

OCTUBRE DE 2025

Expandiendo la cadena de valor del litio en Chile

Minería, baterías y reciclaje

EYAL LI, STEFANO SACCO Y GEORG BIEKER



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a sus colegas del ICCT André Cieplinski, Anh Bui, Arijit Sen y Peter Slowik por contribuir al análisis. También a Ramón Balcázar de la Fundación Tanti, Jarod C. Kelly del Argonne National Laboratory y Pablo Busch de la Universidad de California en Davis; a nuestros colegas del CMS, Sebastián Galarza, Marcela Castillo e Ignacio Rivas; y al colega del ICCT Oscar Delgado por la revisión de este informe.

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación ClimateWorks.

International Council on Clean Transportation
1500 K Street NW, Suite 650
Washington, DC 20005

communications@theicct.org | www.theicct.org | [@TheICCT](https://twitter.com/TheICCT)

© 2025 Consejo Internacional de Transporte Limpio (ID 486)

RESUMEN EJECUTIVO

La industria minera del litio en Chile ha crecido hasta abastecer más de una quinta parte de la demanda mundial, al tiempo que proporciona un insumo con menor intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con el litio extraído de fuentes de roca dura en otras regiones. La trayectoria de esta industria resulta esencial tanto para la transición global hacia los vehículos eléctricos de batería (BEV, por sus siglas en inglés) como para las aspiraciones de desarrollo económico sostenible del país.

Este informe analiza el potencial económico de la minería de litio en Chile y estima los ingresos adicionales y la generación de empleo que podrían lograrse si el país desarrollara nuevas etapas de la cadena de suministro para la producción de paquetes de baterías. El estudio también evalúa la intensidad de emisiones de GEI, el consumo de agua y los impactos sociales asociados a la minería de litio y la fabricación de baterías en Chile, así como las oportunidades emergentes en el reciclaje de baterías.

Los resultados de este análisis muestran que:

Se proyecta un fuerte aumento en la demanda de baterías de iones de litio para vehículos eléctricos en Chile. Se estima que la demanda total de baterías para vehículos eléctricos híbridos enchufables y eléctricos de batería aumentará de 0,5 GWh en 2024 a entre 13,0 y 17,8 GWh en 2030, y a entre 27,7 y 38,0 GWh en 2035, dependiendo de cómo evolucione el tamaño promedio de las baterías de los vehículos livianos. Esto implica que la demanda chilena de litio para vehículos pasará de 44 toneladas en 2024 a entre 1,1 y 1,5 kilotoneladas (kt) en 2030, y entre 2,3 y 3,2 kt en 2035.

Se espera un aumento significativo en la capacidad de producción de litio en Chile hacia fines de la década. La capacidad total de producción de litio anunciada en el país aumentaría de 42 kt en 2024 a 64 kt en 2030 y 79 kt en 2035. Para 2030, se estima que el 91% de esta capacidad provendrá de minas ya en operación. En 2024, los ingresos brutos del sector alcanzaron aproximadamente US\$2.700 millones. Dependiendo de los precios de las materias primas y de la ejecución efectiva de los proyectos mineros anunciados, se proyecta que los ingresos por exportación de litio alcanzarán los US\$7.300 millones en 2030 y US\$8.900 millones en 2035, equivalente al 2,2% y 2,7% del PIB chileno de 2024, respectivamente.

La expansión de las actuales capacidades de extracción y refinación de litio de Chile hacia la producción de cátodos puede ofrecer un considerable potencial de ingresos y empleo. Se proyecta que, para 2025, casi todo el litio extraído en Chile será refinado a nivel nacional. Tan solo la producción de material cátodico podría generar hasta US\$1.100 millones en ingresos anuales en 2030 y US\$2.200 millones en 2035, al satisfacer la demanda de baterías de fosfato de hierro y litio (LFP, por sus siglas en inglés) para vehículos en el mercado latinoamericano. Esto generaría aproximadamente 1,9 veces los ingresos anuales que se obtendrían por la exportación de la cantidad equivalente de carbonato de litio en ambos años. Adicionalmente, el desarrollo nacional de la producción de material para cátodos de LFP podría crear entre 900 y 1.700 puestos de trabajo en 2030, y entre 2.100 y 3.700 en 2035.

La producción local de celdas de batería puede generar ingresos y empleos adicionales. El desarrollo de cada etapa de la cadena de valor necesaria para satisfacer la demanda proyectada de baterías LFP para vehículos en América Latina podría

generar hasta US\$6.100 millones para 2030 y US\$12.300 millones para 2035, lo que corresponde al 1,8 % y 3,7 % del PIB de Chile de 2024, respectivamente. Esto también podría llevar a la creación de entre 8.600 y 15.000 empleos directos en la cadena de valor de las baterías para 2030, y entre 19.000 y 32.600 empleos para 2035.

Las baterías producidas en Chile tendrían una menor intensidad de emisiones de GEI en su ciclo de vida, en comparación con otras regiones productoras de baterías. Se estima que las emisiones de GEI provenientes de la producción de carbonato de litio a partir de la salmuera chilena son un 86 % inferiores a las de la producción a partir de mineral en Australia, principal productor mundial de litio hoy en día, y un 67 % menores que las del carbonato de litio producido en Estados Unidos. Debido a la baja intensidad de emisiones de GEI del litio de salmuera chileno y a la proporción comparativamente alta de energías renovables en la matriz eléctrica del país, se estima que la intensidad de emisión promedio de la producción de baterías LFP en Chile podría ser un 35 % menor que el promedio en China, un 16 % menor que en Estados Unidos y un 9 % menor que en Europa.

La industria minera del litio ha perturbado a las comunidades y ha elevado el costo de vida en las regiones mineras, y la expansión de la actividad minera podría representar riesgos ambientales para los ecosistemas locales. El consumo de agua de la minería de litio a partir de salmueras en Chile es similar al de la minería de yacimientos de espodumena de otras regiones, pero es un motivo de mayor preocupación dada la aridez de los ecosistemas desérticos en donde se encuentran los salares. Sin embargo, la interconexión entre la extracción de salmuera y el agotamiento del agua dulce no se comprende en su totalidad, por lo que se requieren más estudios para entender el impacto a largo plazo de la producción de litio en los ecosistemas locales. El consumo de agua dulce podría mitigarse parcialmente con mejoras tecnológicas en las minas de litio. Adicionalmente, hasta ahora el gobierno no ha involucrado de manera sistemática a las comunidades locales en las fases iniciales de los procesos de consulta de los proyectos mineros. Las mejores prácticas internacionales sobre requisitos de debida diligencia y participación comunitaria podrían servir como modelos de gobernanza para que el gobierno chileno mitigue los impactos sociales y económicos de la industria minera del litio.

El establecimiento de una infraestructura eficiente para la recolección y el reciclaje de baterías en Chile permitiría la recuperación de minerales valiosos y la creación de nuevos empleos. Se estima que en 2040 se retirarán del mercado chileno entre 0,5 y 1,2 GWh en baterías de vehículos, cifra que aumentará a un rango de 6,0 a 15,1 GWh en 2050. Para procesar este volumen de baterías, en 2050 se deberían crear entre 114 y 317 puestos de trabajo en la industria del reciclaje.

Adicionalmente, este análisis sugiere que la implementación de diversas políticas podría acelerar la adopción de BEV y aumentar los beneficios de la cadena de valor del litio y las baterías en Chile. Construyendo sobre los objetivos de electrificación ya adoptados, el gobierno chileno podría considerar la implementación de regulaciones que exijan un aumento en las ventas de BEV en todos los segmentos de vehículos. Esto proporcionaría certeza regulatoria a fabricantes de automóviles, consumidores y proveedores de infraestructura de carga, lo que a su vez estimularía la inversión en el suministro de BEV. Como beneficio adicional, fortalecería la industria nacional del litio y baterías.

Para ampliar la cadena de valor nacional del litio, el gobierno podría implementar incentivos específicos para la producción de material para cátodos, la fabricación de celdas y la infraestructura de reciclaje. Dichos incentivos podrían incluir la ampliación

de las disposiciones existentes en los contratos con las empresas mineras para reservar cuotas de litio a precios preferenciales para proyectos nacionales de valor agregado.

Asimismo, el gobierno podría considerar exigir la reducción del uso de agua y las emisiones de GEI en las minas, formalizar su red de salares protegidos y reformar el proceso de consulta pública para proyectos mineros con el fin de promover la transparencia y buscar el consentimiento libre, previo e informado de las comunidades afectadas. Tales medidas reducirían los impactos sociales y ambientales de la minería, promoviendo al mismo tiempo la confianza entre los inversionistas en la industria minera chilena.

Finalmente, para impulsar el desarrollo de una industria nacional de reciclaje de baterías, Chile podría asignar a los importadores de vehículos la responsabilidad ampliada del productor para la recolección de baterías al final de su vida útil y seguir el ejemplo de la Unión Europea en el desarrollo de una normativa ambiciosa e integral para el reciclaje de baterías.

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	i
Introducción	1
Antecedentes	2
Panorama de la electrificación vehicular.....	2
Reservas minerales y producción de litio en Chile.....	3
Ampliación de la cadena de valor del litio en Chile	4
La emergente cadena de suministro de las baterías	5
Panorama del reciclaje de las baterías en Chile.....	5
Potencial económico de la cadena de suministro de vehículos eléctricos en Chile.....	7
Proyección de la demanda y oferta de las baterías	7
Proyección de la demanda y oferta del litio.....	10
Oportunidad económicas: creación de una cadena de valor local para la fabricación de baterías.....	12
Una cadena de suministro de baterías limpia y responsable en Chile	22
Emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de carbonato de litio	22
Emisiones de gases de efecto invernadero en la fabricación de baterías.....	24
Consumo de agua en la producción de carbonato de litio.....	25
Panorama de los impactos sociales de la minería en Chile	26
Beneficios económicos y ambientales de la reutilización y el reciclaje de baterías	29
Demanda futura de capacidades de reutilización y reciclaje	29
Potencial laboral del reciclaje.....	31
Conclusión	32
Recomendaciones de política pública.....	34
Electrificación vehicular	34
Ampliación de la cadena de valor del litio nacional	34
Desarrollo minero, social y ambientalmente responsable.....	34
Reutilización y reciclaje de baterías	35
Referencias	36
Apéndice: Métodos y supuestos.....	42

INTRODUCCIÓN

Los avances en la tecnología de las baterías de iones de litio, junto con un rápido crecimiento de las cadenas de suministro de baterías y minerales, han permitido el cambio global hacia los vehículos eléctricos de batería (BEV, por sus siglas en inglés). El gobierno de Chile ha adoptado ambiciosos objetivos de electrificación vehicular para reducir sus emisiones, mitigar el calentamiento global y mejorar la calidad de vida de los chilenos. Estos objetivos posicionan a Chile como un potencial líder en la transición hacia vehículos eléctricos en América Latina.

La industria minera del litio en Chile ha crecido hasta abastecer más de una quinta parte de la demanda mundial, al tiempo que proporciona un material menos intensivo en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con el litio extraído de fuentes de roca dura en otras regiones. Por lo tanto, el desarrollo de esta industria resulta esencial tanto para la transición global hacia los BEV como para las aspiraciones de desarrollo económico sostenible del país.

Este informe explora cómo Chile puede aprovechar sus recursos de litio para impulsar esta transición, mientras desarrolla una cadena limpia de suministros nacionales para las baterías y minimiza los impactos ambientales de la industria minera. Además, el estudio evalúa los beneficios de construir una industria de recolección y reciclaje de baterías en Chile.

El informe está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta el contexto normativo de Chile y un panorama general de la producción de litio y la cadena de suministro para las baterías en el país. A continuación, se explora el potencial económico de la minería del litio y se estiman los ingresos y empleos adicionales que se generarían si Chile incorporara a nivel nacional otras etapas de la cadena de valor de las baterías. También se evalúa la intensidad de emisiones de GEI, el consumo de agua y los impactos sociales de la minería del litio y la fabricación de baterías en Chile, además de las oportunidades para el reciclaje. El informe concluye con una serie de consideraciones de política pública derivadas de este análisis.

ANTECEDENTES

Esta sección contiene una descripción de las políticas de electrificación del transporte, la producción de litio y la cadena de suministro de baterías en Chile.

PANORAMA DE LA ELECTRIFICACIÓN VEHICULAR

A nivel mundial, los BEV y los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV, por sus siglas en inglés) representaron el 17 % de todos los vehículos livianos (LDV, por sus siglas en inglés) vendidos en el primer semestre de 2024 (Fadhil y Shen, 2024). La cuota de mercado de vehículos eléctricos livianos en Chile fue inferior a la de otros mercados emergentes durante el mismo período (Fadhil & Shen, 2024), con una participación de ventas del 1,3 % para los BEV y del 0,3 % para los PHEV (ANAC, 2024a, 2024b). No obstante, el mercado de vehículos eléctricos en Chile se expande rápidamente: las ventas de BEV crecieron un 133 % y las de PHEV un 99 % en el primer trimestre de 2025, en comparación con el mismo período de 2024 (ANAC, 2025).

Chile ha adoptado una plataforma de políticas para vehículos eléctricos centrada en las metas de ventas de vehículos nuevos de su Estrategia Nacional de Electromovilidad. Adoptada en octubre de 2021, la estrategia establece como objetivo que el 100 % de las ventas de vehículos livianos, medianos y autobuses urbanos nuevos sean cero emisiones para el año 2035, lo que incluye a los BEV y a los vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV, por sus siglas en inglés; Pettigrew, 2022). Para los vehículos de carga pesada y autobuses interurbanos, la meta de 100 % de ventas cero emisiones está fijada para 2045.

El gobierno chileno también ha desarrollado varias políticas complementarias para apoyar la transición hacia los vehículos eléctricos. La Ley de Eficiencia Energética (N.º 21.305) fijó metas de eficiencia promedio de combustible para vehículos nuevos (Pettigrew, 2022). Bajo esta ley, el consumo energético promedio de los vehículos nuevos vendidos por un fabricante o importador debe cumplir con estándares que se vuelven progresivamente más estrictos. La ley permite a los importadores que las ventas de BEV, PHEV y FCEV sumen el triple para el cálculo del rendimiento promedio de su flota, incentivando así un aumento en la oferta. Estas normas entraron en vigor para los vehículos livianos en 2024 y se implementarán para los vehículos medianos y pesados en 2026 y 2028, respectivamente.¹ La misma ley faculta al Ministerio de Energía para establecer requisitos de interoperabilidad y accesibilidad de los cargadores, los cuales fueron formalizados mediante reglamento en octubre de 2024 (Resolución N.º 27.547).

La Ley de Almacenamiento de Energía y Electromovilidad (N.º 21.505), aprobada en 2022, exime a los propietarios de nuevos BEV, FCEV y PHEV del pago del permiso de circulación durante dos años, y lo reduce parcialmente por los siguientes seis años. Esta ley también facilita la integración de las baterías de los BEV a la red eléctrica como equipos de almacenamiento, permitiendo a sus propietarios generar ingresos a través de servicios del vehículo a la red (*vehicle-to-grid* en inglés). Adicionalmente, la Ley Marco de Cambio Climático (N.º 21.455), de 2022, establece la estructura institucional para la adaptación y mitigación del cambio climático a largo plazo, en línea con la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Chile para cumplir

¹ Cabe destacar que, a diferencia de otras regiones, la normativa chilena clasifica los vehículos por su peso bruto vehicular de la siguiente manera: livianos (inferior a 2.700 kg), medianos (entre 2.700 y 3.860 kg) y pesados (superior a 3.860 kg).

los objetivos del Acuerdo de París. La ley contempla planes sectoriales de mitigación, incluyendo los sectores de minería y transporte (OCDE, 2024).

Chile es uno de los 31 gobiernos nacionales signatarios de la Declaración de Vehículos Cero Emisiones (Accelerating to Zero Coalition, 2023), cuyo objetivo es que, para el año 2040, solo se permita la venta de automóviles y furgonetas nuevas cero emisiones. El país también es uno de los 15 firmantes iniciales del Memorando de Entendimiento Global sobre Vehículos Medianos y Pesados Cero Emisiones, el cual busca alcanzar el 100 % de ventas de camiones y autobuses nuevos cero emisiones para 2040 (Global Commercial Vehicle Drive to Zero, 2024). Las metas de Chile para vehículos livianos y medianos están alineadas con la Declaración de Vehículos Cero Emisiones; sin embargo, su meta de 100 % de ventas cero emisiones para camiones pesados y autobuses interurbanos es cinco años posterior al objetivo del año 2040 establecido en el Memorando de Entendimiento Global.

RESERVAS MINERALES Y PRODUCCIÓN DE LITIO EN CHILE

La tendencia mundial hacia la electrificación vehicular ha sido posible gracias a la mejora en el rendimiento y la reducción del costo de las baterías de iones de litio durante las últimas dos décadas (BloombergNEF, 2024). El litio, un mineral fundamental en este tipo de baterías, permite alcanzar altas densidades energéticas para que los vehículos puedan recorrer cientos de kilómetros con una sola carga. Actualmente, el 53 % de la demanda mundial de litio proviene de los BEV y los PHEV, y se proyecta que esta cifra aumente al 73 % en 2030 y al 83 % en 2040 (International Energy Agency [IEA], 2025). En consecuencia, la adopción de BEV y PHEV está impulsando un aumento en la demanda mundial de litio.

Con el 31 % de las reservas mundiales de litio (~9,3 millones de toneladas) y el 20 % de la producción global, Chile desempeña un papel central en el suministro del litio necesario para el mercado de baterías de vehículos eléctricos (U.S. Geological Survey, 2025). El término “reservas” se refiere a los recursos minerales que han sido descubiertos y cuya recuperación se considera económicamente viable al momento de su clasificación. En contraste, si se consideran los recursos mundiales de litio estimados, que incluyen todas las concentraciones de materiales cuya extracción es potencialmente económicamente viable, la participación de Chile es de alrededor un 10 %.

Los recursos de litio en Chile se encuentran principalmente en salmueras subterráneas en el Salar de Atacama, aunque existen depósitos menores en forma de arcillas y en fuentes geotérmicas. En 2023, casi la totalidad del litio extraído en Chile fue refinado en el país: un 82 % se procesó como carbonato de litio, un 11 % como hidróxido de litio y el resto como sulfato de litio (Benchmark Mineral Intelligence [BMI], 2024b). Tanto el carbonato como el hidróxido de litio refinado en Chile son de grado batería, lo que permite su uso directo en la producción de material para cátodos.

La producción de litio en el Salar de Atacama ha aumentado constantemente desde 2020, y se proyecta que alcance las 252 kt de carbonato de litio equivalente en 2024 y 282 kt en 2025 (BMI, 2024b). En 2023, el 86 % del carbonato de litio producido en Chile fue exportado, representando un valor de US\$5.400 millones, lo que correspondió al 1,6 % del PIB nacional de ese año (COCHILCO, 2024a; Fondo Monetario Internacional, 2025). El valor total de las exportaciones de todos los productos de litio en 2023, destinados principalmente a China y Corea del Sur, ascendió a US\$7.800 millones (COCHILCO, 2024b).

Chile alberga el 19 % de las reservas mundiales de cobre y es el mayor productor mundial de este metal, suministrando el 23 % del cobre mundial en 2024 (U.S. Geological Survey, 2025). Las exportaciones de cobre representaron el 45 % del valor total de las exportaciones del país en 2023 (COCHILCO, 2024a). Debido a su alta conductividad eléctrica, el cobre es un componente clave en los motores, el cableado, los inversores y las baterías de los vehículos eléctricos. Sin embargo, este estudio se enfoca principalmente en la minería del litio, dado que se proyecta que los BEV seguirán representando una fracción menor de la demanda de cobre: un 6 % de los usos finales en 2030 y un 12 % en 2040 (IEA, 2025).

AMPLIACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DEL LITIO EN CHILE

Estrategia Nacional del Litio

En 2023, el gobierno chileno estableció su visión para el desarrollo de los recursos de litio del país en la Estrategia Nacional del Litio (Gobierno de Chile, 2023). Este documento describe los objetivos de desarrollo de la cadena de suministro y de sostenibilidad social, ambiental y fiscal para la industria. Define, además, el rol del Estado en la exploración y explotación de litio, tareas a cargo de dos empresas mineras estatales, Codelco y Enami, las cuales desarrollan alianzas público-privadas con empresas del sector. La supervisión regulatoria, por su parte, recae en la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). El gobierno también está ampliando la recopilación de datos mineros y contratando a expertos técnicos con el fin de fortalecer su capacidad para maximizar los ingresos públicos en la negociación de contratos y consolidar su rol en el desarrollo de políticas industriales y regulaciones socioambientales. El documento también establece el marco institucional para las alianzas público-privadas, la toma de decisiones regulatorias y la participación de los actores interesados, especialmente de las comunidades indígenas que habitan cerca de los salares.

Además de los objetivos ya mencionados, la Estrategia Nacional del Litio promueve el desarrollo de tecnología minera y la diversificación de las empresas que operan en la cadena de valor del litio. Estas metas buscan fomentar el crecimiento de la industria nacional y la creación de empleos, asegurando al mismo tiempo un crecimiento económico a largo plazo basado en las tecnologías necesarias para una economía climáticamente neutra.

Múltiples iniciativas anunciadas en la Estrategia del Litio ya se han puesto en marcha. En 2024, el Ministerio del Medio Ambiente propuso una red de 27 salares y lagunas para su protección oficial (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). A principios de 2025, el gobierno lanzó el Instituto Nacional de Litio y Salaros con la misión de generar, aplicar y difundir conocimiento y tecnología para la gestión sostenible de la producción de litio en salares (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2025).

El gobierno chileno también ha fijado metas para reducir el impacto ambiental de la industria minera del litio. La Política Nacional Minera 2050 se centra en tres pilares clave: energías renovables, gestión hídrica y carbono neutralidad (Ministerio de Minería, 2021). En 2023, el 49 % de la energía utilizada en minería provino de fuentes renovables, con la meta de alcanzar el 100 % para 2050. La política también busca reducir el uso de aguas superficiales a menos del 10 % del consumo total para 2025 y a menos del 5 % para 2040. Adicionalmente, el sector tiene como objetivo alcanzar la carbono neutralidad para el año 2040.

Minas de litio en operación y procesos de consulta en curso

Las dos mayores productoras de litio del mundo, Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) y Albemarle, mantienen contratos de arrendamiento con CORFO para la extracción de litio en el Salar de Atacama. SQM, cuyo contrato anterior vencía en 2030, firmó en 2024 un acuerdo para ceder el control mayoritario de sus operaciones a la minera estatal Codelco, a cambio de derechos para aumentar su producción en el salar hasta 2060 (Solomon & Cambero, 2024). Por su parte, el contrato de Albemarle está vigente hasta 2043, y la empresa se encuentra en negociaciones con Codelco para un nuevo acuerdo.

En 2024, el Ministerio de Minería abrió un proceso para que empresas privadas, nacionales e internacionales, manifestaran su interés en desarrollar yacimientos de litio fuera del Salar de Atacama (Ministerio de Hacienda, 2024a). Tras este proceso, CORFO anunció la selección de 12 salares para los cuales se iniciaría un proceso simplificado de licitación para asignar contratos entre diciembre de 2024 y enero de 2025, con el fin de acelerar el desarrollo de los depósitos más prometedores (Ministerio de Hacienda, 2024b, 2024c). Se priorizaron seis sitios que contienen arcillas ricas en litio y fuentes geotérmicas para impulsar proyectos innovadores con métodos de extracción no tradicionales.

LA EMERGENTE CADENA DE SUMINISTRO DE LAS BATERÍAS

Como parte de su Estrategia Nacional del Litio, el gobierno chileno anunció el objetivo de diversificar los tipos de proyectos industriales en la cadena de suministro de baterías que se desarrollan en el país. Actualmente, Chile cuenta con operaciones de extracción y refinación de litio, pero carece de producción de cátodos, ánodos, celdas, ensamblaje de módulos y paquetes de baterías, así como de fabricación de vehículos. Expandir su industria para abarcar más etapas de esta cadena de valor daría a Chile la oportunidad de incrementar la actividad económica del sector más allá de la minería y la refinación.

Para atraer inversiones en las etapas intermedias de la cadena, CORFO ha negociado una cláusula en su contrato con SQM que obliga a esta última a ofrecer litio con acceso y precios preferenciales a empresas que estén dispuestas a instalar plantas de producción de cátodos en Chile. En 2023, la empresa Yongqing Technology Co. Ltd firmó un acuerdo con CORFO para construir una planta de cátodos de fosfato de hierro y litio (LFP, por sus siglas en inglés) con una capacidad de 120.000 toneladas anuales (Benchmark Source, 2023). Aunque el proyecto fue cancelado posteriormente (Reuters, 2025), dicha planta habría recibido carbonato de litio a precios preferenciales de SQM hasta 2030. A junio de 2025, no se ha anunciado la construcción de plantas de fabricación de celdas de baterías o de vehículos eléctricos en Chile.

PANORAMA DEL RECICLAJE DE BATERÍAS EN CHILE

La recolección y el reciclaje de baterías de vehículos al final de su vida útil contribuyen a evitar la contaminación ambiental que se produciría si estas acabaran en vertederos. Antes del reciclaje, una parte importante de las baterías puede tener una segunda vida en aplicaciones como el almacenamiento de energía residencial, industrial o a nivel de red. El desarrollo de una industria de reciclaje permite recuperar minerales clave para la fabricación de nuevas baterías, generando a su vez empleo y actividad económica (Tankou et al., 2023).

A octubre de 2025, el gobierno chileno se encontraba desarrollando un reglamento de responsabilidad extendida del productor (REP) para las baterías (en el marco de la Ley 20.920), que establece tasas mínimas de recolección para las baterías de iones de litio. Aún no está claro si la responsabilidad de recolectar las baterías al final de su vida útil recaerá en los importadores de vehículos o en los representantes locales de los fabricantes. Se espera que el borrador de la ley sea sometido a consulta pública en enero de 2026.

POTENCIAL ECONÓMICO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CHILE

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE Y OFERTA DE LAS BATERÍAS

Proyección de la demanda en Chile, Latinoamérica y el mundo

Este análisis estima la demanda de baterías y litio que resultaría de la implementación de las políticas y metas de electrificación vehicular que Chile ha adoptado y anunciado. Específicamente, este análisis evalúa la demanda de baterías y litio que generaría la adopción gradual de BEV y PHEV acorde con dos marcos normativos clave: la meta de 100 % de ventas de vehículos cero emisiones (ZEV, por sus siglas en inglés) para vehículos livianos y autobuses para 2035, establecida en la Estrategia Nacional de Electromovilidad; y los objetivos de eficiencia energética para automóviles livianos, definidos en la Ley de Eficiencia Energética. Dado que Chile es signatario del Memorando de Entendimiento Global sobre Vehículos Medianos y Pesados de Cero Emisiones, este análisis también contempla una meta del 100 % de ventas de vehículos pesados (HDV, por sus siglas en inglés) nuevos cero emisiones para el año 2040.

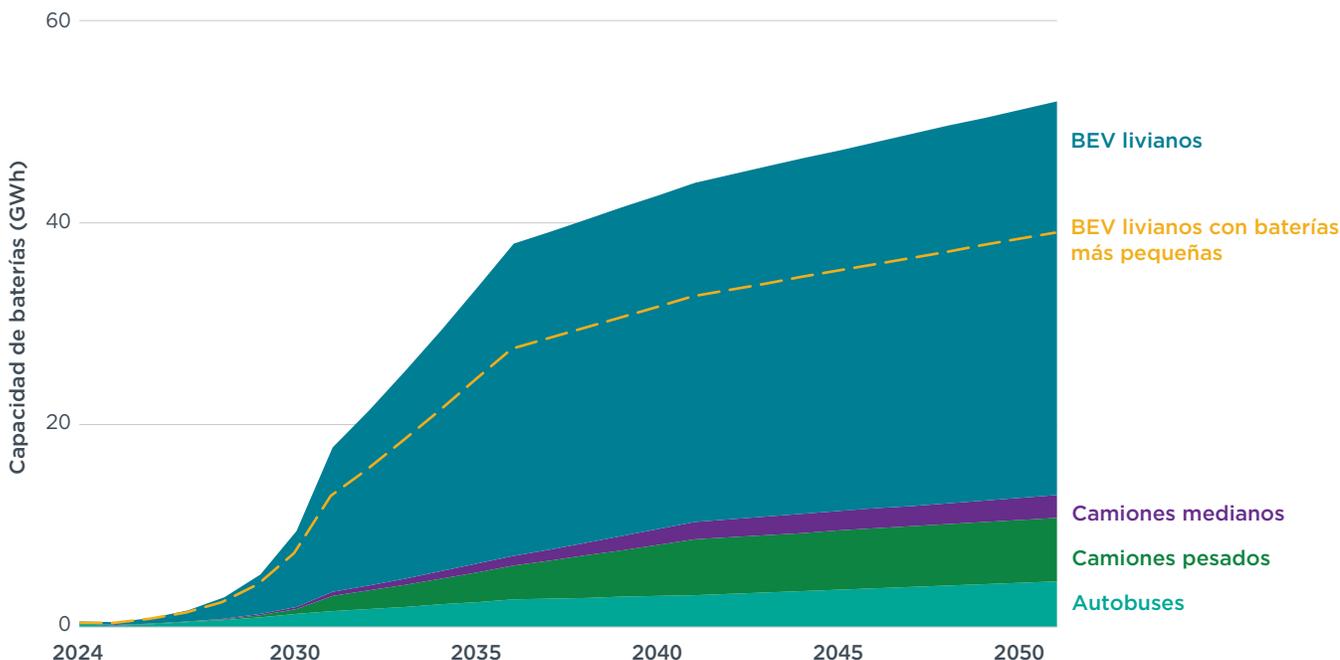
Debido a que las metas de la Estrategia Nacional de Electromovilidad y los compromisos internacionales mencionados no son vinculantes, es probable que se requieran nuevas regulaciones que exijan un aumento en las ventas de BEV para asegurar su cumplimiento. Las proyecciones de adopción de BEV correspondientes únicamente a la normativa ya vigente (la Ley de Eficiencia Energética) se detallan en la Tabla A3 del apéndice.

La proyección de la demanda de baterías y minerales de este análisis sigue una metodología equivalente a la utilizada por Li et al. (2024). En el apéndice se incluye una explicación detallada de las fuentes de datos y la metodología, incluyendo las ventas proyectadas para todos los tipos de sistemas de propulsión (Tabla A1), la cuota de mercado proyectada de BEV y PHEV por segmento según las políticas vigentes y anunciadas (Tabla A2), la capacidad promedio de las baterías por segmento en 2024 y la asumida para 2030 (Tabla A4), y la participación de mercado de las distintas tecnologías de baterías en BEV y PHEV (Figura A1).

Suponiendo que continúe la tendencia de crecimiento en el tamaño de las baterías de los BEV livianos (Li et al., 2024), lo que resultaría en un aumento del 20 % en su capacidad promedio entre 2024 y 2030, se proyecta que la demanda de baterías para todos los vehículos de carretera en Chile aumentará de 0,5 GWh en 2024 a 17,8 GWh en 2030 y a 38,0 GWh en 2035. En un escenario alternativo donde la capacidad de las baterías disminuya un 20 % en el mismo período, la demanda total alcanzaría los 13,0 GWh en 2030 y 27,7 GWh en 2035. El desglose de esta demanda por segmento de vehículo se muestra a continuación en la Figura 1.

Figura 1

Proyección de la demanda anual de capacidad de las baterías para vehículos de carretera en Chile por segmento



Nota: La demanda de baterías correspondiente a los vehículos de dos y tres ruedas, así como a los vehículos híbridos enchufables (PHEV) livianos, es marginal y, por tanto, no se visualizan en la figura.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](https://theicct.org)

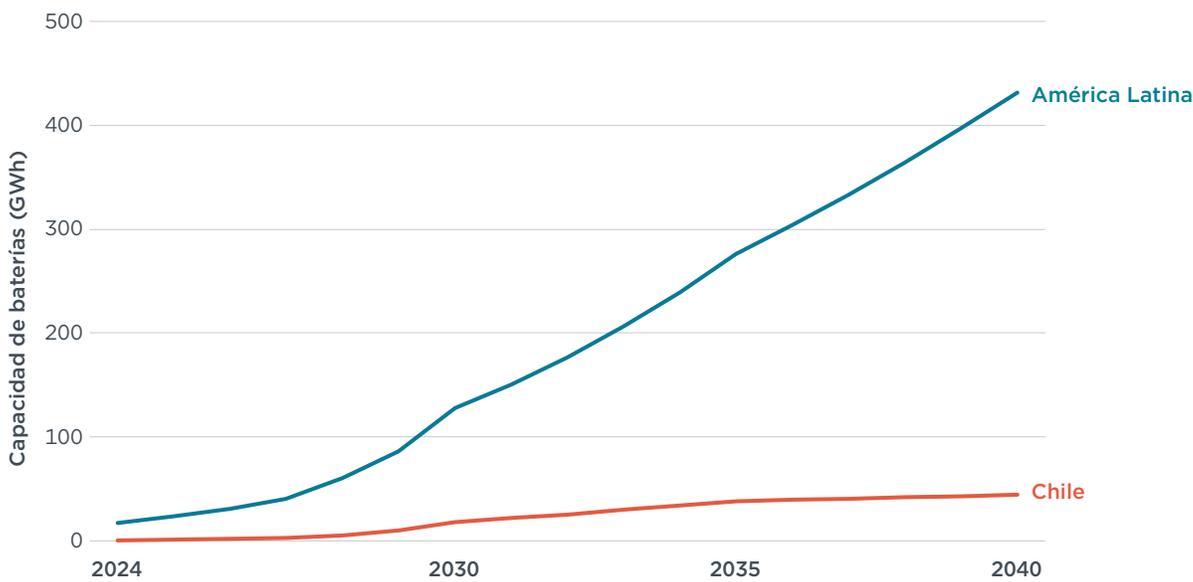
Se proyecta que la demanda de baterías para vehículos híbridos enchufables (PHEV) livianos en Chile será marginal, alcanzando 28 MWh en 2024 y 56 MWh en 2030, antes de que sus ventas caigan a cero en 2035 para cumplir con la meta de 100 % de ventas cero emisiones. De igual manera, se estima que la demanda de baterías para vehículos de dos y tres ruedas representará una fracción menor del total, pasando de 4 MWh en 2024 a 16 MWh en 2030 y 60 MWh en 2040.

Este análisis excluye de sus estimaciones la demanda de baterías no vehiculares, como los sistemas de almacenamiento de energía (BESS, por sus siglas en inglés) debido a la falta de datos sobre futuras instalaciones en Chile. Sin embargo, información del Ministerio de Energía permite dimensionar la escala de estos sistemas en comparación con la demanda de BEV (Ministerio de Energía, 2025). A enero de 2025, Chile contaba con 3,3 GWh de capacidad BESS operativa, cifra que se proyectaba alcanzaría los 4,1 GWh en marzo de 2025. Considerando los proyectos en construcción, en pruebas y operativos, la capacidad total potencial asciende a 8,5 GWh, y si se incluyen los proyectos en evaluación, esta se incrementaría en 27,3 GWh adicionales (Ministerio de Energía, 2025). En abril de 2025, el gobierno anunció una meta de 6 GW de capacidad BESS instalada para 2030 (Ruddy, 2025), lo que, de concretarse, añadiría una demanda significativa a la del sector vehicular. La demanda de baterías para aparatos electrónicos portátiles se omite por falta de datos específicos para Chile. A escala mundial, BMI proyecta que la participación de estos dispositivos en la demanda total de baterías disminuirá del 5 % en 2025 al 3 % en 2030 y al 1 % en 2040, por lo que su contribución se considera marginal (BMI, 2024c).

Dado que el mercado latinoamericano de BEV representa una oportunidad para los productores chilenos y otros actores de la cadena de valor, este análisis proyecta la demanda de baterías para toda la región. Se estima que en América Latina la demanda de baterías para vehículos aumentará de 17,4 GWh en 2024 a un rango de 96,6-127,5 GWh en 2030 y de 206,5-275,7 GWh en 2035, dependiendo de la evolución del tamaño promedio de las baterías en los BEV livianos. De este modo, el mercado chileno representaría entre el 13 % y el 14 % de la demanda latinoamericana en 2030 y 2035. La Figura 2 muestra la demanda proyectada de baterías en Chile y América Latina en un escenario donde el tamaño de las baterías para LDV aumenta entre 2024 y 2030.

Figura 2

Demanda proyectada de las baterías vehiculares en Chile y América Latina



CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

El estudio de Li et al. (2024) proyecta que la demanda mundial de baterías en todos los sectores aumentará de 808 GWh en 2023 a 3,8 TWh en 2030 y 5,9 TWh en 2035, suponiendo un incremento en el tamaño de las baterías para LDV. En este contexto, se estima que en 2030 el mercado chileno representará apenas el 0,5 % de la demanda global.

Producción de baterías en Chile y el mundo

El desarrollo de la producción nacional de baterías, más allá de la minería, permitiría a Chile fortalecer una industria para abastecer la transición hacia los vehículos eléctricos y obtener un mayor valor económico de sus recursos minerales. Sin embargo, hasta julio de 2024 no se habían anunciado instalaciones de este tipo en el país (BMI, 2024c). Los proyectos existentes y anunciados para la producción de litio y material catódico (CAM, por sus siglas en inglés) se describen en los siguientes párrafos.

A nivel mundial, se proyecta que tanto la capacidad total anunciada de producción de celdas como la porción de esta que se considera altamente probable superarán la demanda global de baterías para el transporte y usos no vehiculares. Incluso considerando solo la capacidad de las plantas ya operativas en 2024 y aquellas que

BMI califica como altamente probables, se estima que la capacidad de producción de celdas superará la demanda en un 30 % para 2030 (Li et al., 2024). No obstante, producir baterías en Chile presenta varias ventajas frente a otras regiones, como una producción de litio de bajo costo y con una huella de carbono reducida, una participación comparativamente alta de energías renovables en su matriz eléctrica y acuerdos comerciales favorables con los principales países fabricantes de vehículos.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL LITIO

Demanda de litio en Chile y a nivel mundial

La creciente demanda de baterías para vehículos eléctricos impulsa un aumento significativo en la demanda de litio de grado batería. En Chile, si se mantienen las tendencias actuales en las tecnologías de baterías para vehículos, este análisis proyecta que la demanda interna de litio para este sector aumentará de 44 t en 2024 a un rango de 1,1-1,5 kt en 2030 y de 2,3-3,2 kt en 2035. Dicho rango refleja los posibles cambios en el tamaño promedio de las baterías de los BEV livianos. En el apéndice se detalla el desarrollo previsto para las tecnologías de baterías y la intensidad de uso de materiales.

En América Latina, se proyecta que la demanda de litio para baterías de BEV y PHEV aumentará de 1,6 kt en 2024 a un rango de 8,3-11,0 kt en 2030 y de 17,7-23,7 kt en 2035.

A nivel global, en un escenario donde se cumplan las metas de electrificación anunciadas y la capacidad de las baterías de los LDV siga aumentando, se proyecta que la demanda de litio para el transporte por carretera, incluidos camiones medianos y pesados, autobuses y vehículos de dos y tres ruedas, alcance las 359 kt en 2030 y las 534 kt en 2035 (Li et al., 2024). La implementación de políticas de reciclaje ambiciosas podría reducir esta demanda de materia prima a 358 kt en 2030 y 527 kt en 2035. A su vez, una reducción en el tamaño promedio de las baterías de los LDV disminuiría la demanda a 257 kt en 2030 y 377 kt en 2035.

En su escenario de Announced Pledges, la IEA (2025) proyecta que la demanda de litio para almacenamiento estacionario de energía crecerá a 44 kt en 2030, y la demanda para otros usos a 90 kt. Para 2035, estas cifras aumentarían a 57 kt y 109 kt, respectivamente. Por consiguiente, se estima que la demanda mundial de litio en todos los sectores se situará entre 391-493 kt en 2030 y 543-700 kt en 2035.

Conforme a la evaluación de Li et al. (2024), la demanda global de litio proyectada podría variar considerablemente en caso de que las baterías de iones de sodio (sin litio) alcancen una participación importante en el mercado de vehículos eléctricos. No obstante, tras observar diferentes escenarios, se concluye que la demanda de litio varía poco según el tipo de material utilizado en los cátodos de las baterías.

Capacidad de producción de litio en Chile y a nivel mundial

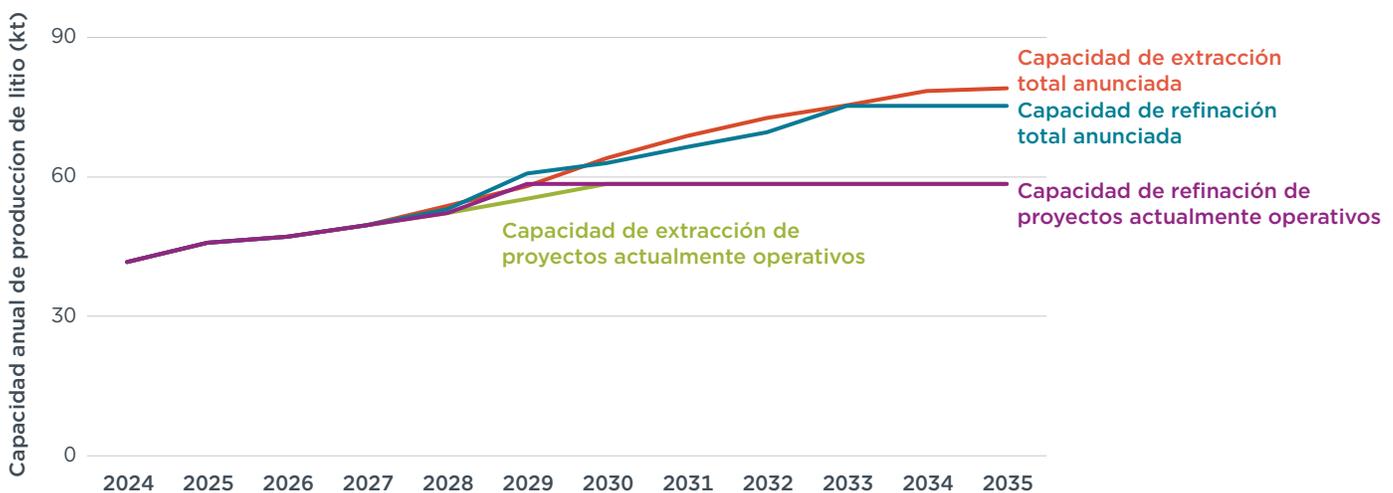
Este informe analiza los datos sobre la capacidad de producción de litio de BMI, que incluye proyectos mineros anunciados hasta marzo de 2025 (BMI, 2025b). El análisis considera la capacidad total potencial de las minas operando a plena utilización, con reducciones de entre un 10 % y un 18 % por pérdidas de rendimiento e interrupciones imprevistas que influyan en el suministro, por ejemplo, variaciones en la calidad del material o condiciones climáticas extremas. En los proyectos de litio en Chile, las plantas de extracción y refinación suelen estar integradas.

Como muestra la Figura 3, la capacidad total de producción de litio anunciada en Chile aumentaría de 42 kt en 2024 a 64 kt en 2030 y 79 kt en 2035 (BMI, 2025b). La capacidad de refinación anunciada alcanzaría las 63 kt en 2030 y 75 kt en 2035, lo que sugiere que casi todo el litio extraído se refinará en el país. Si solo se consideran las faenas actualmente operativas, la capacidad de extracción y refinación crecería hasta 58 kt en 2030, manteniéndose relativamente estable después. El 91 % de la capacidad de producción anunciada para 2030 proviene de minas que ya están en operación.

Se espera que los proyectos de extracción directa de litio (DLE, por sus siglas en inglés) en Chile comiencen a operar en 2028, y se proyecta que su capacidad combinada represente el 18 % de toda la capacidad de producción de litio anunciada para 2035 (BMI, 2025b).

La capacidad total de producción de litio anunciada en Chile podría satisfacer el 13 % de la demanda mundial proyectada para 2030 y el 11 % para 2035. En contraste, la oferta de litio del país supera con creces su demanda interna: en el escenario de mayor demanda, el consumo del sector vehicular nacional representará solo el 0,1 % de la capacidad operativa en 2024 y el 2,4 % en 2030.

Figura 3
Capacidad anual anunciada de extracción y refinación de litio en Chile



Fuente de datos: Benchmark Mineral Intelligence (2025b)

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

Según BMI, la capacidad minera de litio anunciada a nivel mundial alcanzará las 556 kt en 2030 y las 850 kt en 2035 (BMI, 2025b). Estas cifras superan la demanda global de litio proyectada, que se sitúa en un máximo de 493 kt para 2030 y 700 kt para 2035 (Li et al., 2024). Sin embargo, dado que la expansión de las minas ya operativas alcanzarían las 285 kt en 2030, se proyecta que será necesario construir nuevas instalaciones. En cuanto a la refinación, se estima que la capacidad global anunciada llegará a 539 kt en 2030 y 767 kt en 2035, superando también la demanda proyectada en ambos años. Si se consideran únicamente las plantas ya operativas y las clasificadas por BMI como “altamente probables”, la capacidad de refinación sería de 299 kt en 2030, manteniéndose constante a partir de entonces. Se proyecta que la capacidad de refinación anunciada será menor que la capacidad de producción de la mina después de 2029. Dado que los tiempos de desarrollo de las refinerías de litio (12 a 24

meses) son considerablemente más cortos que los de los proyectos mineros (Schmidt, 2022), es factible que se puedan construir nuevas plantas rápidamente para cubrir la demanda si fuera necesario.

Este análisis indica que la capacidad de producción de litio proyectada en Chile supera ampliamente la demanda interna. El excedente puede ser exportado directamente o procesado en una cadena de suministro nacional de baterías antes de su exportación. BMI estimó que los costos de producción de carbonato de litio de SQM en el Salar de Atacama son inferiores a los del 79 % de la producción mundial de 2024 (BMI, 2024e). Gracias a estos bajos costos, es probable que la producción de SQM se mantenga competitiva y orientada a la exportación, incluso en escenarios de precios bajos (BMI, 2024e). Por su parte, se estima que los costos de producción de Albemarle en el mismo salar son menores que los del 43 % de la producción global, pero se mantienen por debajo del promedio, lo que sugiere una mayor sensibilidad a las caídas de precios en comparación con SQM (BMI, 2024e).

OPORTUNIDADES ECONÓMICAS: CREACIÓN DE UNA CADENA DE VALOR LOCAL PARA LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS

La Estrategia Nacional del Litio busca equilibrar la creciente producción de este mineral con la sostenibilidad socioambiental, además de promover el desarrollo de la cadena de valor para estimular un crecimiento económico que vaya más allá de la mera extracción. El creciente mercado de BEV y PHEV ofrece a Chile la oportunidad no solo de aprovechar sus vastas reservas minerales, sino también de expandir y diversificar su economía, y crear empleos mediante el desarrollo de actividades a lo largo de la cadena de suministro de baterías. Esto incluye la producción de CAM, ánodos, electrolitos y separadores, así como la fabricación de celdas y el ensamblaje de paquetes de baterías, junto con su recolección y reciclaje.

Generación de ingresos a partir de la cadena de suministro de baterías

Para estimar el potencial de crecimiento económico de Chile, este análisis evalúa primero los ingresos que generaría la minería y refinación de litio. Como muestra la Figura 4, se distinguen dos fuentes de ingresos por exportación: los derivados de la expansión de la capacidad en minas ya operativas y los provenientes de todos los proyectos mineros anunciados. Todos los valores de este informe se expresan en dólares estadounidenses. Para ambas capacidades, la figura estima los ingresos basados en los pronósticos de precios de BMI hasta 2035, suponiendo que los precios de 2024 se mantengan constantes.

Generación de ingresos a partir de la expansión de la producción de litio

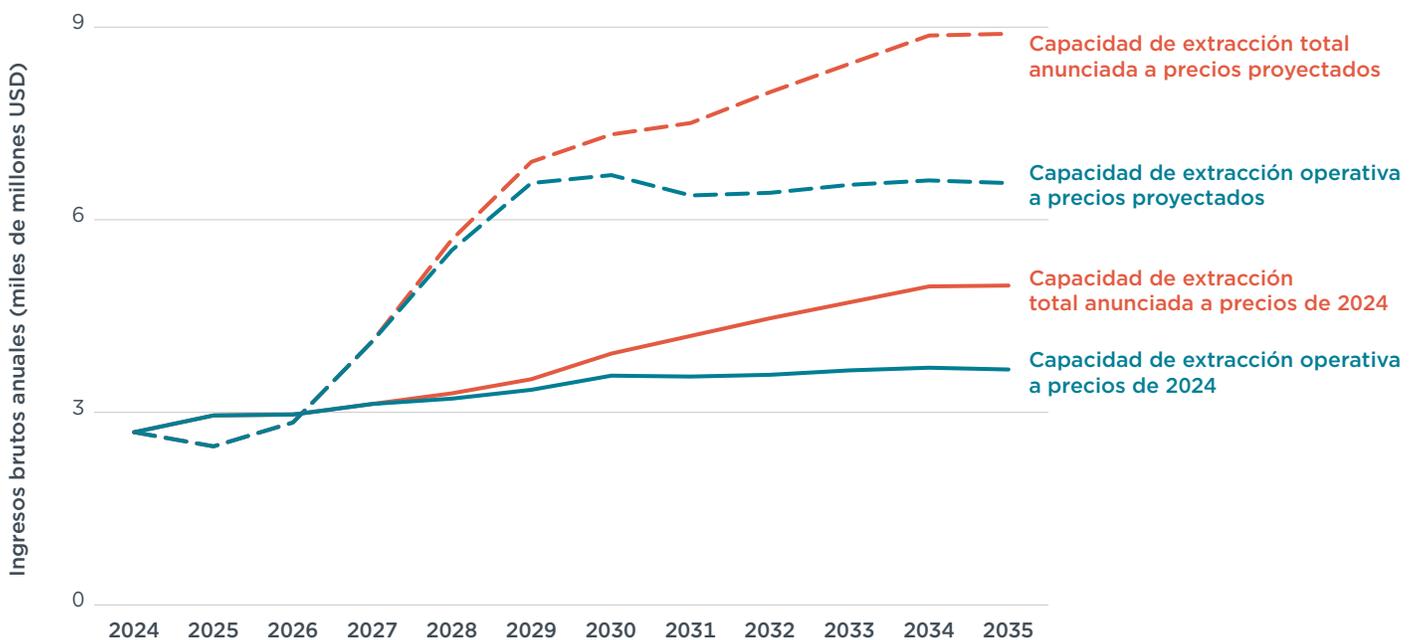
Este análisis de ingresos utiliza los precios de mercado para el carbonato e hidróxido de litio de BMI (2025b). El precio promedio del carbonato de litio en 2024 fue de aproximadamente US\$12.245/t y el del hidróxido de litio fue de US\$12.101/t (BMI, 2024f). Basado en BMI (2025a), se asume que el 60 % del sulfato de litio y el 100 % del cloruro de litio se convierten en hidróxido de litio y se venden a precio de este último. Con esto, se estima que los ingresos brutos de Chile por la producción de litio en 2024 fueron de alrededor de US\$2.700 millones.²

² Todas las proyecciones de ingresos están en dólares estadounidenses de 2025 y no están ajustadas a la inflación futura.

A los precios promedio de 2024, se proyecta que los ingresos de todas las minas anunciadas aumenten a US\$3.900 millones en 2030 y a US\$5.000 millones en 2035. Los ingresos por la expansión de las minas ya operativas (a precios de 2024) crecerían de US\$3.600 millones en 2030 a US\$3.700 millones en 2035.

En sus proyecciones, BMI (2025b) anticipa un fuerte aumento de los precios para 2027 en comparación con 2024. Debido a una creciente demanda global, junto con restricciones en la oferta y retrasos en expansiones mineras por el entorno de precios bajos de 2024-2025, se espera que el mercado mundial del litio entre en déficit a partir de 2026 y continúe así hasta 2040 (BMI, 2025a). Se proyecta que los precios del carbonato e hidróxido de litio se mantendrán constantes después de 2031. Bajo este pronóstico, los ingresos anuales por exportación de litio de todas las minas chilenas anunciadas aumentarían a US\$7.300 millones en 2030 y US\$8.900 millones en 2035, lo que equivale al 2,2 % y 2,7 % del PIB de Chile de 2024, respectivamente. Por su parte, los ingresos de las minas ya operativas, según los precios proyectados, alcanzarían los US\$6.700 millones en 2030, para luego descender ligeramente a US\$6.600 millones en 2035, debido a la disminución proyectada de los precios del litio.

Figura 4
Proyecciones de ingresos brutos por exportaciones de productos de litio chilenos entre 2024 y 2035



Nota: Los ingresos brutos se estiman en dólares estadounidenses (US\$) de 2025, sin ajustar por inflación.
Fuente de datos: Benchmark Mineral Intelligence (2025b)

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](https://www.theicct.org)

Este análisis también evalúa el potencial de crecimiento que generaría el desarrollo de cada etapa de la cadena de valor de baterías LFP para satisfacer la demanda en América Latina para BEV y PHEV. Dado que la mayor parte del valor se agrega en las etapas posteriores a la extracción y refinación, el desarrollo de estas industrias en Chile permitiría generar un crecimiento económico por tonelada de litio significativamente mayor que el de las actividades extractivas.

Generación de ingresos mediante el desarrollo de una cadena de suministro de baterías nacional

Para ilustrar el potencial económico de Chile, esta evaluación estima los ingresos que generaría el desarrollo de la cadena de valor necesaria para satisfacer la demanda de baterías LFP para vehículos en América Latina. El análisis se enfoca en la producción de baterías LFP debido a la abundante y económica producción de litio en Chile, así como a las inversiones previamente anunciadas para plantas de material catódico en el país. Puesto que el litio tiene mayor porcentaje en los costos de las baterías LFP que cualquier otro mineral, la industria minera chilena posiciona favorablemente al país para su producción. Aunque la fabricación de cátodos de níquel, manganeso y cobalto (NMC) es técnicamente posible, los costos adicionales de importación de níquel y cobalto la hacen menos atractiva para la producción doméstica.

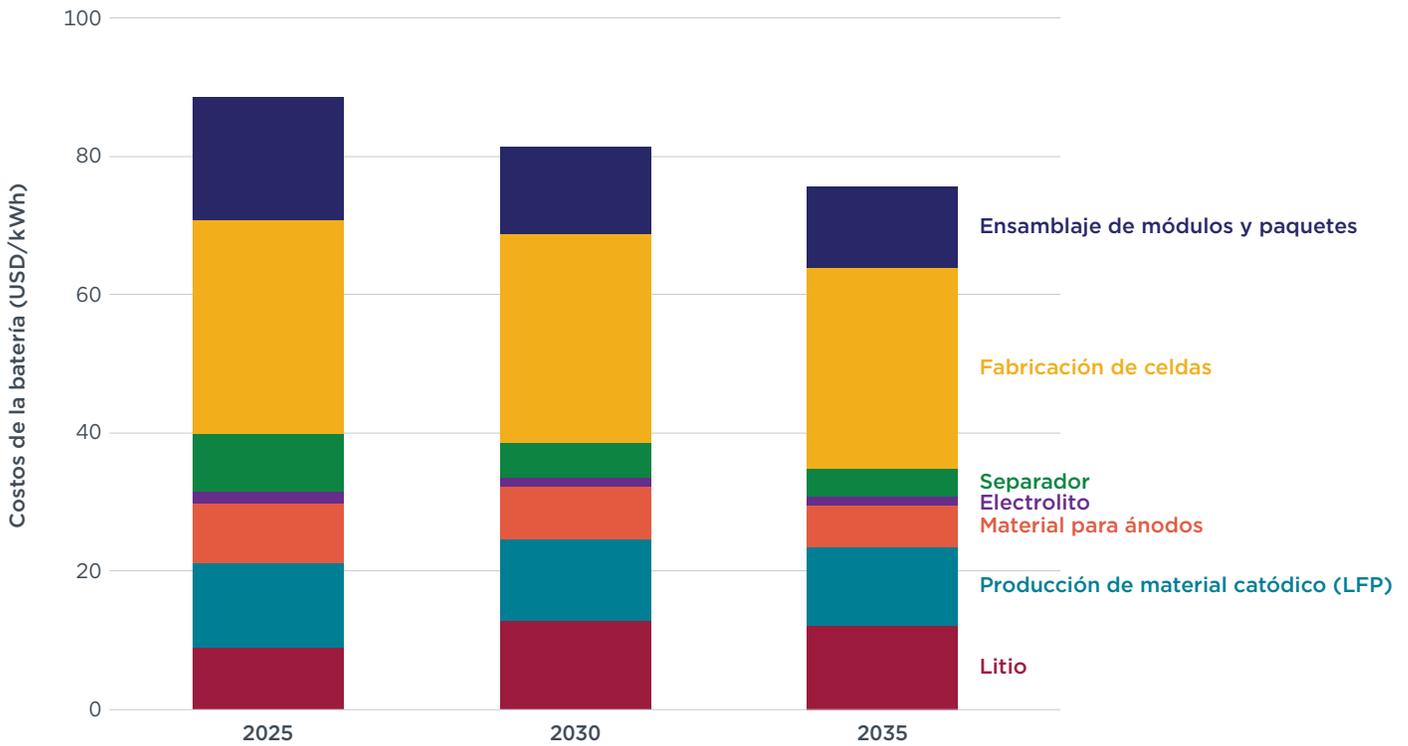
Se proyecta que el mercado automotor en la mayor parte de América Latina registrará una creciente participación de baterías LFP, que ya representan más de la mitad de la demanda de capacidad en la región. Considerando el aumento esperado en las ventas de vehículos eléctricos, se estima que la demanda de baterías LFP para vehículos de carretera en América Latina crecerá de 11 GWh en 2024 a un rango de 68-89 GWh en 2030 y de 145-193 GWh en 2032. Dado que las celdas LFP requieren 0,09 kg de litio por kWh (Wang et al., 2024), se necesitarían alrededor de 8,0 kt de litio para satisfacer la demanda latinoamericana en 2030, lo que equivale al 13 % de la capacidad de producción total proyectada para Chile ese año. Para 2035, la demanda de litio aumentaría a 15,4 kt, es decir, el 22 % de la capacidad de producción proyectada del país.

Los ingresos potenciales de cada etapa de la cadena de suministro de baterías LFP se estiman a partir de un análisis de costos ascendente basado en el trabajo de Shen et al. (2024), actualizado con los precios de los minerales a febrero de 2025 (Daily Metal Price, 2025), proyecciones de costos del litio de BMI (2025b), y datos de componentes de costos de BMI y Fastmarkets (BMI, 2023; Krishna, 2024). Este análisis supone un margen de beneficio del 3 % para cada etapa de la cadena de suministro y una tasa de desperdicio en la fabricación del 5 % (2025-2027), 4 % (2028-2031) y 3 % (2032-2035). Los costos de los compuestos de litio incluyen el procesamiento del carbonato, mientras que los gastos de garantía, licencias, mano de obra y administración se incorporan en la etapa de fabricación de la celda.

Como se detalla en el desglose de la Figura 5, se estima que el costo de producción de paquetes de baterías LFP en Chile será de US\$89 por kWh en 2025, disminuyendo a US\$81 por kWh en 2030 y a US\$76 por kWh en 2035. Esta reducción se atribuye a mejoras tecnológicas y economías de escala en la fabricación de cátodos, ánodos y celdas. Sin embargo, el impacto de esta baja se ve atenuado por el aumento proyectado en el costo del litio, que según BMI se duplicará entre 2025 y 2030, sin ajustar por inflación (BMI, 2025b). Si los precios del litio se mantuvieran en los niveles de 2025, el costo de fabricación de las baterías podría descender a aproximadamente US\$75 por kWh en 2030 y US\$70 por kWh en 2035.

Figura 5

Costos proyectados de la producción de paquetes de baterías LFP en Chile en 2025, 2030 y 2035



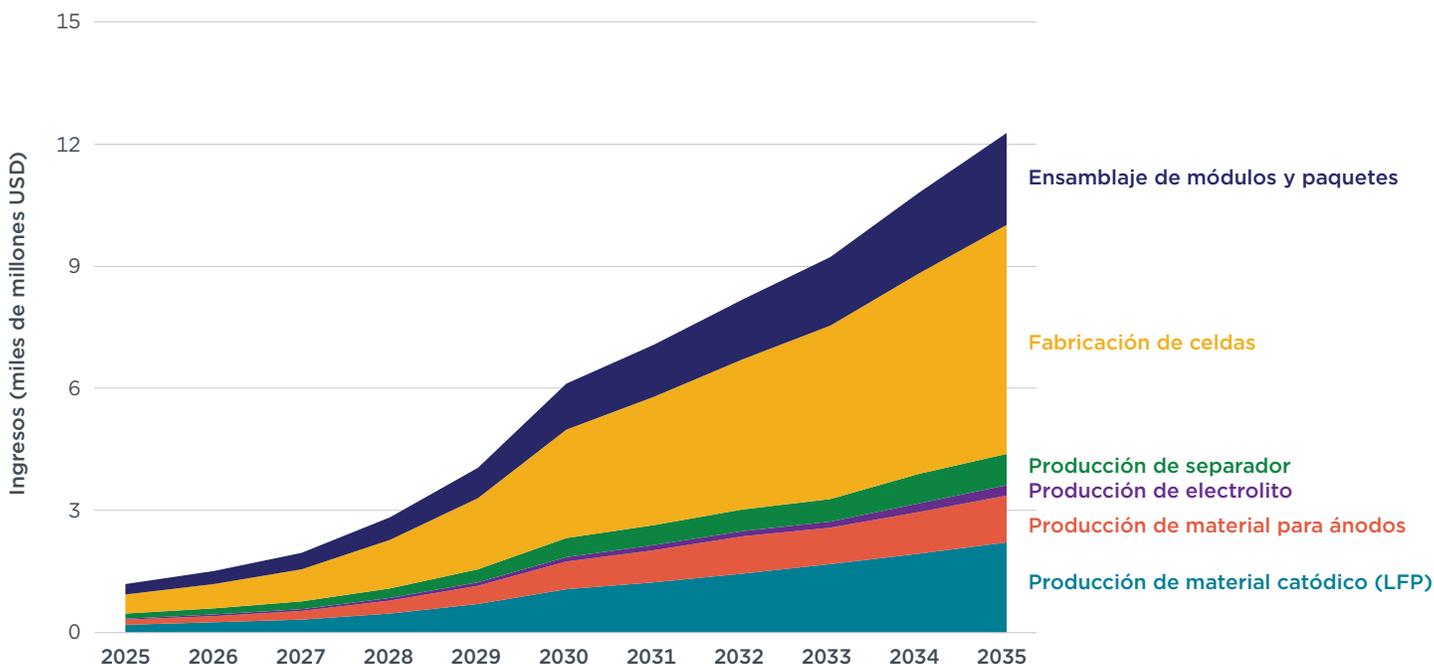
Nota: La producción de material catódico incluye costos de materiales distintos del litio. Los costos se estiman en dólares estadounidenses (US\$) de 2025, sin ajustar por inflación.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](https://www.theicct.org)

A partir de estos datos, el análisis estima que los ingresos potenciales por la producción de paquetes de baterías LFP para el mercado latinoamericano de vehículos eléctricos podrían crecer de US\$1.200 millones en 2025 a US\$6.100 millones en 2030 y a US\$12.300 millones en 2035. La Figura 6 ilustra el potencial total de ingresos que generaría el desarrollo de cada etapa de la cadena de suministro.

Figura 6

Ingresos proyectados por el desarrollo de la cadena de valor de baterías para satisfacer la demanda de baterías LFP en América Latina entre 2025 y 2035



Nota: La producción de material catódico incluye costos de materiales distintos del litio. Los costos se estiman en dólares estadounidenses de 2025, sin ajustar por inflación.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](https://theicct.org)

Según los anuncios de nuevas instalaciones, el desarrollo de la producción de material catódico es el paso más probable por concretarse en la cadena de suministro de baterías de Chile en el corto plazo. Se estima que solo esta actividad podría generar hasta US\$1.100 millones en ingresos anuales en 2030 y US\$2.200 millones en 2035. La producción de cátodos LFP para satisfacer la demanda regional generaría aproximadamente 1,9 veces más ingresos anuales que la simple exportación de la cantidad equivalente de carbonato de litio en ambos años.

Entre 2025 y 2035, se proyecta que la fabricación de celdas represente la mayor parte de los ingresos potenciales (35 %-39 %), seguida por el ensamblaje de módulos y paquetes (15 %-20 %) y la producción de material catódico (14 %-15 %).

Estas proyecciones sugieren que el desarrollo de la cadena de valor de baterías LFP permitiría a Chile retener una porción mucho mayor del valor bruto generado por el litio. Para 2030, los ingresos brutos proyectados por el desarrollo de la producción nacional para satisfacer la demanda latinoamericana de baterías LFP corresponderían al 1,8 % del PIB de Chile de 2024 (Fondo Monetario Internacional, 2025). Se estima que este valor aumente al 3,7 % del PIB de 2024 para el año 2035.

Creación de empleos en la cadena de suministro de baterías

Este análisis evalúa la creación potencial de empleo a partir de los proyectos de minería y refinación de litio ya anunciados, así como del posible desarrollo de industrias en la cadena de suministro para satisfacer la demanda latinoamericana de

baterías LFP. El potencial de crecimiento del empleo derivado de una industria de reciclaje se examina más adelante.

Para estandarizar los requerimientos laborales en las distintas etapas de la cadena de suministro, este análisis adopta la metodología de Bui & Slowik (2025), que convierte las cifras de empleo de plantas individuales en una proporción de empleos por GWh de producción. Este estudio utiliza datos de dicha fuente, complementados con información pública sobre instalaciones de minería, refinación y producción de CAM en Chile y otros países (Albemarle, 2023; CORFO, 2023a, 2023b; Eramet, 2024; SQM, 2023; Standard Lithium, 2024). Para la producción de materiales y componentes de baterías (por ejemplo, productos de litio, CAM y electrolitos), esta proporción se basa en la cantidad necesaria para producir 1 GWh de capacidad de baterías LFP. De manera similar, los requerimientos para las plantas de ensamblaje de módulos y paquetes se representan como el número de empleos necesarios para producir los componentes para 1 GWh de capacidad.

Aunque el estudio de Bui y Slowik (2025) se centra en Estados Unidos, sus datos se utilizan reconociendo la incertidumbre inherente a la aplicación de datos de un mercado laboral extranjero. Otra limitación de este análisis es la suposición de que los requerimientos de mano de obra para la cadena de suministro se mantendrán constantes. La creciente automatización y las economías de escala podrían reducir la necesidad de personal, pero dada la incertidumbre en los datos, este informe no proyecta tendencias laborales futuras.

Empleos en minería y refinación de litio

Actualmente, la división de minería y refinación de litio de SQM emplea a 3.492 personas, mientras que Albemarle emplea a 1.295 (Albemarle, 2023; SQM, 2023). BMI informó que, en 2023, la capacidad de producción total anunciada en Chile fue de 44 kt, de las cuales 32 kt correspondieron a SQM y 12 kt a Albemarle, lo que equivale a una media de 109 empleos por kt de litio.

Según datos de BMI, se proyecta que SQM aumente su capacidad en 22,5 kt entre 2023 y 2030, y Albemarle en 8,8 kt entre 2023 y 2034. En el caso de que la proporción de empleos por kilotonelada se mantenga constante, estos incrementos en la producción supondrían la creación de aproximadamente 3.417 empleos adicionales para 2034.

Considerando todos los proyectos mineros anunciados en Chile, este análisis también estima la creación de empleo a partir de futuras instalaciones, incluidas las de DLE. Los requerimientos de mano de obra para estas últimas se basan en anuncios de las empresas que utilizan esta tecnología de extracción. Por ejemplo, la planta DLE de Standard Lithium en Arkansas (EE. UU.) requiere unos 12 empleos por kt, mientras que la planta Centenario de Eramet en Argentina necesita aproximadamente 78 empleos por kt (Standard Lithium, 2024; Eramet, 2024). Dada la fase inicial de los proyectos DLE a nivel mundial, existe incertidumbre sobre sus necesidades de personal, y estos ejemplos podrían no ser representativos para futuras instalaciones en Chile. Las estimaciones de empleo para los cuatro proyectos de extracción y refinación de litio a los que se hace referencia en esta sección se enumeran en la Tabla 1. La materialización de toda la capacidad de producción anunciada por BMI en Chile implicaría la creación de entre 3.000 y 3.900 nuevos empleos para el año 2035. Dependiendo de sus requerimientos de mano de obra, los proyectos DLE podrían representar entre el 6 % y el 28 % de esa creación de empleo en la industria del litio.

Tabla 1**Cifras de empleo para proyectos de minería y refinación de litio**

Compañía	Proyecto	Tipo de proyecto	Producción planificada	Empleos	Capacidad de producción anual de litio en 2023 o en el primer año de producción planificada (kt)	Empleos/kt de producción de litio
SQM	Salar de Atacama, Chile	Evaporación de salmuera de litio	En operación	3.492	32	109
Albemarle	Salar de Atacama, Chile	Evaporación de salmuera de litio	En operación	1.295	12	108
Standard Lithium	Suroeste de Arkansas, Estados Unidos	Litio DLE	2027	100	8	12
Eramet	Planta Centenario, Provincia de Salta, Argentina	Litio DLE	2024	350	5	78

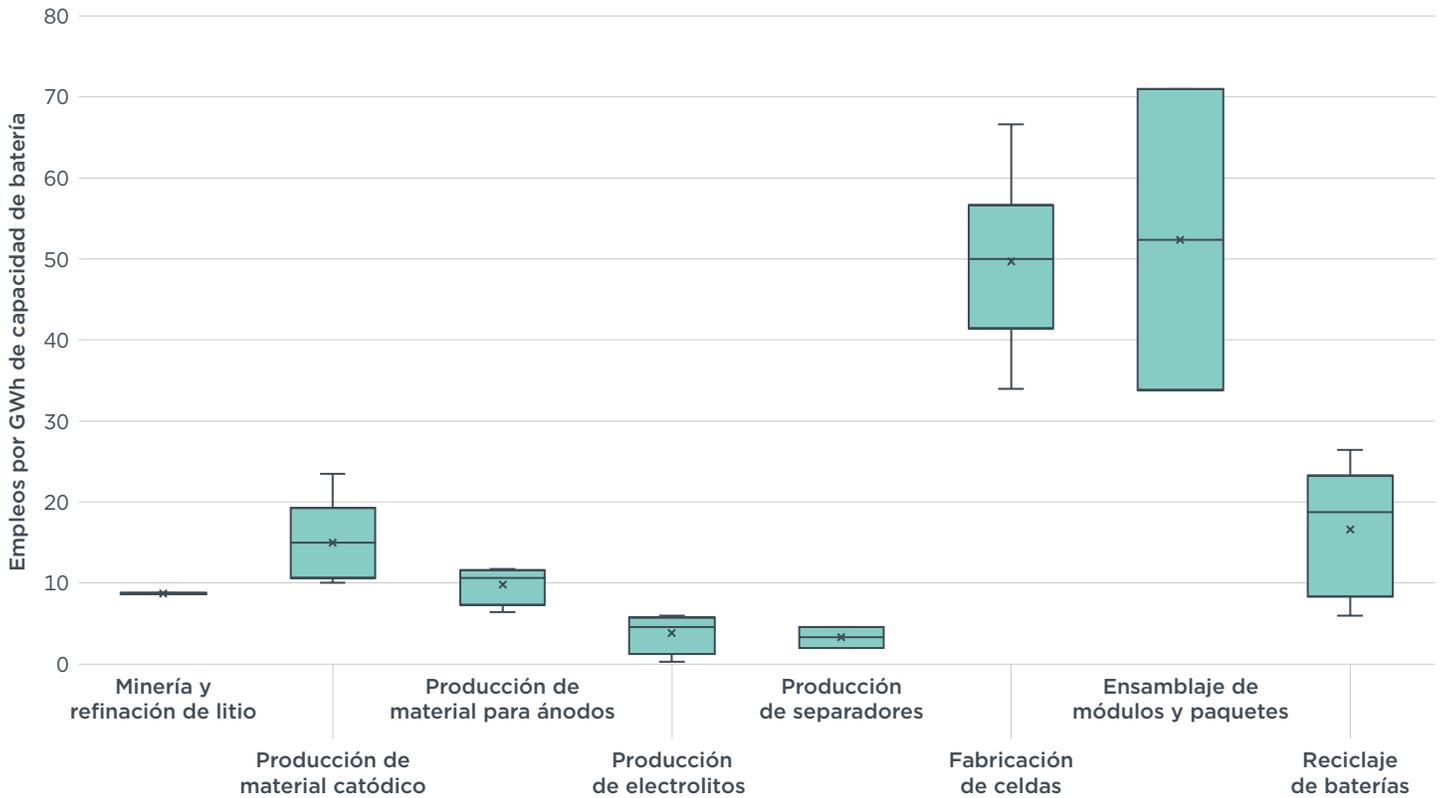
Producción de material catódico

En 2023, CORFO anunció el desarrollo de dos plantas de producción de CAM. Aunque ambas empresas retiraron posteriormente sus inversiones (Zhang, 2025), los requerimientos de personal de dichos proyectos se consideran representativos de una planta de CAM típica y se utilizan en este análisis. Una de las plantas, anunciada por BYD, proyectaba la creación de 500 empleos locales, mientras que la segunda, de Yongqing Technology, preveía 668 puestos de trabajo al operar a su capacidad nominal (CORFO, 2023a, 2023b). La capacidad anunciada era de 50 kt para la planta de BYD y de 120 kt para la de Yongqing Technology. Estos requerimientos de personal equivalen a 19 y 11 empleos por GWh de capacidad de baterías LFP, respectivamente. Los requisitos laborales para estas instalaciones se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 2**Cifras de empleo para las instalaciones de material catódico anunciadas en Chile**

Compañía	Proyecto	Tipo de proyecto	Producción planificada	Total de empleos	Capacidad de producción anual de CAM (kt)	Empleos/GWh de paquetes de baterías LFP
Yongqing Technology	Antofagasta Global Green Lithium Eco Industrial Park	Material catódico de LFP	2025 (cancelado)	668	120	11
BYD	Planta de CAM de Antofagasta	Material catódico de LFP	2025 (cancelado)	500	50	19

La Figura 7 resume la proporción de empleos por gigavatio-hora (empleos/GWh) para cada etapa de la cadena de suministro, compilada a partir de anuncios de proyectos en Chile y del estudio de Bui y Slowik (2025). El detalle de los requerimientos de personal para cada etapa se encuentra en la A5 del apéndice.

Figura 7**Empleos por GWh para cada etapa de la cadena de suministro de baterías**

Nota: La línea horizontal dentro de cada barra indica la mediana, mientras que la “x” representa el promedio de los valores de múltiples estudios. El 50 % central de los datos se encuentra entre la parte superior (percentil 75) y la parte inferior (percentil 25) de la barra. Las líneas verticales que se extienden por encima y por debajo de cada barra representan los valores máximo y mínimo. Los datos de empleo en minería y refinación de litio presentados aquí corresponden únicamente a los proyectos de evaporación de salmuera, que representan la mayor parte de la producción planificada. Se excluyen los proyectos de DLE debido a la considerable incertidumbre sobre sus requerimientos de personal.

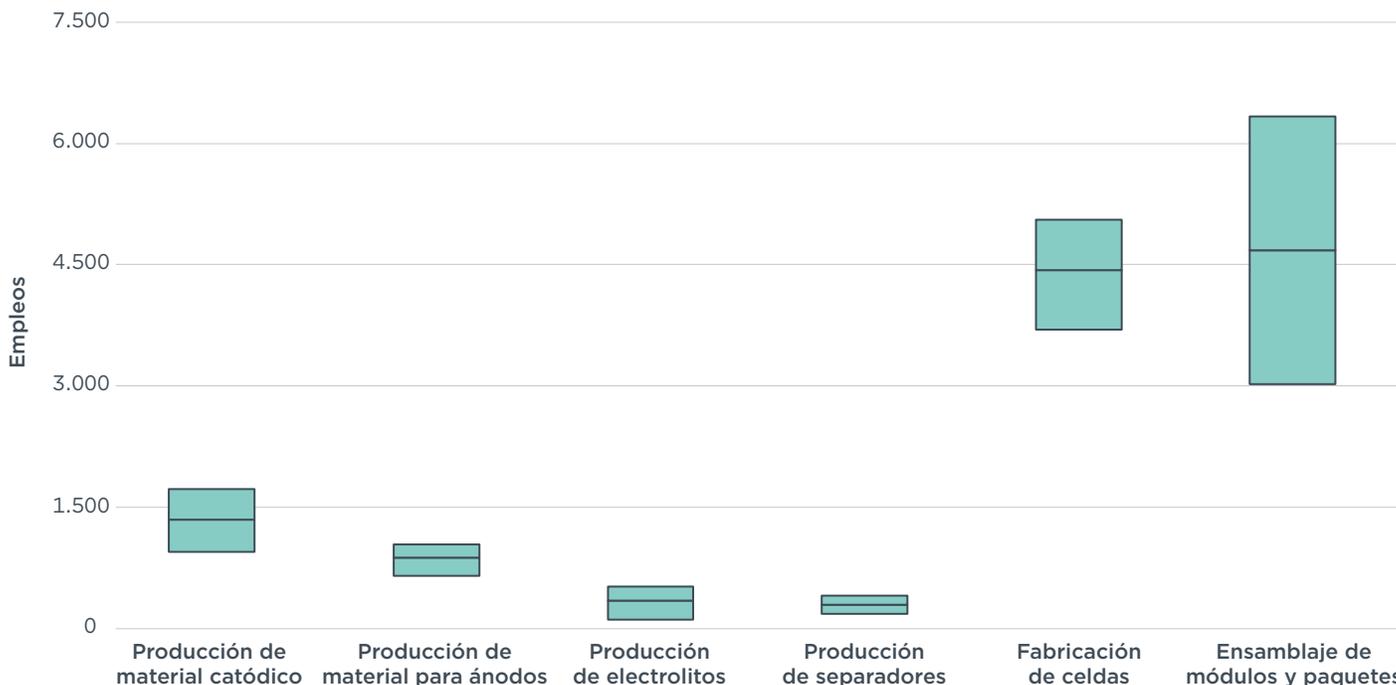
CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](https://theicct.org)

Este análisis proyecta la creación de entre 8.600 y 15.000 empleos directos en la cadena de suministro de baterías en Chile para 2030, y entre 19.000 y 32.600 para 2035, con el fin de satisfacer la demanda de baterías LFP en América Latina impulsada por la adopción de BEV y PHEV. Esta proyección excluye los empleos en minería y refinación de litio, sector que crecerá a una escala mayor a la necesaria para cubrir únicamente la demanda vehicular de la región.

Solo la producción de material catódico podría generar entre 900 y 1.700 empleos en 2030, y entre 2.100 y 3.700 en 2035. A modo de comparación, la gran minería en Chile empleaba directamente a unos 58.000 trabajadores en 2023 (CCM & Eleva, 2023). La Figura 8 detalla los rangos de creación de empleo para cada etapa de la cadena de valor de las baterías LFP. Los rangos en el potencial de creación de empleos dan cuenta del rango de ratios de empleos por GWh que se muestran en la Figura 7. Dichos rangos corresponden al primer y tercer cuartil de los datos de empleos por GWh para cada etapa de la cadena de suministro.

Figura 8

Creación de empleos proyectada para 2030 en cada etapa de la cadena de suministro de baterías (excluyendo la minería y refinación de litio) necesaria para satisfacer la demanda anual de baterías LFP en América Latina



Nota: La línea horizontal dentro de cada barra indica la mediana de los valores, basada en los anuncios de múltiples instalaciones industriales. El 50 % central de los datos se encuentra entre la parte superior (percentil 75) y la parte inferior (percentil 25) de la barra.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Como muestra la Figura 8, y de acuerdo con los requerimientos promedio de mano de obra para cada etapa de la cadena de suministro, la fabricación de celdas y el ensamblaje de módulos y paquetes representarían el 37 % y el 39 % del total de empleos proyectados para 2030, respectivamente. La producción de material catódico se posicionaría en tercer lugar, generando el 11 % de los nuevos puestos de trabajo.

Desafíos y ventajas de desarrollar una cadena de suministro de baterías nacional

El desarrollo de una cadena de suministro de baterías en Chile presenta importantes ventajas. La principal es la existencia de una producción de litio abundante, de bajo costo y con una huella de carbono comparativamente baja. El gobierno chileno ya utiliza esta ventaja en sus contratos mineros para ofrecer litio a precios preferenciales a empresas que invierten en industrias nacionales de valor agregado. Además, Chile cuenta con acuerdos comerciales favorables con las principales regiones productoras de vehículos, incluyendo tratados de libre comercio con Estados Unidos y China, un acuerdo con la Unión Europea y alianzas con países de América Latina a través del Mercosur y la Alianza del Pacífico, lo que facilitaría la exportación de productos de la cadena de suministro a socios fabricantes.

Sin embargo, cada etapa de esta cadena enfrenta desafíos específicos, como la formación de mano de obra, la adquisición de talento, el desarrollo de líneas de producción y el mecanizado, así como la atracción de inversiones (Bui y Slowik, 2025). Iniciativas como el programa SQM Aprende y el diplomado en la cadena de valor del litio de la Universidad de Antofagasta son ejemplos de esfuerzos para abordar estas necesidades de capacitación técnica (SQM, s.f.; Universidad de Antofagasta, 2023).

Otro desafío clave es el alto costo de la electricidad para el sector industrial, de aproximadamente US\$0,156/kWh, el cual podría mitigarse mediante el uso de fuentes de energía renovable dedicadas a los procesos de extracción (GlobalPetrolPrices.com, s.f.).

UNA CADENA DE SUMINISTRO DE BATERÍAS LIMPIA Y RESPONSABLE EN CHILE

Las características de los yacimientos de litio chilenos y su matriz de generación eléctrica podrían favorecer una cadena de suministro de baterías con una huella de GEI relativamente baja en comparación con otras regiones. Sin embargo, los altos niveles de consumo hídrico en la extracción de litio en los salares, que son ecosistemas sensibles, subrayan la necesidad de monitorear y limitar el uso de agua. Esta sección analiza la intensidad de las emisiones de GEI y el consumo de agua en la producción de litio y baterías en Chile, y compara estas cifras con las de otras importantes regiones productoras a nivel mundial.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE LITIO

Debido a la alta concentración de litio en el Salar de Atacama, la extracción y refinación a través de la evaporación de salmuera presentan una de las intensidades de emisiones de GEI más bajas del mundo. El modelo R&D GREET 2024 del Laboratorio Nacional Argonne estima que la producción de carbonato de litio a partir de salmuera chilena genera un 86 % menos de emisiones que la producción a partir de roca en Australia y un 67 % menos que la de Estados Unidos (Wang et al., 2024).

Un estudio comparativo de 2024 confirmó que la producción de litio y carbonato de litio en el Salar de Atacama tiene una de las huellas de GEI más bajas a nivel global, en comparación con operaciones en salares argentinos o minas de espodumena en Australia (Lagos et al., 2024). Dicho estudio sitúa la intensidad de emisiones para la producción de carbonato de litio de Atacama entre 3.696 y 4.063 kg de CO₂e por tonelada (sin incluir las emisiones derivadas de su transporte). En contraste, la producción a partir de salmuera argentina registra emisiones mayores, que van desde 7.388 kg CO₂e/t (Schenker et al., 2022) hasta 11.690 kg CO₂e/t (Allkem, 2022; Chordia et al., 2022), mientras que las operaciones australianas de espodumena reportan las cifras más altas, entre 15.690 kg CO₂e/t y 20.400 kg CO₂e/t (Jiang et al., 2020; Kelly et al., 2021). Los valores de intensidad de emisiones para la producción de carbonato de litio en diferentes regiones, extraídos del modelo R&D GREET 2024 y de la compilación de Lagos et al. (2024), se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3

Huella de gases de efecto invernadero de la producción de carbonato de litio en diferentes regiones (kg CO₂e/t)

	Chile (Atacama)	Chile (Salar Blanco, Maricunga)	Australia (mineral)	Argentina (salmuera)	Estados Unidos (salmuera)
R&D GREET 2024 (Wang et al., 2024)	2.522	-	18.179	-	7.530
Lagos et al. 2024	3.696 - 4.063	-	-	-	-
Schenker et al. 2022	-	-	-	7.388 - 7.939	-
Chordia et al. 2022	3.762	9.340	-	8.222	-
Allkem (2022)	-	-	-	11.690	-
Kelly et al. (2021)	2.800	-	20.400	-	-
Jiang et al. (2020)	-	-	15.690	-	-

Un análisis detallado de las fuentes de emisión, realizado por Lagos et al. (2024), desglosa el impacto de cada proceso en la producción de carbonato de litio a partir de salmuera. Los autores estiman que el principal contribuyente es la producción de carbonato de sodio (soda ash) para la planta química, responsable de 2.546 kg de CO₂e/t (el 69 % de las emisiones). Le siguen el consumo de electricidad y el uso de combustibles de proceso, que en conjunto representan 978 kg de CO₂e/t (el 26 %). Del total de emisiones por consumo energético, el 34 % se atribuye al uso de electricidad y diésel para la extracción, bombeo y cosecha de la salmuera de las minas, mientras que el 66 % corresponde a las operaciones de la planta química que usan electricidad, gas natural y diésel.

Además de las emisiones del proceso productivo, Lagos et al. (2024) estiman que los vehículos diésel utilizados para el transporte de personal, la carga y el traslado de sal dentro de las minas y hacia las plantas químicas y puertos, añaden 190 kg de CO₂e/t. Asimismo, calculan que el envío de litio desde Chile a China, principal destino de las exportaciones, representa otros 137 kg de CO₂e/t. El desarrollo de una cadena de suministro de baterías en Chile podría reducir las emisiones (y los costos) asociados al transporte de productos de litio a China y la posterior importación de baterías terminadas.

Lagos et al. (2024) estiman que las emisiones totales (excluyendo transporte) podrían reducirse en un 71 %, hasta los 1.064 kg de CO₂e/t, utilizando carbonato de sodio producido con energía solar de concentración (CSP, por sus siglas en inglés) y reemplazando el gas natural por hidrógeno verde como combustible de proceso. El estudio también concluyó que la sustitución de bombas diésel por bombas eléctricas alimentadas con CSP podría disminuir las emisiones en un 5 % adicional sobre la línea base, hasta los 877 kg de CO₂e/t. El uso de BEV (alimentados con CSP) en las faenas mineras y en el transporte a plantas y puertos podría reducir las emisiones del transporte terrestre en 127 kg de CO₂e/t, lo que equivale a un 66 % del total proveniente del transporte terrestre.

El mismo estudio describió otras alternativas para disminuir el impacto de la producción de carbonato de litio a partir de salmuera, aunque no llegó a evaluarlas (Lagos et al., 2024). Entre estas se incluyen métodos para aumentar el porcentaje de litio recuperado de la salmuera, como DLE, y el uso de CO₂ en lugar de carbonato de sodio para precipitar el litio, un método novedoso que podría utilizar CO₂ capturado para reducir aún más las emisiones de GEI (Kim et al., 2024).

Potencial de la extracción directa de litio para reducir las emisiones en la producción de carbonato de litio

La extracción directa de litio es una tecnología emergente que, mediante procesos electroquímicos, eleva la tasa de recuperación de litio de la salmuera hasta un 90 %, permitiendo su aprovechamiento incluso en salmueras de baja concentración. Para 2025, existen pocos proyectos operando a pequeña escala, pero se espera que muchos otros pilotos más escalen sus operaciones hacia finales de la década.

El modelo R&D GREET 2024 estima que las emisiones de GEI de dos proyectos DLE en Estados Unidos son de 10,4 y 8,7 kg de CO₂e/t, cifras considerablemente más altas que las de la evaporación de salmuera en el Salar de Atacama. Teóricamente, el uso de electricidad renovable en lugar de combustibles fósiles en los procesos DLE podría reducir estas emisiones de forma significativa (Systemiq, 2024), aunque este análisis no evalúa los costos de dicha conversión.

Dada la alta radiación solar en la región de Atacama, muchos proyectos mineros están invirtiendo en plantas de energía renovable para cubrir su demanda energética (Ministerio de Minería, 2022). Además, Chile es uno de los países con mayores niveles de vertimiento de energías renovables en relación con su capacidad total (IEA, 2023), lo que sugiere que podría haber electricidad limpia de bajo costo disponible para futuros proyectos DLE si estos operan en momentos de excedente de generación. Considerando las mejoras potenciales en la recuperación de litio, es fundamental monitorear la intensidad de las emisiones de los futuros proyectos DLE para limitar su impacto en el calentamiento global.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS

Además del menor impacto ambiental de la producción de litio a partir de salmuera, la fabricación de baterías en Chile podría tener una huella de carbono relativamente baja en comparación con otras regiones. Esto se debe, en gran medida, a la alta proporción de energías renovables en la matriz eléctrica que abastece al país.

Utilizando el modelo R&D GREET 2024 del Laboratorio Nacional Argonne (Wang et al., 2024), este análisis modeló la intensidad de emisiones de la producción de baterías en Chile. Para ello, se ajustaron las fuentes de litio y cobre a Chile y se utilizó la matriz eléctrica chilena de 2023 en las etapas de producción de material catódico LFP, sistemas de gestión de baterías y ensamblaje (IEA, 2024a). El resultado estimó una intensidad de emisiones de GEI en el ciclo de vida de 39 kg de CO₂e/kWh de capacidad de batería. Los ajustes específicos realizados a los valores por defecto del modelo GREET se describen en el apéndice.

A modo de comparación, usando la versión 2024 de la herramienta R&D GREET y ajustando los factores antes mencionados como se describe en Kelly et al. (2019), se estima que la intensidad de emisiones de la producción de baterías LFP en Europa, Estados Unidos y China es de 43 kg de CO₂e/kWh, 46 kg de CO₂e/kWh y 60 kg de CO₂e/kWh, respectivamente. De esta forma, se estima que la intensidad de emisiones en la producción de paquetes de baterías LFP en Chile es un 35 % menor que el promedio de China, país donde se fabrica actualmente la mayoría de estos paquetes. Wang et al. (2023) estiman que las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida de las baterías LFP fueron de aproximadamente 65 kg de CO₂e/kWh en 2020 y serán de unos 38 kg de CO₂e/kWh en 2030. La producción chilena de LFP también generaría un 9 % y un 15 % menos emisiones que la producción en la Unión Europea y Estados Unidos, respectivamente. Dadas las metas de Chile para aumentar la participación de energías renovables en su matriz eléctrica, se espera que la intensidad de GEI de la producción nacional de baterías disminuya todavía más.

Tabla 4**Emisiones de GEI en la producción de paquetes de baterías LFP: Comparativa de Chile con otras regiones productoras**

Región productora	Emisiones de gases de efecto invernadero (kg CO ₂ e/kWh)
Chile	39,0
Chile (litio reciclado)	38,4
Chile (electricidad 100% renovable)	30,9
China	60,0
Unión Europea	42,9
Estados Unidos	46,1

Fuente: Wang et al. (2024)

La adopción del reciclaje y la recuperación de litio en Chile podría reducir aún más la intensidad de las emisiones. Con el uso de un 80 % de litio reciclado, la intensidad disminuiría a 38 kg de CO₂e/kWh. Si en las etapas de producción se utilizara exclusivamente energía renovable, la intensidad podría bajar hasta los 31 kg de CO₂e/kWh, lo que representa una reducción del 35 % en comparación con la matriz eléctrica de 2023.

Estos escenarios subrayan el potencial de Chile para producir baterías de iones de litio con una huella de GEI inferior a la de otras grandes regiones productoras. El cumplimiento de la meta nacional de un 100 % de generación eléctrica renovable para 2050 permitiría reducir las emisiones todavía más. Considerando la futura implementación de requisitos de huella de carbono en el Reglamento sobre Baterías de la UE, la baja intensidad de emisiones proyectada para las baterías fabricadas in Chile podría otorgarles una ventaja competitiva en el mercado europeo de BEV.

CONSUMO DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE LITIO

El consumo de agua en las operaciones de litio en Chile es un punto crítico, dada la escasez hídrica de las zonas desérticas donde se ubican los depósitos de salmuera. El agua utilizada en la producción de carbonato de litio por evaporación de salmuera varía según la concentración del mineral, oscilando entre 0,17 m³ y 7,66 m³ por kg de carbonato de litio (Mas-Fons et al., 2024). Esta estimación incluye mediciones donde se asume, de forma conservadora, que el volumen de salmuera extraído del subsuelo es equivalente a una pérdida de agua dulce de volumen similar. Esto se debe a que, tras el bombeo, las fuentes de agua dulce subterráneas pueden ser absorbidas por los acuíferos salinos para rellenar el espacio vacío. Este fenómeno, cuya dinámica es incierta, se conoce como transferencia de agua dulce (Vera et al., 2023). Para mitigar este efecto, varias faenas mineras emplean sistemas de cuñas salinas, diseñados para limitar la transferencia de agua dulce hacia los acuíferos de salmuera. Sin embargo, aunque los modelos de ingeniería preliminares son prometedores, la complejidad de los procesos hidrogeológicos *in situ* hace que la eficiencia real de estas barreras salinas sea difícil de cuantificar (Ford et al., 2024).

La escasez hídrica en la región del Salar de Atacama subraya la necesidad de un monitoreo constante y de esfuerzos de mitigación para limitar el impacto de la

producción de litio en los ecosistemas y comunidades locales. La extracción directa de litio se promueve como un método que podría reducir el consumo de agua en comparación con la evaporación, gracias a su mayor tasa de recuperación del mineral (Vera et al., 2023). Sin embargo, la información sobre el uso de agua en proyectos DLE a gran escala es limitada. Los datos disponibles muestran un amplio rango de consumo, y en algunos casos, este es incluso superior al de los métodos de evaporación, lo que limita la idoneidad de ciertos proyectos DLE para regiones áridas (Vera et al., 2023). Adicionalmente, la reinyección del agua residual (salmuera ya procesada y con bajo contenido de litio) presenta otro desafío significativo. Ciertos procesos químicos utilizados en la DLE pueden introducir contaminantes en esta salmuera, lo que impediría su reinyección segura en los acuíferos y podría provocar daño ambiental (Gallegos et al., 2025).

PANORAMA DE LOS IMPACTOS SOCIALES DE LA MINERÍA EN CHILE

Las actividades mineras en Chile, particularmente en la Región de Antofagasta, se han vinculado a numerosos impactos sociales, como el aumento del costo de vida, la alteración de prácticas agrícolas y tradicionales por cambios en los ecosistemas, y desafíos de gobernanza en torno a la gestión de los recursos naturales.

Estresores ambientales

En el ecosistema desértico del Salar de Atacama, el consumo de agua para la expansión de las operaciones de litio ha generado preocupación en las comunidades locales. Antofagasta, ubicada en la zona más seca del mundo sin considerar los polos, enfrenta una severa escasez hídrica: aproximadamente el 42 % de su población rural carece de acceso formal a agua potable, situación agravada por las bajas precipitaciones y altas concentraciones de arsénico en las fuentes de agua dulce (Ruffino et al., 2022). En años recientes, los habitantes locales han reportado una disminución del forraje para sus rebaños y una escasez de agua que afecta sus cultivos (Beiser, 2024, Capítulo 6).

Si bien diversos estudios han constatado una disminución de los recursos hídricos en los ecosistemas locales durante las últimas dos décadas (Liu et al., 2019), ha sido difícil atribuir inequívocamente estos cambios a la minería del litio. Los científicos no han logrado diferenciar con precisión los efectos de esta industria de los impactos de las minas de cobre y de los efectos a largo plazo del cambio climático (Beiser, 2024, Capítulo 6).

La extracción de litio ha sido vinculada con otras formas de degradación ecológica, como el hundimiento del Salar de Atacama a un ritmo de 1 cm por año (Delgado et al., 2024) y la disminución en la población de especies de flamencos amenazados (Gutiérrez et al., 2022). Los salares también albergan comunidades únicas de microorganismos capaces de sobrevivir en salmueras de alta salinidad (Cubillos et al., 2018). Además, las piscinas de evaporación de litio tienen un efecto notorio en la fauna local: se han registrado 45 incidentes de aves interactuando con las piscinas de SQM, lo que se atribuye a la falta de alarmas sonoras exigidas por la Resolución de Calificación Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente (Superintendencia del Medio Ambiente, 2024).

Impactos económicos

La minería genera considerables beneficios económicos en Chile: aporta el 72 % del PIB de Antofagasta, representa el 39,4 % de las exportaciones del país y constituye el 13,6 % del PIB nacional (OECD Rural Studies, 2023; International Trade Administration, 2023). Empresas como Codelco y SQM financian iniciativas de desarrollo comunitario como parte de sus programas de responsabilidad social corporativa, por ejemplo, Codelco financiando la colegiatura de los hijos de sus empleados. Sin embargo, los altos salarios del sector provocan efectos inflacionarios en las economías locales, aumentando el costo de bienes y servicios para quienes no trabajan en la minería. Por ejemplo, el precio de la vivienda en Antofagasta aumentó del 90 % al 160 % del precio de Santiago entre 2000 y 2013 (Atienza et al., 2021).

Desafíos de gobernanza

En la región de Antofagasta residen numerosas comunidades indígenas, 18 de las cuales están representadas por el Consejo de Pueblos Atacameños (CPA) (Ministerio de Educación, 2022). Estas comunidades han negociado acuerdos con las mineras, como el compromiso de Albemarle en 2016 de compartir el 3,5 % de sus ingresos brutos con el CPA (CORFO, 2024). En 2018, SQM comprometió US\$15 millones anuales para proyectos comunitarios, pero enfrentó la oposición de importantes grupos indígenas, lo que llevó a un rechazo parcial de la propuesta (SQM, 2018; Brion Cea, 2018). A pesar de esto, según se informa, SQM mantiene acuerdos confidenciales con cuatro de las cinco comunidades aledañas al Salar de Atacama (Initiative for Responsible Mining Assurance, 2023b).

La relación con las comunidades locales presenta complejidades históricas. La privatización de SQM en 1988 se realizó sin consulta ni consentimiento de los pueblos indígenas (Poveda Bonilla, 2020). Chile ratificó el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales 20 años después de la privatización (Grupo Internacional de Trabajo sobre Asuntos Indígenas, 2023). Más recientemente, la industria minera ha enfrentado diversas disputas legales y críticas por su enfoque en la consulta pública. CORFO demandó a SQM en 2016 por incumplimiento de contrato y fraude fiscal (acuerdo resuelto en 2018), y a Albemarle en 2021 por subdeclaración de ventas (acuerdo alcanzado en 2024) (SQM, 2018; CORFO, 2024; Pizzoleo, 2024). En 2024, el gobierno publicó una lista de salares protegidos y explotables, pero el proceso de consulta indígena se incluyó tardíamente (Alianza por los Humedales Andinos, 2024; Johns, 2025). Actualmente, hay múltiples consultas indígenas en curso para nuevos proyectos de litio, establecidas por la Ley 21.600 (Ministerio de Hacienda, 2024c). La Alianza por los Humedales Andinos —una coalición de comunidades locales, organizaciones de la sociedad civil y defensores de los salares— ha expresado su preocupación por el equilibrio entre la preservación ecológica y las prioridades extractivas, así como por la necesidad de una adecuada participación ciudadana y transparencia en la información (Alianza por los Humedales Andinos, 2024).

Los temas en discusión incluyen la reducción del consumo de agua dulce por parte de las mineras, la transición hacia fuentes de energía renovable y el cumplimiento de estándares como la Iniciativa para el Aseguramiento de la Minería Responsable (IRMA, por sus siglas en inglés). En 2024, Albemarle y SQM obtuvieron puntajes de cumplimiento IRMA del 50 % y 75 %, respectivamente, cifras que sirven como referencia de sus operaciones actuales y revelan áreas que requieren mejoras (IRMA, 2023a, 2023b).

El estándar IRMA se enfoca en la operación de cada faena de forma individual, sin capturar las complejidades del Salar de Atacama, un ecosistema donde operan simultáneamente dos minas de cobre y dos de litio (Johns, 2025). Además, ambos productores de litio de la región han enfrentado litigios tras observarse una caída significativa en los niveles de salmuera en una estación de monitoreo, lo que ha generado inquietud sobre la sostenibilidad ambiental de sus operaciones (Fundación Terram, 2024).

Políticas sobre el impacto social de la minería de litio

Las negociaciones de contratos de CORFO en 2024 con Albemarle, SQM y Codelco establecieron marcos más rigurosos para nuevos proyectos, con estándares ambientales más estrictos y procesos de extracción más sostenibles (Codelco & SQM, 2024; CORFO, 2024). Estos esfuerzos se verán reforzados por regulaciones en las regiones productoras de vehículos, diseñadas para mitigar riesgos en las cadenas de suministro de baterías.

El Reglamento sobre Baterías de la UE, que entrará en vigor en agosto de 2027, exigirá normas de debida diligencia para mejorar la trazabilidad de los minerales y corregir malas prácticas socioambientales (Parlamento Europeo, 2024). Estos marcos obligarán a los fabricantes a evaluar si sus materias primas se obtienen de manera ambiental y socialmente responsable y a mitigar los problemas detectados. Las empresas mineras chilenas que deseen suministrar litio al mercado europeo de vehículos eléctricos deberán implementar procesos de documentación para cumplir con estos requisitos.

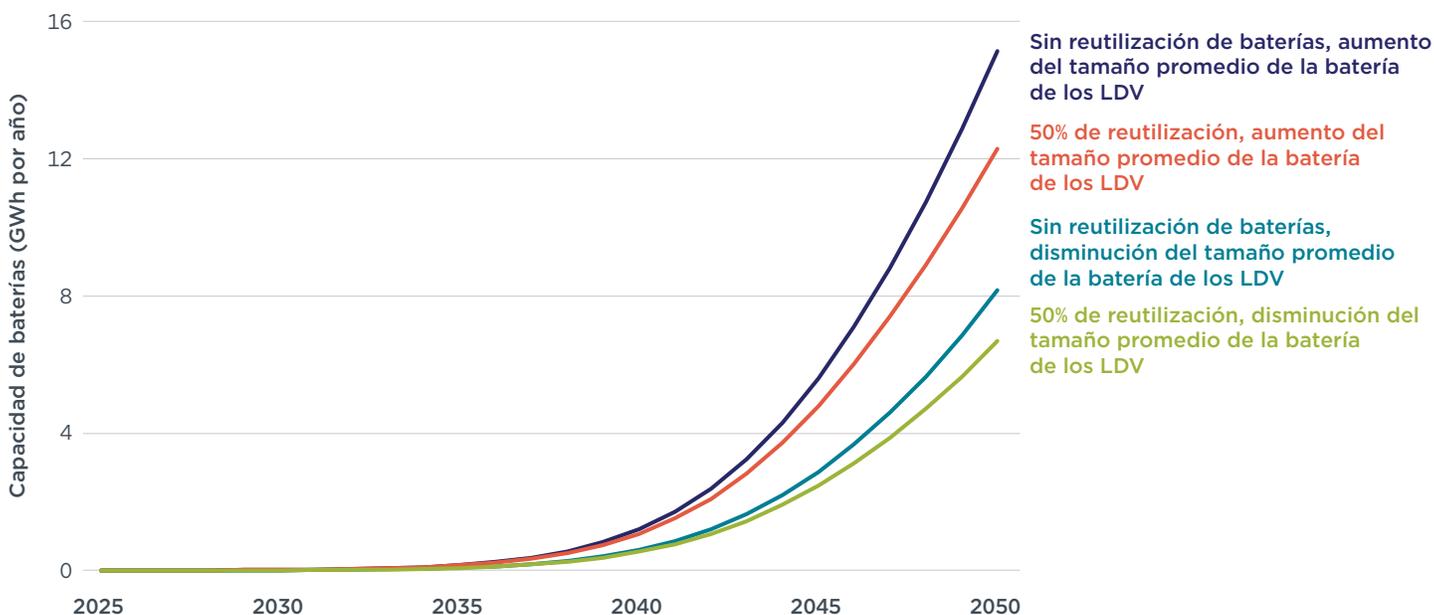
BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA REUTILIZACIÓN Y EL RECICLAJE DE BATERÍAS

DEMANDA FUTURA DE CAPACIDADES DE REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE

A medida que se acelera la adopción de BEV y PHEV en el mundo, se proyecta un rápido aumento en el volumen de baterías que llegan al final de su vida útil. Si estas baterías de iones de litio acaban en un vertedero, pueden lixiviar metales pesados (níquel y cobalto) y otras toxinas en el suelo afectando las napas freáticas, además de suponer un riesgo de incendio con potenciales emisiones atmosféricas tóxicas y graves peligros para la salud de los trabajadores de la gestión de residuos.

La Figura 9 muestra la capacidad energética de baterías de vehículos que se proyecta retirar del mercado en Chile. Dado el desfase natural entre la venta de un vehículo y el fin de su vida útil, este volumen comenzará a aumentar significativamente a partir de 2037³. Sin embargo, debido a la rápida adopción de BEV proyectada desde 2025, el volumen de baterías al final de su vida útil crecerá de forma exponencial después de 2040. Se espera que se retiren entre 0,5 GWh y 1,2 GWh en 2040, cifra que aumentará a un rango de 6,7 GWh a 15,1 GWh en 2050, dependiendo de la tendencia en el tamaño de las baterías y de la tasa de reutilización.

Figura 9
Proyección del retiro de baterías al final de su vida útil según distintos niveles de reutilización



CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

³ Este análisis supone una vida útil de 24 años para los automóviles de pasajeros. Para autobuses, vehículos comerciales livianos, y camiones medianos y pesados, se asume una vida útil de 16, 20, 20 y 14 años, respectivamente. Las fuentes de datos para estas estimaciones se detallan en el apéndice.

El reciclaje de baterías permite recuperar sus elementos constituyentes y evita que terminen en vertederos. Antes del reciclaje, una parte sustancial de las baterías de vehículos puede reutilizarse en aplicaciones de segunda vida. Sin embargo, existe una considerable incertidumbre sobre las tasas efectivas de recolección y reutilización en aplicaciones secundarias. Este análisis, empleando la metodología de Li et al. (2024), supone una tasa de recolección del 90 % de las baterías al final de su vida útil, y considera que el 10 % restante de los vehículos o no se recolecta o se exporta fuera de Chile.

La viabilidad y probabilidad de la reutilización dependen de factores como la facilidad para recolectar, inspeccionar y reacondicionar las baterías, así como de los incentivos económicos que la favorezcan por sobre el reciclaje directo (Tankou et al., 2023). Para reflejar esta incertidumbre, el análisis evalúa dos escenarios: uno donde el 50 % de las baterías se reutilizan por 10 años antes de ser recicladas, y otro sin ninguna reutilización.

Desarrollar un ecosistema de reciclaje en Chile ofrece múltiples beneficios. Permitiría evitar la disposición de baterías en vertederos y frenar el crecimiento de actividades de reciclaje informal, que conllevan riesgos ambientales y de seguridad laboral (Beiser, 2024, Capítulo 9). Por otro lado, se podría establecer una fuente secundaria de litio y, en el caso de las baterías NMC, de níquel y cobalto, minerales que actualmente no se extraen comercialmente en Chile. Esto ayudaría a reducir la necesidad de nueva minería y su correspondiente impacto ambiental. Además, una infraestructura eficiente de recolección y procesamiento podría destinar baterías de segunda vida a sistemas de almacenamiento de energía (BESS) para dar estabilidad a la red eléctrica.

El reciclaje de baterías LFP, que no contienen níquel ni cobalto, elementos de alto costo, es menos rentable que el de las baterías NMC, que sí los contienen. De hecho, no está claro si la recuperación de cobre y litio de las baterías LFP es suficiente para compensar los costos de reciclaje (Tankou et al., 2023). Por ello, para evitar el desperdicio, es necesaria una regulación que establezca metas de recuperación específicas por cada elemento.

Este análisis modela condiciones de reciclaje similares a las de Li et al. (2024), asumiendo tasas de recuperación de material equivalentes a las del Reglamento sobre Baterías de la UE a partir de 2027. Con una tasa de recolección del 90 % y sin reutilización, el litio recuperado de baterías de vehículos podría alcanzar las 74 toneladas en 2040 y las 941 toneladas en 2050. En un escenario donde la mitad de las baterías recolectadas se reciclan y la otra mitad se reutilizan en aplicaciones no vehiculares por diez años antes de entrar al flujo de reciclaje, el litio recuperado podría alcanzar las 38 toneladas en 2040 y las 508 toneladas en 2050. Estos escenarios de reciclaje toman como referencia una capacidad de batería promedio creciente para los BEV de pasajeros. Si, por el contrario, el tamaño de las baterías disminuyera, el litio recuperado en los escenarios con y sin reutilización sería ligeramente menor.

El reciclaje de baterías también podría crear una fuente nacional de níquel y cobalto. Se proyecta que para 2040 se podrían recuperar en Chile entre 93 y 205 toneladas de níquel y entre 6 y 13 toneladas de cobalto de baterías al final de su vida útil. Para 2050, estos volúmenes aumentarían a un rango de 1,2 a 2,6 kt de níquel y de 65 a 148 toneladas de cobalto.

POTENCIAL LABORAL DEL RECICLAJE

Bui y Slowik (2025) estimaron que se requieren un promedio de 17 empleos por cada GWh de capacidad de batería que se recicla, con un percentil 25 de 8 empleos por GWh y un percentil 75 de 23 empleos por GWh. Tomando como referencia estos requerimientos laborales para un futuro sistema de reciclaje en Chile, se necesitarían entre 8 y 18 empleos a tiempo completo para reciclar el volumen proyectado de baterías retiradas en 2040, cifra que aumentaría a entre 114 y 317 empleos en 2050. Estas proyecciones sólo incluyen los puestos de trabajo en las instalaciones de reciclaje de baterías, excluyendo los empleos en la recolección y distribución de baterías al final de su vida útil (Bui y Slowik, 2025).

CONCLUSIÓN

Los planes de Chile para desarrollar su industria minera de litio tienen el potencial de posicionar al país como un actor clave en la cadena de suministro mundial de baterías de iones de litio. Si bien la transición de Chile a los BEV y el crecimiento de su industria del litio aún se encuentran en sus etapas iniciales, acciones políticas adicionales pueden ayudar a ampliar sus beneficios económicos y, al mismo tiempo, minimizar los impactos socioambientales nocivos. Este informe evalúa cómo Chile puede aprovechar sus recursos de litio para expandir el crecimiento económico a largo plazo a partir de las tecnologías de fabricación necesarias para economías climáticamente neutrales. El análisis arroja las siguientes conclusiones:

Se proyecta un fuerte aumento en la demanda de baterías de iones de litio para vehículos eléctricos en Chile. Se estima que la demanda total de baterías de BEV y PHEV en Chile aumentará de 0,5 GWh en 2024 a 13,0-17,8 GWh en 2030 y a 27,7-38,0 GWh en 2035, dependiendo de la evolución de los tamaños promedio de las baterías de los BEV livianos. Esto implica que la demanda chilena de litio para uso en vehículos pasará de 44 toneladas en 2024 a entre 1,1 y 1,5 kt en 2030, y entre 2,3 y 3,2 kt en 2035.

Se espera un aumento significativo en la capacidad de producción de litio en Chile hacia fines de la década. La capacidad total de producción de litio anunciada en el país aumentaría de 42 kt en 2024 a 64 kt en 2030 y 79 kt en 2035. En 2030, el 91 % de esta capacidad anunciada corresponde a minas que ya están en operación. En 2024, los ingresos brutos del sector alcanzaron aproximadamente US\$2.700 millones. Dependiendo de la evolución de los precios del litio y de la realización de los proyectos mineros anunciados, las exportaciones de litio de Chile podrían generar US\$7.300 millones en 2030 y US\$8.900 millones en 2035, lo que corresponde al 2,2 % y 2,7 % de su PIB de 2024, respectivamente.

La expansión de las actuales capacidades de extracción y refinación de litio de Chile hacia la producción de cátodos puede ofrecer un considerable potencial de ingresos y empleo. Se proyecta que, para 2025, casi todo el litio extraído en Chile será refinado a nivel nacional. Tan solo la producción de material catódico podría generar hasta US\$1.100 millones en ingresos anuales en 2030 y US\$2.200 millones en 2035, al satisfacer la demanda de baterías LFP para vehículos en el mercado latinoamericano. Esto generaría aproximadamente 1,9 veces los ingresos anuales que se obtendrían por la exportación de la cantidad equivalente de carbonato de litio en ambos años. Adicionalmente, el desarrollo de la producción de material catódico de LFP podría crear entre 900 y 1.700 puestos de trabajo en 2030, y entre 2.100 y 3.700 en 2035.

La producción local de celdas de batería y de todos los pasos intermedios en la cadena de valor puede proporcionar ingresos y potencial de empleo adicionales. Más allá de la minería y refinación de litio, y la producción de material catódico, el desarrollo de cada etapa de la cadena de valor necesaria para satisfacer la demanda proyectada de baterías LFP para vehículos en América Latina podría generar un ingreso bruto anual de hasta US\$6.100 millones para 2030 y US\$12.300 millones para 2035, lo que corresponde al 1,8 % y 3,7 % del PIB de Chile de 2024, respectivamente. Este desarrollo de la cadena de suministro de baterías en Chile también podría conducir a la creación de entre 8.600 y 15.000 empleos directos para 2030 y entre 19.000 y 32.600 empleos para 2035. A modo de comparación, la gran minería en Chile empleaba directamente a unos 58.000 trabajadores en 2023 (CCM y Eleva, 2023).

Las baterías producidas en Chile tendrían una de las menores intensidades de emisiones de GEI en su ciclo de vida, en comparación con otras importantes regiones productoras de baterías en el mundo.

El modelo R&D GREET 2024 del Laboratorio Nacional Argonne estima que la producción de carbonato de litio a partir de salmuera chilena genera un 86 % menos de emisiones que la producción a partir de roca en Australia y un 67 % menos que la de Estados Unidos (Wang et al., 2024). Debido a la baja intensidad de emisiones de GEI del litio de salmuera chileno y a la proporción comparativamente alta de energías renovables en la matriz eléctrica del país, se estima que la intensidad de emisión promedio de la producción de baterías LFP en Chile sería un 35 % menor que el promedio en China, un 16 % menor que en Estados Unidos y un 9 % menor que en Europa. Con un número creciente de países desarrollando mecanismos de fijación de precios al carbono y con el Reglamento sobre Baterías de la UE introduciendo umbrales máximos de emisiones, la proyectada baja huella de GEI de las baterías chilenas podría resultar en una ventaja competitiva.

La expansión de la minería de litio en Chile podría representar riesgos de impactos ambientales y sociales adversos.

El consumo de agua de la minería de litio a partir de salmueras en Chile es similar al de la minería en roca dura de otras regiones, pero es un motivo de mayor preocupación dada la aridez de los ecosistemas desérticos donde se encuentran los salares. Sin embargo, la interconexión entre la extracción de salmuera y el agotamiento del agua dulce no se comprende en su totalidad, por lo que se requieren más estudios para entender el impacto a largo plazo de la producción de litio en los ecosistemas locales. El consumo de agua dulce podría mitigarse parcialmente con mejoras tecnológicas en las minas de litio. Las mejores prácticas internacionales sobre requisitos de debida diligencia y participación comunitaria podrían servir como modelos de gobernanza para que el gobierno chileno mitigue los impactos sociales y económicos nocivos de la industria minera del litio.

Establecer una infraestructura eficiente de recolección y reciclaje de baterías en Chile permitiría recuperar minerales valiosos, crear nuevos empleos y evitar que las baterías de BEV terminen en vertederos.

Se estima que en 2040 se retirarán del mercado chileno entre 0,5 y 1,2 GWh en baterías vehiculares, cifra que aumentará a un rango de 6,7 a 15,1 GWh en 2050. El establecimiento de una infraestructura eficiente para manejar el aumento de baterías retiradas de BEV y PHEV también evitaría que terminen en vertederos, contaminando el agua y el suelo y representando un peligro para la salud de los trabajadores de la gestión de residuos.

RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

Con base en los datos de 2025, se espera que la adopción de BEV en Chile aumente significativamente en la próxima década. Al mismo tiempo, el país está en una posición ideal para beneficiarse de la expansión de su industria de litio y satisfacer así una gran parte de la demanda mundial de baterías. Este análisis concluye que, con políticas adicionales, el gobierno chileno podría acelerar la adopción de BEV en línea con sus metas de cero emisiones vehiculares. Otras políticas podrían, a su vez, impulsar el desarrollo de una industria nacional de baterías limpia, fomentando el crecimiento económico, los ingresos fiscales y la creación de empleo, al tiempo que se minimizan los impactos socioambientales de la minería. Adoptar estas medidas señalaría una orientación estratégica de Chile para liderar la transición a los BEV en América Latina y sentar las bases de una industria nacional de baterías de iones de litio.

ELECTRIFICACIÓN VEHICULAR

Sobre la base de sus objetivos de electrificación ya adoptados, el gobierno chileno podría considerar la implementación de regulaciones que exijan un aumento en las ventas de BEV en todos los segmentos de vehículos para garantizar el cumplimiento de los objetivos. Específicamente, el gobierno podría finalizar sus estándares de economía de combustible para vehículos pesados y hacer que sus actuales metas de ventas de ZEV sean legalmente vinculantes. También podría aumentar la exigencia de sus normas de rendimiento para vehículos livianos y medianos, o bien adoptar requisitos de ventas de ZEV. Cualquiera de estas políticas brindaría certidumbre regulatoria a fabricantes, importadores, consumidores y proveedores de infraestructura de carga, estimulando la inversión en el suministro de BEV y en infraestructura de carga.

AMPLIACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DEL LITIO NACIONAL

Para ampliar su cadena de valor del litio, el gobierno podría implementar incentivos específicos para la producción de material catódico, la fabricación de celdas y la infraestructura de reciclaje. Un ejemplo sería expandir las cláusulas contractuales existentes con las mineras para reservar cuotas de litio a precios preferenciales para proyectos nacionales de valor agregado. Los incentivos para la cadena de suministro de baterías podrían ser similares a los de la Ley de Reducción de la Inflación de Estados Unidos, que están vinculados a la producción nacional de baterías. La inversión pública en programas de capacitación técnica, especialmente en regiones mineras, es clave para preparar de manera equitativa la mano de obra necesaria para una industria de baterías exitosa.

DESARROLLO MINERO, SOCIAL Y AMBIENTALMENTE RESPONSABLE

Para reducir el impacto ambiental de la minería de litio a medida que aumenta la producción, el gobierno puede hacer vinculantes las metas de la Política Nacional Minera 2050, como reducir el uso de agua dulce a menos del 5 % del consumo total y alcanzar la carbono neutralidad para 2040. En sus negociaciones con las empresas, también podría exigir un mayor reparto de beneficios, políticas de contratación local y programas de capacitación para fomentar una mayor cohesión con las comunidades. Asimismo, podría mejorar los procesos de consulta para alinearlos con la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, con el objetivo de obtener el consentimiento libre, previo e informado de las comunidades para cualquier proyecto que pudiera afectarlas (Naciones Unidas, 2007).

La adopción de estándares mineros vinculantes que promuevan la transparencia y el intercambio de datos a nivel nacional fortalecería la confianza nacional e internacional en la gobernanza de la industria chilena y mitigaría el riesgo de oposición local, mejorando el atractivo para los inversionistas. El gobierno también podría adoptar requisitos de debida diligencia similares a los del Reglamento sobre Baterías de la UE, que exigen a los fabricantes evaluar si los minerales de sus cadenas de suministro se obtienen de manera responsable y trabajar para mitigar los problemas que surjan, ya sea colaborando con los productores o cambiando de proveedores (Parlamento Europeo, 2024).

REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE BATERÍAS

Para impulsar una industria nacional de reciclaje, Chile puede seguir el ejemplo de la Unión Europea y avanzar en el Decreto que establece las metas de recolección y valorización de baterías al final de su vida útil. El Reglamento sobre Baterías de la UE incluye disposiciones obligatorias sobre recuperación de minerales y exige un contenido mínimo de material reciclado en las baterías nuevas. El reglamento también incluye disposiciones obligatorias sobre el intercambio de datos, lo que garantizaría que la información sobre las características de las baterías incluida su composición química y estado de salud, esté fácilmente disponible para quienes las procesan al final de su vida útil. Poner a disposición esta información puede reducir los costos asociados a las pruebas y clasificación de las baterías, facilitando así los procesos de reutilización y reciclaje.

Para impulsar el desarrollo de una industria de reciclaje en Chile, es prioritario acelerar el avance del Decreto de valorización de baterías bajo la Ley 20.920 o de Responsabilidad Extendida del Productor. Simultáneamente, podría establecer estándares sociales y ambientales para la industria del reciclaje, con el fin de garantizar que esta no represente un riesgo para sus trabajadores ni para las comunidades locales.

REFERENCIAS

- Accelerating to Zero Coalition. (2023). *Zero emission vehicles declaration*. <https://acceleratingtozero.org/the-declaration/>
- Albemarle. (2023). *All the elements for a better world: Sustainability report*. https://www.albemarle.com/sites/default/files/2024-06/Albemarle%202023%20Sustainability%20Report%20061124_0.pdf
- Allkem. (2022). *2022 Sustainability report: Environmental and value chain key performance indicators*. <https://announcements.asx.com.au/asxpdf/20221114/pdf/45hk2hft6fxdk8.pdf>
- ANAC. (2024a). *Informe de ventas vehículos cero y bajas emisiones junio 2024*. <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2024/07/06-ANAC-Informe-Cero-y-Bajas-Emissiones-Junio-2024.pdf>
- ANAC. (2024b). *Informe del mercado automotor diciembre 2024*. ANAC. <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2025/01/12-ANAC-Mercado-Automotor-Diciembre-2024.pdf>
- ANAC. (2025, marzo). *Informe de ventas de vehículos cero y bajas emisiones marzo 2025*. <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2025/04/03-ANAC-Informe-Cero-y-Bajas-Emissiones-Marzo-2025-ok.pdf>
- Alianza por los Humedales Andinos. (2024). *Protected salt flats network: Critical analysis of the implementation of the National Lithium Strategy criteria*. https://www.fima.cl/wp-content/uploads/2025/04/Policy_Brief_2_Ingles.pdf
- Atienza, M., Fleming-Muñoz, D., & Aroca, P. (2021). Territorial development and mining. Insights and challenges from the Chilean case. *Resources*, 70, 101812. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101812>
- Basma, H., Buysse, C., Zhou, Y., & Rodríguez, F. (2023). *Total cost of ownership of alternative powertrain technologies for Class 8 long-haul trucks in the United States*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/tco-alt-powertrain-long-haul-trucks-us-apr23/>
- Basma, H., & Rodríguez, F. (2023). *A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/total-cost-ownership-trucks-europe-nov23/>
- Beiser, V. (2024). *Power metal: The race for the resources that will shape the future* (1st ed). Penguin Publishing Group.
- Benchmark Mineral Intelligence. (2023). *Battery cell cost model* [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium-ion-battery-prices>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024a). *Gigafactory database Q1 2024* [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/battery-gigafactory/capacity-database>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024b). *Lithium forecast Q4 2024* [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium/data-reports/forecast>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024c). *Lithium ion battery database Q2 2024* (version Q2 2024) [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/forecasts/lithium-ion-batteries/>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024d). *Lithium price forecast Q4 2024* [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024e). *Lithium total cost model Q4 2024* (version Q4 2024) [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2024f, 5 de diciembre). *Have lithium prices reached a bottom?* [Video]. <https://source.benchmarkminerals.com/video/watch/have-lithium-prices-reached-a-bottom>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2025a). *Lithium forecast report Q4 2024*. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium/supply-chain-data>
- Benchmark Mineral Intelligence. (2025b). *Lithium supply demand price forecast Q1 2025* [Conjunto de datos]. <https://www.benchmarkminerals.com/lithium/data-reports/forecast>
- Benchmark Source. (2023, 19 de octubre). Chile advances lithium and cathode ambitions with Codelco and Tsingshan deals. *Benchmark Source*. <https://source.benchmarkminerals.com/article/chile-advances-lithium-and-cathode-ambitions-with-codelco-and-tsingshan-deals>
- BloombergNEF. (2024, 10 de diciembre). *Lithium-ion battery pack prices see largest drop since 2017, falling to \$115 per kilowatt-hour* [Comunicad de prensa]. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>

- Brion Cea, F. (2018, 20 de febrero). Comunidades acuden a tribunales para frenar acuerdo Corfo-SQM. *La Tercera*. <https://www.latercera.com/negocios/noticia/comunidades-acuden-tribunales-frenar-acuerdo-corfo-sqm/73111/>
- Bui, A., & Slowik, P. (2025). *Powering the future: Assessment of U.S. light-duty vehicle battery manufacturing jobs by 2032*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/us-ldv-battery-manufacturing-jobs-by-2032-jan24/>
- CCM, & Eleva. (2023). *2023-2032 Workforce study in the Chilean largescale mining industry*. <https://ccm-eleva.cl/wp-content/uploads/2024/01/Workforce-Study-of-Large-scale-Mining-in-Chile-2023-2032-english-version-v2.pdf>
- Chordia, M., Wickerts, S., Nordelöf, A., & Arvidsson, R. (2022). Life cycle environmental impacts of current and future battery-grade lithium supply from brine and spodumene. *Resources, Conservation and Recycling*, 187, 106634. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106634>
- COCHILCO. (2024a). *Anuario estadístico del cobre y otros minerales 2004-2023*. <https://www.cochilco.cl/web/anuario-de-estadisticas-del-cobre-y-otros-minerales/>
- COCHILCO. (2024b, diciembre). *Mercado del litio: Proyecciones 2024-2025* <https://www.cochilco.cl/web/download/976/2025/13059/mercado-del-litio-proyecciones-2024-2025.pdf>
- Codelco, & SQM. (2024, 31 de mayo). *Acuerdo SQM-CODELCO: Proyecto Salar Futuro*. <https://acuerdocodelcosqm.cl/proyecto-salar-futuro/>
- CORFO. (2023a, 19 de abril). *BYD Chile es la primera seleccionada por Corfo en el Llamado a Productores Especializados de Litio para impulsar iniciativas de valor*. https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476735036931&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico/C_NoticiaNacional/corfoDetalleNoticiaNacionalWeb
- CORFO. (2023b, 16 de octubre). *Yongqing Technology es la segunda seleccionada del llamado a Productores Especializados de Litio para impulsar iniciativas de valor*. https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476736707304&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FcorfoDetalleNoticiaNacionalWeb
- CORFO. (2024, 15 de mayo). *Corfo y Albemarle ponen fin a arbitraje con acuerdo que permite un desarrollo más sostenible de la producción de litio en el Salar de Atacama*. https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/15_05_2024_corfo_albemarle#:~:text=Este%20avenimiento%2C%20que%20contempla%20el,futuro%20del%20Salar%20de%20Atacama
- Cubillos, C. F., Aguilar, P., Grágeda, M., & Dorador, C. (2018). Microbial communities from the world's largest lithium reserve, Salar de Atacama, Chile: Life at high LiCl concentrations. *JGR Biogeosciences* 123(12), 3668-81. <https://doi.org/10.1029/2018JG004621>
- Daily Metal Price. (2025). *Free metal price tables and charts*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://www.dailymetalprice.com/>
- Delgado, F., Shreve, T., Borgstrom, S., León-Ibáñez, P., Castillo, J., & Poland, M. (2024). A global assessment of SAOCOM-1 L-Band stripmap sata for InSAR characterization of volcanic, tectonic, cryospheric, and anthropogenic deformation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 62, 1-21. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2024.3423792>
- Eramet. (2024, 3 de julio). *Eramet inaugurates its direct lithium extraction plant in Argentina, becoming the first European company to produce battery-grade lithium carbonate at industrial scale*. <https://www.eramet.com/wp-content/uploads/2024/07/2024-07-03-Eramet-Eramine-PR-Centenario-inauguration-EN.pdf#:~:text=The%20total%20amount%20of%20investment,estimated>
- Parlamento Europeo. (2024, 9 de mayo). *Nuevo marco regulatorio de la UE para baterías: Setting sustainability requirements*. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2021\)689337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)689337)
- EV Volumes. (s.f.). *EV Volumes* [Conjunto de datos]. <https://www.ev-volumes.com/datacenter/>
- Fadhil, I., & Shen, C. (2024). *Global electric vehicle market monitor for light-duty vehicles in key markets, 2024 H1*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/global-ev-market-monitor-ldv-2024-h1-dec24/>
- Ford, K. J. R., Brown, M. J., Pourdasth, M., & Steyn, J. W. (2024, 19 de noviembre). Lithium from salar brines: Flowsheet development, engineering, and economic challenges in project development. En Metallurgy and Materials Society of CIM (Eds.), *Proceedings of the 63rd Conference of Metallurgists* (pp. 1315-33). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-67398-6_217
- Fundación Terram. (2024, 23 de agosto). *Parte del salar de Atacama se está hundiendo por extracción de litio*. <https://www.terram.cl/parte-del-salar-de-atacama-se-esta-hundiendo-por-extraccion-de-litio/>

- Gallegos, S., Rojas, R., & Videla, A. (2025). *Introducción a las tecnologías directas de extracción de litio*. Centro de Energía UC. <https://energia.uc.cl/noticias/el-camino-hacia-la-transicion-energetica-una-colaboracion-internacional-para-tecnologias-de-extraccion-de-litio-sostenibles>
- Global Commercial Vehicle Drive to Zero. (s.f.). *Global memorandum of understanding on zero-emission medium- and heavy-duty vehicles*. <https://globaldrivetozero.org/mou-nations/>
- GlobalPetrolPrices.com. (s.f.). *Electricity prices for the industry: World map*. https://www.globalpetrolprices.com/map/electricity_industrial/
- Gobierno de Chile. (2023). *National Lithium Strategy: For Chile and its people*. https://s3.amazonaws.com/gobcl-prod/public_files/Campa%C3%B1as/Litio-por-Chile/Estrategia-Nacional-del-litio-EN.pdf
- Gutiérrez, J. S., Moore, J. N., Donnelly, J. P., Dorador, C., Navedo, J. G., & Senner, N. R. (2022). Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289(1970), 20212388. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2388>
- Initiative for Responsible Mining Assurance. (2023a, 20 de junio). *Albemarle Atacama audit report released*. <https://responsiblemining.net/2023/06/20/albemarle-atacama-audit-report-released/>
- Initiative for Responsible Mining Assurance. (2023b, 6 de septiembre). *SQM's Salar de Atacama lithium operation in Chile audited against the IRMA Standard for Responsible Mining*. <https://responsiblemining.net/2023/09/06/sqms-salar-de-atacama-lithium-operation-in-chile-audited-against-the-irma-standard-for-responsible-mining/>
- International Council of Clean Transportation. (2024). *Roadmap v2.9 documentation*. <https://theicct.github.io/roadmap-doc/versions/v2.9/>
- International Energy Agency. (2023). *VRE shares in generation and technical curtailment for selected countries* [Conjunto de datos]. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/vre-shares-in-generation-and-technical-curtailment-for-selected-countries>
- International Energy Agency. (2024a). *Chile—World energy statistics and balances* [Conjunto de datos]. <https://www.iea.org/countries/chile>
- International Energy Agency. (2025). *Critical minerals data explorer* (data tools) [Conjunto de datos]. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/critical-minerals-data-explorer>
- Fondo Monetario Internacional. (2025). *World economic outlook (abril de 2025)—GDP, current prices* [Conjunto de datos]. IMF Datamapper. <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO>
- International Trade Administration. (2023). *Chile—Country commercial guide*. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/chile-mining>
- International Work Group for Indigenous Affairs. (2023, 27 de marzo). *The Indigenous world 2023: Chile*. <https://iwgia.org/en/chile/5081-iw-2023-chile.html>
- Jiang, S., Zhang, L., Li, F., Hua, H., Liu, X., Yuan, Z., & Wu, H. (2020). Environmental impacts of lithium production showing the importance of primary data of upstream process in life-cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 262, 110253. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110253>
- Johns, R. (2025, 15 de abril). “Indigenous communities are not being asked whether they accept lithium mining or not”: The foundation pushing back on Chile’s mining plans. *Latin America Reports*. <https://latinamericareports.com/indigenous-communities-are-not-being-asked-whether-they-accept-lithium-mining-or-not-the-foundation-pushing-back-on-chiles-mining-plans/11237/>
- Kelly, J. C., Dai, Q., & Wang, M. (2019). Globally regional life cycle analysis of automotive lithium-ion nickel manganese cobalt batteries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(2020), 371–396.
- Kelly, J. C., Wang, M., Dai, Q., & Winjobi, O. (2021). Energy, greenhouse gas, and water life cycle analysis of lithium carbonate and lithium hydroxide monohydrate from brine and ore resources and their use in lithium ion battery cathodes and lithium ion batteries. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105762. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105762>
- Kim, S., Yoon, H., Min, T., Han, B., Lim, S., & Park, J. (2024). Carbon dioxide utilization in lithium carbonate precipitation: A short review. *Environmental Engineering Research*, 29(3), 230553. <https://doi.org/10.4491/eer.2023.553>
- Krishna, M. (2024, 5 de noviembre). Electric vehicle economics: How lithium-ion cell costs impact EV prices. *Fastmarkets*. <https://www.fastmarkets.com/insights/electric-vehicle-economics-how-lithium-ion-battery-costs-impact-ev-prices/>

- Lagos, G., Cifuentes, L., Peters, D., Castro, L., & Valdés, J. M. (2024). Carbon footprint and water inventory of the production of lithium in the Atacama Salt Flat, Chile. *Environmental Challenges*, 16, 100962. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100962>
- Li, E., Bieker, G., & Sen, A. (2024). *Electrifying road transport with less mining: A global and regional battery material outlook*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/ev-battery-materials-demand-supply-dec24/>
- Liu, W., Agusdinata, D. B., & Myint, S. W. (2019). Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 80, 145–56. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.016>
- Mao, S., Basma, H., Ragon, P.-L., Zhou, Y., & Rodríguez, F. (2021). *Total cost of ownership for heavy trucks in China: Battery electric, fuel cell, and diesel trucks*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/total-cost-of-ownership-for-heavy-trucks-in-china-battery-electric-fuel-cell-and-diesel-trucks/>
- Mao, S., Zhang, Y., Bieker, G., & Rodríguez, F. (2023). *Zero-emission bus and truck market in China: A 2021 update*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/china-hvs-ze-bus-truck-market-2021-jan23/>
- Mas-Fons, A., Arduin, R. H., Loubet, P., Pereira, T., Parvez, A. M., & Sonnemann, G. (2024). Carbon and water footprint of battery-grade lithium from brine and spodumene: A simulation-based LCA. *Journal of Cleaner Production*, 452, 142108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142108>
- Mera, Z., Bieker, G., Rebouças, A. B., & Cieplinski, A. (2023). *Comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars in Brazil*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/comparison-of-life-cycle-ghg-emissions-of-combustion-engines-and-electric-pv-brazil-oct23/>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2025, 17 de enero). *Gobierno realiza lanzamiento del Instituto Nacional de Litio Y Salares en la Región de Antofagasta*. <https://minciencia.gob.cl/noticias/gobierno-realiza-lanzamiento-del-instituto-nacional-de-litio-y-salares-en-la-region-de-antofagasta/>
- Ministerio de Educación. (2022). *Programa de estudio de lengua y cultura de los pueblos originarios ancestrales: pueblo Lickanantay* <https://peib.mineduc.cl/wp-content/uploads/2023/03/ProgLickanantay-4to-2022-web.pdf>
- Ministerio de Energía. (2025, febrero). *Reporte de proyectos en Construcción e Inversión en el Sector Energía mes de enero de 2025*. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/reporte_de_proyectos_-_enero_2025.pdf
- Ministerio de Hacienda. (2024a, 24 de julio). *Mining Ministry begins RFI process for investors to express interest in developing lithium projects in Chile*. <http://www.hacienda.cl/english/news-and-events/news/mining-ministry-begins-rfi-process-for-investors-to-express-interest-in>
- Ministerio de Hacienda. (2024b, October 7). *Prioritized salt flats and process for awarding CEOL's to chilean and foreign companies and consortia*. <http://www.hacienda.cl/english/news-and-events/news/prioritized-salt-flats-and-process-for-awarding-ceol-s-to-chilean-and-foreign>
- Ministerio de Hacienda. (2024c, 5 de diciembre). *National lithium strategy: Government announces opening of process to assign CEOLs for six lithium deposits*. <http://www.hacienda.cl/english/news-and-events/news/national-lithium-strategy-government-announces-opening-of-process-to-assign>
- Ministerio de Minería. (2021, 27 de agosto). *Evaluación ambiental estratégica de la Política Nacional Minera 2050*. https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/O2_IA_Pol%C3%ADtica_Nacional_Minera_2050.pdf.pdf
- Ministerio de Minería. (2022, enero). *Política Nacional Minera 2050*. <https://www.minmineria.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineri%CC%81a-2050-Poli%CC%81tica-Nacional-Minera-.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2024, 27 de marzo). *Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático aprueba la creación de una red de salares protegidos*. <https://mma.gob.cl/consejo-de-ministros-para-la-sustentabilidad-y-el-cambio-climatico-aprueba-la-creacion-de-una-red-de-salares-prottegidos/>
- Mulholland, E., Egerstrom, N., & Ragon, P.-L. (2024). *European heavy-duty vehicle market development quarterly: Enero - Junio*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/eu-hdv-market-monitor-q1-2-jan24/>
- Negri, M., & Bieker, G. (2025). *Life-cycle greenhouse gas emissions from passenger cars in the European Union: A 2025 update and key factors to consider*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/electric-cars-life-cycle-analysis-emissions-europe-jul25/>
- OCDE. (2024). *Measuring progress in adapting to a changing climate: Insights from OECD countries*. <https://doi.org/10.1787/8cfe45af-en>

- OECD Rural Studies. (2023). *Mining regions and cities in the region of Antofagasta, Chile: Towards a regional mining strategy*. <https://doi.org/10.1787/336e2d2f-en>
- Pettigrew, S. (2022). *Fuel economy standards and zero-emission vehicle targets in Chile*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/lat-am-lvs-hvs-chile-en-aug22/>
- Pizzoleo, J. (2024, 16 de mayo). Sostenibilidad en producción de litio: Corfo y Albemarle ponen fin a arbitraje. *Reporte Minero*. <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2024/05/desarrollo-sostenible-podruccion-litio-corfo-albemarle-ponen-fin-arbitraje>
- Poveda Bonilla, R. (2020). *Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45683-estudio-caso-la-gobernanza-litio-chile>
- Rebouças, A. B., & Cieplinski, A. (2024). *Quantifying avoided greenhouse gas emissions by e-Buses in Latin America: A simplified life-cycle assessment methodology*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/quantifying-avoided-ghg-emissions-by-e-buses-in-latin-america-a-simplified-life-cycle-assessment-methodology-aug24/>
- Reuters. (2025, 9 de mayo). China's Tsingshan "has not given up" on Chile lithium plans despite plant retreat. *Reuters*. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/china-denies-reports-byd-tsingshan-have-scrapped-investment-plans-chile-2025-05-09/>
- Ruddy, G. (2025, 25 de abril). Chile acelera baterías para almacenar 6 GW até 2030. *Eixos*. <https://eixos.com.br/eolica/chile-acelera-armazenamento-e-quer-chegar-a-6-gw-em-baterias-ate-2030/>
- Ruffino, B., Campo, G., Crutchik, D., Reyes, A., & Zanetti, M. (2022). Drinking water supply in the region of Antofagasta (Chile): A challenge between past, present and future. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14406. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114406>
- Schenker, V., Oberschelp, C., & Pfister, S. (2022). Regionalized life cycle assessment of present and future lithium production for Li-ion batteries. *Resources, Conservation and Recycling*, 187, 106611. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106611>
- Schmidt, M. (2022, 23 de junio). *Rohstoffrisikobewertung – Lithium 2030*. Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/vortrag-lithium-schmidt-22.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Shen, C., Slowik, P., & Beach, A. (2024). *Investigating the U.S. battery supply chain and its impact on electric vehicle costs through 2032*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/investigating-us-battery-supply-chain-impact-on-ev-costs-through-2032-feb24/>
- Solomon, D. B., & Cambero, F. (2024, 31 de mayo). Codelco and SQM ink pact set to reshape Chile's lithium sector. *Reuters*. <https://www.reuters.com/markets/deals/chiles-codelco-sqm-finalize-key-lithium-deal-2024-05-31/>
- SQM. (2018, enero). *SQM y CORFO cierran acuerdo*. <https://sqm.com/noticia/sqm-y-corfo-sellan-acuerdo/>
- SQM. (2023). *Sustainability report 2023*. https://sqm-ynv.com/wp-content/uploads/2025/05/SQM-Reporte-2023_Ingles_vff_baja.pdf
- SQM. (s.f.). *SQM Aprende*. <https://sqmaprende.com/>
- Standard Lithium. (2024, 20 de septiembre). *U.S. Department of Energy selects Standard Lithium and Equinor for award negotiation of up to \$225 million for South West Arkansas Project* [Comunicado de press]. <https://www.standardlithium.com/investors/news-events/press-releases/detail/175/u-s-department-of-energy-selects-standard-lithium-and>
- Superintendencia del Medio Ambiente. (2024, 2 de septiembre). *SMA ordena Medidas Urgentes y Transitorias a SQM Salar por afectación de fauna silvestre en planta de Carbonato de Litio* [Comunicado de prensa]. <https://portal.sma.gob.cl/index.php/antofagasta-sma-ordena-medidas-urgentes-y-transitorias-a-sqm-salar-por-afectacion-de-fauna-silvestre-en-planta-de-carbonato-de-litio/>
- Systemiq. (2024, 10 de diciembre). *A critical raw material supply-side innovation roadmap for the EU energy transition*. <https://www.systemiq.earth/critical-raw-materials-eu/>
- Tankou, A., Bieker, G., & Hall, D. (2023). *Scaling up reuse and recycling of electric vehicle batteries: Assessing challenges and policy approaches*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/recycling-electric-vehicle-batteries-feb-23/>
- Naciones Unidas. (2007). *United Nations declaration on the rights of Indigenous peoples*. <https://social.desa.un.org/issues/indigenous-peoples/united-nations-declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples>

- Universidad de Antofagasta. (2023, 6 de agosto). *UA, UCN y SQM inauguran el único diplomado en Chile sobre cadena de valor de la industria del litio*. <https://www.uantof.cl/prensa/ua-ucn-y-sqm-inauguran-el-unico-diplomado-en-chile-sobre-cadena-de-valor-de-la-industria-del-litio/>
- U.S. Geological Survey. (2025). *Mineral commodity summaries 2025*. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2025>
- Vera, M. L., Torres, W. R., Galli, C. I., Chagnes, A., & Flexer, V. (2023). Environmental impact of direct lithium extraction from brines. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(3), 149-165. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00387-5>
- Wang, F., Zhang, S., Zhao, Y., Ma, Y., Zhang, Y., Hove, A., & Wu, Y. (2023). Multisectoral drivers of decarbonizing battery electric vehicles in China. *PNAS Nexus*, 2(5), pgad123. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad123>
- Wang, M., Ou, L., Elgowainy, A., Alam, M. R., Benavides, P., Benvenuti, L., Burnham, A., Do, T., Farhad, M., Gan, Y., Gracida-Alvarez, U., Hawkins, T., Iyer, R., Kar, S., Kelly, J., Kim, T., Kolodziej, C., Kwon, H., ... Zhou, J. (2024). *Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies Model® (2024 Excel)* [Software]. Argonne National Laboratory (ANL), Argonne, IL (United States). <https://doi.org/10.11578/GREET-EXCEL-2024/DC.20241203.1>
- Zhang, P. (2025, 8 de mayo). BYD withdraws plans to build lithium plant in Chile as lithium prices plunge. *CnEVPost*. <https://cnevpost.com/2025/05/08/byd-withdraws-plans-lithium-plant-chile/>

APÉNDICE: MÉTODOS Y SUPUESTOS

VENTA DE VEHÍCULOS

El crecimiento en las ventas de BEV y PHEV modelado en este análisis se estimó a partir de las ventas proyectadas para todos los tipos de sistemas de propulsión, multiplicadas por la cuota de mercado de BEV y PHEV que corresponde a las metas de política pública. Las proyecciones de ventas de vehículos se basan en las estimaciones de actividad de transporte de pasajeros y carga del Modelo de Movilidad de la IEA, en su Escenario de Políticas Declaradas (STEPS, por sus siglas en inglés; 2024c). Los tipos de vehículos modelados en la hoja de ruta corresponden a las siguientes categorías de peso bruto vehicular (PBV): automóviles de pasajeros (PBV < 3,5 toneladas); vehículos comerciales livianos (PBV < 3,5 toneladas); autobuses urbanos e interurbanos (PBV ≥ 3,5 toneladas); camiones medianos (PBV entre 3,5 y 15 toneladas); camiones pesados (PBV > 15 toneladas). Es importante destacar que estas categorías no coinciden exactamente con las clasificaciones de peso utilizadas en los datos de la ANAC ni en la Ley de Eficiencia Energética de Chile. En la Tabla A1 se muestran las ventas totales de vehículos de todos los sistemas de propulsión en diferentes segmentos.

Tabla A1

Ventas proyectadas de vehículos de todos los sistemas de propulsión por segmento en Chile

Segmento de vehículos	2024	2030	2035	2040
Automóvil de pasajeros	213.917	235.460	253.412	271.365
Vehículos comerciales livianos	106.782	126.235	142.447	158.659
Vehículos de dos y tres ruedas	24.107	27.031	29.467	31.904
Autobús	2.999	5.680	7.913	10.146
Camión mediano	4.868	6.882	8.561	10.239
Camión pesado	7.439	8.213	8.859	9.503

Las ventas totales proyectadas para los distintos segmentos se basan en las proyecciones de actividad de transporte de pasajeros y carga para diferentes tipos de vehículos (ICCT, 2024).

Las cuotas de mercado de BEV y PHEV modeladas corresponden a las que se alcanzarían con la implementación de los estándares de eficiencia energética para LDV y el cumplimiento de las metas delineadas en la Estrategia Nacional de Electromovilidad (Pettigrew, 2022), el Memorando de Entendimiento Global sobre Vehículos Pesados (Global Commercial Vehicle Drive to Zero, s.f.) y la Declaración Global ZEV (Accelerating to Zero Coalition, 2023). La Estrategia Nacional de Electromovilidad establece una meta del 100 % de ventas de ZEV para vehículos livianos y autobuses de transporte público nuevos para el año 2035. Los estándares de eficiencia energética para LDV apuntan a mejoras en el rendimiento de la flota para 2030, lo que se supone se traducirá en una participación del 50 % de BEV ese año. La meta global para vehículos medianos y pesados busca alcanzar un 100 % de ventas de ZEV para 2040, con un objetivo intermedio del 30 % para 2030. Las cuotas de mercado de BEV modeladas para los diferentes segmentos se detallan en la Tabla A2.

Tabla A2

Participación en las ventas de BEV y PHEV por segmento de vehículo en Chile, correspondientes a las políticas y metas de electrificación adoptadas y anunciadas

Segmento de vehículos	2024	2030	2035	2040
Vehículo de pasajeros (BEV)	1 %	50 %	100 %	100 %
Vehículo de pasajeros (PHEV)	0 %	1 %	0 %	0 %
Vehículo comercial liviano (BEV)	1 %	50 %	100 %	100 %
Vehículo comercial liviano (PHEV)	0 %	1 %	0 %	0 %
Vehículos de dos y tres ruedas	15 %	26 %	41 %	61 %
Autobús	10 %	75 %	100 %	100 %
Camión mediano	2 %	35 %	68 %	100 %
Camión pesado	0 %	30 %	65 %	100 %

En la Tabla A3 se detallan las tasas de adopción de BEV proyectadas que resultarían de la aplicación de las normas de eficiencia energética ya adoptadas para vehículos livianos y medianos.

Tabla A3

Participación en las ventas de BEV y PHEV por segmento de vehículo en Chile, correspondientes a las políticas de electrificación adoptadas

Segmento de vehículos	Participación en ventas 2024	Participación en ventas 2030	Participación en ventas 2035	Participación en ventas 2040
Vehículo de pasajeros (BEV)	1 %	42 %	45 %	47 %
Vehículo de pasajeros (PHEV)	0 %	1 %	0 %	0 %
Vehículo comercial liviano (BEV)	0 %	24 %	27 %	30 %
Vehículo comercial liviano (PHEV)	0 %	1 %	0 %	0 %
Vehículos de dos y tres ruedas	15 %	24 %	44 %	60 %
Autobús	10 %	27 %	37 %	47 %
Camión mediano	2 %	2 %	4 %	7 %
Camión pesado	0 %	2 %	4 %	7 %

Las cuotas de venta de los PHEV representan una fracción marginal dentro de los LDV, categoría que incluye a los automóviles de pasajeros y los vehículos comerciales livianos. De acuerdo con los supuestos utilizados en Li et al. (2024), este estudio considera que todos los HDV son eléctricos a batería, en lugar de una combinación con vehículos de celda de combustible de hidrógeno. Este supuesto se basa en el actual predominio de los BEV en el segmento HDV (Mao et al., 2023; Mulholland et al., 2024) y en su ventaja proyectada en el costo total de propiedad en los principales mercados (Basma et al., 2023; Basma y Rodríguez, 2023; Mao et al., 2021). Dado que los BEV suelen tener baterías de mayor capacidad que los vehículos de celda de combustible para una autonomía equivalente, este análisis proporciona un límite superior conservador para la demanda de baterías al suponer que el 100 % de los HDV cero emisiones son BEV.

La vida útil de los vehículos se calculó con el modelo Roadmap del ICCT, basado en el conocimiento experto de la organización (ICCT, 2024). Para los automóviles de pasajeros, la vida útil supuesta de 24 años es comparable con la evidencia estadística de 22 años en Brasil (Mera et al., 2023) y de entre 19 y 24 años en los Estados miembros de la UE (Negri y Bieker, 2025). Este análisis supone que los BEV de todos los segmentos no requerirán un reemplazo de batería durante su vida útil, con base en el análisis de ciclos de vida y datos de kilometraje de Li et al. (2024).

CAPACIDAD DE LA BATERÍA

Este análisis supone una continuación de las tendencias observadas en los mercados de BEV de Chile y del mundo en los últimos cinco años. Estas incluyen un aumento constante en el tamaño promedio de la batería de los LDV, tanto automóviles de pasajeros como vehículos comerciales. Como reflejo de la tendencia del mercado mundial, la capacidad promedio de las baterías de los vehículos livianos en Chile ha crecido un 14 % en los últimos cinco años, pasando de 56 kWh en 2019 a 63 kWh en 2024 (EV Volumes, s.f.; Li et al., 2024). Se han producido aumentos similares en el tamaño de las baterías de los PHEV de pasajeros y de los vehículos comerciales livianos eléctricos de batería y de los híbridos enchufables.

Dada esta tendencia y la creciente cuota de mercado de vehículos de mayor tamaño, como los SUV, en Chile, el escenario base de este análisis supone que la capacidad de las baterías de los LDV (BEV y PHEV) aumentará un 20 % entre 2024 y 2030. Como análisis de sensibilidad, se modeló un escenario donde dicha capacidad disminuyera un 20 % en el mismo período, lo que podría ocurrir por avances tecnológicos, mejoras en la eficiencia o cambios en las preferencias de los consumidores. La mayor disponibilidad de BEV de segmentos más pequeños en mercados emergentes donde hay pocos modelos disponibles también podría conducir a una disminución del tamaño promedio de la batería. En este escenario de reducción, la capacidad promedio de la batería de los LDV alcanzaría los 50 kWh en 2030. Se supone que después de 2030, la capacidad promedio de los LDV se mantendrá constante en ambos escenarios.

Los tamaños de batería para camiones y autobuses medianos y pesados se basaron en datos de EV Volumes (s.f.), y su evolución futura, en Li et al. (2024) y en el análisis de expertos del ICCT sobre la flota de autobuses públicos de Chile (Rebouças & Cieplinski, 2024). El tamaño promedio de la batería para los diferentes segmentos en 2024 y 2030 se muestra en la Tabla A4.

Tabla A4

Tamaño promedio de batería modelado de diferentes segmentos de vehículos en Chile en 2024 y 2030

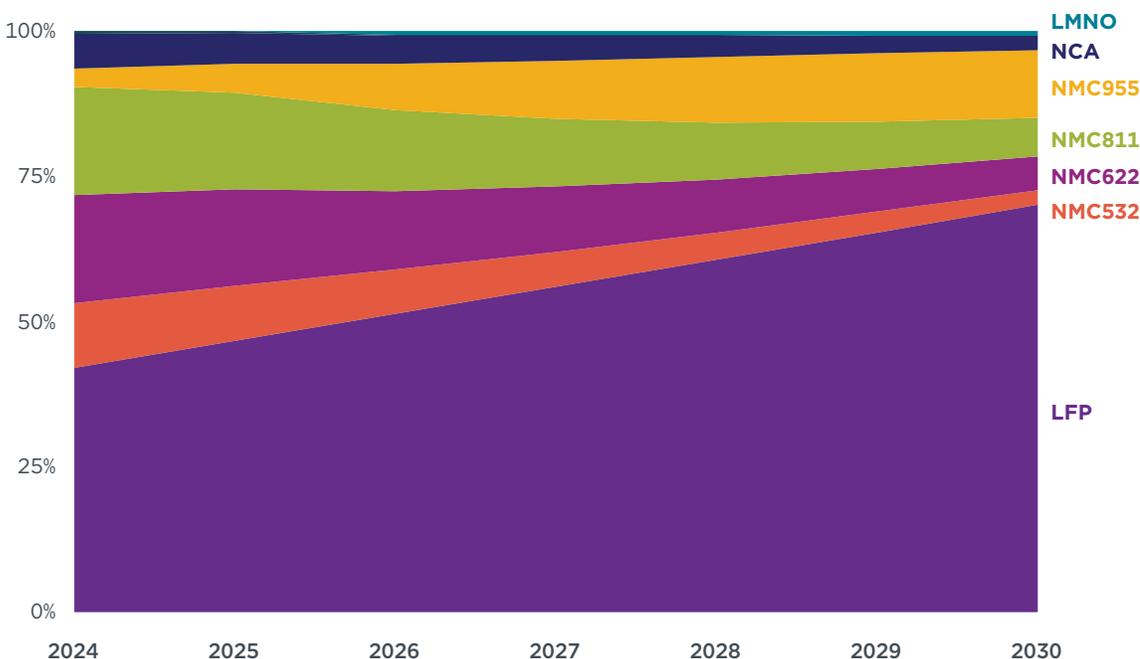
Segmento de vehículos	Tamaño de la batería 2024 (kWh)	Tamaño de la batería 2030 (kWh)
Vehículos livianos (BEV)	63	76
Vehículos livianos (PHEV)	23	28
Camión mediano	145	161
Camión pesado	386	564
Autobús	356	356
Vehículos de dos y tres ruedas	3	3

CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BATERÍAS

Para las cuotas de mercado, este análisis supone un aumento continuo en la participación de las baterías LFP dentro del segmento de vehículos livianos, y una transición dentro de las variantes de baterías NMC hacia tecnologías con mayor contenido de níquel y menor contenido de cobalto. EV Volumes (s.f.) reportó una cuota de mercado para las baterías LFP del 39,4 % en vehículos livianos y del 99,8 % en vehículos pesados para 2024. Considerando la proporción de la demanda entre ambos segmentos y las tendencias globales, este análisis proyecta que la cuota de mercado de las baterías LFP para la flota total de vehículos en Chile será del 42 % en 2024, aumentando al 70 % en 2030 y manteniéndose constante a partir de entonces. Las cuotas de mercado de las distintas tecnologías se muestran en la Figura A1.

Figura A1

Cuotas de mercado de las tecnologías de baterías como porcentaje de la demanda de capacidad en Chile entre 2024 y 2030.



CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

INTENSIDAD DE MATERIALES Y MINERALES

El contenido de materiales para las diferentes tecnologías de baterías se basa en los datos de la Tabla A4 de Li et al. (2024).

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE BATERÍAS

Para la estimación de los costos de fabricación, este análisis supone un margen de utilidad del 3 % en cada etapa de la cadena de suministro y una tasa de desperdicio del 5 % (2025-2027), 4 % (2028-2031) y 3 % (2032-2035). Los costos de los materiales de litio incluyen el procesamiento del carbonato, mientras que los gastos de garantía, licencias, mano de obra y administración se incorporan en la etapa de fabricación de la celda.

PROYECCIÓN DE CREACIÓN DE EMPLEO

Tabla A5

Requisitos de mano de obra para las diferentes etapas de la cadena de suministro de baterías

Industria	Empleos por GWh de capacidad del paquete de baterías			Fuente
	1er cuartil	Promedio	3er cuartil	
Extracción y refinación de litio (evaporación de salmuera)	8,6	8,7	8,8	SQM (2023); Albemarle (2023)
Minería y refinación de litio (DLE)	0,9	3,6	6,2	Standard Lithium (2024); Eramet (2024)
Producción de material catódico	10,3	15,0	19,8	CORFO (2023a; 2023b); Bui & Slowik (2025)
Producción de material para ánodos	7,3	9,9	11,6	Bui & Slowik (2025)
Producción de electrolitos	1,3	3,9	5,8	Bui & Slowik (2025)
Producción de separadores	2,0	3,3	4,6	Bui & Slowik (2025)
Fabricación de celdas	41,5	49,7	56,7	Bui & Slowik (2025)
Ensamblaje de módulos y paquetes	33,8	52,4	71,0	Bui & Slowik (2025)
Reciclaje de baterías	8,4	16,6	23,3	Bui & Slowik (2025)

METODOLOGÍA DEL MODELO GREET

Para estimar la huella de GEI y el consumo de agua de la producción de baterías en Chile, este análisis empleó los siguientes pasos en el modelo R&D GREET 2024, con base en la metodología utilizada en (Kelly et al., 2019) y con pasos adicionales para incorporar la matriz eléctrica más reciente de Chile. La proporción de combustibles de proceso en la refinación de minerales y producción de material para baterías no fue modificada.

- El “Uso de energía del ciclo de combustible y emisiones de la generación eléctrica: Btu o gramos por mmBtu de electricidad disponible en los sitios de los usuarios (tomacorrientes de pared)” para uso estacionario y para la matriz energética chilena en la hoja Greet1_Import_Export se cambió para reflejar los impactos ambientales de la matriz de generación eléctrica de Chile de 2023 según la fuente de la IEA (2024a), importada del modelo R&D GREET1 2024.
 - » Estos cambios se reflejaron en la intensidad de emisiones del consumo eléctrico para la producción de material catódico LFP (hoja Other_Cathodes), para los procesos de ensamblaje (hoja Battery_Assembly), para la producción de BMS (hoja Battery_Materials) y para la producción de cobre (hoja Copper).
- En la hoja Li_Chemicals, la fuente de carbonato de litio e hidróxido de litio se cambió a Chile.
- En la hoja Copper, la fuente de cobre se cambió a Chile.

Se supone que estos cambios reflejan los impactos ambientales del ciclo de vida de la producción de paquetes de baterías en Chile a partir de 2023.

Para evaluar el impacto del reciclaje y la recuperación de litio, la proporción de carbonato de litio proveniente de procesos hidrometalúrgicos en la hoja Battery_recycling se aumentó a un 80 %, para reflejar una tasa de recuperación similar a la exigida por el Reglamento sobre Baterías de la UE.

Para evaluar el impacto de aumentar la participación de energías renovables en la matriz eléctrica al 100 %, los valores de la hoja Greet1_Import_Export (para uso estacionario y para la matriz chilena) se actualizaron para reflejar mayores cuotas de generación eólica y solar, suponiendo que la participación hidroeléctrica se mantendría constante. Estos nuevos valores se basan en la matriz de generación 100 % renovable del modelo R&D GREET1 2024.



www.cmsostenible.org

contacto@cmsostenible.org

[@cmsostenible.org](https://www.instagram.com/cmsostenible.org)



www.theicct.org

communications@theicct.org

[@theicct.org](https://www.instagram.com/theicct.org)

