaria se diseñen para ser reparables, reutilizables y con larga vida útil; en optimización de procesos, que se apliquen tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia en la extracción y procesamiento de minerales; en rehabilitación de sitios mineros, que se promueva la restauración ambiental de las zonas intervenidas, integrando criterios ecológicos y sociales.

Por otra parte, se debe enfocar el trabajo aguas arriba y aguas abajo de la actividad minera para mejorar el efecto multiplicador, minimizar el impacto de la volatilidad de las cotizaciones internacionales, diversificar la economía, desarrollar capacidades y habilitar mejores posiciones en eventuales negociaciones con países vecinos.

Es posible fabricar en el país todos los insumos que precisa la minería; pero no es conveniente. Un estudio estratégico indicará qué productos pueden obtenerse en el país a costos más bajos que los de los importados, para cuáles hay materia prima suficiente, cuáles provocan menos impacto ambiental y cuáles generan más empleos dignos y sostenibles.

Un factor fundamental es la exploración para determinar las reservas de metales críticos en los distintos yacimientos mencionados más arriba o para descubrir nuevos. Esta etapa es intensiva en capital y sin retribución. El Estado tiene muchas limitaciones para financiarla. Aunque la norma establece que 10% de las regalías que recibe cada gobernación debe destinarse a financiar

exploraciones efectuadas por SERGEOMIN. El monto real es muy bajo –alrededor de 20 millones de dólares por año– como para pedirle resultados significativos. Las cooperativas, el otro actor productivo, teóricamente, no tienen capital de riesgo para invertir en esta etapa de la cadena minera. Entonces, solo queda la empresa privada para realizar este trabajo; sin embargo, hay varios obstáculos para atraer inversiones serias.

La resolución 032/2006 del Tribunal Constitucional declaró inconstitucionales los artículos del antiguo código de minería que autorizaban la transferencia de minas, su uso como garantía de créditos y su herencia (todas estas medidas fueron retomadas por la Asamblea Constituyente y figuran en la Constitución Política del Estado como parte del régimen de explotación de los recursos naturales no renovables). Inicialmente, esto interrumpió el camino normal de desarrollo de una operación minera y obstaculiza la distribución de costos y riesgos entre varios operadores.

El país está capacitado para agregar valor a varios productos minerales; sería un gran avance dejar de exportar concentrados para subir al nivel de metales con la pureza que pide el mercado. Bolivia cuenta con tecnologías para dar este paso en varios metales críticos. Hasta ahora, prácticamente, solo el Estado ha instalado plantas metalúrgicas (hay excepciones importantes en Oruro, Potosí, Santa Cruz y El Alto). Los incentivos para que el sector privado avance en esta dirección deben lograr resultados a corto plazo.

El activo más codiciado y valioso en este momento de la historia es la energía verde. El combustible más importante y que puede sustituir a los fósiles es el hidrógeno o el amoníaco. Bolivia tiene un potencial inmenso para la producción de estos dos combustibles; el altiplano es una de las regiones que recibe mayor radiación solar del planeta y que tiene agua y servicios disponibles (Molexplore, 2025). Varios de los metales críticos que precisan las plantas generadoras de hidrógeno – o amoníaco – verde existen en Bolivia. Esta es una gran oportunidad para trabajar aguas abajo.

La investigación sostenida por el Estado y el sector privado es crucial para encarar un momento de la historia en que todo avanza a gran velocidad. Las universidades deben preparar el talento humano, no sólo orientado al ejercicio de la profesión en operaciones productivas, sino también para que adapten tecnologías, desarrollen nuevas que nos darían la independencia que se precisa para avanzar en el mundo de extremas exigencias tecnológicas.





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mundo industrializado precisa de materias primas estratégicas para continuar su primacía tecnológica, dados los procesos de transición energética y de electromovilidad. Aquellos materiales cuyo suministro está en riesgo, no tienen sustitutos, el reciclaje es incipiente y su importancia económica es grande, son denominados críticos. Las tres potencias económicas coinciden en 10 de estos metales calificados como claves.

China concentra la mayor parte de control de estas materias primas desde el yacimiento y más todavía en la refinación.

Bolivia tiene en su territorio la mayor parte de estos metales críticos. Algunos ya vienen siendo explotados desde hace mucho tiempo y otros en una escala poco significativa para el comercio mundial, y todavía hay otros que permanecen en la tierra sin proyectos de extracción.

El país tiene muchas oportunidades con el incremento de la demanda de varios metales; pero no reúne las condiciones para su explotación favorable para el Estado. Hay poca disponibilidad de talento humano y la investigación aplicada está muy limitada; por otra parte, el Estado no cuenta con los recursos financieros para invertir en proyectos de magnitud y la COMIBOL ha sido relegada por el Gobierno a un plano de escasa posibilidad de crecimiento.

El aprovechamiento de las oportunidades pasa por un plan de largo plazo en el que se contemple, inicialmente, la construcción de un marco normativo que cree incentivos condicionados para las empresas que se animen a venir al país, que genere nuevas escalas de regalías adecuadas a las cotizaciones y costos del momento, que contemple los derechos de las comunidades y la preservación de las áreas protegidas. Desde el primer día se debe trabajar en la formación del talento humano y en la investigación aplicada; paralelamente, se debe trabajar en la refundación de COMIBOL; luego, en promover en la industria local, el desarrollo de la industria básica.

La empresa privada que puede hacer las inversiones necesarias no se siente segura en Bolivia, dados los avasallamientos frecuentes y las exigencias de las comunidades que le piden lo que debería darles el Estado.

Para incrementar los volúmenes de producción o para iniciar operaciones se requiere capital, investigación y talento humano.

Para producir insumos localmente, debe haber una planificación estratégica a partir de una evaluación real de las posibilidades y la construcción de capacidades, con el fin de asegurar el mayor beneficio para el país.

La explotación de las denominadas tierras raras es una tarea a largo plazo (y como tal necesita de planificación del desarrollo) que debe partir de una confirmación de reservas para promocionar su existencia internacionalmente y conseguir iniciativas serias que inviertan en la explotación de esos recursos con la seguridad y garantía que exige este proceso.

Explotar el indio debe ser una prioridad del Estado mediante las plantas refinadoras de zinc; posteriormente, se puede atraer a empresas privadas internacionales o locales que deseen industrializar ese metal.

El Estado debe atraer inversiones externas de riesgo y serias que pongan en marcha un proceso exploratorio del cobre en el occidente del país. A partir de los resultados encontrados, promocionar los yacimientos para atraer empresas serias que aporten capital, tecnología y mercado que conduzcan a la industrialización del cobre.

Similares acciones se deben realizar con el manganeso con los depósitos conocidos, al margen del Mutún. Para la promoción del magnesio, antes, se debe incentivar a empresas locales para la producción de cal de alta pureza y de otros insumos que requiera el proceso de obtención del hidróxido de magnesio.

En síntesis, mientras la COMIBOL no sea refundada y recupere sus competencias, para aprovechar la oportunidad que otorgan la transición energética y la electromovilidad, se debe atraer inversiones serias para la exploración y luego la explotación de los yacimientos de los metales críticos que hay en el país.





BIBLIOGRAFÍA

- Arce Burgoa, O. R. (2020). *Yacimientos metalíferos de Bolivia*. Cochabamba: Superprint impresores.
- Empresa Metalúrgica Vinto. (22 de agosto de 2025). *EMV Empresa Metalúrgica Vinto*. Obtenido de EMV: https://vinto.gob.bo/?page_id=80
- IEA . (22 de diciembre de 2022). *Energy efficiency 2022*. Obtenido de IEA: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- IEA. (2025, mayo 10). *Global critical minerals outlook 2025*. Retrieved from IEA: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>
- Lagos, G. (20 de julio de 2020). *Guía minera de Chile*. Obtenido de Exportar cobre refinado es un buen negocio: <https://www.guiaminera.cl/exportar-cobre-refinado-es-un-buen-negocio/>
- Ministerio de Minería y Metalurgia. (2008). *Estadísticas del sector Minero Metalúrgico 1980 - 2008*. La Paz.
- Ministerio de Minería y Metalurgia. (2023). *Dossier estadístico del sector minero 1980 - 2022*.
- Ministerio de Minería y Metalurgia. (2024). *Anuario estadístico 2024*. La Paz: Editorial del Estado.
- Molexplore. (21 de agosto de 2025). *Blog Molexplore*. Obtenido de <https://molexplore.com/es/post/los-lugares-con-mas-radiacion-ultravioleta-del-mundo>
- Rodríguez-Carmona, A., & Aranda Garoz, I. (2014). *De la salmuera a la batería*. La Paz: Vicepresidencia Bolivia.
- USGS. (31 de enero de 2025). *USGS Mineral commodities summaries 2025*. Obtenido de USGS: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf>
- Venditti, B. (30 de noviembre de 2023). *Visual Capitalist*. Obtenido de The critical minerals to China, UE, USA national security: <https://www.visualcapitalist.com/category/mining/>



@JubileoBolivia



Fundación Jubileo



@fundacionjubileo



Fundación Jubileo



Fundación Jubileo



591 72025776

www.jubileobolivia.org.bo

