
¿QUÉ PODEMOS ESPERAR DEL LITIO?

REGALÍAS, IMPUESTOS, INVERSIÓN, EXPORTACIONES Y CRECIMIENTO DEL PIB

RESUMEN

¿Cuánto ayudarán, a la economía boliviana, los actuales proyectos de litio?. Este documento analiza el impacto económico de los proyectos de litio en Bolivia, utilizando modelos micro y macroeconómicos. Los resultados indican que una producción anual de 50,000 toneladas de carbonato de litio podría incrementar el PIB en un 1%, lo que representa un tercio del impacto generado por la exportación de gas natural. Se estima que los ingresos anuales para el Estado boliviano fluctuarían entre 200 y 400 millones de dólares, cifra once veces inferior a la generada por el gas natural, mientras que las exportaciones adicionales podrían alcanzar entre 715 y 900 millones de dólares anuales, siete veces menos que las del gas. El beneficio económico y su contribución a la reducción de la pobreza serían menores y casi marginales comparados con los del gas natural, debido a que la mayor parte de los ingresos fiscales del litio serían acaparados por el Gobierno Central, según el marco legal actual. Finalmente, de los ingresos que recibiría el Estado, el departamento de Potosí obtendría entre 15 y 26 millones de dólares anuales.

Este documento de debate ha sido elaborado por Mauricio Medinaceli y Sergio Medinaceli. Con la coordinación de Natasha Morales y Camila Gordillo.

Los documentos de debate de Oxfam se han elaborado para contribuir al debate público y propiciar feedback sobre cuestiones relacionadas con políticas de desarrollo. Son documentos de trabajo y no reflejan las posturas políticas de Oxfam. Las opiniones y recomendaciones que se expresan en estos documentos son las de los autores y no necesariamente las de Oxfam.

Si desea más información sobre los documentos de debate, póngase en contacto con natasha.morales@oxfam.org

Este estudio se citará de la siguiente manera:

Medinaceli, M., & Medinaceli, S. (2024). ¿Qué podemos esperar del litio? Regalías, Impuestos, Inversión, Exportaciones y Crecimiento del PIB. Documento de Debate de Oxfam. OXFAM en Bolivia.

INDICE

ACRÓNIMOS Y EQUIVALENCIAS	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
INTRODUCCIÓN	9
BREVE DISCUSIÓN SOBRE LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y LOS SUBPRODUCTOS	10
EL MERCADO MUNDIAL DE LITIO	14
RECURSOS O RESERVAS DE LITIO	14
PRODUCCIÓN	17
DEMANDA	18
PRECIOS	20
ANÁLISIS DE PROSPECTIVA	23
LA GEOPOLÍTICA DEL LITIO	26
MARCO NORMATIVO	27
ANÁLISIS DE IMPACTO	30
FLUJO DE CAJA	30
MODELO MACRO-MICRO	35
ANÁLISIS COMPARATIVO CON LA EXPORTACIÓN DE GAS NATURAL	40
RECOMENDACIONES	41
REFLEXIONES FINALES	42
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	50

ACRÓNIMOS Y EQUIVALENCIAS

CAPEX	Costos de capital (Capital Expenditure)
CAPM	Modelo de valoración de activos de capital (Capital Asset Pricing Model)
CIRESU	Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni
COMIBOL	Corporación Minera de Bolivia
CPE	Constitución Política del Estado
EBRE	Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos
FRUTCAS	Federación Regional Única de Trabajadores Campesinos del Altiplano Sur
GNRE	Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos
IDH	Impuesto Directo a los Hidrocarburos
IEA	International Energy Agency
IEHD	Impuesto Especial a los Hidrocarburos
IRUE	Impuesto a la Remisión de Utilidades al Exterior
IUE	Impuesto sobre las Utilidades de las Empresas
kt	Miles de toneladas
M	Miles ()
MM	Millones ()
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Net zero	Emisiones netas cero para 2050. Este escenario normativo describe una ruta para que el sector energético ayude a limitar el aumento de la temperatura global a un máximo de 1.5 °C por encima de los niveles preindustriales el año 2100 (con al menos un 50 % de probabilidad)
NMC	Níquel, manganeso y cobalto
OPEX	Costos de operación (Operating Expense)
PE	Participación del Estado
PIB	Producto Interno Bruto
QUIMBABOL	Química Básica Boliviana
SPNF	Sector Público No Financiero
SQM	Sociedad Química y Minera (Chile)
Surtax	Alícuota adicional sobre las utilidades extraordinarias
t	Toneladas
TIR	Tasa Interna de Retorno
TGN	Tesoro General de la Nación
Trillones	
UATF	Universidad Autónoma Tomás Frías
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
USD	Dólar de los Estados Unidos de América
USGS	Servicio Geológico de Estados Unidos de América
UTO	Universidad Técnica de Oruro
VAN	Valor Actual Neto
VUE	Valor Unitario de Exportación
YLB	Yacimientos de Litio Bolivianos
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos

RESUMEN EJECUTIVO

El actual desafío mundial para disminuir las emisiones de CO₂ implica, necesariamente, cambiar el consumo de combustibles fósiles del parque automotor a soluciones menos contaminantes, como por ejemplo, el cambio a vehículos eléctricos. Esta reconversión, que ya levantó vuelo, tiene importantes repercusiones en el sector minero mundial, en particular, sobre la demanda de minerales asociados al cambio en la matriz energética. Debido a su intensivo uso en la fabricación de baterías eléctricas, el litio (y el carbonato de litio) se convierte en un mineral importante en la reconversión anotada previamente.

Bolivia posee este recurso en el salar de Uyuni, en el departamento de Potosí. Dado que la explotación y comercialización del litio en Bolivia podría mejorar las condiciones económicas y sociales futuras del país, su producción es objeto de amplio debate económico y político partidario. En el plano económico, existe la percepción de que la explotación de litio podría tener el mismo impacto que tuvo la del gas natural; por ello, surgen importantes presiones para capturar el excedente de esta. Desde la perspectiva política partidaria, los discursos sobre la propiedad del recurso natural, la apropiación y el uso del excedente económico, y su carácter geopolítico, se convierten, al igual que pasó con el gas natural, en ingredientes de la construcción de movimientos y líderes políticos. Por ello, la explotación de litio es parte del actual debate político partidario.

El objetivo general de este documento es otorgar elementos de análisis que ayuden a focalizar la discusión actual sobre la exploración y explotación, procesamiento y comercialización del litio en Bolivia¹. En particular, interesa conocer el flujo de caja del proyecto y su impacto sobre las variables económicas y sociales, entre ellas la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), el empleo, la recaudación fiscal, el nivel de exportaciones, la inversión y la pobreza en el corto y mediano plazo (fijado, este último, en 2030). Algunas **reflexiones** que surgen de la revisión bibliográfica y los resultados numéricos son:

- 1) Se pueden identificar al menos dos escenarios en los cuales la geopolítica podría impactar en el mercado del litio: a) el primero relacionado con la tensión que surge entre países productores y consumidores de litio. La principal preocupación de los países consumidores es la concentración de la producción de minerales útiles para la transición energética en pocos países; b) un segundo escenario se presenta al interior de los países productores de litio, aquí surgen posibilidades de integración y cooperación (Argentina, Bolivia y Chile) para alcanzar equilibrios estables en la producción y suministro de carbonato de litio para la fabricación, entre otros, de baterías.
- 2) La extracción y el procesamiento de ciertos minerales críticos (cobre, níquel, cobalto y litio entre los más importantes) está muy concentrada geográficamente², creando de esta forma un riesgo para la seguridad del suministro, en particular, que la oferta de carbonato de litio acompañe a la creciente demanda por éste. Para mitigar dicho riesgo, menciona la IEA (2023a), es necesario que los gobiernos y la industria establezcan una red diversificada de relaciones internacionales entre productores y consumidores, y al mismo tiempo se trate de garantizar que la oferta se incremente lo suficientemente rápido para satisfacer la creciente demanda.
- 3) La evaluación de impacto se realiza a través de dos instrumentos cuantitativos; a) El análisis del flujo de caja del proyecto en sí mismo y; b) El impacto sobre la economía boliviana de dicho proyecto, utilizando para ello un modelo macroeconómico que incorpora información microeconómica. La siguiente Tabla presenta el resumen del análisis de sensibilidad del flujo de caja realizado con distintos precios de comercialización del carbonato de litio situados en un rango de precios entre USD 10.000 y USD 40.000 por tonelada.

1 También se realizan algunas reflexiones adicionales en la primera parte del texto.

2 Gran parte de la producción de litio está concentrada en Australia, Argentina, Chile y China (U.S. Geological Survey, 2023).

Con base en los resultados obtenidos se pueden realizar los siguientes comentarios: a) A medida que sube el precio del carbonato de litio, como cabría esperar, los indicadores financieros del operador se incrementan; b) La recaudación fiscal promedio anual se sitúa entre USD 89 millones³ y USD 759⁴ millones; c) El valor promedio de las exportaciones anuales oscila entre USD 413 millones y USD 1.650 millones; d) La participación del Estado, como porcentaje de las exportaciones totales, oscila entre el 16,9% y 42,4%, donde el mayor instrumento fiscal de recaudación es el IUE.

Análisis de sensibilidad con relación al precio de venta – Nuevo Proyecto Litio de 50,000 t

Concepto	Unidad	Precio de venta del carbonato de litio (USD/t)						
		10,000	15,881*	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000
Datos del operador								
VAN	MM USD	-274	100	362	675	983	1,291	1,599
TIR	%	12.4%	22.2%	27.6%	33.2%	38.0%	42.4%	46.3%
PE (valor presente 25 años)		214	587	849	1,171	1,499	1,826	2,153
Regalía	MM USD	32	50	64	79	95	111	127
IUE	MM USD	123	309	440	599	758	917	1,075
Surtax	MM USD	20	135	216	318	427	535	644
IRUE	MM USD	40	93	130	175	219	263	307
PE como % de las exportaciones	%	16.9%	29.1%	33.4%	36.9%	39.3%	41.1%	42.4%
PE promedio anual	MM USD	89	220	311	423	535	647	759
Regalía	MM USD	11	17	21	27	32	38	43
IUE	MM USD	50	113	158	211	265	318	372
Surtax	MM USD	13	61	94	135	176	217	257
IRUE	MM USD	16	33	46	60	75	90	104
Total inversión inicial	MM USD	795	795	795	795	795	795	795
Total exportaciones	MM USD	1,271	2,018	2,542	3,177	3,812	4,448	5,083
Exportación promedio anual	MM USD	413	655	825	1,031	1,238	1,444	1,650

Nota. Datos recopilados por el autor.

* Escenario base.

- 4) Los resultados del segundo instrumento cuantitativo son: 1) Durante el período de inversión, el impacto sobre el PIB es un crecimiento adicional (respecto del escenario sin proyecto) del 0,6%; cuando el proyecto alcanza la máxima capacidad productiva (año 2029) el impacto sobre el PIB se sitúa entre el 0,8% y 2.0% adicional; sin embargo, el escenario más probable es un crecimiento adicional cercano al 1%. 2) El empleo adicional, tanto formal como informal, se incrementaría en 0,15%. 3) Los ingresos para el estado se incrementan entre 2% y 3%; en los escenarios de precios menos probables, podrían situarse entre 5% y 7%. 4) Este proyecto podría colaborar a disminuir el déficit entre 0,6% y 0,9% del PIB y potencialmente podría llegar al 2.1%. 5) El posible incremento en las exportaciones oscila entre los USD 715 millones y USD 900 millones y potencialmente podría llegar a más de USD 1.800 millones. 6) Finalmente la disminución en la pobreza debido a este proyecto es marginal. La conclusión de los resultados encontrados en esta sección es que el mayor impacto de un posible proyecto de exportación de carbonato de litio futuro se da con el incremento en las exportaciones totales. El impacto sobre el empleo y disminución de la pobreza es menor debido, sobre todo, a que el 69% de los ingresos tributarios son absorbidos por el Tesoro General de la Nación (en la forma de

3 Cuando el precio es USD 10.000 por tonelada.

4 Cuando el precio es USD 40.000 por tonelada.

impuestos sobre las utilidades) por ello, el efecto multiplicador sobre la economía boliviana es menor al observado en el caso del gas natural. Es decir, mientras que en el caso del gas natural el 80% de los ingresos del Estado era coparticipado a gobiernos regionales y subregionales; en el caso del litio el 69% de los ingresos serán administrados por el Tesoro General de la Nación.

- 5) Si bien un posible proyecto de explotación de carbonato de litio de 50.000 toneladas por año tiene un impacto positivo en la economía boliviana, este impacto se encuentra muy por debajo del impacto que tuvo la explotación y comercialización de gas natural en el pasado⁵. El análisis comparativo entre el impacto económico de la explotación y de la comercialización del litio y del gas se presenta en la siguiente Tabla. En el período de mayor auge de la exportación de gas natural (con precios y volúmenes elevados) la tasa de crecimiento adicional del PIB estuvo entre el 2,4% y 3,4%. En el caso del litio, un proyecto de exportación de 50.000 toneladas por año generaría (en los escenarios más probables) un incremento adicional de la tasa de crecimiento del PIB entre 0,8% y 1,0%; bajo un escenario de precios optimista, este impacto podría alcanzar el 2,0%. También en el período 2011 – 2015, los ingresos adicionales para el estado boliviano, debido a la exportación de hidrocarburos, oscilaron entre USD 2.500 millones y USD 4.500 millones. Por otra parte, en los escenarios más conservadores, el proyecto de litio podría generar ingresos fiscales adicionales entre USD 300 millones y USD 400 millones. Con relación a las exportaciones de hidrocarburos, en el período 2011 – 2015 estas oscilaron entre USD 4.000 millones y USD 6.600 millones; mientras que en los escenarios conservadores de exportación de carbonato de litio, las exportaciones adicionales estarían entre USD 715 millones y USD 900 millones; pudiendo alcanzar (en escenarios optimistas) valores entre USD 1.350 millones y USD 1.800 millones

Análisis comparativo entre el gas natural y el litio

Variable	Gas Natural	Litio
Naturaleza del proyecto	El producto se utiliza para generar energía.	El producto se utiliza para almacenar energía
Impacto sobre el PIB	En el período 2011 – 2015 la exportación de gas natural generó un crecimiento adicional del PIB entre el 2,4% y 3,4%. ⁶	En los escenarios más probables el impacto adicional sobre el PIB se sitúa entre 0,8% y 1,0%. Pudiendo alcanzar el 2% en un escenario de precios optimista.
Ingresos para el Estado	En el período 2011 – 2015 los ingresos adicionales del sector hidrocarburos oscilaron entre USD 2.500 y USD 4.500 millones.	En los escenarios probables, los ingresos adicionales podrían oscilar entre USD 300 y USD 400 millones. En los escenarios menos probables podrían llegar a USD 721 y USD 1.015 millones.
Composición de los ingresos del Estado	Casi el 80% del total provenía de impuestos a la producción (regalías e IDH).	Más del 90% de la participación del Estado proviene de los impuestos a las utilidades (IUE, IRUE y Surtax).
Exportaciones	En el período 2011-2015 las exportaciones de hidrocarburos oscilaron entre USD 4.000 y USD 6.600 millones anuales.	En los escenarios más probables (1 y 2) las exportaciones adicionales de carbonato de litio podrían estar entre USD 715 y USD 900 millones. Pudiendo alcanzar (en escenarios de precios menos probables) los USD 1.350 y USD 1.800 millones

Nota. La información acerca del impacto del gas natural sobre la tasa de crecimiento del PIB es de "Los ciclos recientes en la economía boliviana: Una interpretación del desempeño económico e institucional (1989-2009)", por Grebe et al., 2012, Instituto PRISMA. La información restante fue recopilada por el autor.

5 Siempre y cuando el marco legal y los arreglos institucionales presentes al momento de elaborar este documento sigan vigentes en el corto y mediano plazo.

6 La fuente de información es Grebe et al. (2012).

También se desprenden algunas **recomendaciones** de este análisis, ellas son:

- 1) Es necesario aclarar el sistema tributario completo que se aplicará a la producción y comercialización de carbonato de litio, en particular: a) definir la base de cálculo de la regalía del 2,5%, precio y cantidad; b) establecer si esta industria debe pagar la alícuota adicional a las utilidades extraordinarias (coloquialmente denominado "Surtax") del 25%; c) definir si las empresas que se dedican a la explotación y comercialización de carbonato de litio serán sujetos pasivos del impuesto adicional del 12,5% establecido por la Ley 3787; d) definir el mecanismo de acreditación que existirá entre la regalía y el adelanto del impuesto sobre las utilidades; e) definir los criterios de coparticipación de las regalías al interior del departamento de Potosí; f) definir si el IVA pagado por las compras internas y la importación de equipos será o no devuelto a la empresa exportadora de carbonato de litio.
- 2) Como resultado del análisis numérico realizado con el flujo de caja, se puede destacar que, a partir de un precio de USD 25.000 por tonelada, el pago por Surtax es equivalente a un impuesto adicional entre el 13% y 15% sobre la utilidad del operador. Si una nueva normativa legal incluyera al litio dentro del alcance de la alícuota adicional del 12,5% establecida por la Ley 3787, la recaudación sería ligeramente inferior a la hipotéticamente obtenida con el Surtax (que es de 13% y 15%).
- 3) También es posible sustituir el Surtax o la posible alícuota adicional con un incremento de la regalía departamental a valores superiores al 10%. Dicha regalía podría ser progresiva, en función a los precios y/o de los volúmenes comercializados de carbonato de litio.
- 4) Dado que esta industria es intensiva en capital y la mayor parte de la producción se destina al mercado externo, el principal vínculo de esta actividad con el resto de la economía se da a través de los mecanismos tributarios. En este sentido, para alcanzar un máximo beneficio social es deseable que estos recursos sean administrados de forma planificada, en lo posible priorizando proyectos de salud y educación. Como se vio en el análisis numérico realizado en este documento, si la mayor cantidad de estos tributos se destinan a cubrir el déficit del sector público no financiero, en especial, el déficit del Tesoro General del Estado, entonces el impacto sobre el empleo y la disminución de la pobreza sería marginal.
- 5) Dado que el carbonato de litio es un insumo importante para la fabricación de baterías y que, por otra parte, las plantas de procesamiento son pocas en el mundo y, por tanto, no existe un mercado competitivo sino un oligopsonio, entonces es necesario crear mecanismos que eviten la transferencia de precios en el pago de regalías e impuestos.
- 6) Esta industria debe convivir necesariamente con el turismo en el departamento de Potosí, en particular, con el que está relacionado con el salar de Uyuni. Por este motivo, se debería tener los siguientes cuidados:
 - a. Exigir que parte de la inversión de la empresa se destine a cuidar el paisaje (landscape) de la región.
 - b. Evitar concesionar a cooperativas nacionales la explotación en el salar de Uyuni, dado que la experiencia con este sector muestra que tienden a pagar menores impuestos y en general, no tienen cuidado con el medio ambiente.
 - c. Parte de los recursos que recibirán los gobiernos regional y nacional por el litio debería financiar proyectos que mejoren la oferta turística del salar de Uyuni, ya sea otorgando mejores servicios o con proyectos de infraestructura, por ejemplo, con la construcción de un aeropuerto internacional en Uyuni.
 - d. Definir claramente las zonas dentro del salar donde la actividad de explotación y obtención de carbonato de litio estará prohibida con el objetivo de preservar la actividad turística de la región.

- 7) Como corolario, se puede sugerir que el servicio de Impuestos Nacionales fiscalice apropiadamente la actividad de YLB, ya que los principales instrumentos tributarios para aprovechar el litio serán los impuestos sobre las utilidades y no la regalía del 2,5%.

El presente documento no intenta pronosticar el futuro con relación a un posible proyecto de exportación de carbonato de litio. El objetivo central es otorgar elementos adicionales de análisis que ayuden a focalizar la discusión actual sobre la explotación y explotación de este recurso natural no renovable. En síntesis, lo que se desea es llamar la atención sobre aquellas variables económicas y arreglos institucionales que podrían mejorarse y de esta manera, lograr maximizar el impacto positivo que este posible proyecto genere en el futuro.

INTRODUCCIÓN

Neil de Grasse Tyson, uno de los más difundidos astrofísicos en el mundo, afirma que cuando los seres humanos fueron a explorar la Luna, en realidad descubrieron la Tierra (StarTalk, 2016). El ver la Tierra desde la Luna nos mostró la importancia de nuestra relación, como especie, con el medio ambiente. No es casualidad, señala Tyson, que a partir de entonces, se aprobaran varias normas legales destinadas a proteger el medio ambiente y, en los Estados Unidos de América se instituyera el Día de la Tierra, que pronto se convirtió en el Día Internacional de la Tierra.

Esta renovada preocupación por el medio ambiente y por nuestra relación con él tomó mayor fuerza en los últimos veinte años, a partir de la publicación de datos estadísticos que sugieren un mayor calentamiento global y, por tanto, la necesidad de alcanzar determinadas metas de control ambiental. Una de estas metas es reducir el consumo de combustibles fósiles para el transporte mundial. En este sentido, se destinaron (y aún se lo hace) importantes recursos para la reconversión del parque automotor, de tal manera que los vehículos utilicen, como fuente de energía, la electricidad, que puede ser generada con bajas cantidades de combustibles fósiles. Esto derivó en la necesidad de dispositivos de almacenamiento de electricidad para cada unidad de transporte, es decir, incrementó la demanda de baterías eléctricas. A su vez, esto generó una mayor demanda de minerales no tradicionales, entre ellos, litio. Las características fisicoquímicas de este mineral lo transformaron, rápidamente, en un insumo esencial para la fabricación de dichas baterías. Esto potenció el crecimiento de la industria minera del litio en el mundo, tanto a nivel de la oferta como del de la demanda. De acuerdo con la International Energy Agency (IEA) (2023b), la transformación de los sistemas eléctricos y el aumento de la electrificación generaron una creciente demanda mundial de minerales críticos en los últimos 20 años. El tamaño del mercado de minerales críticos utilizados en el sector energético se ha duplicado en los últimos cinco años y se espera que siga creciendo.

A medida que se acelere la transición a las energías limpias, la atención se desplazará del suministro de combustibles tradicionales al suministro de minerales críticos. Como la extracción y el procesamiento de algunos de estos está muy concentrada geográficamente⁷, la seguridad del suministro está en riesgo por la incertidumbre sobre la capacidad de la oferta para acompañar a la creciente demanda. Para mitigar dicho riesgo, señala la IEA, es necesario que los gobiernos y la industria establezcan una red diversificada de relaciones internacionales entre productores y consumidores. Al mismo tiempo, es necesario que la oferta se incremente lo suficientemente rápido para satisfacer la creciente demanda.

7 Tal como se planteará en la sección de análisis del mercado mundial de carbonato de litio, la producción se encuentra solo en Australia, China, Chile y Argentina.

En este contexto se inserta Bolivia, que posee este recurso demandado internacionalmente, especialmente en el salar de Uyuni, en el departamento de Potosí. Debido a que la explotación y comercialización del litio en Bolivia podrían mejorar las condiciones económicas y sociales futuras del país, su producción es objeto de amplio debate económico y político partidario. En el plano económico, existe la percepción de que la explotación de litio podría tener el mismo impacto que tuvo la del gas natural; por ello, surgen importantes presiones para capturar el excedente de esta. Desde la perspectiva política partidaria, los discursos sobre la propiedad del recurso natural, la apropiación y el uso del excedente económico, y su carácter geopolítico, se convierten, al igual que pasó con el gas natural, en ingredientes para la construcción de movimientos y líderes políticos. Por ello, la explotación de litio se ha hecho parte del debate político partidario.

El objetivo general de este documento es otorgar elementos de análisis que ayuden a focalizar la discusión actual sobre la exploración y explotación, procesamiento y comercialización del litio en Bolivia. En particular, interesa conocer el flujo de caja del proyecto y su impacto sobre las variables económicas y sociales, entre ellas la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), el empleo, la recaudación fiscal, el nivel de exportaciones, la inversión y la pobreza en el corto y mediano plazo (fijado, este último, en 2030). También se discuten otros temas relevantes al inicio del texto, las técnicas de producción, el impacto ambiental, el mercado mundial, etc.

De la revisión bibliográfica y el análisis cuantitativo que se realizó se pueden inferir dos conclusiones importantes:

- 1) El uso de vehículos eléctricos disminuye la huella de carbono a nivel de consumidor; sin embargo, genera desafíos sociales y ambientales importantes en el nivel de la explotación del carbonato de litio, como insumo de las baterías. Como menciona Azócar (2022), existe “una transferencia neta de activos ecológicos desde los territorios-ecosistemas-poblaciones, también denominados ‘pasivos socioambientales no pagados’... hacia las sociedades que finalmente procesan y consumen estos bienes, generando una desigualdad ecológica o socioambiental”.
- 2) Si bien un posible proyecto de explotación y comercialización de carbonato de litio de 50.000 toneladas por año puede tener un impacto positivo en la economía boliviana, este impacto se encontraría por debajo del logrado por la explotación y comercialización del gas natural en el pasado, al menos si el marco legal y los arreglos institucionales existentes al momento de elaborar este documento siguen vigentes.

El documento está ordenado como sigue. Luego de la introducción, se realiza una revisión de las técnicas de explotación actuales; en la tercera sección, se revisan algunas cifras del mercado mundial de carbonato de litio; la cuarta sección presenta elementos de la geopolítica de este producto; en la quinta sección se describen algunos de los instrumentos legales bolivianos que regulan la explotación y comercialización de litio o el marco normativo; las secciones siguientes presentan los resultados de los instrumentos analíticos utilizados para medir el impacto de un proyecto de litio en el país y, además, se realiza un análisis comparativo entre este proyecto y la explotación y comercialización de gas natural en el pasado; finalmente, se presenta las recomendaciones.

BREVE DISCUSIÓN SOBRE LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y LOS SUBPRODUCTOS

En la presente sección se resumen las principales técnicas de explotación de carbonato de litio en el mundo. Ello tendrá importancia para las siguientes secciones porque los costos de operación y de capital asociados a cada técnica son distintos e impactan de forma diferente en los indicadores financieros asociados a la explotación.

“El litio es un mineral que no se caracteriza por ser escaso, es el 27º mineral más abundante del planeta y se encuentra adosado a otros 150 minerales” (Romero et al., 2019). La oferta actual de litio proviene principalmente de dos fuentes: 1) espodumena⁸, un mineral de silicato duro que se encuentra en las pegmatitas, y 2) cloruro de litio en depósitos de salmuera; la “composición de cada salmuera varía no solo en cuanto a los contenidos de litio que almacena, sino también en la presencia de otros elementos como el potasio, sodio, calcio, hierro, boro, magnesio, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo que le da a cada salmuera una forma distintiva” (Carrasco, 2022). Una tercera fuente posible, el agua de mar, actualmente se considera inviable.

Australia es el principal productor de litio en roca dura, mientras que el litio recuperado de salmuera proviene principalmente de Chile, en particular, del salar de Atacama (Agusdinata et al., 2018), que fue la primera explotación a partir de salmuera en América del Sur (Azócar Duarte, 2022).

Desde una perspectiva técnica, el “litio es el metal más liviano y con menos densidad de los elementos sólidos que componen la tabla periódica. Además de su alta conductividad eléctrica y térmica, posee baja viscosidad y coeficiente de expansión térmica. Al ser un mineral reactivo, no se encuentra en forma pura, sino más bien dentro de minerales y sales, donde debe ser extraído y convertido en algún compuesto o derivado” (Carrasco Luna, 2022).

A continuación, se describe el proceso de obtención de sales de litio en Bolivia, el proceso de la planta de carbonato de litio y la nueva tecnología que se desea implementar, la Extracción Directa de Litio (EDL) (Viacava & Altamirano Rodríguez, 2002; Yacimientos del Litio Bolivianos, 2021).

PROCESO DE OBTENCIÓN DE SALES DE LITIO

- 1) Se extraen sales del salar como LiCl, KCl, Mg, Na, NaCl, B y otras perforando la costra salina a diversas profundidades.
- 2) Se las deposita en una piscina previamente preparada, en su base, con una geomembrana a una altura de 30 cm (la piscina está en un área de 2.400 hectáreas que contiene 60 piscinas). En ella sucede la primera evaporación; gracias a esta se separan algunos minerales salinos, como por ejemplo el cloruro de sodio.
- 3) Se traslada el producto a otra piscina mediante bombeo, se espera la evaporación y se obtiene sales de litio.
- 4) Se repite este proceso hasta alcanzar una concentración aproximada de 6% de LiCl; se agrega cal $[Ca(OH)_2]$ para eliminar el magnesio y el boro (eliminación por solventes) y, luego, extraerlos y recuperarlos por destilación.
- 5) Para producir LiCl de alta pureza, se realiza electrodiálisis de la solución concentrada de cloruro de litio.
- 6) Este procedimiento tiene una duración de entre 1,5 y dos años, dependiendo del grado de evaporación obtenido por energía solar. Hay que tener en cuenta que en el salar de Atacama la lluvia es escasa y la evaporación es fuerte, mientras que el salar de Uyuni se inunda en época de lluvias y esto hace más difícil la evaporación.

⁸ La espodumena es un mineral rico en litio cuyos cristales estriados pueden alcanzar grandes dimensiones. Normalmente, es incolora o de tonalidades verdes, blancas o rosas. La espodumena debe su nombre al término griego “spodoumenos”, que significa “reducido a cenizas”, en alusión a la masa blanquecina en la que el mineral se transforma al ser calcinado.

- 7) El producto final de este procedimiento se traslada a la planta industrial de carbonato de litio.
- 8) Según el gobierno, se prevé producir 45.000 toneladas de sales de litio cuando la operación de la planta llegue al 100% de su capacidad.

PROCESO EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE CARBONATO DE LITIO

Para obtener carbonato de litio (Li_2CO_3) se procede a agregar soda Solvay en un proceso llamado carbonatación, en el que se precipita el carbonato de litio impuro (99,5% o grado técnico) que luego, por una inyección de CO_2 (dióxido de carbono), se convierte en bicarbonato de litio. Este proceso permite ganar bonos verdes, ya que contribuye a la eliminación de CO_2 . Luego, por filtración y calentamiento, se obtiene carbonato de litio grado batería (99,9%).

EXTRACCIÓN DIRECTA DE LITIO

Este nuevo método para la obtención del litio tiene aspectos novedosos, como ser: menor tiempo para la extracción de iones de litio de las salmueras, menor uso de agua y reposición de la salmuera al salar; también se utiliza menos químicos y, finalmente, esta tecnología implica menores costos de operación, pues con ella se extrae litio directamente. Sus métodos, tal como están descritos en la literatura, son los siguientes:

- 1) El método de electrodiálisis. Los iones de litio se transportan a través de una membrana iónica selectiva semipermeable, bajo la influencia de un potencial eléctrico. Las membranas son selectivas para catión o anión de litio y no dejan pasar iones de otras sales. Al colocar alternativamente múltiples membranas de diferente polaridad en una fila, se permite que fluyan iones cargados positiva o negativamente, dependiendo del tipo de membrana; de esta forma es posible concentrar y/o separar los iones de litio que interesan. Para el litio, en particular, el flujo de solución concentrada que se obtiene circula hasta que se alcanza un valor de concentración que permite la precipitación deseada de la sal.
- 2) Absorción por gibbsita (cloruro de litio por hidróxido laminar doble de litio y aluminio). La gibbsita es una forma mineral del hidróxido de aluminio, que capta iones de litio en la corteza terrestre. El ion de litio se intercala, desde soluciones acuosas, con iones de cloruro que compensan la carga positiva del ion de litio. Los iones de litio, luego de perder las cuatro moléculas de agua de hidratación, se ubican en sitios cristalográficos bien definidos. En concreto, este compuesto, denominado gibbsita, atrae o absorbe al ion de litio en un alto porcentaje, lográndose una recuperación del 90% de LiCl en 90 minutos, con una capacidad de extracción máxima de 33 mg/g. La gibbsita se utiliza a gran escala por su bajo costo, es ambientalmente segura y de fácil regeneración. Actualmente, la empresa Livent utiliza este método en Catamarca, en el salar de Hombre Muerto, con columnas de absorción de cientos de toneladas de gibbsita. Las patentes de la empresa francesa Eramet sugieren que esta también utilizará esta técnica de absorción en la planta en Salta, Argentina, que todavía no está en operación. La empresa Simbol de los Estados Unidos desarrolló un sistema de torres de absorción, con 25 toneladas de gibbsita cada una, para extraer cloruro de litio de aguas geotermales en Salton Sea, California.
- 3) Extracción de litio por solventes orgánicos. Para aplicar este método en operaciones a gran escala, con miles de toneladas de salmueras, debe tenerse en cuenta el costo energético de recuperación del solvente y los enormes volúmenes de solventes involucrados, que muchas veces no son muy amigables con el medio ambiente. Esta tecnología se está probando actualmente en una planta

piloto, en el salar de Maricunga, en Chile, y se afirma que no requiere etapas separativas previas. El proceso continuo permitiría una alta velocidad de recuperación del litio y tendría una gran capacidad de extracción.

- 4) Intercambio iónico. La siguiente familia dentro de la tecnología EDL es la del intercambio iónico (Ion-Exchange). Los iones de litio en el agua de salmuera se absorben en material de iones sólidos y luego se intercambian por iones positivos. Esta tecnología es excelente porque produce una alta concentración de litio en la solución y se minimiza el riesgo de contaminación por impurezas, pero también presenta una baja eficiencia de extracción, altos costos de operación por las numerosas etapas de alternancia entre condiciones ácidas y básicas que requiere, y la probabilidad no nula de degradación en condiciones ácidas.

En un artículo escrito por Max Werny et al. (2023), se identifica el grado de avance de EDL según el método y la compañía que lo trabaja (ver Figura 1). Se señala que el método de absorción ya es usado comercialmente por dos compañías, mientras que los otros métodos aún se encuentran en etapa de demostración. El siguiente método con mayor probabilidad de pasar a la fase comercial, dado el número de empresas que se encuentra en la etapa de demostración, es el intercambio iónico.

Figura 1. Grado de avance de las categorías tecnológicas de la Extracción Directa de Litio y la tecnología de refinación



Descripción general de desarrolladores de tecnología de refinación y extracción directa de litio seleccionados (no exhaustivo). No se han incluido las empresas que no están trabajando en el desarrollo de tecnologías patentadas de extracción o refinación de litio. Créditos: Extantia.

Nota. Esta figura muestra las compañías desarrollando métodos de extracción directa de litio y tecnologías de refinación en función el grado de avance (laboratorio, proyecto piloto, demostración y comercial) y las categorías de tecnología en desarrollo o desarrolladas (adsorción, intercambio iónico, extracción solvente, electro membrana, electroquímica). La lista de las compañías no es exhaustiva. La información proviene de Werny et al., 2023.

EL MERCADO MUNDIAL DE LITIO

RECURSOS O RESERVAS DE LITIO

En esta sección se presenta una breve discusión sobre la distinción entre “recursos” y “reservas” minerales y, en especial, de litio. La información que se presenta tiene como base la *U.S. Geological Survey* (2023). El objetivo central es entender claramente la diferencia entre recurso y reserva, dado que muchas veces ambos conceptos se utilizan de forma indistinta. Que un recurso se considere reserva depende de que los costos de operación y de capital asociados hagan viable su explotación, dados determinados precios de venta y determinadas condiciones del mercado internacional.

Los datos sobre las reservas son dinámicos y pueden reducirse a medida que se extrae el mineral y/o cambia la viabilidad económica de la extracción; o también pueden aumentar en la medida en que se desarrollan depósitos adicionales, cuando los ya explotados se exploran más a fondo y/o cuando nuevas tecnologías o condiciones económicas mejoran su viabilidad económica; así como depósitos descubiertos recientemente. Usualmente, las reservas se desarrollan hasta satisfacer las necesidades comerciales y toparse con las limitaciones geológicas establecidas por la ley del mineral y el volumen de este que resulta económico extraer.

A lo largo de los años, los geólogos, ingenieros de minas y otros profesionales que trabajan en el sector minero han utilizado distintos términos para describir y clasificar los recursos minerales y también los materiales energéticos. Estos términos tienen un amplio uso y aceptación, aunque no siempre se empleen con el mismo significado. En 1976, el Servicio Geológico y la Oficina de Minas de Estados Unidos desarrollaron una clasificación y nomenclatura estándar, que se publicó con el título de “Principios del sistema de clasificación de recursos minerales de la Oficina de Minas y el Servicio Geológico de USA”. El uso práctico de este sistema de clasificación de recursos demostró que era necesario hacer algunos cambios para mejorar su viabilidad y utilidad en la planificación; por eso, a esta publicación le siguieron otras adicionales y complementarias.

La planificación pública, comercial y a largo plazo de la explotación de minerales debe basarse en la probabilidad de descubrir nuevos yacimientos, en el desarrollo de procesos de extracción económica de los yacimientos actualmente inviables y, también, en qué recursos están inmediatamente disponibles. Por tanto, la cuantificación de los recursos debe reevaluarse continuamente a la luz de los nuevos conocimientos geológicos, el progreso de la ciencia y la tecnología, y los cambios de las condiciones económicas y políticas.

Para satisfacer mejor las necesidades de planificación, los recursos conocidos deben clasificarse desde dos puntos de vista: 1) características puramente geológicas o físicas y químicas (como ley, calidad, tonelaje, espesor y profundidad) del material en el lugar y 2) análisis de rentabilidad basado en los costos de extracción y comercialización del material en una economía determinada en un momento determinado. El primer punto parte de información científica objetiva sobre el recurso y constituye una base relativamente constante sobre la cual se sostiene el cálculo económico.

El sistema de clasificación revisado, diseñado para todos los materiales minerales por la *U.S. Geological Survey*, se muestra en la Figura 2. Una descripción detallada de los conceptos utilizados en esta clasificación se encuentra en los anexos de este documento; en esta sección solo interesa conocer que los recursos identificados pueden ser: “demostrados” (“medidos” o “indicativos”) e “inferidos”. Este último grupo responde a un estudio teórico sobre la continuidad del recurso.

Figura 2. Clasificación de recursos y reservas de materiales minerales

Producción acumulada	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	Demostrados		Inferidos	Rango de probabilidad	
	Medidos	Indicativos		Hipotéticos	Especulativo
Económica	Reservas		Reservas inferidas		
Marginalmente económica	Reservas marginales		Reservas marginales inferidas		
Subeconómica	Recursos subeconómicos demostrados		Recursos subeconómicos inferidos		
Otros hechos	Incluyen materiales no convencionales y de grado bajo				
Producción acumulada	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	Demostrados		Inferidos	Rango de probabilidad	
	Medidos	Indicativos		Hipotéticos	Especulativo
Económica Marginalmente económica Subeconómica	Reservas Base		Reservas Base Inferidas		
Otros hechos	Incluyen materiales no convencionales y de grado bajo				

Nota. Aquí se muestra que la principal distinción entre recurso y reserva es su viabilidad económica y financiera. Un recurso se convierte en reserva si su explotación otorga un beneficio económico, aunque sea marginal; en cambio, cuando la ecuación económica no cierra para el operador, el recurso no puede ser clasificado como reserva. La información proviene de la U.S. Geological Survey (2023).

La Tabla 1 presenta la evolución de los recursos de litio en el mundo en el período 2015-2022. Se observa que, hasta 2018, Argentina tenía la mayor cantidad de recursos, el 24%; le seguían Bolivia, con el 15%, Chile con el 14% y Australia con el 12%. A partir de 2019, Bolivia encabeza la lista con el 26%; le siguen Argentina, con el 21%, Chile con el 11% y Estados Unidos de América con el 9%. Este orden se mantuvo en 2022, pero es bueno destacar que los recursos de Estados Unidos se incrementaron y llegaron a ser el 12%. También hay que destacar que en este período la tasa de crecimiento promedio anual de los recursos fue del 13,1%. Esto permitió que pasen de 41 a 97,3 millones de toneladas.

Tabla 1. Recursos de litio en el mundo (MM t)

País	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 e
Bolivia	MM t	9,0	9,0	9,0	9,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Argentina	MM t	6,5	9,0	9,8	14,8	17,0	19,3	19,0	20,0
Estados Unidos	MM t	6,7	6,9	6,8	6,8	6,8	7,9	9,1	12,0
Chile	MM t	7,5	7,5	8,4	8,5	9,0	9,6	9,8	11,0
Australia	MM t	1,7	2,0	5,0	7,7	6,3	6,4	7,3	7,9
China	MM t	5,1	7,0	7,0	4,5	4,5	5,1	5,1	6,8
Alemania	MM t	-	-	-	0,2	2,5	2,7	2,7	3,2
Congo	MM t	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Canadá	MM t	1,0	2,0	1,9	2,0	1,7	2,9	2,9	2,9
México	MM t	0,2	0,2	0,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Chequia	MM t	-	-	0,8	1,7	1,3	1,3	1,3	1,3
Serbia	MM t	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
Rusia	MM t	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Perú	MM t	-	-	-	0,1	0,1	0,9	0,9	0,9
Mali	MM t	-	-	0,2	0,4	1,0	0,7	0,7	0,8
Brasil	MM t	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7
Zimbawe	MM t	-	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7
España	MM t	-	-	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Portugal	MM t	-	-	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
Namibia	MM t	-	-	-	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Ghana	MM t	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,2
Finlandia	MM t	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Austria	MM t	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kazajastán	MM t	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	MM t	41,0	47,0	53,3	61,8	79,6	86,5	88,6	97,3

Nota. Adaptado de U.S. Geological Survey (2023). Los datos varían respecto a las fuentes nacionales, dado que la U.S. Geological Survey las redondea.

Muy importante es la Tabla 2, que contrasta la información de recursos con la de reservas. Como se aprecia en ella, la cantidad de reservas es menor que la de recursos. De hecho, las reservas representan el 26,8% de los recursos. Según esta nueva métrica, Chile es el país con más litio y le siguen Australia, Argentina y China. En cuanto a Bolivia, no se tiene información sobre la relación entre sus reservas y sus recursos; se necesita, entonces, una valoración económica de los segundos para dimensionar el tamaño de las primeras.

Tabla 2. Recursos y reservas de litio 2022 (MM t)

País	Unidad	Recursos	Reservas
Argentina	MM t	20,0	2,7
Australia	MM t	7,9	6,2
Bolivia	MM t	21,0	N/D
Brasil	MM t	0,7	0,3
Canadá	MM t	2,9	0,9
Chile	MM t	11,0	9,3
China	MM t	6,8	2,0
Estados Unidos	MM t	12,0	1,0
Otros	MM t	14,0	3,3
Portugal	MM t	0,3	0,1
Zimbawe	MM t	0,7	0,3
Total	MM t	97,3	26,1

Nota. Adaptado de U.S. Geological Survey (2023). Los datos varían respecto de las fuentes nacionales, dado esta fuente las redondea.

PRODUCCIÓN

Existe una idea central que subyace al debate actual sobre el litio en el mundo. Según esta, la demanda de este mineral (así como de otros minerales denominados de transición energética) se deriva de la inclinación mundial hacia un mayor cuidado del medio ambiente (Evans et al., 2023; CEPAL, 2023) y del compromiso de muchos países (sobre todo desarrollados) de disminuir sus emisiones de CO₂. En este sentido, es claro que las definiciones y acciones que tomen los hacedores de política económica y ambiental en el mundo condicionan (y condicionarán) el desempeño del mercado mundial del litio y sus productos derivados.

Históricamente, la mayor parte de la minería de litio se ha concentrado en depósitos de salmuera en Chile y en las minas de espodumeno en “roca dura” de Australia, con China dominando el proceso de refinación posterior. Sin embargo, en los últimos años, China ha aumentado progresivamente su capacidad minera, aunque es menos competitiva debido a las difíciles condiciones geológicas de los depósitos (mineral de roca dura de lepidolita, salinas con alto contenido de magnesio). En 2022, hubo un aumento notable del interés en los yacimientos de lepidolita, particularmente en la provincia de Jiangxi, que cuenta con una importante base de recursos. Empresas como CATL, Gotion y BYD anunciaron inversiones para ampliar las instalaciones de extracción y conversión de lepidolita. Sin embargo, aún quedan obstáculos importantes para que se dé un crecimiento significativo de estos yacimientos. Tienen costos más altos en comparación con otras fuentes de litio y producen una cantidad sustancial de desechos y escoria de refinación. También resulta complicado producir litio apto para baterías a partir de lepidolita (International Energy Agency, 2023a).

Por otra parte, está previsto que en el corto plazo entren en funcionamiento proyectos mineros en Canadá y Argentina. Asimismo, se están produciendo avances notables en Brasil, donde recientemente comenzó a producir la mina Grota do Cirilos, y en varios países europeos y africanos. De forma paralela, se están llevando a cabo proyectos para diversificar las capacidades de procesamiento *downstream* para transformar el carbonato de litio en hidróxido de litio.

La Tabla 3 presenta la evolución de la producción de litio durante el período 2015-2022 (US. Geological Survey, 2023). En principio se observa que el año 2022 cuatro países controlaban el 92% de la producción

mundial registrada. Ellos eran Australia (47,2%), Chile (30,2%), China (14,7%) y Argentina (4,8%). La Figura 3 muestra la tasa de crecimiento promedio anual de la producción de litio en el período 2015-2022. No cabe duda de que China tuvo un ambicioso y efectivo plan de expansión que se refleja en un crecimiento anual de 37,9%; le siguen Australia (23,3%), Chile (20,6%) y Argentina (8,1%).

Tabla 3. Producción de litio (t)

País	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 e
Australia	t	14.100	14.000	40.000	58.800	45.000	39.700	55.300	61.000
Chile	t	10.500	14.300	14.200	17.000	19.300	21.500	28.300	39.000
China	t	2.000	2.300	6.800	7.100	10.800	13.300	14.000	19.000
Argentina	t	3.600	5.800	5.700	6.400	6.300	5.900	5.970	6.200
Estados Unidos ⁽⁴⁾	t	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Brasil	t	200	200	200	300	2.400	1.420	1.700	2.200
Zimbawe	t	900	1.000	800	1.600	1.200	417	710	800
Portugal	t	200	400	800	800	900	348	900	600
Canadá	t	-	-	-	2.400	200	-	-	500
Namibia	t	-	-	-	500	-	-	-	-
Otros ⁽¹⁾	t	-	-	-	-	-	-	-	-
Total ^{(2) (3)}	t	31.500	38.000	68.500	94.900	86.100	82.585	106.880	129.300

Nota.

1) Incluye Austria, Congo (Kinshasa), Chequia, Finlandia, Alemania, Ghana, Mali, México, Namibia, Serbia y España.

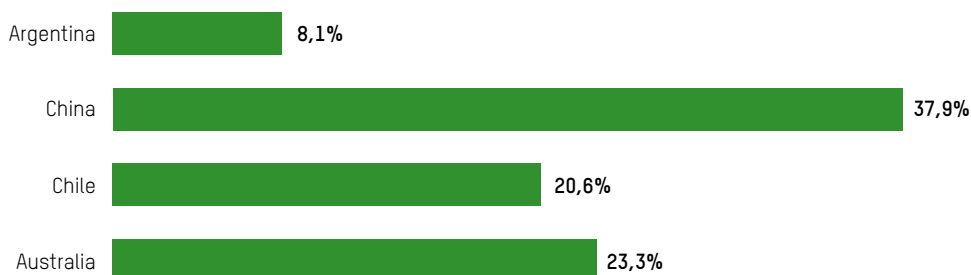
2) Excluye la producción de Estados Unidos de América.

3) Los datos varían respecto de las fuentes nacionales, dado que la U.S. Geological Survey los redondea.

4) Debido a la confidencialidad de la información, la U.S. Geological Survey no reporta estos datos. El Institute for Energy Research (IER) menciona que la cifra está cerca las 5.000 toneladas métricas anuales.

Adaptado de U.S. Geological Survey, 2023.

Figura 3. Tasa de crecimiento promedio anual de la producción 2015-2022



Nota. La información proviene de la U.S. Geological Survey, 2023.

DEMANDA

En solo una década, la industria del litio experimentó una transformación drástica, halada por la demanda de baterías. El mercado del litio atraviesa actualmente un período de rápida expansión. Tras incrementarse la demanda en 2021, en comparación con 2017, el consumo de litio tuvo un crecimiento adicional del 30% en 2022. Si se compara el 2017 con 2022, se aprecia que el mercado de litio se multiplicó por un factor de 6,7.

Los niveles de producción también están aumentando a un ritmo significativo, con una tasa de crecimiento anual que oscila entre el 25% y el 35% (International Energy Agency, 2023a).

La demanda de litio del año 2022 fue de 130,2 kilotoneladas (kt), de los cuales 69,7 kt corresponde a la demanda de los vehículos eléctricos (53,6% del total), 3,4 kt (2,6%) a baterías de almacenamiento en redes y 57 kt (43,8%) a otros usos (ver Tabla 4). Como se mencionó previamente, la demanda por litio es una demanda generada por el mercado de baterías, sobre todo, en el sector automotriz. Por este motivo, a continuación se analizará el desempeño de este mercado en 2022.⁹

Tabla 4. Demanda de baterías de litio (miles de t)

Concepto	2022
Vehículos eléctricos	69,7
Baterías de almacenamiento en red	3,4
Total energías limpias	73,2
Otros usos	57,0
Demanda total	130,2
% de participación de las energías limpias	56,2%

Nota. La información viene la U.S. Geological Survey, 2023.

En 2022, la demanda de baterías de iones de litio en el sector automotriz aumentó en aproximadamente 65%, hasta alcanzar los 550 GWh, frente a los 330 GWh de 2021 (International Energy Agency, 2023a). Esto se debe principalmente al crecimiento de las ventas de autos eléctricos, con un aumento en nuevas unidades del 55% en 2022 respecto al año anterior. En China, la demanda de baterías para vehículos creció, el mismo año, en más de 70%, a medida que las ventas de automóviles eléctricos se incrementaba rápidamente. La demanda de baterías en los Estados Unidos de América creció en 80%, a pesar de que las ventas de automóviles eléctricos solo aumentaron en alrededor del 55% con relación a 2021. Este aparente desfase se debió a que el tamaño promedio de la batería de automóviles eléctricos chinos fue un 40% mayor que el promedio global, principalmente debido a la proporción relativamente mayor de SUV (vehículos todoterreno) en el país en comparación con otros mercados importantes.

Sin embargo, la creciente demanda por baterías de iones de litio en 2022 no se limitó a los vehículos eléctricos. El mercado de almacenamiento de energía en baterías también experimentó un crecimiento notable: el tamaño de este mercado casi se duplicó, llegando a 80 GWh, lo que marca uno de los mayores aumentos anuales observados en este sector. Esta creciente demanda ha llevado a los fabricantes de automóviles a seguir los pasos de la tendencia iniciada por el Powerwall de Tesla y a entrar en el mercado de almacenamiento de energía en baterías. En 2022, General Motors y Toyota lanzaron productos de almacenamiento de energía.

Además del incremento en la venta de vehículos eléctricos, el aumento del tamaño de las baterías también es un factor que impulsa el crecimiento de la demanda. El tamaño medio de la batería de los automóviles eléctricos de pasajeros ha seguido una tendencia creciente casi ininterrumpida durante muchos años en casi todos los mercados importantes. Si bien hay más modelos de vehículos

⁹ Gran parte de esta discusión se encuentra en el informe Critical Minerals Market Review de la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency, 2023a).

eléctricos disponibles en el mercado, hay evidencia visible de que la tendencia a favorecer vehículos grandes, observada en los mercados de automóviles convencionales, se está replicando en el mercado de vehículos eléctricos, ya que los fabricantes de automóviles buscan mayores ganancias y los consumidores optan por autos a menudo más grandes de lo que necesitan. Si esta tendencia persiste, impondrá una presión adicional sobre las cadenas de suministro de baterías e incrementará aún más la demanda por minerales críticos necesarios para fabricar baterías.

La química de las baterías mostró algunos avances importantes desde 2019. Por un lado, las sustancias químicas níquel, manganeso y cobalto (NMC), con alto contenido de cobalto (o bajo contenido de níquel), como NMC 333 (también conocido como NMC 111), se están eliminando progresivamente en favor de NMC 721, NMC 811 (alto contenido de níquel/bajos en cobalto) y por otros compuestos químicos con incluso menor contenido de cobalto.

Por otro lado, la química del fosfato de hierro y litio (LFP), asequible y segura, pero con menor densidad energética, aumentó constantemente sus cuotas de mercado gracias al fuerte apoyo de los fabricantes de automóviles locales y globales (Tesla) en China, país que lidera el renovado interés en estas baterías, el que también se verifica en los fabricantes de automóviles de Occidente. Los planes de Volkswagen para producir modelos básicos en Europa con baterías LFP y la decisión de Ford de construir una planta de fabricación de estas baterías en Estados Unidos incrementarán significativamente la capacidad de producción de este producto químico en los próximos años.

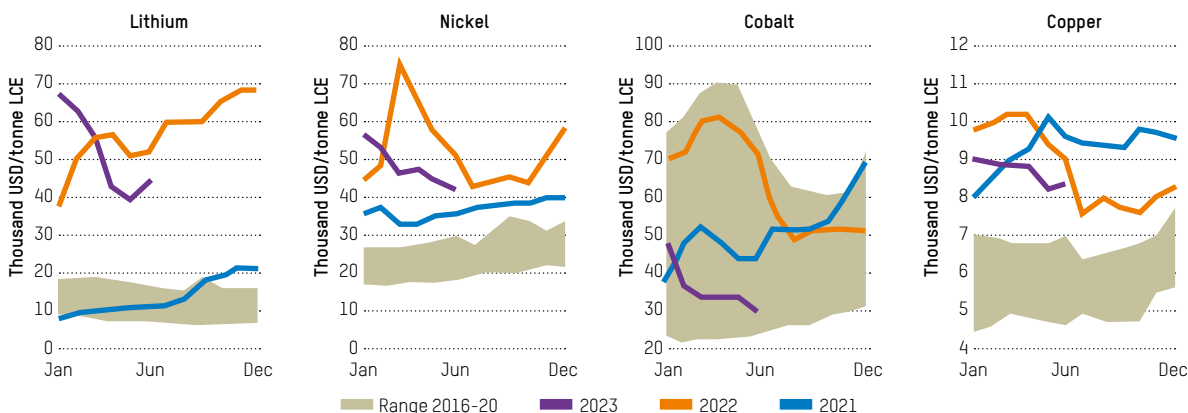
El desarrollo de sustancias químicas tiene estrechos vínculos con los minerales críticos: si bien reducir el contenido de cobalto ha sido un esfuerzo de décadas para las empresas que buscan reducir costos y mitigar los riesgos sociales de la fabricación de baterías, el aumento de las baterías de LFP se relaciona con el hecho de que, en lugar de tres o más (NMC), con esta variante se utiliza solo un mineral crítico clave, el litio.

Respecto a los ánodos, el grafito sigue siendo la opción dominante. La cuota de mercado del grafito y del silicio, que mejora su capacidad en función de la cantidad que se incorpora, experimentó un aumento constante desde 2018, alcanzando alrededor del 30% en 2022. Sin embargo, con las ventajas en densidad de energía y economías de escala que actualmente tienen las baterías de iones de litio, queda por ver con qué rapidez y en qué medida las baterías de iones de sodio podrán reemplazarlas.

PRECIOS

De acuerdo con la información de la International Energy Agency (2023a), el comportamiento de los precios internacionales del carbonato de litio presenta una elevada volatilidad (ver Figura 4). En 2021, los precios se situaron entre los USD 10.000 y USD 20.000 por tonelada; el año 2022 el rango estuvo entre USD 40.000 y casi USD 70.000 por tonelada; finalmente, hasta mediados de 2023, disminuyeron al orden de los USD 40.000 por tonelada. Es importante mencionar que en el período 2016 y 2020, los precios oscilaron entre USD 10.000 y USD 20.000 por tonelada.

Figura 4. Precios de los minerales y metales utilizados en la transición energética



Nota. La información proviene de la International Energy Agency (2023a).

En esta misma línea, la International Energy Agency (2022) señala que los precios de los minerales de transición tienden a ser volátiles, más que los de los hidrocarburos tradicionales, debido al desajuste entre la evolución de la demanda y el desarrollo de nuevos proyectos, así como también a la opacidad de las cadenas de suministro. A finales de la década de 2010, los precios de los minerales con mercados relativamente más pequeños –como el litio y el cobalto– registraron un aumento significativo en poco tiempo, a medida que el mercado de vehículos eléctricos comenzó a crecer. Aunque desde entonces los precios han caído, ya que los altos valores previos desencadenaron una serie de expansiones de la oferta (Natural Resource Governance, 2021), el pico ha sido una llamada de atención sobre posibles desajustes en la oferta y el equilibrio del mercado. Esto da razones adicionales a los responsables de las políticas para que atiendan este asunto, que es crítico para el futuro de la energía limpia.

Muchos minerales vitales para las tecnologías mencionadas, particularmente el níquel y el litio, experimentaron aumentos de precios en 2021 y principios de 2022, con una fuerte volatilidad y picos significativos. Con excepción del precio del litio, la mayoría de los otros comenzaron a moderarse en la segunda mitad de 2022 (International Energy Agency, 2023b). Las expectativas de reapertura de China tras la pandemia sostuvieron un breve repunte a finales de 2022, pero los precios reanudaron sus caídas en los primeros meses de 2023, incluso en el caso del litio, debido a un consumo débil, nuevos planes de suministro y preocupaciones sobre una posible recesión. La reapertura de China aún no se ha traducido en una reactivación de las actividades industriales, ya que la recuperación ha sido impulsada principalmente por el sector de servicios. Más allá de China, en muchas economías los índices de compras del sector manufacturero han presentado un desempeño inferior al del sector de servicios, lo que ha llevado a una menor demanda de metales industriales. Además, la reducción de los subsidios a los vehículos eléctricos y los recortes de los costos de los automóviles convencionales en China ejercieron una presión adicional sobre los precios.

No obstante, los precios actuales de la mayoría de los materiales se mantienen muy por encima de los promedios históricos. Los precios a corto plazo podrían verse afectados por los riesgos de una recesión económica y un aumento planificado de la oferta. Sin embargo, es probable que los precios a mediano plazo de muchos minerales de transición energética permanezcan por encima de los niveles históricos a medida que la economía se recupere. Los retrasos en los cronogramas o los sobrecostos siguen siendo una posibilidad para muchos de los proyectos anunciados, mientras que un apoyo político sostenido a la energía limpia incrementará la demanda.

Los acontecimientos del lado de la oferta pueden presionar sobre los precios a corto plazo, como se observó a principios de 2023, con interrupciones en el suministro minero en Chile y Perú, fuertes lluvias en Indonesia y Brasil, y la suspensión de la producción de aluminio debido a la escasez de energía hidroeléctrica en China. Una tendencia notable en los últimos meses ha sido la caída más pronunciada

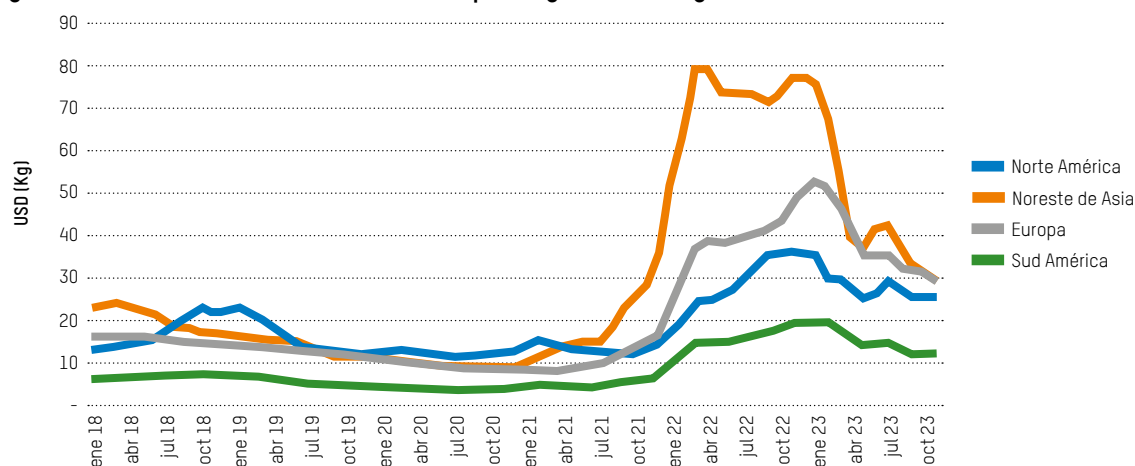
del índice de precios en China en comparación con el de otras regiones. Entre enero y abril de 2023, los precios del carbonato de litio en China se desplomaron más del 60%, mientras que los de Europa cayeron solo un 20%. Esto estuvo relacionado principalmente con la caída de existencias en toda la cadena de suministro de baterías, lo que redujo la demanda aparente de litio, mientras que la demanda subyacente se mantenía sólida. A partir de mayo de 2023, los precios internos del litio en China están mostrando signos de mejoría con un creciente optimismo sobre una recuperación de la demanda a corto plazo (International Energy Agency, 2023a).

Como la producción global está concentrada en pocos países, se espera que los precios de muchos minerales para la transición energética se incrementen en el futuro debido a un aumento de las restricciones o disrupciones del comercio internacional. Una de estas restricciones es la reacción tardía de la oferta a los precios elevados. Se debe al hecho de que los procesos de exploración y explotación minera toman varios años de trabajo. Esta lentitud ejerce presión sobre los precios (Evans et al., 2023).

Boer et al. (2023) estiman las elasticidades¹⁰ de los precios de demanda y oferta del cobre, el níquel, el cobalto y el litio. Los autores encuentran que un incremento en la demanda genera precios más altos y este shock permanece por varios años. Por otra parte, la oferta es inelástica en el corto plazo; por tanto, el incremento de esta solo proviene de políticas de reciclaje y mayor uso de la capacidad minera existente. En cambio, en el largo plazo, la oferta se hace más elástica debido a que se ponen en operación más minas y se realizan mejoras tecnológicas. La elasticidad del litio es mayor que la de otros minerales.

Los precios que se observan en Sudamérica están muy por debajo de las tendencias mundiales.¹¹ En la información presentada en la Figura 5 se observa que, de todos los precios regionales, los sudamericanos son los más bajos (Mike, s. f.) Durante el período 2018-2023, los precios de Norteamérica fueron 2,3 veces mayores a los precios de la parte meridional del continente; los de noreste del Asia fueron tres veces mayores y los de Europa 2,1 veces más altos. Los precios de 2023 en la región fueron, en promedio, de USD 15.881 por tonelada. Este promedio contrasta notoriamente con el de Norteamérica (USD 28.090) y el del noreste de Asia (USD 44.877).¹²

Figura 5. Precios del carbonato de litio por región (USD/Kg)



Nota. La información proviene Mike (s. f.)

¹⁰ La elasticidad es un indicador que mide la respuesta de la demanda u oferta antes variaciones en el precio. Se dice, por ejemplo, que la demanda tiene una baja elasticidad cuando variaciones en el precio de compra no implican un cambio importante en la cantidad demandada, como es el caso de la gasolina.

¹¹ El detalle de esta información se encuentra en los anexos de este documento.

¹² Mike explica cómo estima estos precios en el siguiente link : <https://businessanalytiq.com/#data>.

En la Tabla 5 se comparan los precios regionales con los valores unitarios de exportación (VUE) de Argentina y Chile, durante el mismo período. De esta información se pueden extraer los siguientes comentarios:

- 1) Hasta el año 2021, los VUE de Argentina y Chile están más cercanos a los precios regionales de Sudamérica.
- 2) En los años 2022 y 2023 se aprecia un desacople entre los VUE de Argentina y Chile: en general, se observa que los VUE de Chile son un 50% mayores a los de Argentina¹³.
- 3) Tanto los VUE como los precios regionales presentan disminuciones en 2023¹⁴; sin embargo, hay notorias diferencias: mientras que el VUE de Chile y el precio del noreste de Asia caen en 23% y 38%, respectivamente, el resto de los valores lo hacen entre 1% y 9%¹⁵.
- 4) La volatilidad observada sugiere la hipótesis de que en algunas de las zonas prevalecen los contratos spot (o de corto plazo); mientras que en otras, las de menor volatilidad, existen contratos de mediano y largo plazo.
- 5) Suele pasar que los VUE son mayores a los precios contractuales debido a que incorporan costos adicionales (fletes, seguros, etc.)
- 6) El promedio¹⁶ de Sudamérica y los VUE de Argentina y Chile son menores a los promedios observados en otros mercados.

Tabla 5. Valores unitarios de exportación y precios regionales (USD/t)

Año	Argentina VUE	Chile VUE	Norte América	Noreste de Asia	Europa	Sud América
2018	8.740	13.229	17.797	21.239	15.920	7.598
2019	6.091	9.959	16.018	14.594	12.868	6.316
2020	4.413	6.476	12.494	10.188	9.529	4.688
2021	6.744	6.603	13.811	19.273	11.053	5.708
2022	22.352	40.750	28.857	72.828	39.007	16.361
2023	20.369	31.297	28.090	44.877	38.646	15.881
Promedio	11.451	18.052	19.511	30.500	21.171	9.425

Nota. La información de Argentina proviene de Instituto Nacional de Estadística y Censos – República Argentina (s.f.) La información de Chile del año 2018 proviene de Banco Central de Chile (2019), la del año 2019 de Banco Central de Chile (2020), la del año 2020 de Banco Central de Chile (2023), la del año 2021 de Banco Central de Chile, (2022) y la de los años 2022 y 2023 de Banco Central de Chile (2023). La información regional (Norteamérica, noreste de Asia, Europa y Sudamérica) proviene de Mike, s.f.

ANÁLISIS DE PROSPECTIVA

Dado que es posible que el proyecto de explotación y comercialización de carbonato de litio en Bolivia se haga efectivo en el mediano plazo, interesa conocer cuáles serán las condiciones del mercado

13 Con excepción del año 2021.

14 Respecto de 2022.

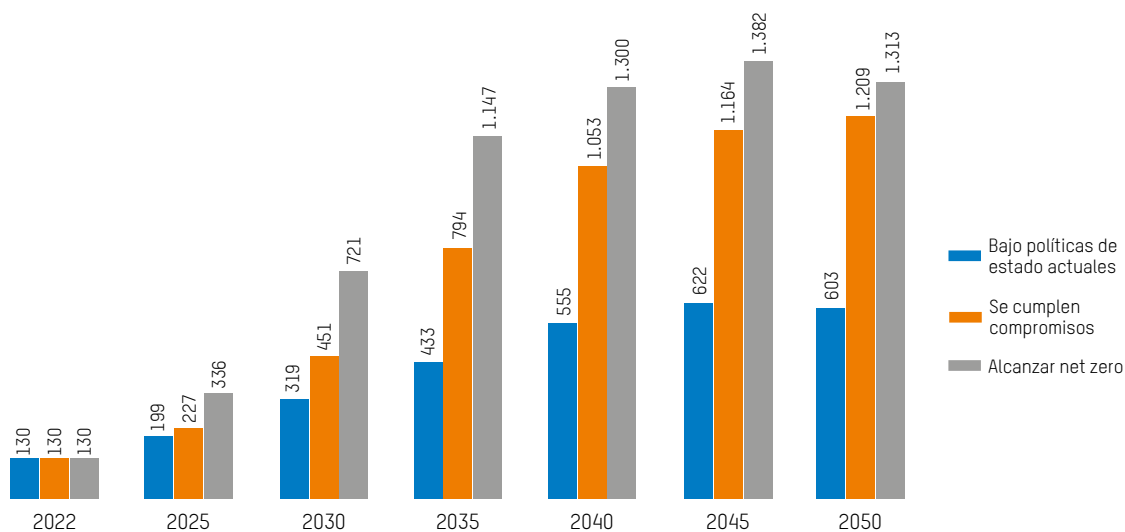
15 VUE de Argentina -8,9%, Norteamérica -2,7%, Europa -0,9% y Sudamérica -2,9%.

16 Del período 2018-2023.

internacional en el futuro. Por este motivo, en esta sección se presentan las proyecciones de precios y de oferta y demanda de este producto en el corto y mediano plazo.

La Figura 6 presenta la demanda total de litio proyectada hasta el año 2050, en tres escenarios: 1) con las actuales políticas de Estado; 2) suponiendo que los Estados cumplen los compromisos medioambientales adquiridos, y 3) en el escenario net-zero (International Energy Agency, 2023a).¹⁷ Se observa que, de seguir las políticas actuales, la demanda mundial podría incrementarse de 130 kt, en 2022, a 603 kt en 2050, es decir en 4,6 veces. Si los países asumen y ejecutan unos compromisos medioambientales sólidos, la demanda en 2050 podría oscilar entre 1,2 y 1,3 millones de toneladas, es decir, ser de nueve a diez veces mayor que en 2022.¹⁸

Figura 6. Demanda proyectada de litio 2025-2050 (kt)



Nota. La información proviene de International Energy Agency (2023a).

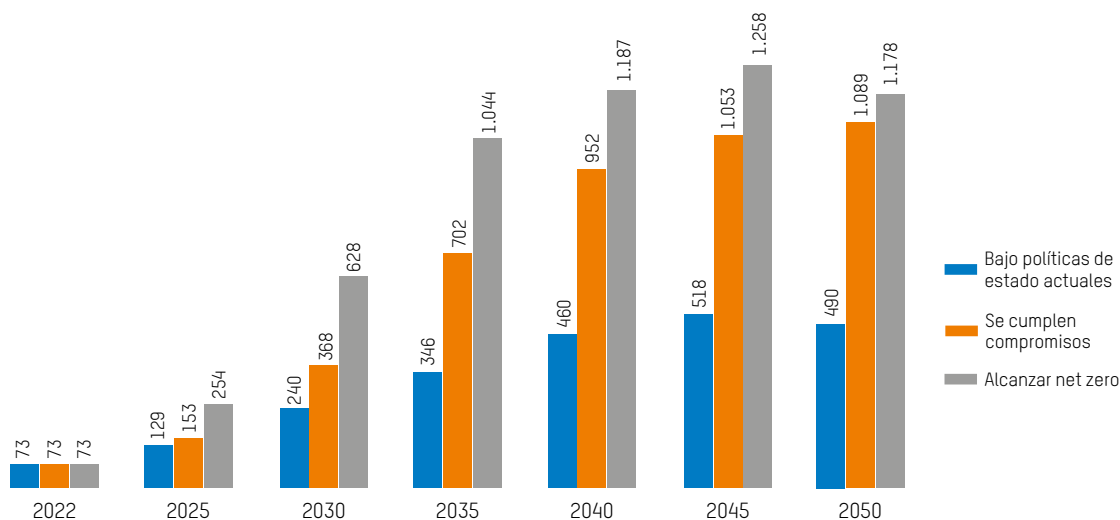
Por otra parte, la Figura 7 presenta la demanda de litio para su uso en energías limpias (sobre todo, en baterías de automóviles eléctricos¹⁹) hasta 2050. Como se aprecia en ella, los valores son muy parecidos a la demanda total de litio (ver Figura 6). Esto sugiere que el crecimiento de la demanda total de este mineral está impulsado por su uso en el almacenamiento de electricidad. La tasa de crecimiento de la demanda oscila entre 7% (bajo las políticas actuales) y 10,4% (si se cumplen los compromisos ambientales), mientras que el crecimiento de la demanda total está entre 5,6% y 8,6%.

17 Net-zero: Emisiones netas cero en 2050 para limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales hasta 2100 (con al menos un 50% de probabilidad).

18 En los anexos se detallan las tablas de datos de las figuras presentadas.

19 La demanda para el uso en vehículos eléctricos representa entre el 94% y el 95% del total demandado para energías limpias (anexos).

Figura 7. Demanda proyectada de litio para energías limpias 2025-2050 (kt)



Nota. La información proviene de International Energy Agency (2023a).

Con base en los proyectos existentes, la IEA (2023b) anticipa que en 2030 aún persistirá la concentración de la producción de los minerales de la transición energética en pocos países, especialmente en cuanto a las operaciones de refinación y procesamiento. Actualmente, muchos proyectos del *midstream* están siendo desarrollados en las regiones de mayor producción. China posee la mitad de las plantas químicas de litio planificadas, una situación que no se espera que cambie hasta 2030.

La IEA menciona que la inversión en la diversificación de la oferta, las políticas que promuevan la innovación, la sustitución de minerales y el reciclaje pueden moderar esta tendencia por el lado de la demanda y disminuir de esta manera las presiones sobre el mercado. También menciona que hay una alta probabilidad de que en el mediano plazo los precios permanezcan elevados, debido a la recuperación económica mundial y la aceleración del desarrollo de energías limpias.

Boer et al. (2023) señalan que si la demanda por cobre, níquel, cobalto y litio se incrementa en el futuro, en correspondencia con el compromiso de emisión *net-zero*, los precios de estos minerales podrían alcanzar niveles muy elevados, la transición energética se ralentizaría, los productores de metales se beneficiarían y surgiría una presión inflacionaria global.

Con relación a la situación de América Latina y el Caribe, la IEA (2023b) menciona que la creciente demanda de tecnologías de energía limpia ofrece un margen significativo para que la región expanda la producción y exportación de minerales, aprovechando que posee un sector minero bien establecido e importantes reservas. Al hacerlo, América Latina podría ayudar a la economía global a evitar los cuellos de botella en el suministro, que podrían amenazar las transiciones a las energías limpias. La región ya produce grandes cantidades de litio, que es esencial para casi todos los tipos de vehículos eléctricos y baterías de almacenamiento actuales, y de cobre, que alimenta la expansión de energías renovables y redes eléctricas. La región podría expandirse hacia una variedad de otros materiales como el níquel –un componente clave en baterías y electrolizadores– y las tierras raras –que se requieren para los motores de vehículos eléctricos y las turbinas eólicas–. Hay tres claves para ello: aumentar la producción e incorporar los recursos no explotados; mejorar las prácticas para un suministro responsable y sostenible, y pasar de la producción de minerales a la de productos procesados.

Aunque las perspectivas a largo plazo son prometedoras, a corto plazo los nuevos proyectos de suministro causan algunas dudas. La reciente caída de los precios del litio podría plantear desafíos a las mineras junior y a los proyectos que se encuentran en etapa inicial. Algunos proyectos enfrentan lentos

procesos de construcción y puesta en marcha. El impacto de los bajos precios no será uniforme en las rutas de producción. Es probable que las refinerías de litio no integradas en China enfrenten dificultades con los niveles de precios actuales, mientras que las operaciones mineras de roca dura existentes en Australia y las salinas de América del Sur puedan conservar su competitividad en el mercado.

LA GEOPOLÍTICA DEL LITIO

Se pueden identificar al menos dos casos en los cuales la geopolítica podría impactar en el mercado del litio, ya sea en el corto o en el mediano plazo. La primera tensión podría surgir, como es usual, entre países productores y consumidores de litio. Actualmente, la principal preocupación de los países consumidores es la concentración de la producción de minerales útiles para la transición energética (entre los que se encuentra el litio) en pocos países (International Energy Agency, 2023a y 2023b). Esto se ve con el litio. Más del 90% de la producción de 2022 estuvo concentrada en cuatro países. Una segunda cuestión geopolítica puede darse en torno a las relaciones entre los países productores de litio, sobre todo los América del Sur (Argentina, Bolivia²⁰ y Chile). En esta línea, se plantean posibilidades de integración y cooperación para alcanzar equilibrios estables en cuanto a la producción y el suministro.

Los países consumidores están atentos al comportamiento de los países productores porque estos últimos, dado que son pocos, podrían controlar los precios. En este sentido, se aprecia un genuino interés por diversificar la producción, fomentando la inversión en otros países, y por mejorar la tecnología para generar sustitutos del litio, así como ejecutar políticas agresivas de reciclaje. También por establecer vínculos con países productores, sobre todo de litio procesado, en concreto con China, que juega un papel sustantivo en la provisión mundial.

El litio y sus productos derivados ayudan a mejorar la huella ambiental de los países consumidores, dado que su explotación fomenta, entre otras cosas, la sustitución de automóviles que funcionan con combustibles fósiles por unidades que utilizan electricidad de fuentes que son bajas en carbono. Sin embargo, la situación en los países productores es muy distinta: la explotación de litio viene asociada al uso de agua dulce, se generan problemas de asimetría entre poblaciones que viven de las regalías del litio y las que no lo hacen y, en el caso boliviano, se prevé un potencial daño al turismo, si es que la explotación de litio no se realiza de forma ordenada y planificada²¹. Según Nyangchak (2022), el litio es un ejemplo de “extractivismo verde”. Su crecimiento obedece a políticas de mitigación ambiental y viene asociado con la generación de empleo verde; sin embargo, esta apreciación oculta los costos ambientales y sociales que puede llegar a tener.

El uso de vehículos eléctricos disminuye la huella de carbono a nivel del consumo; al mismo tiempo, genera importantes desafíos sociales y ambientales en la etapa de explotación del carbonato de litio, a nivel de la producción del insumo. Como lo menciona Azócar (2022), existe “una transferencia neta de activos ecológicos desde estos territorios-ecosistemas-poblaciones, también denominados ‘pasivos socioambientales no pagados’... hacia las sociedades que finalmente procesan y consumen estos bienes, generando una desigualdad ecológica o socioambiental”.

Con relación al segundo caso geopolítico, el de los países productores de litio en América del Sur, la perspectiva es positiva. En principio, hay una ventana de oportunidad para lograr un trabajo cooperativo

20 Que sí produce carbonato de litio, pese a que no tiene un nivel de producción interesante.

21 Por ejemplo, si las cooperativas mineras entraran al salar de Uyuni se presentaría un problema denominado “de los comunes”, porque cada cooperativa explotaría el mineral sin tener en cuenta las externalidades negativas asociadas, ya sea sobre el paisaje o sobre la disponibilidad de agua.

a través de estrategias de integración entre Argentina, Bolivia y Chile, a fin de que estos países no compitan entre sí por atraer inversión disminuyendo impuestos u ofreciendo altos incentivos, algo que en el pasado ocurrió en el sector hidrocarburos. Si bien cada país escoge una estrategia distinta para la administración de los recursos, privada, mixta o estatal (CEPAL, 2023), el comercio internacional podría verse favorecido por acuerdos de integración claramente definidos que permitan afrontar problemas comunes (uso del agua y relación con las poblaciones aledañas a los salares) con políticas públicas conjuntas y, también, encarar un desarrollo conjunto de ID (investigación y desarrollo), para un mejor aprovechamiento del recurso (Kazimierski et al., 2019).

MARCO NORMATIVO

En la presente sección se detalla la normativa legal boliviana relacionada con la explotación y comercialización del litio y sus derivados. Como es usual, la presentación comienza con los artículos de la Constitución Política del Estado, aprobada en 2009, y luego se añaden las leyes sectoriales aplicables:

Artículo 348. I. Son recursos naturales los minerales en todos sus estados, los hidrocarburos, el agua, el aire, el suelo y el subsuelo, los bosques, la biodiversidad, el espectro electromagnético y todos aquellos elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento. II. Los recursos naturales son de carácter estratégico y de interés público para el desarrollo del país.

Artículo 351. I. El Estado, asumirá el control y la dirección sobre la exploración, explotación, industrialización, transporte y comercialización de los recursos naturales estratégicos a través de entidades públicas, cooperativas o comunitarias, las que podrán a su vez contratar a empresas privadas y constituir empresas mixtas. II. El Estado podrá suscribir contratos de asociación con personas jurídicas, bolivianas o extranjeras, para el aprovechamiento de los recursos naturales. Debiendo asegurarse la reinversión de las utilidades económicas en el país. III. La gestión y administración de los recursos naturales se realizará garantizando el control y la participación social en el diseño de las políticas sectoriales. En la gestión y administración podrán establecerse entidades mixtas, con representación estatal y de la sociedad, y se precautelará el bienestar colectivo. IV. Las empresas privadas, bolivianas o extranjeras, pagarán impuestos y regalías cuando intervengan en la explotación de los recursos naturales, y los cobros a que den lugar no serán reembolsables. Las regalías por el aprovechamiento de los recursos naturales son un derecho y una compensación por su explotación, y se regularán por la Constitución y la ley.

Artículo 369. I. El Estado será responsable de las riquezas mineralógicas que se encuentren en el suelo y subsuelo cualquiera sea su origen y su aplicación será regulada por la ley. Se reconoce como actores productivos a la industria minera estatal, industria minera privada y sociedades cooperativas. II. Los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos, azufres y otros, son de carácter estratégico para el país. III. Será responsabilidad del Estado la dirección de la política minera y metalúrgica, así como el fomento, promoción y control de la actividad minera. IV. El Estado ejercerá control y fiscalización en toda la cadena productiva minera y sobre las actividades que desarrollen los titulares de derechos mineros, contratos mineros o derechos preconstituidos.

La Constitución plantea desafíos importantes para el desarrollo de un proyecto de inversión en litio, como ser:

- 1) Se considera el litio como un mineral estratégico, por tanto, está implícito que su producción y comercialización tendrá una fuerte regulación por parte del Estado, lo que podría dilatar los tiempos de ejecución del proyecto e incrementar sus costos.

- 2) El Estado asume el control de toda la cadena de producción. Si bien lo puede hacer de manera conjunta con el sector privado, su participación podría elevar los costos financieros del proyecto, ya que, al momento de escribir este documento, la calificación de riesgo de Bolivia está deteriorada. Esto significa que el costo de una deuda en la que intervenga el Estado será alto.
- 3) La Constitución establece que toda asociación del Estado con el sector privado debe asegurar la reinversión de utilidades. Esto conduce a la ineficiencia en el manejo de dicha inversión. En condiciones normales, los costos de capital deben responder de forma óptima a las necesidades del proyecto y no a un mandato establecido en la legislación.

A continuación se transcriben los artículos pertinentes de la Ley de Minería 535, aprobada el 28 de mayo de 2014:

ARTÍCULO 22. (PLANES DE TRABAJO, CONTROL Y FISCALIZACIÓN). I. Los Planes de Trabajo e Inversión para los actores productivos mineros estatales y privados o Planes de Trabajo y Desarrollo para las cooperativas mineras, requeridos en la presente Ley, se elaborarán y presentarán tomando en cuenta la ubicación, características geológicas, mineras, metalúrgicas, de acuerdo a lo que corresponda al actor productivo minero, según lo establecido en el Artículo 128 y en el inciso d) del Parágrafo II del Artículo 140 de la presente Ley. Estarán acompañados de un presupuesto y cronograma de actividades iniciales propuestas. II. Los planes podrán ser integrales o desagregados por actividades o proyectos, de implementación periódica y progresiva, en fases o etapas, los mismos podrán modificarse o actualizarse, según sus avances. III. Las modificaciones o actualizaciones significativas deberán ser comunicadas a la AJAM, con la debida justificación técnica y financiera. IV. Los Planes de Trabajo y Presupuesto Financiero de las actividades de prospección y exploración serán estimaciones que podrán ajustarse periódicamente. Los ajustes significativos serán comunicados a la AJAM. V. A los fines de verificación del cumplimiento de sus obligaciones, los titulares de derechos bajo contratos administrativos mineros presentarán anualmente a la AJAM un informe documentado acerca del avance de sus actividades y trabajos desarrollados en la gestión de acuerdo con sus planes vigentes. VI. El Ministerio de Minería y Metalurgia, responsable del sector minero nacional a través del Viceministerio de Política Minera, Regulación y Fiscalización, en coordinación con la AJAM, controlará y fiscalizará el cumplimiento de las actividades mineras en base a los Planes de Trabajo e Inversión y Planes de Trabajo y Desarrollo, e informes previstos en el Parágrafo V del presente Artículo, de acuerdo al procedimiento establecido en los Parágrafos siguientes y en norma específica complementaria emitida por el Ministerio de Minería y Metalurgia.

ARTÍCULO 26. (MINERALES Y ÁREAS RESERVADAS PARA EL ESTADO). IV. Se declara al litio y al Potasio como elementos estratégicos, cuyo desarrollo se realizará por Yacimientos de litio Bolivianos (YLB).

ARTÍCULO 35. (EMPRESAS MIXTAS). Los actores productivos mineros privados reconocidos para el ejercicio de actividades mineras de acuerdo a la presente Ley, podrán proponer o participar en la constitución y conformación de sociedades de economía mixta, empresas estatales mixtas y empresas mixtas, con actores productivos mineros estatales de acuerdo a las normas que sean aplicables para cada caso.

ARTÍCULO 131. (CONTRATOS MINEROS). III. Se establece el contrato de asociación minera para realizar actividades en todo o en parte de la cadena productiva minera, como instrumento jurídico mediante el cual las empresas mineras estatales se asocian con personas jurídicas, bolivianas o extranjeras.

ARTÍCULO 148. (PARTICIPACIÓN ESTATAL EN LAS UTILIDADES). I. En los contratos de asociación estatal que se suscriban a partir de la publicación de la presente Ley, las participaciones se acordarán entre partes y en ningún caso la participación de la empresa estatal será inferior al 55% de las utilidades, cuyo momento y forma de pago serán establecidas en el contrato.

ARTÍCULO 223. (REGALÍA MINERA). La Regalía Minera (RM), por el aprovechamiento de los recursos minerales y metales no renovables, es un derecho y una compensación por su explotación y se regulan por la Constitución Política del Estado y la presente Ley.

ARTÍCULO 226. (BASE DE CÁLCULO). I. La base de cálculo de la Regalía Minera (RM), es el valor bruto de venta, que resulta de multiplicar el peso del contenido fino del mineral o metal por su cotización oficial.

ARTÍCULO 227. (ALÍCUOTAS). II. Para el resto de minerales y metales no consignados en las anteriores escalas, se establece una alícuota de RM del 2,5%.

Los comentarios que emergen de la lectura de estos artículos son los siguientes:

- 1) El Estado debe aprobar los planes de trabajo e inversión de las empresas. Esto impone costos adicionales bajo la forma de tiempos de aprobación, justificación de inversiones y metas de producción. No siempre las necesidades del proyecto están alineadas con los requisitos del Estado.
- 2) La explotación de litio debe realizarse a través de contratos de asociación estatal. A la vez, estos contratos obligan a que el 55% de las utilidades sea a favor de la contraparte estatal. Una vez más, esto disminuye la rentabilidad de la operación.
- 3) La regalía por la explotación de litio es igual al 2,5%, pero no está claro si este porcentaje debe aplicarse al valor del recurso extraído (materia prima bruta) o al valor del carbonato de litio (producto procesado).

La Ley 3787 de noviembre de 2007 aprobó un complemento al sistema tributario aplicado al sector minero, pues crea un impuesto adicional del 12,5% sobre las utilidades cuando el precio internacional sobrepasa un determinado umbral, establecido en tablas por dicha ley.

Por otra parte, a través de la Ley 928 de abril de 2017 se crea la Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos del Litio Bolivianos. En sus artículos sustantivos, esta señala:

Artículo único:

- I. Se crea la Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), bajo tuición del Ministerio de Energías, en sustitución de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos.
- II. Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB) es responsable de realizar las actividades de toda de la cadena productiva: prospección, exploración, explotación, beneficio o concentración, instalación, implementación, puesta en marcha, operación y administración de recursos evaporíticos, complejos de química inorgánica, industrialización y comercialización.
- III. Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), desarrollará los procesos de química básica de sus recursos evaporíticos con una participación cien por ciento (100%) estatal para la producción y comercialización de: Cloruro de litio, Sulfato de litio, Hidróxido de litio y Carbonato de litio; Cloruro de Potasio, Nitrato de Potasio, Sulfato de Potasio, sales derivadas e intermedias y otros productos de la cadena evaporítica. Procesos posteriores de semi-industrialización,

industrialización y procesamiento de residuos, se podrán realizar mediante contratos de asociación con empresas privadas nacionales o extranjeras, manteniendo la participación mayoritaria del Estado.

- IV. Se reconoce el derecho a la explotación, producción y comercialización tradicional de sal común (Cloruro de Sodio) los salares de Bolivia que actualmente realizan las organizaciones económicas locales y cooperativas, respetando derechos pre-constituidos y adquiridos reconocidos.
- V. La totalidad del financiamiento obtenido del BCB por la COMIBOL, para la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, será subrogado por Yacimientos de litio Bolivianos (YLB).

Cabe notar que ante la ausencia de una ley del litio, que aún se encuentra en proyecto, la explotación del litio se halla bajo la regulación de la Ley de Minería. Sin embargo, YLB está bajo el mando del Ministerio de Energía e Hidrocarburos y no del Ministerio de Minería, lo que podría generar un problema de gobernanza.

ANÁLISIS DE IMPACTO

Como ya se anotó, uno de los objetivos de este documento es ofrecer elementos que ayuden a evaluar el impacto económico de un proyecto de explotación y comercialización de carbonato de litio. El proyecto que se evalúa es uno nuevo con capacidad de producción de 50.000 toneladas de carbonato de litio anuales. No se considera la producción de YLB ni otros emprendimientos menores. Se utilizan dos instrumentos cuantitativos: i) el análisis del flujo de caja del proyecto en sí mismo y ii) el cálculo del impacto sobre la economía boliviana del proyecto mediante un modelo macroeconómico que incorpora información microeconómica. Ambos instrumentos y sus resultados son presentados a continuación.

FLUJO DE CAJA

En la primera parte de esta sección se explican los supuestos centrales de la construcción del flujo de caja del proyecto de explotación y comercialización de carbonato de litio que actualmente se discute en Bolivia. En la segunda parte se detallan los principales resultados económico-financieros del flujo de caja construido, así como la sensibilidad de los indicadores clave ante cambios en el nivel del precio de comercialización del carbonato de litio.

Supuestos

Los supuestos utilizados en la construcción del flujo de caja para una posible inversión de gran escala en el país son:

- 1) Tasa de descuento: Se utiliza el método *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), que es un método de estimación del costo de capital para un determinado proyecto. La tasa de riesgo es la mediana del ROE de la empresa chilena SQM en los últimos diez años: 16,15% (Guru Focus, 2023); la tasa libre de riesgo es el rendimiento de los bonos a diez años del tesoro de Estados Unidos en noviembre de 2023: 3,09% (*Fiscal Data*, 2024); el parámetro beta es 1,29 (Damodaran, 2024); por tanto, la tasa de descuento es de 19,9%²². No se incorpora la tasa de riesgo país, que al momento de escribir este documento se encuentra en 20,9% (Álvarez, 2023). Hacer esta incorporación implicaría una tasa de descuento de 40,8%, lo que inviabilizaría muchos emprendimientos de explotación.
- 2) Pese a que los precios mundiales del litio están por encima de los precios históricos, los observados en Sudamérica son los más bajos de todas las regiones (ver Figura 5). Por eso se utilizará como

²² En CEPAL (2023) se utiliza una tasa de descuento del 8%, que en nuestro parecer es muy baja, dado que el valor del capital en Bolivia tiende a subir por el costo de oportunidad respecto a invertir en otros países y por el riesgo del sector minero.

precio de venta del proyecto el promedio de precios del año 2023 de Sudamérica, es decir, USD 15.881 por tonelada y se asumirá constante a lo largo de la vida del proyecto. Luego, en el análisis de sensibilidad, se evaluará cómo cambiar los indicadores de rentabilidad cuando se produzcan cambios en este precio.²³

- 3) Se asume que el factor de inversión es USD 990 por cada tonelada producida²⁴, lo que incluye la inversión en capital de trabajo y en exploración. Por otra parte, existe una inversión de mantenimiento anual de USD 13,4 millones²⁵.
- 4) Con relación a los costos de operación (OPEX), la Tabla 6 presenta la información de referencia que se utiliza en este documento. Debido a su cercanía con Bolivia, para fines del modelo se representa los OPEX con el factor USD 4.834 por tonelada, que es el promedio de los OPEX de SQM-Chile y Olaroz-Argentina. Es interesante notar que el costo actualizado del proyecto de 1990 en Bolivia no se aleja demasiado de los valores actualmente observados (Torres Obleas, 1990).²⁶

Tabla 6. Costos de operación (OPEX) en la etapa de producción del proyecto

Nombre	Producción	OPEX (MM USD)	Factor (USD/t)
<i>StandardLithium Ltd.</i>	<i>30,000</i>	<i>78</i>	<i>2,599</i>
<i>S&P Brine cost (sin regalía)</i>			<i>4,297</i>
<i>Proyecto Lithco Bolivia 1990</i>			<i>3,385</i>
<i>SQM - Chile</i>	<i>1,093,700</i>	<i>5,091</i>	<i>4,655</i>
<i>Olaroz - Argentina</i>			<i>5,014</i>

Nota. La información de Standard Lithium es de Standard Lithium (2021). La información de S&P Global Market Intelligence es de Lithium Sector: Production Costs Outlook (2019). La información del proyecto Lithco Bolivia es el costo de 1990 actualizado por el índice de precios al consumidor de los Estados Unidos, con información de Torres Obleas (1990). La información de SQM-Chile proviene de SQM (2022). La información de Olaroz-Argentina es de Allkem (2023).

- 5) El factor de planta es 90%.
- 6) La capacidad instalada es 50.000 toneladas. Este valor surge porque, de acuerdo con estimaciones de la IEA (2022), el incremento de la demanda de litio para energías limpias, en 2025, será de 55.530 toneladas más que la producción del año 2022. La búsqueda de financiamiento de un nuevo proyecto de litio necesariamente tendrá en cuenta esta información. El supuesto implícito es que la producción boliviana cubrirá el 99% de la demanda adicional. Evidentemente, si la demanda futura fuese mayor, sería necesario un nuevo análisis de flujo de caja para volúmenes adicionales.
- 7) El sistema tributario para el operador es el siguiente: Impuesto a las Utilidades de Empresas (IUE): 25%; Impuesto a la Remisión de Utilidades al Exterior (IRUE): 12.5%; Alícuota Adicional a las Utilidades Extraordinarias (*Surtax*): 25% y una regalía sobre el valor de producción de 2,5% (Ley 843, del 20 de mayo de 1986). Pese a que la Ley 3787, de 24 de noviembre de 2007, establece una alícuota adicional sobre las utilidades del 12,5% cuando los precios de los minerales superen un determinado umbral, no hace una referencia explícita al litio; en este sentido, se asume que el *Surtax* sigue vigente para

23 Se aprecia también que el precio utilizado no se aleja del promedio 2018-2023 de los VUE de Argentina y Chile.

24 El factor "inversión/capacidad instalada" utilizado en este documento es USD 15.895 por tonelada, que se estima a partir de la información de CEPAL (2023).

25 Dato estimado a partir de CEPAL (2023).

26 El factor utilizado en este documento es superior al de USD 3.579 por tonelada utilizado por CEPAL (2023).

este mineral y que, por otra parte, la industria del litio no es alcanzada por la mencionada alícuota adicional.²⁷

- 8) Se asume que el proyecto tiene tres años de inversión (a partir del año 2024) y 25 años de producción (a partir del año 2027).²⁸
- 9) Toda la producción de litio se destina al mercado externo; por ello, el total de ingresos es igual al valor de las exportaciones.

Resultados

La Tabla 7 presenta los indicadores más importantes del análisis de flujo de caja realizado con los supuestos previamente descritos. Se aprecia que el Valor Actual Neto (VAN)²⁹ del proyecto es positivo, dado que la Tasa Interna de Retorno (TIR)³⁰ del mismo es ligeramente superior (22,2% vs 19,9%) a la tasa de descuento. Sin embargo, se debe tener en cuenta que dicha tasa de descuento no incorpora la tasa de riesgo país, que se encuentra en torno al 20%. Por otra parte, un proyecto con una capacidad de 50.000 toneladas requiere una inversión de USD 795 millones, como aparece en la Tabla 7. El valor de las exportaciones (descontado) es de USD 2.018 millones, con un valor promedio anual de USD 655 millones.

Tabla 7. Resultados del análisis de flujo de caja

Concepto	Unidad	Valor
Datos del operador		
VAN	MM USD	100
TIR	%	22.2%
PE (valor presente 25 años)		587
Regalía	MM USD	50
IUE	MM USD	309
Surtax	MM USD	135
IRUE	MM USD	93
PE como % de las exportaciones	%	29.1%
PE promedio anual*	MM USD	219.6
Regalía	MM USD	17.0
IUE	MM USD	113.4
Surtax	MM USD	60.7
IRUE	MM USD	33.4
Total inversión inicial	MM USD	795
Total exportaciones	MM USD	2,018
Exportación promedio anual	MM USD	655

Nota. Datos elaborados por los autores. PE es "participación del Estado".

* La suma de los promedios puede variar respecto al promedio total.

27 Al momento de escribir este documento, los autores no encuentran suficiente evidencia que respalde que las empresas que se dedican a la explotación y comercialización de litio estén exentas del pago del Surtax. Por eso se estima el posible pago por Surtax, en el entendido que si el Estado boliviano decidiera sustituir este pago por la alícuota adicional de 12,5% de la ley 3787, un posible referente para determinar los parámetros de aplicación de esta puede ser esta hipótesis del pago del Surtax.

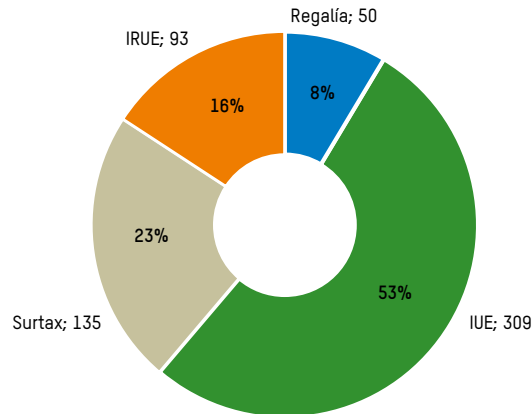
28 En CEPAL (2023) se analiza un proyecto por 40 años, con 5 años de inversión. En este documento se asumen 25 años, dado que con el elevado factor de descuento, los valores a partir del año 25 son muy bajos y no impactan seriamente en los indicadores económico financiero.

29 El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador económico-financiero que se construye a partir de la suma, en valor presente, de los ingresos y los egresos de efectivo de un determinado proyecto. Cuando este indicador es negativo, entonces los egresos son mayores a los ingresos, lo que implica que el proyecto no es rentable o que existen mejores alternativas de inversión.

30 La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador económico-financiero que refleja la rentabilidad inherente a un determinado proyecto de inversión. En algún sentido, mide la tasa de ganancia por cada unidad monetaria de inversión.

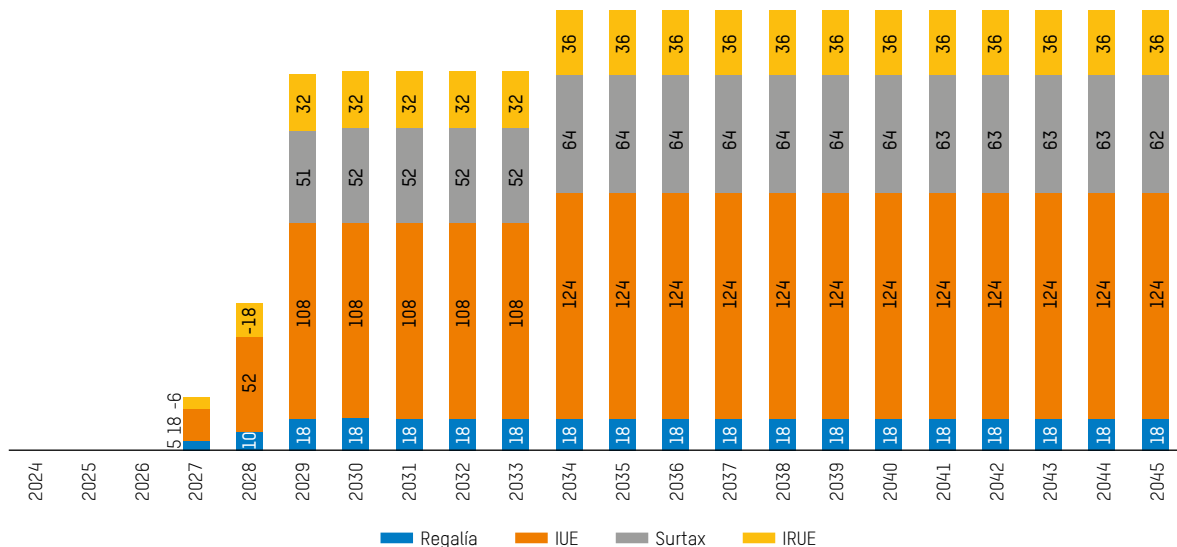
La Tabla 7 también muestra la Participación del Estado (PE) en el proyecto. La PE es la suma de la recaudación de todos los instrumentos fiscales que tiene el Estado boliviano para capturar parte de la renta que genera la explotación y comercialización de litio o, en este caso, de carbonato de litio. Una de sus características centrales es que está fuertemente anclada al desempeño de los impuestos sobre las utilidades³¹. La Figura 8 muestra que el 53% de la PE proviene del IUE, 23% del Surtax, 16% del IRUE y 8% de la regalía establecida en la Ley de Minería. Cuando el proyecto alcance el mediano plazo, la PE oscilará entre USD 200 millones y USD 250 millones por año, tal como se observa en la Figura 9, con un promedio anual de USD 219,6 millones. El total de la PE (en valor descontado de 25 años de operación del proyecto) es USD 587 millones, que representa el 29,1% del valor total comercializado.

Figura 8. Composición de la participación del Estado en un nuevo proyecto de litio (MM USD y porcentajes)



Nota. Datos elaborados por los autores.

Figura 9. Participación del Estado en un nuevo proyecto de litio (MM USD)



Nota. Datos elaborados por los autores.

31 Un resultado que también lo encuentra la CEPAL (2023).

La Tabla 8 presenta el resumen del análisis de sensibilidad realizado con distintos precios de comercialización del litio. Un análisis de sensibilidad consiste en observar cómo se modifican los resultados ante cambios en determinados supuestos, en este caso, en el precio del carbonato de litio. Este análisis considera un rango de precios de USD 10.000 – USD 40.000 por tonelada.

Sobre la base en los resultados obtenidos, se puede realizar los siguientes comentarios:

- 1) Como cabría esperar, a medida que sube el precio, los indicadores financieros del operador se incrementan. De hecho, si el precio alcanza los USD 35.000 por tonelada, la TIR ya cubre el riesgo país que tiene Bolivia hoy en día.
- 2) En este mismo nivel de precios (USD 35.000 por tonelada), el VAN del operador se incrementa en 12,9 veces respecto al escenario base, la recaudación por regalías se incrementa 2,2 veces; la recaudación por IUE, 2,9; la recaudación por Surtax, 3,9 y la recaudación por IRUE, 2,8 veces. Esto implica que la participación total del Estado se incrementa 3,1 veces.
- 3) La recaudación promedio anual de la PE se sitúa entre USD 89 millones, cuando el precio es USD 10.000 por tonelada, y USD 759 millones, cuando el precio es de USD 40.000 por tonelada. El ingreso que recibiría el departamento de Potosí por la regalía estaría entre USD 11 y USD 43 millones.
- 4) El valor promedio de las exportaciones anuales oscila entre USD 413 millones y USD 1.650 millones.
- 5) Como porcentaje de las exportaciones totales, la PE oscila entre el 16,9 y el 42,4%. El mayor instrumento de recaudación es el IUE.

Tabla 8. Análisis de sensibilidad respecto al precio de venta en un nuevo proyecto de litio de 50.000 t

Concepto	Unidad	Precio de venta del carbonato de litio (USD/t)						
		10,000	15,881*	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000
Datos del operador								
VAN	MM USD	-274	100	362	675	983	1,291	1,599
TIR	%	12.4%	22.2%	27.6%	33.2%	38.0%	42.4%	46.3%
PE (valor presente 25 años)		214	587	849	1,171	1,499	1,826	2,153
Regalía	MM USD	32	50	64	79	95	111	127
IUE	MM USD	123	309	440	599	758	917	1,075
Surtax	MM USD	20	135	216	318	427	535	644
IRUE	MM USD	40	93	130	175	219	263	307
PE como % de las exportaciones	%	16.9%	29.1%	33.4%	36.9%	39.3%	41.1%	42.4%
PE promedio anual	MM USD	89	220	311	423	535	647	759
Regalía	MM USD	11	17	21	27	32	38	43
IUE	MM USD	50	113	158	211	265	318	372
Surtax	MM USD	13	61	94	135	176	217	257
IRUE	MM USD	16	33	46	60	75	90	104
Total inversión inicial	MM USD	795	795	795	795	795	795	795
Total exportaciones	MM USD	1,271	2,018	2,542	3,177	3,812	4,448	5,083
Exportación promedio anual	MM USD	413	655	825	1,031	1,238	1,444	1,650

Nota. Datos elaborados por los autores.

*Escenario base.

Como corolario, se puede destacar que a partir de un precio de USD 25.000 por tonelada, el pago por Surtax es equivalente a un impuesto adicional de entre 13% y 15% sobre la utilidad del operador. En este sentido, si una nueva normativa legal incluyera al litio dentro el alcance de la alícuota adicional del 12,5% establecida por la Ley 3787, los resultados en términos de recaudación serían ligeramente inferiores a los obtenidos hipotéticamente con el Surtax (12,5% de la Ley vs 13% y 15% del Surtax).³²

MODELO MACRO-MICRO

La evaluación macroeconómica del proyecto futuro de exportación de carbonato de litio detallado en la sección previa se realizará con un modelo del tipo macro-micro³³. Los modelos de este tipo utilizan la información de las cuentas nacionales (PIB, exportaciones, importaciones, etc.) y la de las encuestas de hogares. En este caso se empleó la encuesta de hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) el año 2021 y los datos macroeconómicos publicados por el Banco Central de Bolivia, el Ministerio de Economía y Finanzas y el Instituto Nacional de Estadísticas.

Las principales características del modelo utilizado fueron desarrolladas por los autores, a menos que se indique lo contrario:³⁴

- 1) La economía se divide en nueve sectores económicos: a) agrícola no industrial; b) agrícola industrial; c) minero; d) hidrocarburos; e) manufacturas; f) construcción; g) comercio y h) gobierno.
- 2) Los datos de empleo (número de trabajadores, salarios, sector formal, sector informal, etc.) se obtuvieron de las encuestas de hogares en el período 2015-2021.
- 3) La información del stock de capital inicial se obtuvo de Cupé Clemente et al. (s.f.) y, luego, esta fue actualizada con los datos de inversión pública, inversión extranjera directa y de la cartera de créditos del sistema financiero nacional.
- 4) Los datos fiscales se obtuvieron de la Memoria de la Economía Boliviana del año 2021. Para la proyección de estos se asumió: a) que el ingreso por IDH y regalías depende del nivel de exportación de hidrocarburos; b) que el ingreso por regalías mineras también depende de las exportaciones de este sector; c) que el gasto del gobierno y la inversión pública está en función del crecimiento promedio pasado; d) que los impuestos generales en el mercado doméstico dependen de la tasa de crecimiento del PIB, y e) que los impuestos a la importación dependen, como es obvio, del valor de las importaciones.
- 5) Uno de los supuestos más importantes del modelo es el financiamiento del déficit del Sector Público No-Financiero (SPNF) a través de un mayor endeudamiento, tanto interno como externo. En este sentido, se asume que el gasto del gobierno se incrementa a una tasa del 6,9% anual, la observada en el pasado, y que la inversión pública crece al 1% anual³⁵, lo que se financia con mayor deuda (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2022).
- 6) También se asume algo relacionado con el punto anterior: que los ingresos adicionales por la

32 También podría estudiarse la posibilidad de incrementar la regalía departamental al 10% (o más) de forma progresiva. Dicha progresividad podría estar en función a la producción y/o de los precios de comercialización del carbonato de litio.

33 Algunos ejemplos se encuentran en Labandeira et al. (2009), Fofana et al. (2009) y Heutel & Fullerton, 2010.

34 Detalles adicionales sobre los supuestos se encontrarán en los anexos de este documento.

35 Pues se observó en el pasado que el ajuste de los gastos totales del Estado se dio por disminuciones en la inversión pública.

explotación de litio son utilizados para disminuir el déficit del SPNF y, de esta manera, sostener el ritmo del gasto y la inversión del Estado.

- 7) Como información base, se utilizó la Matriz Insumo Producto del año 2014, publicada por el INE. Algunos coeficientes fueron modificados con el fin de calibrar y ajustar el modelo a las nuevas condiciones productivas del país.
- 8) La información y resultados del flujo de caja descritos en la sección previa se añadieron al modelo macro-micro. Esta información solo incluye el proyecto que se desea licitar y no así la actual producción de YLB.
- 9) El período de análisis del modelo macro es 2015-2030; por otra parte, se asume que la inversión para el nuevo proyecto de litio comienza el año 2024 y los primeros volúmenes se producen en 2027.
- 10) Al igual que en la sección previa, los escenarios se basan en distintos niveles del precio de venta del carbonato de litio. Se asume el escenario base con un precio de USD 15.881 por tonelada; luego le siguen tres escenarios más con precios de USD 20.000, USD 30.000 y USD 40.000 por tonelada. Es necesario remarcar que el escenario base se considera el más probable, dados los precios del carbonato de litio observados en la región en los últimos años (ver Figura 5).

Tomando en cuenta los supuestos señalados previamente y utilizando el modelo macro-micro, se obtuvo el impacto de un proyecto de litio sobre la tasa de crecimiento del PIB, la generación de empleo, los ingresos tributarios para el Estado, el impacto sobre el déficit del sector público no financiero, el nivel de exportaciones y el nivel de pobreza de la economía boliviana³⁶. Se midió el cambio en las variables analizadas respecto al valor de estas en una situación sin el proyecto de exportación de carbonato de litio.

La Tabla 9 presenta el incremento del PIB en cada uno de los escenarios de precios. En ella se puede ver que, durante el período de inversión, el impacto sobre el PIB es un crecimiento adicional, respecto a la situación sin proyecto, de 0,6% anual. Naturalmente, cuando la inversión disminuye, también se suaviza el impacto.

Cuando el proyecto alcanza su máxima capacidad productiva, en 2029, el impacto sobre la tasa de crecimiento del PIB se sitúa entre el 0,8% y el 2% adicional. Sin embargo, es necesario remarcar que, con la información disponible hasta el momento, el escenario más probable es el base, que implica un crecimiento adicional cercano al 1% en 2029.

Tabla 9. Incremento de la tasa de crecimiento del PIB

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	%	0,6%	-0,6%	0,0%	0,5%	0,5%	0,8%
2. Escenario USD/t 20,000	%	0,6%	-0,6%	0,0%	0,7%	0,6%	1,0%
3. Escenario USD/t 30,000	%	0,6%	-0,6%	0,0%	1,1%	0,9%	1,5%
4. Escenario USD/t 40,000	%	0,6%	-0,6%	0,0%	1,5%	1,1%	2,0%

Nota. Datos elaborados por los autores.

³⁶ La pobreza se mide contrastando el ingreso de los trabajadores con la línea de la pobreza publicada en cada encuesta de hogares realizada por el INE.

La Tabla 10 presenta el incremento en el empleo formal debido al proyecto del litio. Considerando los escenarios más probables (1 y 2) dicho incremento se sitúa alrededor del 0,15% en 2029. Este aumento se refiere a los empleos indirectos que se crean en la economía boliviana, dado que los empleos directos (es decir la cantidad de trabajadores en la planta) es marginal y podría situarse entre 500 y 600 trabajadores, una cifra pequeña, porque esta industria es intensiva en capital. La Tabla 11 presenta el impacto sobre el empleo informal (trabajadores cuentapropistas) por la acción de un mayor ingreso y más impuestos sobre la demanda agregada. Los resultados son similares a los relativos al empleo formal, es decir, en el escenario más probable, un incremento de 0,15% hacia 2029.

Tabla 10. Incremento del empleo formal

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	MM personas	0,04%	0,00%	0,00%	0,05%	0,08%	0,13%
2. Escenario USD/t 20,000	MM personas	0,04%	0,00%	0,00%	0,06%	0,09%	0,16%
3. Escenario USD/t 30,000	MM personas	0,04%	0,00%	0,00%	0,08%	0,13%	0,23%
4. Escenario USD/t 40,000	MM personas	0,04%	0,00%	0,00%	0,11%	0,17%	0,30%

Nota. Datos elaborados por los autores.

Tabla 11. Incremento del empleo informal

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	%	0,04%	0,00%	0,00%	0,04%	0,07%	0,12%
2. Escenario USD/t 20,000	%	0,04%	0,00%	0,00%	0,06%	0,09%	0,16%
3. Escenario USD/t 30,000	%	0,04%	0,00%	0,00%	0,08%	0,14%	0,23%
4. Escenario USD/t 40,000	%	0,04%	0,00%	0,00%	0,11%	0,18%	0,31%

Nota. Datos elaborados por los autores.

La Tabla 12 presenta el incremento en los ingresos fiscales debido al posible proyecto de explotación de litio en Bolivia. Dichos ingresos incluyen la regalía del 2,5%, el Impuesto sobre las Utilidades, el Impuesto a la Remisión de Utilidades al Exterior y la Alícuota Adicional a las Utilidades Extraordinarias, coloquialmente denominado "Surtax". Como ya se mencionó, se asume que este sigue vigente y es equivalente a la alícuota adicional del 12,5% sobre las utilidades que establece la Ley 3787 (aunque esta no contempla el litio).

Se observa que, en los escenarios más probables (1 y 2), los ingresos para el Estado en 2029 se incrementan entre 2% y 3% en el mediano plazo. En los escenarios de precios menos probables, podrían situarse entre 5% y 7%. Gran parte de estos ingresos (más del 90%) provienen de los impuestos sobre las utilidades. Por tanto, dependerán del desempeño del servicio de Impuestos Nacionales el maximizar la participación estatal en el proyecto.

Tabla 12. Incremento en los ingresos del Estado (%)

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	%	0,2%	0,1%	0,1%	0,4%	1,0%	2,2%
2. Escenario USD/t 20,000	%	0,2%	0,1%	0,1%	0,6%	1,4%	3,2%
3. Escenario USD/t 30,000	%	0,2%	0,1%	0,1%	1,0%	2,4%	5,1%
4. Escenario USD/t 40,000	%	0,2%	0,1%	0,1%	1,5%	3,5%	7,2%

Nota. Datos elaborados por los autores.

Como ya se anotó, uno de los supuestos más importantes dentro las condiciones de cierre del modelo es que el financiamiento del gasto y la inversión pública se realiza con mayor endeudamiento, tanto interno como externo. En el modelo se asume que los ingresos adicionales por la explotación de litio se utilizan para disminuir la presión sobre la deuda pública. De acuerdo con los supuestos y resultados del modelo, el déficit del SPNF en 2030 podría sobrepasar el 15% del PIB. En la Tabla 13 se muestra que, dentro los escenarios más probables, este proyecto podría colaborar a disminuir el déficit entre 0,6% y 0,9% del PIB a mediano plazo; potencialmente, podría llegar al 2,1%. Si bien estos resultados son positivos, sin embargo, no son suficientes para eliminar completamente el déficit que, dados los supuestos del modelo, se anticipa en el corto y el mediano plazo.

Tabla 13. Disminución del déficit del SPNF (% del PIB)

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,6%
2. Escenario USD/t 20,000	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,9%
3. Escenario USD/t 30,000	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,7%	1,5%
4. Escenario USD/t 40,000	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	1,1%	2,1%

Nota. Datos elaborados por los autores.

La Tabla 14 presenta el incremento proyectado de las exportaciones. En los escenarios más probables, dicho incremento oscila entre los USD 715 millones (5,5% de las exportaciones de 2029) y USD 900 millones (12,8% de las exportaciones de 2029). Y podría llegar a más de USD 1.800 millones³⁷.

Tabla 14. Incremento de las exportaciones

Escenario	Unidad	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1. Escenario base USD/t 15,881	MM USD	-	-	-	199	397	715
2. Escenario USD/t 20,000	MM USD	-	-	-	250	500	900
3. Escenario USD/t 30,000	MM USD	-	-	-	375	750	1.350
4. Escenario USD/t 40,000	MM USD	-	-	-	500	1.000	1.800

Nota. Datos elaborados por los autores.

³⁷ Los resultados encontrados difieren de los de algunas publicaciones estatales porque en este documento se supone un nivel de producción de 50.000 toneladas y no de 100.000 toneladas por año, como en aquellas.

Los aumentos en las exportaciones son compatibles con los observados en Argentina y Chile (ver Tabla 15). Solamente las exportaciones de Chile en 2022 y 2023 sobrepasan los mil millones de dólares americanos y esto se debe a que el volumen exportado fue de 198.610 y 138.005 toneladas, respectivamente.

Tabla 15. Exportaciones de carbonato de litio de Argentina y Chile

Año	Argentina		Chile	
	Volumen exportado (t)	Valor exportación (MM USD)	Volumen exportado* (t)	Valor exportación (MM USD)
2015	13.799	64	49.611	245
2016	23.152	156	65.163	474
2017	26.457	199	65.276	686
2018	29.168	255	71.831	950
2019	27.333	166	81.960	816
2020	26.444	117	97.697	633
2021	27.471	185	134.061	885
2022	29.764	665	198.610	8.094
2023	39.525	805	138.005	4.319

Nota. La información sobre Argentina proviene del Instituto Nacional de Estadística y Censos – República Argentina (s.f.). La información sobre Chile en 2015 y 2016 proviene de Banco Central de Chile (2017). La del año 2017, de Banco Central de Chile (2018), la del 2018 de Banco Central de Chile (2019), la de 2019 de Banco Central de Chile (2020), la de 2020 de Banco Central de Chile (2023), la de 2021 de Banco Central de Chile (2022) y la de 2022 y 2023 de Banco Central de Chile (2023). La información regional (Norteamérica, noreste de Asia, Europa y Sudamérica) proviene de Mike (s. f.) *El dato de 2023 para Chile es hasta el tercer trimestre.

Finalmente, la Tabla 15 presenta la disminución de la pobreza causada por el proyecto. Se observa que el impacto es marginal. Este resultado se desprende del supuesto de que el aumento de los ingresos del Estado se utiliza para disminuir el déficit fiscal y mantener el nivel de gasto e inversión públicos.

A diferencia de lo que ocurrió con el gas natural, cuyos ingresos sí tuvieron un impacto multiplicador importante, pues los ingresos fiscales fueron coparticipados por las regiones y varias instituciones, gran parte de los ingresos por la exportación de carbonato de litio pertenecerían al gobierno central: a través del Tesoro General del Estado.

Tabla 16. Disminución de la pobreza

Escenario	Unidad	2024
1. Escenario base USD/t 15,881	%	-0.004%
2. Escenario USD/t 20,000	%	-0.004%
3. Escenario USD/t 30,000	%	-0.004%
4. Escenario USD/t 40,000	%	-0.004%

Nota. Datos elaborados por los autores.

La conclusión de esta sección es que el mayor impacto de un posible proyecto de exportación de carbonato de litio futuro se daría sobre el incremento en las exportaciones totales. El impacto sobre el empleo y la disminución de la pobreza es menor, debido, sobre todo, a que el 69% de los ingresos tributarios serían absorbidos por el Tesoro General de la Nación (en la forma de impuestos sobre las utilidades). Por ello, el efecto multiplicador sobre la economía boliviana sería menor al observado en el caso del gas natural. Es decir, mientras que en este caso el 80% de los ingresos se coparticipó con los gobiernos regionales y subregionales, en el proyecto de litio el 69%³⁸ de los ingresos sería administrado por el Tesoro General del Estado.

38 El 92% de los ingresos totales del Estado proviene de los impuestos sobre las utilidades. Dado que el 25% de dichos ingresos, de acuerdo con la ley, se coparticipan, entonces queda un remanente de 75% para el Tesoro General de la Nación. Y el 75% del 92% es igual a 69%.

ANÁLISIS COMPARATIVO CON LA EXPORTACIÓN DE GAS NATURAL

La posibilidad de que Bolivia tenga un proyecto de explotación y procesamiento de litio genera expectativas positivas sobre el impacto de este sobre la economía, tomando en cuenta lo sucedido con las exportaciones de gas natural en el pasado. Hasta 2015, estas significaron más de la mitad del crecimiento boliviano (Grebe et al., 2012) y además tuvieron un efecto multiplicador importante, como ya se mencionó.

Para conocer la magnitud del aporte del litio, en esta sección se realiza una comparación de los impactos que encontramos con los que efectivamente tuvo el gas.

La Tabla 17 presenta este análisis comparativo en los aspectos más relevantes de cada industria. Como se sabe, el gas natural genera energía³⁹, mientras que el litio y sus derivados son útiles para almacenarla; por ello, la naturaleza de ambos mercados es distinta.

En el período de mayor auge, con precios y volúmenes elevados, la tasa de crecimiento adicional del PIB por la exportación de gas natural estuvo entre el 2,4% y el 3,4% anuales. En el caso del litio, un proyecto de exportación de 50.000 toneladas por año generaría, en los escenarios más probables, un incremento adicional de la tasa de crecimiento del PIB de entre 0,8% y 1,0% en el mediano plazo. En un escenario de precios optimista, el impacto podría alcanzar al 2,0%.⁴⁰

Tabla 17. Análisis comparativo entre el gas natural y el litio

Variable	Gas natural	Litio
Naturaleza del proyecto	El producto se utiliza para generar energía.	El producto se utiliza para almacenar energía.
Impacto sobre la tasa de crecimiento del PIB	En el período 2011-2015 la exportación de gas natural generó un crecimiento anual adicional del PIB de entre 2,4% y 3,4%.	En los escenarios más probables, el impacto adicional sobre el PIB se sitúa entre 0,8% y 1% a mediano plazo. Se podría alcanzar el 2% en un escenario de precios optimista.
Ingresos para el Estado	En el período 2011-2015, los ingresos adicionales del sector hidrocarburos oscilaron entre USD 2.500 y USD 4.500 millones.	En los escenarios probables, los ingresos adicionales podrían oscilar entre USD 300 y USD 400 millones anuales. En los escenarios menos probables, podrían llegar a USD 721 – USD 1.015 millones.
Composición de los ingresos del Estado	Casi el 80% del total provenía de impuestos a la producción (regalías e IDH).	Más del 90% de la participación del Estado provendría de los impuestos a las utilidades (IUE, IRUE y Surtax).
Exportaciones	En el período 2011-2015, las exportaciones de hidrocarburos oscilaron entre USD 4.000 y USD 6.600 millones anuales.	En los escenarios más probables (1 y 2), las exportaciones adicionales de carbonato de litio podrían estar entre USD 715 y USD 900 millones anuales. Se podría alcanzar, en escenarios de precios menos probables, USD 1.350 – USD 1.800 millones.

Nota. La información acerca del impacto del gas natural sobre la tasa de crecimiento del PIB es de Grebe et al. (2012). La información restante fue recopilada y construida por los autores.

En el período 2011-2015, los ingresos adicionales para el Estado boliviano por la exportación de hidrocarburos oscilaron entre USD 2.500 y USD 4.500 millones anuales. Por otra parte, en los escenarios más conservadores, el proyecto de litio podría generar anualmente ingresos fiscales adicionales de

39 El gas natural exportado al Brasil se utilizó en gran proporción para la generación de electricidad.

40 Obviamente, un proyecto de 100.000 toneladas generaría el doble en los resultados que se obtienen en este documento.

entre USD 300 millones y USD 400 millones. En el caso del gas natural, más del 80% de los tributos provino de los impuestos a la producción (regalías e IDH), mientras que, en el litio, más del 90% provendría de los impuestos sobre las utilidades.

Con relación a las exportaciones, las de hidrocarburos en el período 2011-2015 oscilaron entre USD 4.000 y USD 6.600 millones anuales; mientras que en los escenarios conservadores de exportación de carbonato de litio, las exportaciones adicionales estarían entre USD 715 y USD 900 millones por año y, en escenarios optimistas, podrían alcanzar valores de entre USD 1.350 y USD 1.800 millones anuales.

RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones que se desprenden del presente análisis son las siguientes:

- 1) Es necesario aclarar el sistema tributario completo que se aplicará a la producción y comercialización de carbonato de litio, en particular:
 - a. Definir la base de cálculo de la regalía del 2,5%, precio y cantidad. Usualmente la regalía se aplica sobre el recurso natural extraído del subsuelo y no procesado. En el caso del litio, es necesario definir si el porcentaje de la regalía se aplicará sobre el valor de la materia prima extraída o sobre el valor del carbonato de litio procesado. En este documento se ha asumido que dicha regalía se aplicará sobre el valor de comercialización del carbonato de litio.
 - b. Establecer si esta industria debe pagar la alícuota adicional a las utilidades extraordinarias (coloquialmente denominado "Surtax") del 25%.
 - c. Definir si las empresas que se dedican a la explotación y comercialización de carbonato de litio serán sujetos pasivos del impuesto adicional del 12,5% establecido por la Ley 3787.
 - d. Definir el mecanismo de acreditación que existirá entre la regalía y el adelanto del impuesto sobre las utilidades.
 - e. Definir los criterios de coparticipación de las regalías al interior del departamento de Potosí.
 - f. Definir si el IVA pagado por las compras internas y la importación de equipos será o no devuelto a la empresa exportadora de carbonato de litio.

Como resultado del análisis numérico realizado con el flujo de caja, se puede destacar que, a partir de un precio de USD 25.000 por tonelada, el pago por Surtax es equivalente a un impuesto adicional de 13%-15% sobre la utilidad del operador. Si una nueva normativa legal incluyera al litio dentro del alcance de la alícuota adicional del 12,5% establecida por la Ley 3787, la recaudación sería ligeramente inferior a la hipotéticamente obtenida con el Surtax (que es de 13% y 15%). Sin embargo, los cálculos de este documento, que se basan en el Surtax, son una buena aproximación al otro caso también.

Por otra parte, también es posible sustituir el Surtax o la posible alícuota adicional con un incremento de la regalía departamental a valores superiores al 10%. Dicha regalía podría ser progresiva, en función a los precios y/o de los volúmenes comercializados de carbonato de litio.

- 2) Dado que esta industria es intensiva en capital y la mayor parte de la producción se destina al mercado externo, el principal vínculo de esta actividad con el resto de la economía se da a través de los mecanismos tributarios. Por ello, para alcanzar un máximo beneficio social es deseable que estos recursos sean administrados de forma planificada, en lo posible priorizando proyectos de salud y educación. Como se vio en el análisis numérico realizado en este documento, si la mayor cantidad de estos tributos se destinan a cubrir el déficit del sector público no financiero, en especial, el déficit del Tesoro General del Estado, entonces el impacto sobre el empleo y la disminución de la pobreza sería marginal.

- 3) Dado que el carbonato de litio es un insumo importante para la fabricación de baterías y que, por otra parte, las plantas de procesamiento son pocas en el mundo y, por tanto, no existe un mercado competitivo sino un oligopsonio⁴¹, entonces es necesario crear mecanismos que eviten la transferencia de precios en el pago de regalías e impuestos. Una transferencia de precios se presenta cuando una empresa productora vende materia prima a precios muy bajos a una empresa procesadora porque ambas pertenecen a un mismo holding. En este caso, la empresa productora tiende a fijar el precio más bajo posible, para que el holding en su conjunto obtenga mayores utilidades.
- 4) Esta industria debe convivir necesariamente con el turismo en el departamento de Potosí, en particular, con el que está relacionado con el salar de Uyuni. Por este motivo, se debería tener los siguientes cuidados:
 - a. Exigir que parte de la inversión de la empresa se destine a cuidar el paisaje (*landscape*) de la región.
 - b. Evitar concesionar a cooperativas nacionales la explotación en el salar de Uyuni, dado que la experiencia con este sector muestra que tienden a pagar menores impuestos y en general, no tienen cuidado con el medio ambiente.
 - c. Parte de los recursos que recibirán los gobiernos regional y nacional por el litio debería financiar proyectos que mejoren la oferta turística del salar de Uyuni, ya sea otorgando mejores servicios o con proyectos de infraestructura, por ejemplo, con la construcción de un aeropuerto internacional en Uyuni.
 - d. Definir claramente las zonas dentro el salar donde la actividad de explotación y obtención de carbonato de litio estará prohibida con el objetivo de preservar la actividad turística de la región.
- 5) Como corolario, se puede sugerir que el servicio de Impuestos Nacionales fiscalice apropiadamente la actividad de YLB, ya que los principales instrumentos tributarios para aprovechar el litio serán los impuestos sobre las utilidades y no la regalía del 2,5%.

REFLEXIONES FINALES

Algunas reflexiones que surgen de la revisión bibliográfica y los resultados numéricos de este documento son:

- 1) Se pueden identificar al menos dos escenarios en los cuales la geopolítica podría impactar en el mercado del litio, ya sea en el corto o en el mediano plazo:
 - a. El primer escenario está relacionado con la tensión que surge entre países productores y consumidores de litio. En este caso, la principal preocupación de los países consumidores es la concentración de la producción de minerales útiles para la transición energética (entre los que se encuentra el litio) en pocos países. Por ejemplo, más del 90% de la producción del litio en el año 2022 estuvo concentrada en cuatro países.
 - b. Un segundo escenario se presenta al interior de los países productores de litio, sobre todo, aquellos en América del Sur (Argentina, Bolivia y Chile). En este escenario, surgen posibilidades de integración y cooperación para alcanzar equilibrios estables en la producción y suministro de carbonato de litio para la fabricación, entre otros, de baterías.

⁴¹ El oligopsonio es una situación de mercado donde existe un mercado con un número muy pequeño de demandantes frente a una gran cantidad de oferentes. Por tanto, los demandantes tienen el poder de fijar precios (Ochoa, 2022).

- 2) La extracción y el procesamiento de ciertos minerales críticos (cobre, níquel, cobalto y litio entre los más importantes) está muy concentrada geográficamente⁴², creando de esta forma un riesgo para la seguridad del suministro, es decir, que la oferta de carbonato de litio acompañe a la creciente demanda por éste. Para mitigar dicho riesgo, menciona la IEA (2023a), es necesario que los gobiernos y la industria establezcan una red diversificada de relaciones internacionales entre productores y consumidores, y al mismo tiempo se trate de garantizar que la oferta se incremente lo suficientemente rápido para satisfacer la creciente demanda.
- 3) La evaluación de impacto se realiza a través de dos instrumentos cuantitativos; i) El análisis del flujo de caja del proyecto en sí mismo y; ii) El impacto sobre la economía boliviana de dicho proyecto, utilizando para ello un modelo macroeconómico que incorpora información microeconómica. La siguiente Tabla presenta el resumen del análisis de sensibilidad del flujo de caja realizado con distintos precios de comercialización del carbonato de litio situados en un rango de precios entre USD 10.000 y USD 40.000 por tonelada. Con base en los resultados obtenidos se pueden realizar los siguientes comentarios:
- A medida que sube el precio del carbonato de litio, como cabría esperar, los indicadores financieros del operador se incrementan. De hecho, si el precio alcanza los USD 35.000 por tonelada, la TIR cubre el riesgo país que tiene Bolivia hoy en día; respecto del escenario base el VAN del operador se incrementa en 12.9 veces; la recaudación por regalía se incrementa en 2.2 veces, la recaudación por IUE en 2.9, la recaudación por Surtax en 3.9 y la recaudación por IRUE en 2.8; lo que implica que la participación del Estado (PE) en la utilidad de la operación, total se incrementa en 3.1 veces.
 - La recaudación promedio anual del total de la PE se sitúa entre USD 89 millones⁴³ y USD 759 millones⁴⁴. Esta varianza implica que los proyectos que sean financiados con estos recursos deben planificarse cuidadosamente, dado que una caída en los precios de comercialización podría afectar dicho financiamiento.
 - El valor promedio de las exportaciones anuales oscila entre USD 413 millones y USD 1.650 millones. Aún en los escenarios más optimistas, estas cifras se encuentran por debajo de aquellas que alcanzó la exportación de gas natural.
 - La PE, como porcentaje de las exportaciones totales, oscila entre el 16,9% y 42,4%, donde el mayor instrumento fiscal de recaudación es el IUE.

Análisis de sensibilidad con relación al precio de venta – Nuevo Proyecto Litio de 50,000 t

Concepto	Unidad	Precio de venta del carbonato de litio (USD/t)						
		10,000	15,881*	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000
Datos del operador								
VAN	MM USD	-274	100	362	675	983	1,291	1,599
TIR	%	12.4%	22.2%	27.6%	33.2%	38.0%	42.4%	46.3%
PE (valor presente 25 años)		214	587	849	1,171	1,499	1,826	2,153
Regalía	MM USD	32	50	64	79	95	111	127
IUE	MM USD	123	309	440	599	758	917	1,075
Surtax	MM USD	20	135	216	318	427	535	644

⁴² Gran parte de la producción de litio está concentrada en Australia, Argentina, Chile y China (U.S. Geological Survey, 2023).

⁴³ Cuando el precio es USD 10.000 por tonelada.

⁴⁴ Cuando el precio es USD 40.000 por tonelada.

IRUE	MM USD	40	93	130	175	219	263	307
PE como % de las exportaciones	%	16.9%	29.1%	33.4%	36.9%	39.3%	41.1%	42.4%
PE promedio anual	MM USD	89	220	311	423	535	647	759
Regalía	MM USD	11	17	21	27	32	38	43
IUE	MM USD	50	113	158	211	265	318	372
Surtax	MM USD	13	61	94	135	176	217	257
IRUE	MM USD	16	33	46	60	75	90	104
Total inversión inicial	MM USD	795	795	795	795	795	795	795
Total exportaciones	MM USD	1,271	2,018	2,542	3,177	3,812	4,448	5,083
Exportación promedio anual	MM USD	413	655	825	1,031	1,238	1,444	1,650

Nota. Datos elaborados por los autores.

*Escenario base. Nota. Datos recopilados por el autor.

Escenario base.

- 4) Los resultados del segundo instrumento cuantitativo son: 1) Durante el período de inversión, el impacto sobre el PIB es un crecimiento adicional (respecto del escenario sin proyecto) del 0.6%; cuando el proyecto alcanza la máxima capacidad productiva (año 2029) el impacto sobre el PIB se sitúa entre el 0.8% y 2.0% adicional; sin embargo, el escenario más probable es un crecimiento adicional cercano al 1%. 2) El empleo adicional, tanto formal como informal, se incrementaría en 0.15%. 3) Los ingresos para el estado se incrementan entre 2% y 3%; en los escenarios de precios menos probables, podrían situarse entre 5% y 7%. 4) Este proyecto podría colaborar a disminuir el déficit entre 0.6% y 0.9% del PIB y potencialmente podría llegar al 2.1%.
- 5) 5) El posible incremento en las exportaciones oscila entre los USD 715 y USD 900 millones y potencialmente podría llegar a más de USD 1.800 millones. 6) Finalmente la disminución en la pobreza debido a este proyecto es marginal.

La conclusión de los resultados encontrados en esta sección es que el mayor impacto de un posible proyecto de exportación de carbonato de litio futuro se da con el incremento en las exportaciones totales. El impacto sobre el empleo y disminución de la pobreza es menor debido, sobre todo, a que el 69% de los ingresos tributarios son absorbidos por el Tesoro General de la Nación (en la forma de impuestos sobre las utilidades) por ello, el efecto multiplicador sobre la economía boliviana es menor al observado en el caso del gas natural. Es decir, mientras que en el caso del gas natural el 80% de los ingresos del Estado era coparticipado a gobiernos regionales y subregionales; en el caso del litio el 69% de los ingresos serán administrados por el Tesoro General de la Nación.

Si bien un posible proyecto de explotación de carbonato de litio de 50,000 toneladas por año tiene un impacto positivo en la economía boliviana, este impacto se encuentra muy por debajo del impacto que tuvo la explotación y comercialización de gas natural en el pasado⁴⁵.

El análisis comparativo entre el impacto económico de la explotación y de la comercialización del litio y del gas se presenta en la siguiente Tabla. En principio es útil señalar que el gas natural es un producto que sirve para generar energía; mientras que el litio y sus derivados son útiles en la fabricación de baterías para almacenar energía; por ello, la naturaleza de ambos mercados es distinta. En el período de mayor auge de la exportación de gas natural (con precios y volúmenes elevados) la tasa de crecimiento adicional del PIB estuvo entre el 2.4% - 3.4%. En el caso del litio, un proyecto de exportación de 50.000

45 Siempre y cuando el marco legal y los arreglos institucionales presentes al momento de elaborar este documento sigan vigentes en el corto y mediano plazo.

toneladas por año generaría (en los escenarios más probables) un incremento adicional de la tasa de crecimiento del PIB entre 0,8% y 1,0%; bajo un escenario de precios optimista, este impacto podría alcanzar el 2,0%.

También en el período 2011 – 2015, los ingresos adicionales para el estado boliviano, debido a la exportación de hidrocarburos, oscilaron entre USD 2.500 millones y USD 4.500 millones. Por otra parte, en los escenarios más conservadores, el proyecto de litio podría generar ingresos fiscales adicionales entre USD 300 millones y USD 400 millones. Más aún, en el caso del gas natural, más del 80% de los tributos provenía de los impuestos a la producción (regalías e IDH); mientras que en el caso del litio, más del 90% provendría de los impuestos sobre las utilidades.

Con relación a las exportaciones de hidrocarburos, en el período 2011 – 2015 estas oscilaron entre USD 4.000 millones y USD 6.600 millones; mientras que en los escenarios conservadores de exportación de carbonato de litio, las exportaciones adicionales estarían entre USD 715 millones y USD 900 millones; pudiendo alcanzar (en escenarios optimistas) valores entre USD 1.350 millones y USD 1.800 millones

Análisis comparativo entre el gas natural y el litio

Variable	Gas Natural	Litio
Naturaleza del proyecto	El producto se utiliza para generar energía.	El producto se utiliza para almacenar energía
Impacto sobre el PIB	En el período 2011 – 2015 la exportación de gas natural generó un crecimiento adicional del PIB entre el 2,4% y 3,4%. ⁴⁶	En los escenarios más probables el impacto adicional sobre el PIB se sitúa entre 0,8% y 1,0%. Pudiendo alcanzar el 2% en un escenario de precios optimista.
Ingresos para el Estado	En el período 2011 – 2015 los ingresos adicionales del sector hidrocarburos oscilaron entre USD 2.500 y USD 4.500 millones.	En los escenarios probables, los ingresos adicionales podrían oscilar entre USD 300 y USD 400 millones. En los escenarios menos probables podrían llegar a USD 721 y USD 1.015 millones.
Composición de los ingresos del Estado	Casi el 80% del total provenía de impuestos a la producción (regalías e IDH).	Más del 90% de la participación del Estado proviene de los impuestos a las utilidades (IUE, IRUE y Surtax).
Exportaciones	En el período 2011-2015 las exportaciones de hidrocarburos oscilaron entre USD 4.000 y USD 6.600 millones anuales.	En los escenarios más probables (1 y 2) las exportaciones adicionales de carbonato de litio podrían estar entre USD 715 y USD 900 millones. Pudiendo alcanzar (en escenarios de precios menos probables) los USD 1,350 y USD 1.800 millones

Nota. La información acerca del impacto del gas natural sobre la tasa de crecimiento del PIB es de "Los ciclos recientes en la economía boliviana: Una interpretación del desempeño económico e institucional (1989-2009)", por Grebe et al., 2012, Instituto PRISMA. La información restante fue recopilada por el autor.

El presente documento no intenta pronosticar el futuro con relación a un posible proyecto de exportación de carbonato de litio. El objetivo central es otorgar elementos adicionales de análisis que ayuden a focalizar la discusión actual sobre la explotación y explotación de este recurso natural no renovable. En síntesis, lo que se desea es llamar la atención sobre aquellas variables económicas y arreglos institucionales que podrían mejorarse y de esta manera, lograr maximizar el impacto positivo que este posible proyecto genere en el futuro.

⁴⁶ La fuente de información es Grebe et al. (2012).

BIBLIOGRAFÍA

- Agusdinata, D. B., Liu, W., Eakin, H., & Romero, H. (2018). Socio-environmental impacts of lithium mineral extraction: Towards a research agenda. *Environmental Research Letters*, 13(12), 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae9b1>
- Álvarez, J. P. (2023, diciembre 4). *Bolivia y Ecuador ya tienen más riesgo país que Argentina*. Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/2023/12/04/bolivia-y-ecuador-ya-tienen-mas-riesgo-pais-que-argentina/>
- Azócar Duarte, R. (2022). La instalación de la minería de litio en el Salar de Atacama y su relación inicial con las comunidades atacameñas: Obreros, campamentos y asistencialismo (Chile, 1962-1998). *Estudios Atacameños (En línea)*, 68, e4887.
- Banco Central Chile. (2017a). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2016*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/bcch_archivo_171318_es.pdf/35d7cc5c-38ef-2f0a-5892-c60ddd8bfb01?t=1696355115680
- Banco Central Chile. (2017b). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2017*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. <https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/iceIV2017.pdf/1e490a2d-07b9-acf2-3a83-a0f823e4f01d?t=1695831851303>
- Banco Central Chile. (2018). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2018*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/ice_IV_2018.pdf/3397f02d-26de-00f1-2c42-849c2aff35ca?t=1695906420346
- Banco Central Chile. (2019). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2019*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/ICE_IV_2019.pdf/78e65207-e6ea-b921-0af2-6c6d011beb6d?t=1695837123406
- Banco Central Chile. (2020). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2020*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/ICE_cuarto_trimestre_2020.pdf/f9889559-c43b-cd5a-5e9d-d29aebd65f92?t=1695896943003
- Banco Central Chile. (2021). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2021*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/3409132/ICE_cuarto_trimestre_2021.pdf/7da75032-35b3-94e3-5fc2-e7872ea63e91?t=1695724766086
- Banco Central Chile. (2023a). *Indicadores de Comercio Exterior—Cuarto Trimestre 2022*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/133362/ICE_2022_IV.pdf/8c7bcd20-33e4-12c3-7930-ea183a3d1b1e?t=1695675034103
- Banco Central Chile. (2023b). *Indicadores de Comercio Exterior—Tercer trimestre 2023*. Gerencia de División Asuntos Institucionales. https://www.bcentral.cl/documents/33528/4981985/ICE_III_2023.pdf/6c9535cc-6dda-108c-0113-950ff141df7d?t=1700675627063
- Boer, L., Pescatori, A., & Stuermer, M. (2023). Energy Transition Metals: Bottleneck for Net-Zero Emissions? *Journal of the European Economic Association*. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvad039>

- Carrasco Luna, A. (2022). Capítulo 7 El carácter estratégico del litio latinoamericano para las megapotencias globales: El caso chileno desde el temprano interés estadounidense hasta la irrupción china. En F. Estenssoro & J. P. V. Bustamante, *La geopolítica ambiental de Estados Unidos y sus aliados del norte global: Implicancias para América Latina*. CLACSO. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2v88ff9>
- Constitución Política del Estado (2009). https://www.minedu.gob.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=1525:constitucion-politica-del-estado&catid=233&Itemid=933
- Cupé Clemente, E., Escóbar Llanos, J., Mariscal Ayaviri, M., & Rojas Farfán, F. (s. f.). Estimación del acervo de capital físico en Bolivia: 1988-1992. *Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas, Revista de Análisis Económico*, 13. https://www.udape.gob.bo/portales_html/analisisEconomico/analisis/vol13/art07.pdf
- Damodaran, A. (2024). *Total Betas by Sector (for computing private company costs of equity)—US*. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/totalbeta.html
- Evans, C., Santoro, M., & Stuermer, M. (2023). *A Critical Matter*. IMF, Research & Development. <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2023/12/A-critical-matter-Evans-Santora-STUERMER>
- Fiscal Data. (2024). *Average Interest Rates on U.S. Treasury Securities*. <https://fiscaldata.treasury.gov/datasets/average-interest-rates-treasury-securities/>
- Fofana, I., Chitiga, M., & Mabugu, R. (2009). Oil prices and the South African economy: A macro-meso-micro analysis. *Energy Policy*, 37(12), 5509-5518.
- Grebe, H., Medinaceli, M., Ortiz, R. F., & Carranza, C. H. de M. (2012). *Los ciclos recientes en la economía boliviana: Una interpretación del desempeño económico e institucional (1989-2009)*. Insituto PRISMA.
- Guru Focus. (2023). *SQM (Sociedad Química Y Minera De Chile) ROE %*. <https://www.gurufocus.com/term/ROE/SQM/ROE-Percentage/SQM>
- Heutel, G., & Fullerton, D. (2010). Analytical General Equilibrium Effects of Energy Policy on Output and Factor Prices. *ECON Publications*, 3. https://scholarworks.gsu.edu/econ_facpub/3
- INDEC. (s. f.). *Instituto Nacional de Estadística y Censos—República Argentina*. Consultas del Comercio Exterior de Bienes. https://comex.indec.gob.ar/?_ga=2.204583570.325317055.1707725777-302105055.1707725777#/
- Instituto Nacional de Estadística. (2022). *Encuesta de hogares 2021, EH 2021*. <https://anda.ine.gob.bo/index.php/catalog/93>
- International Energy Agency. (2022). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* (World Energy Outlook Special Report). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
- International Energy Agency. (2023a). *Critical Minerals Market Review 2023*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9cdf8f39-en>

- International Energy Agency. (2023b). *World Energy Outlook 2023 – Analysis*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Kazimierski, M., Argento, M., Gamba, M., Puente, F., Romeo, G., Santos, E., Slipak, A., Urrutia, S., & Zicari, J. (2019). Transición energética, principios y retos: La necesidad de almacenar energía y el potencial de la batería ion-litio. En B. Fornillo (Ed.), *Litio en Sudamérica: Geopolítica, energía y territorios* (pp. 25-50). CLACSO. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvtwx25t.5>
- Labandeira, X., Labeaga, J., & Rodriguez, M. (2009). An integrated economic and distributional analysis of energy policies. *Energy Policy*, 37(12), 5776-5786. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.041>.
- Ley N° 535 de 28 de mayo de 2014: Ley de minería y metalurgia (2023). <https://mineria.gob.bo/juridica/20140528-13-6-11.pdf>
- Ley N° 928: ley de 27 de abril de 2017 (2017). https://www.ylb.gob.bo/resources/normativa_legal/04_ley_928.2017.pdf
- Ley N° 3787: ley de 24 de noviembre de 2007 (2007). <https://mineria.gob.bo/juridica/20071124-16-54-1.pdf>
- Ley N° 843 - Ley de 20 de mayo de 1986, Pub. L. No. 843 (1986). <https://mineria.gob.bo/juridica/19860520-9-39-20.pdf>
- Mike. (s. f.). *Lithium carbonate price index*. Business Analytiq. <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/lithium-carbonate-price-index/>
- Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2022). *Memoria de la Economía Boliviana 2021*. Unidad de Análisis y Estudios Fiscales. <https://www.economiayfinanzas.gob.bo/node/7573>
- NU. CEPAL. (2023). *Lithium extraction and industrialization: Opportunities and challenges for Latin America and the Caribbean*. ECLAC. <https://hdl.handle.net/11362/48965>
- Nyangchak, N. (2022). Emerging green industry toward net-zero economy: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 378, 134622. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134622>
- Ochoa, I. (2022, diciembre 30). Oligopsonio. Qué es y estrategias para combatirlo. *Igor Ochoa*. <https://igorochoa.net/2022/12/30/oligopsonio-que-es-y-estrategias-para-combatirlo/>
- Romeo, G., Argento, M., Gamba, M., Kazimierski, M., Puente, F., Santos, E., Slipak, A., Urrutia, S., & Zicari, J. (2019). Riesgo ambiental e incertidumbre en la producción del litio en salares de Argentina, Bolivia y Chile. En B. Fornillo (Ed.), *Litio en Sudamérica* (pp. 223-260). CLACSO. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvtwx25t.10>
- StarTalk (Director). (2016, octubre 26). *Neil deGrasse Tyson: We Went to the Moon & Discovered the Earth*. <https://www.youtube.com/watch?v=pjHpjSpC5m0>
- Torres Obleas, J. E. (1990). *Análisis económico de la participación de Bolivia en el contrato con lithium corporation*. No.232.
- U.S. Energy Information Administration. (2024). *Petroleum & Other Liquids Data*. <https://www.eia.gov/petroleum/data.php>

- U.S. Geological Survey. (2023). *Mineral commodity summaries 2023* (Mineral Commodity Summaries, p. 210). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/mcs2023>
- Viacava, C., & Altamirano Rodriguez, L. (2022). *Proceso de extracción del Litio y recuperación del agua*. Universidad Católica Argentina.
- Werny, M., Reem, Y., Have, I. ten, & Bartels, F. (2023, diciembre 19). *Does lithium have a green future? Building sustainable and resilient supply chains with direct lithium extraction and battery recycling*. Medium. <https://medium.com/extantia-capital/does-lithium-have-a-green-future-69dbd25c469c>
- Yacimiento de Litio Boliviano. (2021). *Memoria institucional 2021*. Ministerio de hidrocarburos y energías, Estado plurinacional de Bolivia, Unidad de Comunicación y Gestión Comunitaria de la Empresa Pública Nacional Estratégica Yacimientos de Litio Bolivianos Corporación. <https://www.ylb.gob.bo/resources/img/Memoria2021YLB.pdf>

ANEXOS

1. Definiciones de recursos y reservas (US. Geological Survey, 2023)

Recurso. Es una concentración de material sólido, líquido o gaseoso de origen natural en o sobre la corteza terrestre que se presenta de tal manera y cantidad, que la extracción económica de un producto de la concentración es actual o potencialmente factible.

Recurso original. La cantidad de un recurso antes de la producción.

Recursos identificados. Recursos cuya ubicación, ley, calidad y cantidad se conocen o se estiman a partir de evidencia geológica específica. Los recursos identificados incluyen componentes económicos, marginalmente económicos y subeconómicos. Para reflejar diversos grados de certeza geológica, estas divisiones económicas pueden subdividirse en recursos medidos, indicados e inferidos.

Demostrados. Término para la suma de los recursos medidos más los indicados.

Medidos. La cantidad se calcula a partir de las dimensiones reveladas en afloramientos, zanjas, trabajos o perforaciones. El grado y/o la calidad se calculan a partir de los resultados de un muestreo detallado. Los sitios para inspección, muestreo y mediciones están espaciados y el carácter geológico está tan bien definido que el tamaño, la forma, la profundidad y el contenido mineral del recurso están bien establecidos.

Indicados. La cantidad, la ley y/o la calidad se calculan a partir de información similar a la utilizada para los recursos medidos, pero los sitios para la inspección, el muestreo y las mediciones están más alejados o están menos espaciados. El grado de seguridad, aunque inferior al de los recursos medidos, es lo suficientemente alto como para suponer continuidad entre los puntos de observación.

Inferidos. Las estimaciones se basan en una continuidad supuesta más allá de los recursos medidos y/o indicados, para los cuales existe evidencia geológica. Los recursos inferidos pueden o no estar respaldados por muestras o mediciones.

Reserva base. Es la parte de un recurso identificado que cumple con criterios físicos y químicos mínimos específicos relacionados con las prácticas mineras y de producción actuales, incluidos aquellos de ley, calidad, espesor y profundidad. La reserva base es el recurso demostrado *in situ* (medido más indicado) a partir del cual se estiman las reservas. Puede abarcar aquella parte de los recursos que tienen un potencial razonable para estar económicamente disponibles dentro de horizontes de planificación más allá de aquellos que suponen tecnología probada y economía actual. La reserva base incluye aquellos recursos que actualmente son económicos (reservas), marginalmente económicos (reservas marginales) y algunos de los que actualmente son subeconómicos (recursos subeconómicos).

Reserva base inferida. Es la parte existente de un recurso identificado a partir de la cual se estiman las reservas inferidas. Las estimaciones cuantitativas se basan, en gran medida, en el conocimiento del carácter geológico de un depósito y del que puede no haber muestras ni mediciones. Las estimaciones se basan en una supuesta continuidad más allá de la base de la reserva, de la cual existe evidencia geológica.

Reserva. Es aquella parte de la reserva base que económicamente podría extraerse o producirse al momento de su determinación. El término "reservas" no significa necesariamente que existan

instalaciones de extracción y que estén operativas. Las reservas incluyen únicamente materiales recuperables; por lo tanto, términos como “reservas extraíbles” y “reservas recuperables” son redundantes y no forman parte de este sistema de clasificación.

Reserva marginal. Es aquella parte de la reserva base que, al momento de su determinación, está en el límite de ser económicamente producible. Su característica esencial es la incertidumbre económica. Se incluyen recursos que serían producibles, dados los cambios postulados en factores económicos o tecnológicos.

Económica. Este término implica que la extracción o producción rentable ha sido establecida, demostrada analíticamente o asumida con certeza razonable, bajo supuestos de inversión definidos.

Recurso subeconómico. Es la parte de los recursos identificados que no cumple con los criterios económicos de reservas y reservas marginales.

Recursos no descubiertos. Recursos cuya existencia sólo se postula y que comprenden depósitos separados de los recursos identificados. Se pueden postular recursos no descubiertos en depósitos de tal grado y ubicación física que los hagan económicos, marginalmente económicos o subeconómicos. Para reflejar diversos grados de certeza geológica, los recursos no descubiertos se pueden dividir en dos partes:

Recurso hipotético. Es un recurso no descubierto que es similar a cuerpos minerales conocidos y del que se puede esperar, razonablemente, exista en el mismo distrito o región productora bajo condiciones geológicas análogas. Si la exploración confirma su existencia y revela suficiente información sobre su calidad, ley y cantidad, es reclasificado como recurso identificado.

Recurso especulativo. Es un recurso no descubierto que puede ocurrir ya sea en depósitos conocidos con ambientes geológicos favorables donde no se han hecho descubrimientos minerales, o en tipos de depósitos aún no reconocidos por su potencial económico. Si la exploración confirma su existencia y revela suficiente información sobre su cantidad, ley y calidad, será reclasificado como recurso identificado.

Recurso o reserva restringida. Es la parte de cualquier categoría de recurso o reserva cuya extracción está restringida por leyes o reglamentos. Por ejemplo, las reservas restringidas cumplen todos los requisitos de las reservas, excepto que su extracción está restringida por leyes o regulaciones.

Otros hechos. Los materiales que sean de ley demasiado baja o que por otras razones no se consideren potencialmente económicos, en el mismo sentido que el recurso definido, podrán ser reconocidos y estimada su magnitud, pero no se clasifican como recursos. El límite es obviamente incierto, pero los límites pueden especificarse en términos de grado, calidad, espesor, profundidad, porcentaje extraíble u otras variables de viabilidad económica.

Producción acumulada. Es la cantidad de producción acumulada pasada no es, por definición, parte del recurso. Sin embargo, es importante conocer lo que se ha producido para comprender los recursos actuales, tanto en términos de la cantidad de producción pasada como de la cantidad de recursos

residuales o que permanecen en el lugar. El material residual que queda en el suelo durante la extracción actual o futura debe registrarse en la categoría de recurso apropiado a su potencial de recuperación económica.

Producción acumulada	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	Demostrados		Inferidos	Rango de probabilidad	
	Medidos	Indicativos		Hipotéticos	Especulativo
Económica	Reservas		Reservas inferidas		
Marginalmente económica	Reservas marginales		Reservas marginales inferidas		
Subeconómica	Recursos subeconómicos demostrados		Recursos subeconómicos inferidos		
Otros hechos	Incluyen materiales no convencionales y de grado bajo				
Producción acumulada	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	Demostrados		Inferidos	Rango de probabilidad	
	Medidos	Indicativos		Hipotéticos	Especulativo
Económica	Reservas Base		Reservas Base Inferidas		
Marginalmente económica					
Subeconómica					
Otros hechos	Incluyen materiales no convencionales y de grado bajo				

2. Precios del carbonato de litio por región (Mike, s. f.)

Región	Norte América	Noreste de Asia	Europa	Sud América
ene-18	13,57	24,22	16,35	6,94
feb-18	13,99	24,61	16,52	7,11
mar-18	14,38	24,83	16,72	7,27
abr-18	14,73	24,14	16,68	7,39
may-18	15,10	23,29	16,58	7,46
jun-18	15,52	22,49	16,42	7,45
jul-18	17,49	20,54	16,05	7,63
ago-18	19,14	18,87	15,58	7,78
sep-18	21,11	19,23	15,44	8,05
oct-18	23,38	17,76	15,14	7,98
nov-18	22,31	17,73	14,92	8,07

Región	Norte América	Noreste de Asia	Europa	Sud América
dic-18	22,84	17,16	14,64	8,04
ene-19	23,00	17,00	14,50	8,00
feb-19	22,16	16,91	14,32	7,82
mar-19	20,74	16,61	14,09	7,52
abr-19	18,52	16,17	13,68	7,03
may-19	16,25	15,79	13,39	6,56
jun-19	14,51	15,25	13,17	6,16
jul-19	14,00	14,50	12,76	5,94
ago-19	13,49	13,76	12,39	5,71
sep-19	12,92	12,78	11,86	5,43
oct-19	12,38	12,68	11,73	5,32
nov-19	12,21	12,17	11,44	5,21
dic-19	12,04	11,51	11,09	5,09
ene-20	12,28	11,50	10,89	5,08
feb-20	12,73	11,41	10,53	5,03
mar-20	12,94	11,28	10,49	4,99
abr-20	12,83	10,68	10,00	4,78
may-20	12,49	10,27	9,66	4,59
jun-20	12,41	9,79	9,47	4,50
jul-20	12,00	9,31	9,22	4,35
ago-20	11,86	9,38	9,14	4,38
sep-20	12,24	9,45	8,91	4,47
oct-20	12,43	9,48	8,77	4,53
nov-20	12,74	9,61	8,65	4,68
dic-20	12,98	10,10	8,62	4,88
ene-21	14,29	11,39	8,62	5,19
feb-21	15,32	12,36	8,49	5,38
mar-21	15,01	13,61	8,36	5,36
abr-21	14,19	14,47	8,64	5,18
may-21	13,37	15,06	9,16	5,01
jun-21	13,40	15,55	9,60	5,03
jul-21	13,02	15,75	9,93	4,96
ago-21	12,74	17,88	10,80	5,22
sep-21	12,65	22,83	12,26	5,86
oct-21	13,04	26,56	13,73	6,32
nov-21	13,88	29,03	15,44	6,85
dic-21	14,82	36,79	17,61	8,13
ene-22	17,18	52,82	23,02	10,84
feb-22	19,94	64,42	29,50	12,59
mar-22	23,69	79,00	36,92	15,28
abr-22	24,96	79,40	38,90	15,73
may-22	25,76	74,71	38,35	15,58
jun-22	27,08	74,15	38,96	15,79
jul-22	29,74	74,12	39,79	16,60
ago-22	32,97	73,53	40,34	17,34
sep-22	36,00	72,34	41,46	17,99

Región	Norte América	Noreste de Asia	Europa	Sud América
oct-22	36,64	73,87	43,19	18,77
nov-22	36,37	77,38	47,33	19,71
dic-22	35,95	78,20	50,32	20,11
ene-23	35,28	75,58	52,57	20,30
feb-23	30,04	68,29	50,56	20,29
mar-23	29,38	53,76	47,25	18,33
abr-23	27,83	40,25	41,77	16,48
may-23	25,88	37,46	36,36	15,06
jun-23	26,25	41,76	35,27	15,51
jul-23	29,32	42,94	35,33	15,28
ago-23	27,88	38,40	33,11	14,28
sep-23	25,61	33,63	31,92	13,20
oct-23	25,77	31,50	31,41	13,03
nov-23	25,75	30,08	29,56	12,93

Fuente: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/lithium-carbonate-price-index/>

3. Proyección de la demanda por carbonato de litio (International Energy Agency, 2023a)

Concepto	2022
Vehículos eléctricos	69,7
Baterías de almacenamiento en red	3,4
Total energías limpias	73,2
Otros usos	57,0
Demanda total	130,2
% de participación de las energías limpias	56,2%

Bajo políticas de estado actuales					
2025	2030	2035	2040	2045	2050
123,0	228,0	325,4	433,2	490,9	465,8
5,7	11,8	20,3	26,9	27,6	24,6
128,7	239,8	345,7	460,1	518,5	490,4
70,0	79,0	87,0	95,0	104,0	113,0
198,7	318,8	432,7	555,1	622,5	603,4
64,8%	75,2%	79,9%	82,9%	83,3%	81,3%

Se cumplen compromisos					
2025	2030	2035	2040	2045	2050
145,3	349,5	671,3	907,1	1.005,7	1.039,5
7,7	18,5	30,5	44,9	47,8	49,7
152,9	368,0	701,7	951,9	1.053,4	1.089,2
74,0	83,0	92,0	101,0	111,0	120,0
226,9	451,0	793,7	1.052,9	1.164,4	1.209,2
67,4%	81,6%	88,4%	90,4%	90,5%	90,1%

Alcanzar net zero					
2025	2030	2035	2040	2045	2050
242,7	591,6	985,4	1.105,6	1.173,0	1.104,0
11,4	36,9	58,3	81,9	85,0	74,5
254,1	628,4	1.043,8	1.187,4	1.257,9	1.178,5
82,0	93,0	103,0	113,0	124,0	135,0
336,1	721,4	1.146,8	1.300,4	1.381,9	1.313,5
75,6%	87,1%	91,0%	91,3%	91,0%	89,7%

4. Supuesto del modelo macro- micro (Instituto Nacional de Estadística, 2022; Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2022; US. Energy Information Administration, 2024)

Las variables exógenas son:

1. El gasto del gobierno
2. La inversión pública
3. La estructura de la inversión pública es la observada el año 2022
4. El tipo de cambio se mantiene fijo en los niveles del año 2023
5. El precio del petróleo WTI para el año 2024 es 77,99 dólares americanos por barril y, para el período 2025-2030 es de 74,96 dólares americanos por barril.
6. La necesidad de financiamiento del sector público no-financiero (SPNF) se cubre 80% con crédito interno y 20% con crédito externo.
7. Los indicadores de pobreza y desigualdad se construyen a partir de la base de datos de empleo, es decir, con personas mayores de 15 años.
8. Para la estimación del empleo, solo se toman en cuenta las personas con edad igual o mayor a 15 años.
9. No se toma en cuenta a las personas que no tenían trabajo y no deseaban tenerlo.

