LA INDUSTRIA DEL LITIO EN CHILE:

DIAGNÓSTICO Y PROSPECTIVAS

HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CADENA DE VALOR



978-956-08329-3-1

INFORME SOBRE EL FUTURO DEL LITIO EN CHILE

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

JUNTA EJECUTIVA

Presidente
José Orlandini Robert

Primer Vicepresidente
Juan Carlos Barros Monge
Segundo Vicepresidente
Jorge Yutronic Fernández
Secretaria
Alejandra Acuña Villalobos
Prosecretario
Mauro Grossi Pasche
Tesorero
Ricardo Nicolau del Roure G.
Protesorero
Cristian Hermansen Rebolledo

DIRECTORIO 2026

Alejandra Acuña Villalobos
Elías Arze Cyr
Marcial Baeza Setz
Juan Carlos Barros Monge
Alex Chechilnitzky Zwicky
Pablo Daud Miranda
Rodrigo Fernández Aguilera
Álvaro Fischer Abeliuk
Javier García Monge
Jorge Gironás León
Mauro Grossi Pasche
Gloria Henríquez Díaz
Cristian Hermansen Rebolledo
Viviana Meruane Naranjo
Germán Millán Valdés
Claudio Muñoz Zúñiga
Ricardo Nanjarí Román
Luis Nario Matus
Christian Nicolai Orellana
Ricardo Nicolau del Roure G.
José Orlandini Robert
Jorge Pedrals Guerrero
Humberto Peña Torrealba
Daniela Pollak Aguiló
Miguel Ropert Dokmanovic
Mauricio Sarrazín Arellano
Alejandro Steiner Tichauer
Perla Valdés Calquín
Scarlett Vásquez Paulus
Jorge Yutronic Fernández

Secretario General
Carlos Gauthier Thomas

SOCIEDADES ACADEMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACION CHILENA DE SISMOLOGIA E INGENIERIA ANTISISMICA, **ACHISINA.**
Presidente: Mario Lafontaine T.

ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL – CAPITULO CHILENO, **AIDIS.**
Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA, **SOCHID.**
Presidente: Jorge Gironás L.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA, **SOCHIGE.**
Presidente: Rafael Iglesias A.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, **SOCHITRAN.**
Presidenta: Paola García T.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA, **SOCHEDI.**
Presidente: Rodrigo Herrera V.

COMISIONES DEL INSTITUTO

Resiliencia del Sector Eléctrico Chileno
Presidente: Cristian Hermansen R.

Antecedentes y reflexión sobre el mercado laboral chileno en ingeniería
Presidente: Mauro Grossi P.

Hacia la Sociedad del Conocimiento.
Presidente: Alejandro Steiner T.

Situación y desarrollo de la Ingeniería en las instituciones del Estado.
Presidente: Humberto Peña T.

Racionalización de permisos para materializar proyectos de inversión e infraestructura. (Ad-hoc)
Presidente: Pablo Daud M.

De mantenimiento y conservación de Puentes. (ad-hoc)
Presidente: Ricardo Nicolau del Roure G.

Ingenieros en la Historia Presente
Presidente: Miguel Ropert D.

CONSEJO CONSULTIVO

Renato Agurto Colima
Raquel Alfaro Fernandois
Iván Álvarez Valdés
Elías Arze Cyr
Dante Bacigalupo Marió
Marcial Baeza Setz
Juan Carlos Barros Monge
Bruno Behn Theune
Sergio Bitar Chacra
Francisco Brieva Rodríguez
Mateo Budinich Diez
Juan Enrique Castro Cannobbio
Alex Chechilnitzky Zwicky
Silvana Cominetti Cotti- Cometti
Raúl Demangel Castro
Álvaro Fischer Abeliuk
Eduardo Frei Ruiz-Tagle
Roberto Fuenzalida González
Alejandro Gómez Arenal
Tomás Guendelman Bedrack
Diego Hernández Cabrera
Jaime Illanes Piedrabuena
Sergio Lavanchy Merino
Nicolás Majluf Sapag
Jorge Mardones Acevedo
Carlos Mercado Herreros
Rodrigo Muñoz Pereira
Ricardo Nanjarí Román
Luis Nario Matus
Andrés Navarro Haeussler
Ricardo Nicolau del Roure G.
Guillermo Noguera Larraín
Humberto Peña Torrealba
Luis Pinilla Bañados
José Rodríguez Pérez
Rodolfo Saragoni Huerta
Mauricio Sarrazín Arellano
Alejandro Steiner Tichauer
Raúl Uribe Sawada
Luis Valenzuela Palomo
Ximena Vargas Mesa
Andrés Weintraub Pohorille
Jorge Yutronic Fernández

Hacia un desarrollo sostenible de la Cadena de Valor

Miembros de la Comisión

PRESIDENTE

Jorge Yutronic

PARTICIPANTES

Juan Carlos Barros
Sergio Bitar
Raúl Ciudad
Felisa Córdova
Thierry de Saint Pierre
Yadran Eterovic
Cristian Hermansen
Víctor Grimblatt
José Orlandini
Alfredo Piquer
Javier Ruiz del Solar
Rodolfo Saragoni

Santiago, agosto de 2026

ISBN 978-956-08329-3-1

Tabla de contenido

Agradecimientos 4

Acrónimos 5

Resumen Ejecutivo 6

Introducción 8

Capítulo 1: Contexto actual y tendencias 10

1. La Industria del Litio como Palanca de Descarbonización 10

1.1. El Litio como Mineral Crítico Estratégico 10

1.2. Vinculación con Electromovilidad y Almacenamiento de Energía 10

1.3 Vinculación con Sistemas Electrónicos de Consumo y Sistemas Industriales 10

2. Demanda Creciente: Evolución y Proyecciones 11

2.1. Evolución Reciente de la Demanda 11

2.2. Proyecciones Globales a 2030–2040 11

2.3. Distribución Sectorial de la Demanda y Capacidad de Producción de Baterías 12

2.4. Cambios en el Mix de Productos 14

3. Inversiones, Proyectos e I+D en la Cadena del Litio 14

3.1. Tendencias Globales de Inversión 14

3.2. Proyectos y Pipeline Global 15

3.3. Tecnologías de Producción, Costos Comparados y Tendencias I+D 16

4. Avances y Contexto Actual de Chile 19

4.1. Reservas, Producción y Competitividad 19

4.2. Actores Clave, Proyectos e Infraestructura 19

4.3. Situación Legal, Ambiental y Social 20

4.4. Comparación con Competidores Regionales 20

4.5. Ventajas Comparativas y Triple Restricción Institucional 21

Capítulo 2: Impulsores del desarrollo de la industria. 22

2.1. Dimensiones Tecnológicas 22

2.2. Dimensiones Económicas y de Mercado 25

2.3. Dimensión Política 30

2.4. Dimensión Normativa y Regulatoria 32

Capítulo 3: Desafíos / brechas y oportunidades globales y en Chile 36

3.1 Desafíos y brechas 36

3.2 Oportunidades 42

Capítulo 4. Prospectiva de Industria del Litio (iLi) en escenarios futuros globales y en Chile 45

4.1 Escenario I: Desarrollo Acelerado. 47

4.2 Escenario II: Desarrollo Moderado 49

Capítulo 5: Conclusiones 51

Capítulo 1: Contexto actual y tendencias 51

Capítulo 2: Impulsores del desarrollo de la industria 52

Capítulo 3: Desafíos / brechas y oportunidades globales y en Chile 53

Capítulo 4. Prospectiva de Industria del Litio (iLi) en escenarios futuros globales y en Chile 54

Bibliografía y referencias principales 56

Agradecimientos

El Instituto de Ingenieros de Chile agradece la dedicación y compromiso de los integrantes de la Comisión: Jorge Yutronic, Juan Carlos Barros, Sergio Bitar, Raúl Ciudad, Felisa Córdova, Thierry de Saint Pierre, Yadran Eterovic, Cristian Hermansen, Víctor Grimblatt, José Orlandini, Alfredo Piquer, Javier Ruiz del Solar y Rodolfo Saragoni, quienes han aportado sus visiones, conocimientos y experiencias profesionales para elaborar la prospectiva presentada en este informe, en el ámbito de la industria del Litio.

El trabajo realizado ha hecho posible, luego de un efectivo trabajo colaborativo, lograr la convergencia en el ámbito de las prospectivas del Litio en la Ingeniería chilena. El Instituto expresa su reconocimiento a los integrantes del Comité Editorial: Jorge Yutronic, Juan Carlos Barros, Felisa Córdova, Yadran Eterovic, Cristian Hermansen y Thierry de Saint Pierre. Además, agradece a Javier García, Editor de la Revista Chilena de Ingeniería y a Ximena Vargas, Editora de los Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, por su colaboración en la revisión de este informe. Se hace extensivo este reconocimiento al Sr. Carlos Gauthier, por el apoyo prestado al trabajo de la Comisión.

Acrónimos

BESS - Sistemas de Almacenamiento de Energía Estacionaria (Battery Energy Storage Systems)

CAPEX - Capital Expenditure (Gastos de Capital)

CCHEN - Comisión Chilena de Energía Nuclear

CEOL - Contratos Especiales de Operación de Litio

CORFO - Corporación de Fomento de la Producción

DGA - Dirección General de Aguas

DLE - Extracción Directa de Litio (Direct Lithium Extraction)

ESG - Ambiental, Social y de Gobernanza (Environmental, Social, and Governance)

EV - Vehículo Eléctrico (Electric Vehicle)

IEA - Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency)

INLiSa - Instituto Nacional de Litio y Salares

LCE - Toneladas de Carbonato de Litio Equivalente (Lithium Carbonate Equivalent)

NMC - Níquel Manganeso Cobalto (Nickel Manganese Cobalt)

NZE - Escenario de Cero Emisiones Netas (Net Zero Emissions)

OPEX - Operating Expenditure (Gastos Operativos)

SEA - Servicio de Evaluación Ambiental

SMA - Superintendencia del Medio Ambiente

SQM - Sociedad Química y Minera de Chile

Resumen Ejecutivo[1]

Este informe ofrece una **visión integral de la industria del litio en Chile**, destacando su **potencial para el desarrollo sostenible y el crecimiento económico**. Los actores clave, incluyendo autoridades públicas y el sector privado, se beneficiarán de los conocimientos sobre **tendencias actuales**, **desafíos**, **y oportunidades dentro de la cadena de valor del litio.**

El **litio se ha consolidado como un componente esencial en la descarbonización**, siendo fundamental para las **baterías de alta densidad** utilizadas en **vehículos eléctricos (VE)** y **almacenamiento de energía estacionaria**. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) prevé un **aumento significativo en la demanda de litio, sugiriendo que alcanzar los objetivos de neutralidad de carbono dependerá fuertemente de la expansión de la cadena de suministro de litio.** Se proyecta que la demanda global podría **aumentar hasta 40 veces para 2040** bajo escenarios de desarrollo sostenible, lo que subraya la necesidad de fortalecer la capacidad de producción en Chile.

Las inversiones globales en litio y tecnologías de baterías están en aumento, impulsadas por la urgente necesidad de vehículos eléctricos y soluciones energéticas sostenibles. Chile se perfila como un **destino atractivo para la inversión extranjera** debido a sus **ventajas en recursos naturales** y a sus **reservas de litio**. El país debe, sin embargo, **mejorar sus capacidades de refinación** para maximizar los retornos económicos y **captar un mayor valor agregado** de la cadena de producción.

A nivel global, **Chile ocupa el segundo lugar en producción de litio**, con aproximadamente **el 31% de las reservas** de litio económicamente viables a nivel mundial. La industria enfrenta algunos desafíos que pueden obstaculizar su desarrollo como son las **limitaciones regulatorias** y las **preocupaciones ambientales** por la gestión del agua utilizada en los procesos de extracción.

Las **innovaciones tecnológicas** son un pilar crítico para el futuro de la industria. La **Extracción Directa de Litio (DLE)** se presenta como una alternativa prometedora, al reducir tanto el uso de agua como el tiempo de producción, lo que ayudará a **optimizar** los procesos productivos y **reducir los impactos ambientales**. Además, el **procesamiento y refinación del litio** es un punto crítico, donde **Chile busca cerrar la brecha tecnológica**, ya que la **dominancia de China** en estas etapas ha permitido a este país **captar la mayor parte del valor agregado**.

La **creciente demanda global** de litio, impulsada por la **electromovilidad** y **almacenamiento energético**, también está generando innovación en la **fabricación y reciclaje** de baterías. Se considera al reciclaje de litio como una fuente complementaria que puede aliviar la presión sobre la extracción primaria y contribuir a una **sostenibilidad económica a largo plazo**.

No obstante, Chile debe enfrentar varios **desafíos**. La competencia se intensifica con otros productores de litio, y el país necesitará diversificar sus **mercados** para abordar la volatilidad de precios. La **interacción con las comunidades locales** y su aceptación son fundamentales para evitar conflictos y asegurar que los proyectos de litio tengan un **impacto positivo y sostenible**.

[1] Este resumen ejecutivo ha sido desarrollado por la inteligencia artificial de OpenAI, utilizando el modelo ChatGPT, versión 4.0. La información presentada ha sido sintetizada y reformulada a partir del análisis del documento original sobre la industria del litio en Chile, con el objetivo de proporcionar una visión clara y concisa de sus oportunidades y desafíos.

Un aspecto crítico del desarrollo de esta industria es el capital humano. El crecimiento está condicionado al desarrollo de una fuerza laboral capacitada que apoye en las tecnologías avanzadas de extracción y procesamiento de litio. Se prevé que las instituciones educativas jugarán un papel vital en la formación de profesionales y técnicos necesarios para el sector. La creación del Instituto Nacional de Litio y Salares (INLiSa) podrá fortalecer la investigación y colaboración entre el sector público y privado.

Los **escenarios futuros** para la industria del litio en Chile varían en probabilidad y potencial de éxito. En un **escenario de desarrollo acelerado**, Chile podría posicionarse como **líder global** a través de la innovación, la mejora en infraestructura y la adopción de tecnologías sostenibles. Contrariamente, un **escenario de desarrollo moderado** indicaría un crecimiento más lento, con el país manteniendo su postura como productor primario, pero incapaz de consolidar un **liderazgo significativo** en la cadena de valor.

La industria del litio está en un **punto crítico**, requiriendo **acciones estratégicas** para aprovechar la creciente demanda global de soluciones de energía más limpias. La **sostenibilidad**, la **innovación tecnológica**, y la **formulación efectiva de políticas** son esenciales para que Chile mantenga y mejore su ventaja competitiva en el mercado del litio.

Introducción

En este informe se presenta una prospectiva integral de la industria del litio (iLi) con el propósito de que los diferentes actores involucrados puedan tomar decisiones ya sea de políticas públicas como privadas, sobre el desarrollo sostenible de la cadena de valor del litio en Chile.

El objetivo del informe es presentar un diagnóstico del contexto de la industria, global y nacional, identificar impulsores, brechas y oportunidades, y proyectar trayectorias posibles que puedan servir de insumo para el desarrollo de políticas industriales, ambientales y de inversión.

Los objetivos del estudio son:

- Describir el contexto actual y las tendencias globales y nacionales de la industria del litio
- Identificar los impulsores tecnológicos, económicos, regulatorios y políticos que condicionan el desarrollo de la iLi
- Analizar los desafíos, brechas y oportunidades para Chile en relación con la competitividad, la sostenibilidad y la captura de valor; y
- Construir escenarios prospectivos que permitan definir estrategias y recomendaciones para el desarrollo de políticas públicas y privadas.

El alcance del estudio abarca la cadena del litio desde la extracción en salares y roca hasta los procesos de refinación, la producción de materiales para baterías, el reciclaje y los posibles encadenamientos industriales hacia cátodos y celdas.

El análisis realizado integra dimensiones económicas, tecnológicas, ambientales, sociales y regulatorias, y compara la posición chilena con la de otros actores, regionales y globales.

La metodología utilizada, combina la revisión documental y síntesis de literatura técnica, informes internacionales y datos nacionales, con un análisis de contexto y diagnóstico estructurado por capítulos temáticos.

A partir de esta base se construyeron dos escenarios prospectivos: Escenario I: Desarrollo Acelerado y Escenario II: Desarrollo Moderado, sustentados en cinco tensiones clave:

- Desarrollo hacia costos competitivos de las tecnologías para extraer, procesar, refinar, almacenar, transportar, distribuir y usar Litio
- Ventajas y desventajas comparativas y competitivas de diferentes territorios para la extracción y producción de Litio,
- Voluntad política y capacidades efectivas de los países para abordar y cumplir los acuerdos de descarbonización
- Atracción de inversiones – públicas y privadas, locales e internacionales - a escala suficiente para el desarrollo de la industria del Litio.
- Desarrollo de otras tecnologías que aumentan la efectividad de las industrias competidores con iLi.

El horizonte de análisis de la prospectiva es hasta el año 2035, con algunas extensiones a 2040 que permiten considerar la maduración de tecnologías emergentes y el impacto acumulado del reciclaje y la evolución de la demanda.

La relevancia estratégica para Chile de esta industria se manifiesta en diferentes ámbitos:

- En términos de recursos y posición: Chile posee grandes reservas de litio que lo convierten en un actor relevante de la oferta global.
- En relación al rol en la transición energética, el litio es crítico para electromovilidad y almacenamiento energético, por lo que su disponibilidad y gestión inciden directamente en los objetivos de descarbonización.
- Existe además una ventana para capturar mayor valor mediante refinación avanzada, fabricación de materiales y políticas industriales activas, aunque ello enfrenta tensiones entre maximizar valor agregado, distribuir rentas fiscales y proteger ecosistemas y la licencia social.
- Entre los riesgos sobresalen la dependencia de cadenas de refinación externas, la presión socioambiental sobre el uso del agua, la volatilidad de precios y el peligro de que el litio se transe como commodity.

Este informe está destinado a autoridades públicas y responsables de política industrial, ambiental y minera; a empresas del sector: productores, refinadores, fabricantes de baterías y proveedores tecnológicos; a inversionistas y organismos financieros; a académicos, centros de investigación y organismos de I+D que desarrollan tecnologías; y a organizaciones comunitarias y actores locales interesados en la gobernanza, los impactos ambientales y la distribución de beneficios.

Capítulo 1: Contexto actual y tendencias

1. La Industria del Litio como Palanca de Descarbonización

1.1. El Litio como Mineral Crítico Estratégico

El litio se ha consolidado como uno de los minerales críticos más relevantes para la descarbonización, principalmente por su rol en baterías recargables de alta densidad energética (iones de litio), hoy dominantes en vehículos eléctricos (VE) y en almacenamiento estacionario de energía (BESS).

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) muestra que, en los escenarios alineados con el aumento de temperatura global a 1,5°C[2], la demanda de litio es la que más crece entre los minerales críticos para la transición, con aumentos del orden de 40 veces al 2040 respecto de los niveles de 2020, impulsada casi íntegramente por electromovilidad y almacenamiento en redes eléctricas.

A nivel global, la literatura sobre minerales críticos coincide en que:

- La electrificación del transporte y la expansión de las energías renovables variables desplazan el consumo de combustibles fósiles hacia sistemas electroquímicos de almacenamiento.
- El litio es, en la próxima década, difícilmente sustituible en baterías de alta densidad para VE, aun cuando se desarrollen tecnologías complementarias (LFP, NMC [Níquel Manganeso Cobalto] de bajo cobalto, sodio-ion, etc.).

En síntesis, el litio es un insumo estratégico dentro de una transición estructural del sistema energético: sin una expansión masiva de la cadena del litio, los objetivos de neutralidad de carbono de 2030–2050 se vuelven significativamente más costosos o inalcanzables.

1.2. Vinculación con Electromovilidad y Almacenamiento de Energía

La demanda de litio para uso en VE y almacenamiento en red crecerá al menos 40 veces hacia 2040 en el escenario de desarrollo sostenible (SDS) de la IEA.

- **Vehículos eléctricos:** Bajo escenarios de 1,5°C, la demanda podría cuadruplicarse entre 2023 y 2030 (IRENA). (BloombergNEF) proyecta ~39 millones de VE de pasajeros en 2030 vs. ~17,6 millones en 2024, con capacidad manufacturera de celdas de ~3,8 TWh hacia 2025.
- **Almacenamiento estacionario:** El despliegue global superó los 90 GWh en 2024, con reducción esperada de hasta 40% en costos hacia 2030, manteniéndola como opción dominante en la década.

1.3 Vinculación con Sistemas Electrónicos de Consumo y Sistemas Industriales

La demanda de litio para uso en VE, almacenamiento en red y otras aplicaciones crecerá al menos 40 veces hacia 2040 en el escenario de desarrollo sostenible (SDS) de la IEA.

- **Sistemas Electrónicos de Consumo:** Incluye dispositivos como teléfonos, laptops, tabletas y herramientas eléctricas domésticas. Aunque es un mercado maduro, sigue siendo relevante por la alta rotación de productos y el frecuente recambio de baterías de litio.
- **Sistemas Industriales:** Este sector abarca tanto la maquinaria pesada como las carretillas elevadoras, así como equipos médicos implantables y portátiles. Asimismo, se observa una

[2] Esto no significa que estemos limitando el calentamiento global a 1,5°C

creciente utilización de baterías de litio en sistemas de sensores vinculados al Internet de las Cosas (IoT). En el ámbito médico y de IoT, predomina la tendencia hacia el empleo de baterías no recargables, creando una alta rotación de las baterías.

2. Demanda Creciente: Evolución y Proyecciones

2.1. Evolución Reciente de la Demanda

Datos consolidados de USGS, IEA y organismos nacionales muestran un crecimiento extremadamente acelerado:

- En 2023, la demanda global se estimó en ~920 mil toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE).
- Para 2024, Cochilco proyectó 1,129 millones de toneladas LCE, un crecimiento de 22,7% anual. (cochilco.cl)
- El USGS estima que en 2023–2024 alrededor del 87% del litio se destinó a baterías; el resto se distribuye entre cerámicas (~4%), lubricantes (~2%), usos médicos (~1%) y otros (~6%).

En paralelo, el mercado transitó por una fase de fuerte volatilidad: tras máximos cercanos a 70.000 USD/ton LCE en 2022, el precio spot cayó a ~12.000 USD/ton en 2024 por sobreoferta temporal y ajuste en ventas de VE.

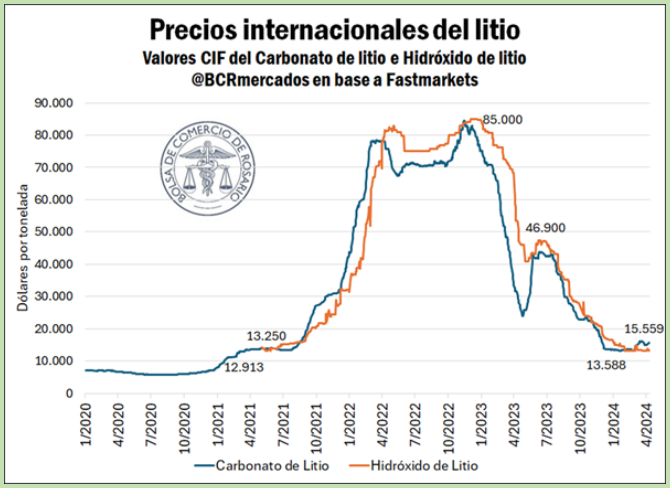


Figura 1. Evolución del precio del litio y producción.
Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario; COCHILCO 2024.

2.2. Proyecciones Globales a 2030–2040

Las principales instituciones coinciden en una senda de crecimiento fuerte, aunque con diferentes magnitudes según el escenario de descarbonización. La IEA (Global Critical Minerals Outlook 2024–2025) proyecta que la demanda podría multiplicarse por 3 a 7 veces hacia 2040 en escenarios de políticas actuales, y hasta ~9 veces bajo trayectorias compatibles con 1,5°C (IEA 2). La CEPAL señala que la demanda podría crecer entre 4 veces en un Escenario de Políticas Declaradas (STEPS) y hasta 10 veces en un Escenario de cero emisiones netas (NZE- Net Zero Emission) al 2040.

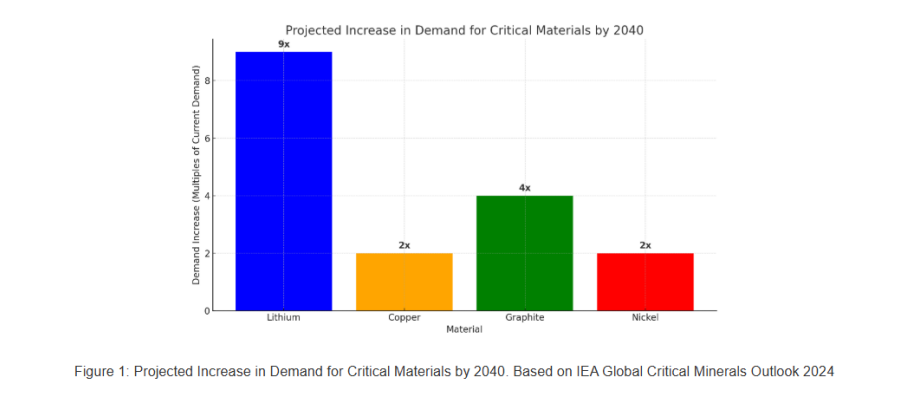


Figura 2. Proyecciones de demanda de litio por escenario de descarbonización. Fuente: IEA Global Critical Minerals Outlook 2024

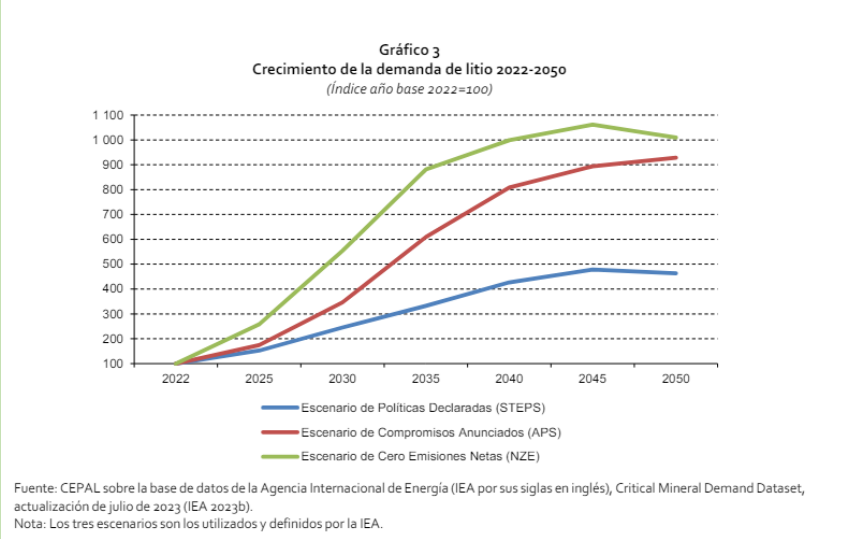


Figura 3. Proyecciones de demanda global de litio al 2040 por escenario (STEPS / NZE. Fuente: CEPAL 2024.

Para efectos de prospectiva, el punto clave es que, aun con ciclos de sobreoferta y baja de precios en el corto plazo, los escenarios de descarbonización robustos siguen presuponiendo un crecimiento fuerte y estructural de la demanda de litio hasta al menos la década de 2040.

2.3. Distribución Sectorial de la Demanda y Capacidad de Producción de Baterías

China concentra hoy la mayor parte de la capacidad de producción de baterías y domina segmentos clave del refinado de litio y materiales activos (BloombergNEF).

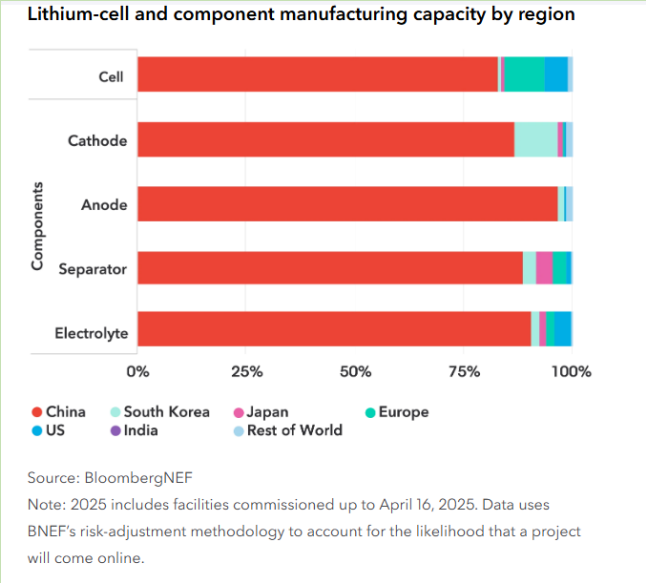


Figura 4. Capacidad de producción de baterías por región. China domina ampliamente la capacidad instalada global. Fuente: BloombergNEF 2024.

Europa y Norteamérica están en un proceso acelerado de catch-up, con capacidades de producción de celdas que podrían multiplicarse por cuatro hacia 2030, aunque con desafíos de calificación de proveedores y aseguramiento de suministro de minerales.

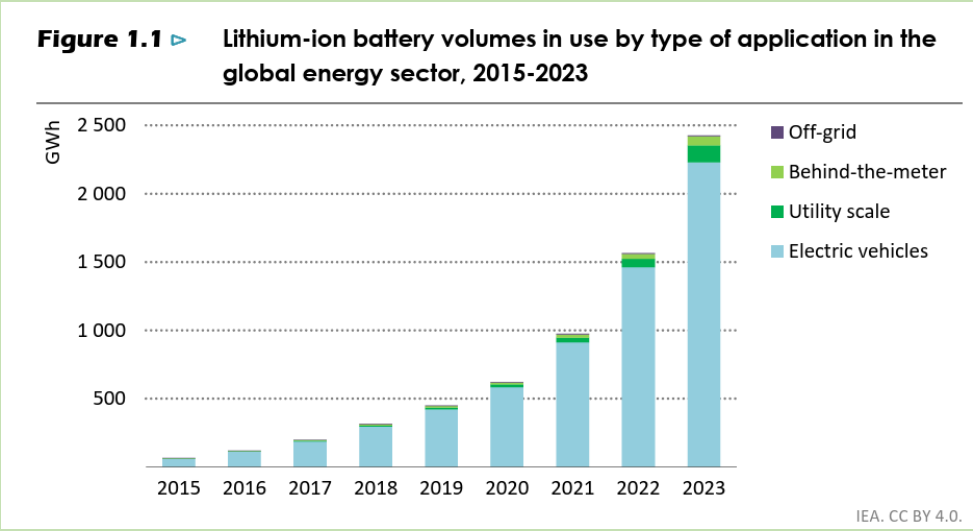


Figura 5. Distribución sectorial de la demanda de litio. El almacenamiento estacionario representa la segunda fuente de crecimiento tras los vehículos eléctricos. Fuente: IEA Batteries and Secure Energy Transitions 2024.

Para 2030, McKinsey estima el equivalente a 4.700 GWh de demanda de baterías.

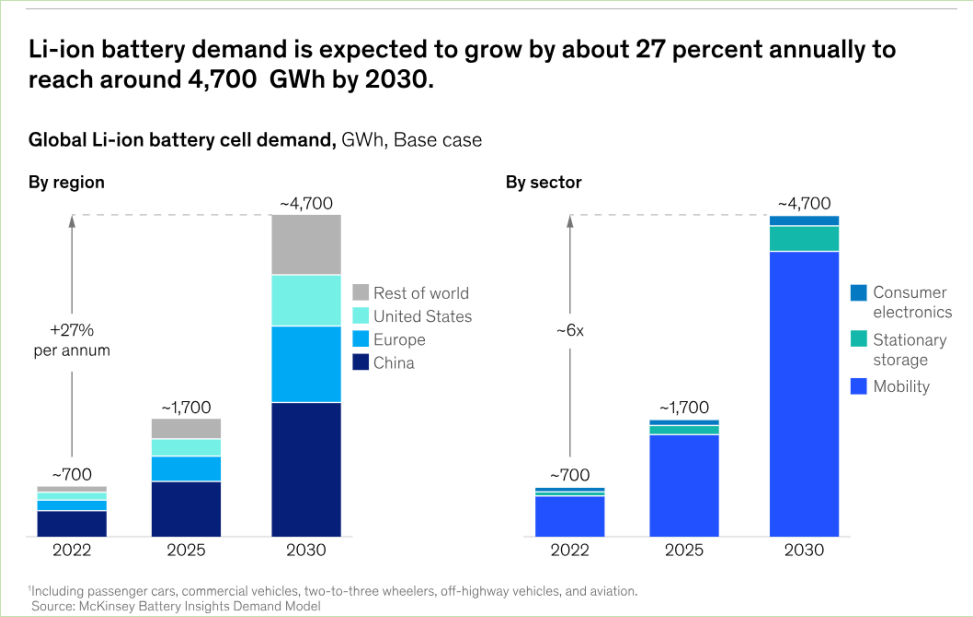


Figura 6. Proyección de demanda global de baterías al 2030 (~4.700 GWh). Fuente: McKinsey Battery 2030 (2023).

Otros usos del litio: química, aleaciones, vidrio, seguirán siendo relevantes, pero no determinantes en la dinámica de precios ni en el dimensionamiento de la oferta.

2.4. Cambios en el Mix de Productos

El peso del **hidróxido de Litio** crece rápidamente: ronda 30–35 % del mercado y podría equiparar al carbonato de Litio hacia 2030, impulsado por baterías de cátodo químicas NCA (níquel–cobalto–aluminio) y NMC de alto níquel, puesto que requieren hidróxido de Litio para su fabricación, no carbonato.

Estas baterías químicas se están expandiendo porque permiten: mayor densidad energética, mejor autonomía para vehículos eléctricos, y, en ciertos casos, menor costo por kWh al aumentar el porcentaje de níquel y reducir cobalto.

Esto tiene consecuencias directas, en efecto para productores de salmuera como Chile, surge el dilema entre seguir enfocándose en carbonato, donde tiene mayor ventaja de costos o incorporar tecnologías que permitan producir hidróxido de manera competitiva desde las salmueras.

Además, han aparecido rutas productivas basadas en sulfato de litio desde salmueras de alta concentración de azufre (innovación de la empresa SQM [Sociedad Química y Minera de Chile]), que luego se transforman en hidróxido de Litio en China, abriendo nuevas cadenas de valor, pero también riesgos de *downgrading*, es decir exportar productos menos elaborados.

3. Inversiones, Proyectos e I+D en la Cadena del Litio

3.1. Tendencias Globales de Inversión

De acuerdo con la IEA, la inversión en la cadena de valor de minerales críticos se multiplicó varias veces entre 2017 y 2023. (IEA 2) McKinsey estima que la cadena de valor de baterías de iones de litio podría crecer a tasas superiores al 30% anual entre 2022 y 2030. (McKinsey & Company)

Rasgos clave del nuevo ciclo de inversión:

- Concentración geográfica: Australia, Chile, Argentina y China dominan la producción minera; China concentra buena parte del refinado y materiales activos.
- Entrada de grandes mineras diversificadas: Rio Tinto, BHP y otras buscan reposicionarse en litio como respuesta estratégica a la transición energética.
- Políticas de seguridad de suministro: EE. UU., Europa y Australia han anunciado programas de incentivos y cadenas friend-shoring para reducir dependencia de China. (dbresearch.com)

World Mine Production and Reserves: Reserves for Argentina, Australia, Canada, the United States, and Zimbabwe were revised based on company and Government reports.

	Mine production 2023	Mine production 2024[e]	Reserves[4]
United States	W	W	1,800,000
Argentina	8,630	18,000	4,000,000
Australia	91,700	88,000	[5]7,000,000
Brazil	[e]5,260	10,000	390,000
Canada	[e]3,240	4,300	1,200,000
Chile	41,400	49,000	9,300,000
China	[e]35,700	41,000	3,000,000
Namibia	[e]2,700	2,700	14,000
Portugal	[e]380	380	60,000
Zimbabwe	[e]14,900	22,000	480,000
Other countries[6]	—	—	2,800,000
World total (rounded)	[7]204,000	[7]240,000	30,000,000

Tabla 1. Producción mundial de litio por país (toneladas de litio metálico, 2023–2024). Fuente: USGS Mineral Commodity Summaries 2025.

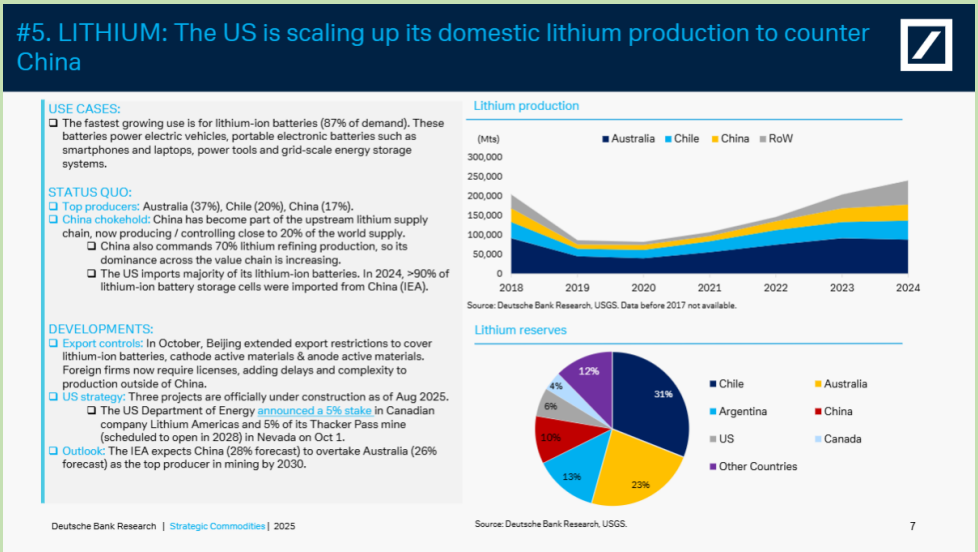


Figura 7. Principales programas públicos internacionales de seguridad de suministro y friend-shoring en minerales críticos. Fuente: Deutsche Bank Research 2025;

3.2. Proyectos y Pipeline Global

Proyectos en Chile:

- La alianza estratégica **Codelco–SQM** en el Salar de Atacama, que contempla la producción y venta de hasta 300.000 t/año de LCE entre 2031 y 2060, apoyada por una cuota autorizada de hasta 3,02 millones de toneladas de litio metálico equivalente. (Reuters)

- La entrada de **Rio Tinto** en el proyecto **Maricunga**, con una inversión de hasta USD 900 millones y asociación con Codelco, constituyendo la mayor inversión extranjera en litio en Chile

Proyectos en Argentina:

- Rincón (Salta) – Rio Tinto: 60.000 t/año de carbonato de litio grado batería (3.000 tpa starter + 57.000 tpa expansión; plan a plena capacidad tras ramp-up).
- Olaroz (Jujuy) – Arcadium Lithium (ex Allkem/Livent): 42.500 t/año LCE (Stage 1 + Stage 2).
- Caucharí-Olaroz (Jujuy) – Lithium Argentina / Ganfeng (EXAR): 40.000 t/año de carbonato de litio (capacidad de diseño/planificada).
- Tres Quebradas "3Q" (Catamarca) – Zijin / Liex
    - Fase 1: 20.000 t/año de carbonato de litio
    - Fase 2: 30.000 t/año adicional (en construcción); la compañía indica un rango total post-fases de 40.000–60.000 t/año LCE (según ramp-up/optimización).
- Centenario-Ratones (Salta) – Eramet (DLE): 24.000 t/año LCE (Fase 1).
- Planta hidróxido (Salta, Güemes) – POSCO: 25.000 t/año de hidróxido de Litio (producto final "midstream", no LCE).
- Mariana (Salta, Llullaillaco) – Ganfeng: 20.000 t/año de cloruro de litio intermedio; no directamente comparable con LCE sin supuestos de conversión

A nivel global, se observa expansión significativa de gigafactorías en Europa y Norteamérica, aunque con riesgo de sobrecapacidad de celdas en el corto plazo.

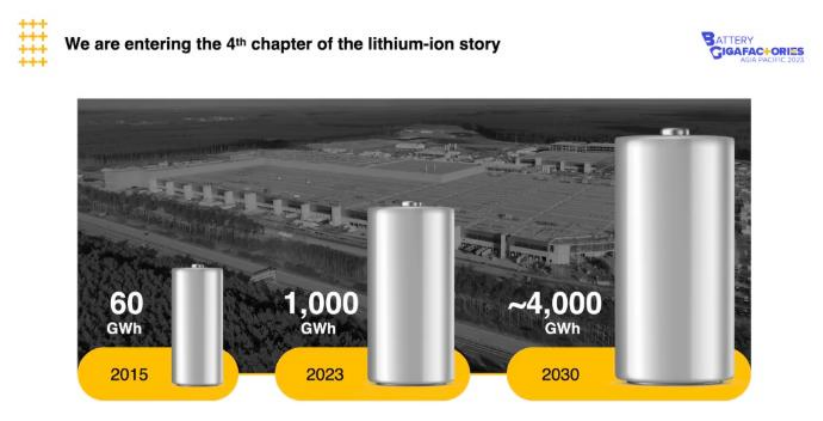


Figura 8. Pipeline de capacidad de producción de celdas de batería fuera de Asia. Fuente: Benchmark Mineral Intelligence 2023.

3.3. Tecnologías de Producción, Costos Comparados y Tendencias I+D

Se han identificado cuatro rutas principales de producción: roca vs. salmuera, y carbonato vs. hidróxido, con diferencias significativas en CAPEX, OPEX, intensidad energética y huellas de carbono y agua.

Australia y Chile concentran alrededor del 60% de la minería de litio, mientras que China refina cerca del 60% del litio mundial y hasta el 80% del hidróxido. La cadena líder AUS–CHN refuerza el poder de mercado chino aguas abajo.

Para la prospectiva chilena, esto refuerza la urgencia de aumentar la capacidad de procesamiento local de litio grado batería. A continuación, se presentan las diferentes opciones tecnológicas de baterías de ión Litio:

Table

Characteristics of Li-ion batteries

	Common name	LCO	LMO	NMC	LFP	NCA	LTO
	Cathode (usual chemical composition)	Lithium cobalt oxide ($LiCoO_2$)	Lithium manganese oxide ($LiMn_2O_4$)	Lithium nickel manganese cobalt oxide ($LiNiMnCoO_2$)	Lithium iron phosphate ($LiFePO_4$)	Lithium nickel cobalt aluminium oxide ($LiNiCoAlO_2$)	Lithium manganese oxide (LMO) or Nickel manganese cobalt (NMC)
	Anode (usual chemical composition)	Graphite	Graphite	Graphite	Graphite	Graphite	Lithium titanium oxide (Li_2TiO_3)
	Energy density (Wh/kg)	150–200	100–150	150–250	90–170	200–300	50–80
	Life cycle (charge/discharge cycles)	500–1000	300–700	1 000–2 000	3 000–6 000	500–1 000	15 000–20 000
	Uses						
Comparison	Energy density	High	Moderate	Very high	Moderate	Very high	Low
Comparison	Power density	Moderate	High	High	Very high	High	High
Comparison	Safety	Moderate	High	High	Very high	Moderate	Very high
Comparison	Useful life	Moderate	Moderate	High	Very high	High	Very high
Comparison	Cost	Moderate	Moderate	Moderate	Low	High	Very high

Source: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), on the basis of Battery University, "BU-205: types of Lithium-ion" [online] https://batteryuniversity.com/article/bu-205-types-of-lithium-ion Flash Battery, "Which chemistry is most suitable for the electrification of your vehicle? let's discover the different types of batteries" [online] https://www.flashbattery.tech/en/types-of-lithium-batteries-which-chemistry-use/; and Y. Miao and others, "Current li-ion battery technologies in electric vehicles and opportunities for advancements", Energies, vol. 12, No. 6, 2019.

Tabla 2. Principales opciones tecnológicas de baterías de ión litio. Características, compuesto de litio requerido y aplicaciones. Fuente: ECLAC

La I+D se concentra en cuatro frentes principales:

- **DLE (Direct Lithium Extraction):** Mayor recuperación, menor uso de agua. Desafíos de escalabilidad y costos aún importantes. Pilotos activos en Chile (SQM, Codelco–ENAMI), Argentina (Livent/Eramet) y EE. UU.
- **Nuevos químicos y baterías de próxima generación:** Avances en LFP; trayectorias de comercialización de baterías de estado sólido hacia 2028–2030.

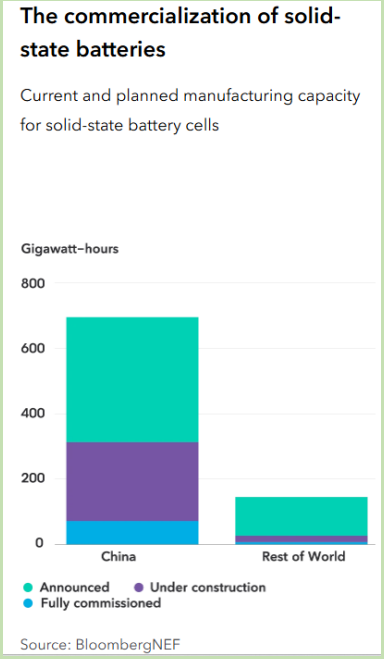


Figura 9. Roadmap de comercialización de baterías de estado sólido. Fuente: BloombergNEF;

- **Reciclaje y circularidad:** Iniciativas para recuperar litio, níquel y cobalto de baterías al final de su vida útil, reduciendo presión sobre minería primaria en horizontes posteriores a 2035. (Battery 2030+)

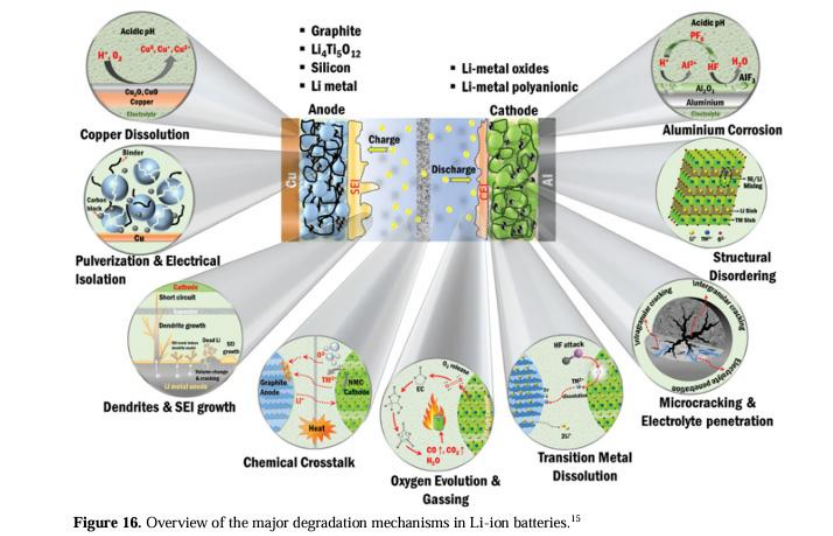


Figura 10. Ciclo de vida y economía circular de las baterías de iones de litio. Fuente: Battery 2030.

- **Innovación en salmueras no productivas:** SQM ha desarrollado una ruta para transformar salmueras con alto sulfato, en sulfato de litio que luego se convierte en hidróxido, aplicando principios de economía circular. Esto plantea el riesgo de reducir el valor agregado local si el sulfato se exporta como bien intermedio.

4. Avances y Contexto Actual de Chile

4.1. Reservas, Producción y Competitividad

- Chile mantiene ~9,3 millones de toneladas de reservas de litio (~31% de reservas mundiales económicamente viables), con recursos que podrían haber aumentado ~28% tras nuevos estudios en La Isla y Aguilar. (USGS)
- Segundo productor mundial con 20–29% de la producción global. (Metal)
- Proyección Cochilco: ~305.000 t en 2025, desde ~285.000 t en 2024. (Reuters)
- Costos de producción en salmueras: 3.000–5.000 USD/t LCE vs. 10.000–15.000 USD/t para espodumeno australiano. (Mura)

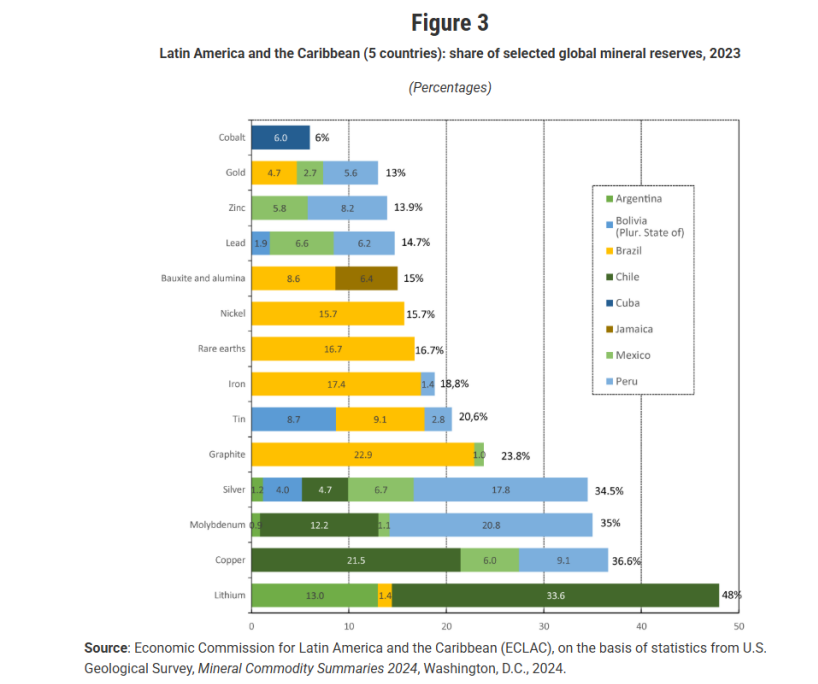


Figura 11. Reservas en LATAM y Caribe de minerales selectos. Fuente: ECLAC, 2024.

4.2. Actores Clave, Proyectos e Infraestructura

Los actores clave y sus proyectos son:

- **SQM** y **Albemarle**, que operan en Atacama bajo contratos especiales de operación (CEOL) y han venido ampliando capacidades, por ejemplo, la expansión de producción de hidróxido de Litio de SQM de 30.000 a 100.000 t/año. (SQM) (ir.sqm.com)
- **Codelco**, empresa estatal de cobre, que asume un rol protagónico en litio mediante la alianza con SQM y su participación en Maricunga. (Reuters)
- **ENAMI**, que impulsa el proyecto “Salares Altoandinos” para desarrollar nuevos polos de producción en Antofagasta, con interés de múltiples actores internacionales. (Reuters)

En infraestructura asociada, la mayor parte de la producción se exporta como **carbonato e hidróxido de Litio**, con capacidades industriales y logísticas concentradas en la macrozona norte (Antofagasta, Atacama). El país, sin embargo, se encuentra aún en etapas iniciales para desarrollar capacidades de materiales para cátodos, celdas y ensamblaje de baterías, aunque existen iniciativas incipientes y estudios que apuntan a convertir a Chile en un hub latinoamericano de producción de baterías. (Consejo Internacional de Transporte Limpio)

4.3. Situación Legal, Ambiental y Social

Desde 1979, el litio es considerado un recurso estratégico en Chile y está sujeto a un régimen especial: el Estado es propietario del recurso y no otorga concesiones mineras plenas, sino contratos administrativos y CEOL, lo que introduce complejidades para la entrada de nuevos actores pero también refuerza el control estatal. (Baker Institute)

En 2023 el gobierno lanzó la **Estrategia Nacional del Litio**, cuyos ejes principales incluyen: (Estrategia Nacional del Litio)

- Mayor rol del Estado (creación de una Empresa Nacional del Litio) bajo modelos de asociación público-privada.
- Exigencia de tecnologías de extracción con menor impacto ambiental, incluyendo incentivos al uso de DLE.
- Protección de al menos 30 % de los salares, con zonificación entre áreas de explotación, conservación y exclusión.
- Mayor participación de comunidades indígenas y locales, con consulta previa y mecanismos de reparto de beneficios.
- Desarrollo de encadenamientos productivos a lo largo de la cadena de valor (materiales, componentes, I+D y servicios intensivos en conocimiento).

Estudios recientes evidencian disminuciones significativas de niveles freáticos, subsidencia (~1–2 cm/año) y tensiones con ecosistemas y comunidades indígenas en torno al Salar de Atacama, lo que ha llevado a demandas, sanciones y revisiones regulatorias. (Mongabay)

Este contexto implica que los escenarios de expansión de litio en Chile no sólo están condicionados por precios y demanda internacional, sino también por la licencia social, los límites hídricos y la velocidad de adopción de tecnologías de extracción más sostenibles

4.4. Comparación con Competidores Regionales

El llamado “Triángulo del Litio” –Argentina, Bolivia y Chile– concentra cerca de 50–60 % de los recursos mundiales de litio, con Chile destacado por la calidad de sus salmueras y costos de producción:

- **Argentina**: experimenta un fuerte dinamismo en nuevos proyectos, muchos basados en DLE, aunque con mayores riesgos técnicos y regulatorios. (Fastmarkets)
- **Bolivia**: posee enormes recursos en Uyuni pero enfrenta desafíos tecnológicos, de infraestructura y de gobernanza que han demorado su desarrollo. (USGS)

- **Australia** lidera la producción global a partir de minerales duros (espodumeno), con tiempos de respuesta más rápidos a los ciclos de precios, pero con costos operacionales en general superiores a las salmueras sudamericanas. (USGS)

- Para **Chile**, la combinación de ventaja geológica y de costos, junto con un nuevo marco estratégico centrado en sostenibilidad y mayor captura de valor, define una ventana de oportunidad competitiva, pero también un riesgo si la tramitación regulatoria o los conflictos socioambientales ralentizan la materialización de proyectos frente a competidores más ágiles.

4.5. Ventajas Comparativas y Triple Restricción Institucional

Chile posee la mayor ventaja de costos en salmueras, pero enfrenta los siguiente problemas:

- No concesibilidad del litio desde 1979
- Límites de extracción de salmuera y agua —la restricción más fuerte de largo plazo—
- Cuotas de comercialización de CCHEN.

El análisis detallado de estas restricciones se desarrolla en el Capítulo 2.

Capítulo 2: Impulsores del desarrollo de la industria.

Entendemos como impulsores de la industria del litio, al conjunto de factores estructurales, tecnológicos, económicos y geopolíticos que propician la inversión, la localización productiva, el crecimiento de la demanda y la evolución de precios del litio en el mediano y largo plazo, y que nos permiten explicar por qué el litio se ha transformado en un mineral estratégico global.

Chile posee ventajas geológicas con salares de alta ley y bajo costo. También, cuenta con infraestructura minera, energética y portuaria y, con gran experiencia en extracción y procesamiento de litio, siendo considerado este un recurso estratégico para el país.

Es importante señalar que la cadena de valor del litio está organizada de forma vertical, es fragmentada y asimétrica, con una clara separación entre extracción del recurso, procesamiento químico e industrialización avanzada, lo que plantea desafíos en la captura de valor.

Surgen entonces un conjunto de dimensiones: tecnológicas, económicas y de mercado, políticas, normativas y regulatorias, que impulsan el desarrollo de esta industria y que serán abordadas en este capítulo.

2.1. Dimensiones Tecnológicas

La ciencia y la tecnología contribuyen al desarrollo de la industria del litio mediante la mejora de las tecnologías de extracción, el desarrollo de nuevas aplicaciones y productos, la investigación en almacenamiento de energía y la mejora de los procesos de reciclaje. Todo esto, logra impulsar la producción, la eficiencia y la sostenibilidad de la industria del litio. De acuerdo con el USGS (Mineral Commodity Summaries, 2025), Chile posee 9.3 millones de toneladas de litio contenido, lo que representa aproximadamente el 31 % de las reservas mundiales de litio económicamente viables.

2.1.1. Tecnologías de Extracción

2.1.1.1. Salares (Brinas Evaporíticas)

Es la tecnología dominante en Chile. El proceso consiste en el bombeo de salmuera, luego se efectúa la evaporación solar en piscinas, la concentración y precipitación de sales, para obtener carbonato/hidróxido. Tiene bajos costos operativos históricos. Sus insumos se encuentran en la alta concentración de litio existente en salmueras, como la de Atacama, apoyada por el uso intensivo de energía solar natural. Tiene como limitaciones el alto uso de agua, con el consiguiente impacto hidrológico y ecosistémico, además de largos tiempos de maduración (12–24 meses), rigidez operacional frente a shocks de mercado y creciente conflicto socioambiental.

> **Impulsor clave: El agua y la presión ESG sobre la rentabilidad, sostenibilidad y legitimidad de las empresas en el largo plazo. Los cambios tecnológicos ayudan a la expansión productiva empujando la innovación.**

2.1.1.2. Hard Rock (Espodumeno)

El proceso corresponde al usado en la minería convencional, que considera la trituración, la concentración, la conversión térmica y la refinación química. Es de rápida escalabilidad, su producción es más predecible y controlable, tiene menor dependencia hídrica directa. Sin embargo, presenta un alto CAPEX y consumo energético, una mayor huella de carbono y dependencia del

proceso químico de refinado posterior, realizado con frecuencia en China. Es muy utilizado en Australia.

Impulsor clave: La velocidad de respuesta al mercado y la no sostenibilidad ambiental comparativa.

2.1.1.3. Extracción Directa de Litio (DLE)

El proceso consiste en el bombeo de salmuera mediante resinas o adsorbentes selectivos. Utiliza el principio de Adsorción, intercambio iónico o membranas para extraer Li directamente desde la salmuera con reinyección parcial. Reduce el tiempo de recuperación de 12–18 meses a semanas, mejora la pureza (>90 %) y disminuye el impacto hídrico y ambiental. Es compatible con salares complejos. Las brechas actuales son la escalabilidad industrial aún limitada, el alto CAPEX inicial y la dependencia de proveedores tecnológicos, en cuanto a las patentes. Hay Pilotos en Chile (SQM, Codelco–ENAMI), Argentina (Livent/Eramet) y EE. UU. (Lilac Solutions). Los principales desafíos son la escalabilidad industrial, la estabilidad química de resinas y el costo energético. Destaca que las tecnologías DLE no son solo técnicas, sino también estratégicas.

Impulsor clave: La restricción ambiental y social del modelo de evaporación. DLE es una tecnología habilitante de licencia social, no solo una mejora de eficiencia.

2.1.1.4. Concentración de Salmueras de Litio (LBC)

El proceso de LBC se centra en aumentar la concentración de litio en salmueras mediante técnicas que evitan la pérdida significativa de agua. Utiliza métodos de separación como electrodialisis, nanofiltración y membranas de destilación que permiten extraer impurezas y concentrar el litio sin recurrir a la evaporación tradicional. Esta tecnología busca mejorar la eficiencia del proceso de producción, reduciendo el tiempo de concentración y minimizando el impacto hídrico y ambiental en áreas vulnerables. LBC se enfoca en recuperar agua durante el proceso, lo que es vital en regiones donde los recursos hídricos son escasos. Las brechas son principalmente la tecnología aún en desarrollo y su escalabilidad y la necesidad de realizar inversiones significativas (CAPEX) para la implementación industrial.

Impulsor Clave: La creciente presión medioambiental y las demandas sociales por prácticas más sostenibles. LBC representa no solo una mejora técnica, sino también una estrategia integral para la obtención de litio que respete los límites ecológicos.

2.1.1.5 Tendencias Mundiales en Cadenas de Valor:

- **Cadena Líder AUS–CHN**: El litio concentrado a partir de espodumeno australiano es transportado a China para la producción de carbonato/hidróxido y posteriormente de cátodos.
- **Cadena Seguidora CHL–CHN**: Las salmueras chilenas se concentran utilizando LBC para fabricar carbonato/hidróxido de Litio, que luego se exporta, principalmente a China, para la producción de cátodos.

Desde una perspectiva integral (costos, huella de CO_2 y consumo de agua), la cadena chilena, a través de tecnologías LBC, puede ser competitiva en términos de calidad y sostenibilidad. Sin embargo, su

escalabilidad enfrenta retos por las restricciones institucionales y las consideraciones ambientales que son imprescindibles en el actual contexto global.

2.1.2. Procesamiento y Refinación

2.1.2.1. Separación entre Extracción y Valor Capturado

Chile y Argentina son fuertes en extracción, capturando solo una fracción del valor económico total. China se percibe dominante en refinación, materiales catódicos, celdas, sistemas de batería. Existe así una brecha tecnológica importante, ya que Chile exporta litio con bajo procesamiento relativo.

Impulsor clave: Desacoplamiento entre la obtención del recurso y el control de la cadena de valor.

2.1.2.2. Tecnologías de Refinación y Captura de Rentas

Permiten la conversión a hidróxido (clave para baterías NMC/NCA), purificación avanzada (grado batería), integración con DLE (refinación in situ). La captura de rentas ocurre en etapas industriales y tecnológicas y la oportunidad está en el desarrollo de plantas químicas + DLE y en alianzas tecnológicas que no sean sólo extractivas.

Impulsor clave: El uso y aprovechamiento de nodos industriales externos.

2.1.3. Innovación en Baterías y Reciclaje

2.1.3.1. Desarrollo de Materiales Avanzados

Se han producido innovaciones en carbonato, hidróxido y fosfato de litio, adaptadas a nuevas químicas de baterías ($LiFePO_4$, Li-NMC, Li-metal). La tendencia a la diversificación tecnológica reduce riesgos de dependencia de un solo tipo de producto y representa un impulsor para la industria del litio chilena.

2.1.3.2. Electromovilidad y Almacenamiento Innovador

El litio juega un rol importante en la transición hacia tecnologías más limpias, siendo uno de los principales materiales utilizados en las baterías de iones de litio, fundamentales para el almacenamiento de energía, vehículos eléctricos y dispositivos electrónicos. El crecimiento acelerado del parque de vehículos eléctricos (EVs) y sistemas de baterías estacionarias (grid storage) impulsa la demanda global de litio, que se estima en >1.5 millones t LCE hacia 2030 (según IEA 2024).

La investigación y el desarrollo de baterías de litio más avanzadas y eficientes impulsará la demanda de litio y permitirá a las empresas diferenciarse en el mercado global, considerando que el consumo de químicos de litio en baterías representa más del 70% de la demanda global y que su costo será inferior a 100 US$/KWh. La innovación en baterías no elimina la demanda de litio, pero penaliza a productores de alto costo y bajo estándar ambiental.

DLE es un impulsor estratégico para la electromovilidad, permite el acceso a mercados premium. Por su parte, los grandes clientes (automotrices, fabricantes de baterías) exigen estándares ambientales, buscan un suministro estable y trazable y penalizan el litio con alto impacto hídrico o social.

2.1.3.3. Diversificación de la manufactura del litio

A medida que se desarrollan nuevas tecnologías y aplicaciones habilitadoras para el desarrollo de la manufactura del litio, se va produciendo:

- La fabricación de baterías de ión litio.
- La fabricación de diversos productos químicos, como el carbonato de litio e hidróxido de Litio, que se utilizan en la industria farmacéutica, vidrio y cerámica, y lubricantes
- La fabricación de aleaciones con otros metales para mejorar sus propiedades físicas y químicas, así como de grasas y lubricantes de alto rendimiento para la industria aeroespacial, automotriz y de defensa
- La fabricación de componentes electrónicos de alta calidad, como condensadores de tantalio-litio y otras tecnologías de almacenamiento de energía.

2.1.3.4. Desarrollo de tecnologías de reciclaje de litio

El desarrollo de tecnologías de reciclaje de litio más avanzadas que las actuales puede ayudar a reducir la dependencia de la extracción de litio, aprovechando la oportunidad de integrar reciclaje y refinación, y de esta forma, crear un ciclo más sostenible para el uso de este recurso. Este factor puede ser atractivo para los consumidores y aumentar la competitividad de las empresas en el mercado global. Se percibe a futuro, una adopción acelerada de las tecnologías de reciclaje con foco en la sustentabilidad, que a partir del año 2030 puede cubrir 10–20% de la demanda, reduciendo la presión sobre extracción primaria y favoreciendo a países con capacidad industrial y normativa clara. En Chile, no sustituye la minería, pero redefine la estrategia de largo plazo

2.1.4. Oportunidades Estratégicas de Adopción Tecnológica

El desarrollo de la industria del litio ya no depende de cuánto litio se extrae, sino de cómo se extrae, con qué tecnología se extrae, en qué parte de la cadena de valor nos encontramos, y bajo qué legitimidad ambiental y social se encuentra la industria. En ese contexto, las oportunidades estratégicas están en:

- DLE como política industrial, no sólo técnica.
- *Joint ventures* tecnológicas, no sólo contratos extractivos.
- Refinación avanzada en territorio nacional.
- I+D aplicada público–privada (procesos, agua, energía).
- Estándares ESG *(Environmental, Social, Governance*) como ventaja competitiva, no como costo.

2.2. Dimensiones Económicas y de Mercado

2.2.1. Naturaleza del Mercado y Ciclos Recientes

El litio no es un *commodity* financiero clásico y sus precios están definidos por contratos bilaterales, mercados spot y especificaciones químicas (Li_2CO_3 vs LiOH). El mercado del litio ha pasado por un ciclo de boom–ajuste, con precios elevados en los años 2021–2022, con una caída fuerte en 2023–2024 por sobreoferta, y cierta recuperación intermitente en 2025 en base a contratos y futuros con volatilidad y tendencia creciente no lineal en el largo plazo.

La rentabilidad depende fuertemente del tipo de recurso (salares vs. *espodumeno*), de la etapa de la cadena (minado vs. refinado) y de la economía de escala, el procesamiento y el refinado que concentran valor.

La demanda estructural es creciente o al menos sostenida, ya que la transición energética global (vehículos eléctricos, energías renovables, almacenamiento estacionario y redes inteligentes) mantiene una demanda sostenida. Las proyecciones al 2030 muestran multiplicación significativa de capacidad de baterías, pero con riesgos de ritmo de adopción que generan incertidumbre. Los precios del litio son volátiles, pero la tendencia estructural sigue al alza.

La inversión en valor agregado está sostenida por la integración vertical: desde extracción hasta refinado y producción de cátodos. Chile, Argentina y Australia buscan industrializar localmente parte del ciclo (hidróxido de Litio, celdas de batería). Por su parte, los incentivos fiscales y asociaciones público-privadas fomentan esta cadena de valor.

La competitividad futura dependerá de los costos energéticos, la disponibilidad de agua y la estabilidad política de los países productores. La Tabla 2.1. presenta un resumen comparativo de costos operativos de los principales productores de litio.

Empresa / Productor	Tipo de recurso	Costo operativo estimado (USD/t LCE)	Comentario
Albemarle	Salmuera / Mixto	4.000 – 5.000	Escala global, contratos de largo plazo
SQM	Salmuera	4.000 – 5.000	Alta concentración, economías de escala
Arcadium Lithium (Argentina)	Salmuera	3.500 – 4.000	Alta eficiencia y menor CAPEX
Pilbara Minerals	Roca dura (espodumeno)	> 6.000	Alta sensibilidad a precios bajos
Mineral Resources / ASX juniors	Roca dura	Elevado	Costos mayores por procesamiento

Tabla 2.1. Costos operativos de productores de litio. Fuente: US Geological Survey (USGS, 2024).

Los costos operativos presentados corresponden a rangos estimados de OPEX (USD/t LCE), construidos a partir de reportes corporativos, informes de analistas sectoriales (Benchmark, Wood Mackenzie, S&P Global, USGS). Los valores son referenciales y buscan reflejar la competitividad relativa entre productores más que costos contables exactos

En cuanto a flujos de capital e incentivos, grandes fondos e inversionistas ESG priorizan proyectos con certificaciones ambientales y trazabilidad. Crece la importancia de mecanismos financieros “verdes” (bonos verdes, créditos climáticos). La rentabilidad depende más de la **posición de costo y resiliencia financiera** que del precio puntual.

> **Impulsor clave: Alta volatilidad y ciclos pronunciados que obligan a estrategias de resiliencia financiera.**

2.2.1.1. Precios Internacionales – Estado y Drivers

En el año 2025 se observó recuperación parcial del precio del carbonato CIF/FOB en rangos alrededor de US$9k–11k/t a mitad del año y por encima de US$11k/t en momentos puntuales en el futuro cercanos, el mercado spot sigue siendo volátil (Informe COCHILCO, 2025).

Existe heterogeneidad de precio por producto: el hidróxido de Litio suele cotizar con prima frente al carbonato (por la demanda de cátodos NMC/NCA), y el spodumeno (concentrado) cotiza mucho más barato por tonelada base (y requiere procesamiento). Se detectan oscilaciones para el hidróxido y spodumeno (US Geological Survey, 2024).

Los factores que mueven precios son: el desfase temporal entre oferta y demanda (time-lag estructural) y la competencia de fábricas de baterías, variaciones de producción (cierres temporales o retrasos en nuevas minas), cambios en química de baterías (menos Li por kWh en algunos diseños) y eventos geopolíticos / financieros (futuros en China).

La Figura 2.1 muestra los años de payback y escenario de precio (USD/t LCE). La Figura 2.2. presenta el VAN por proyecto y escenario de precio (USD/t LCE).

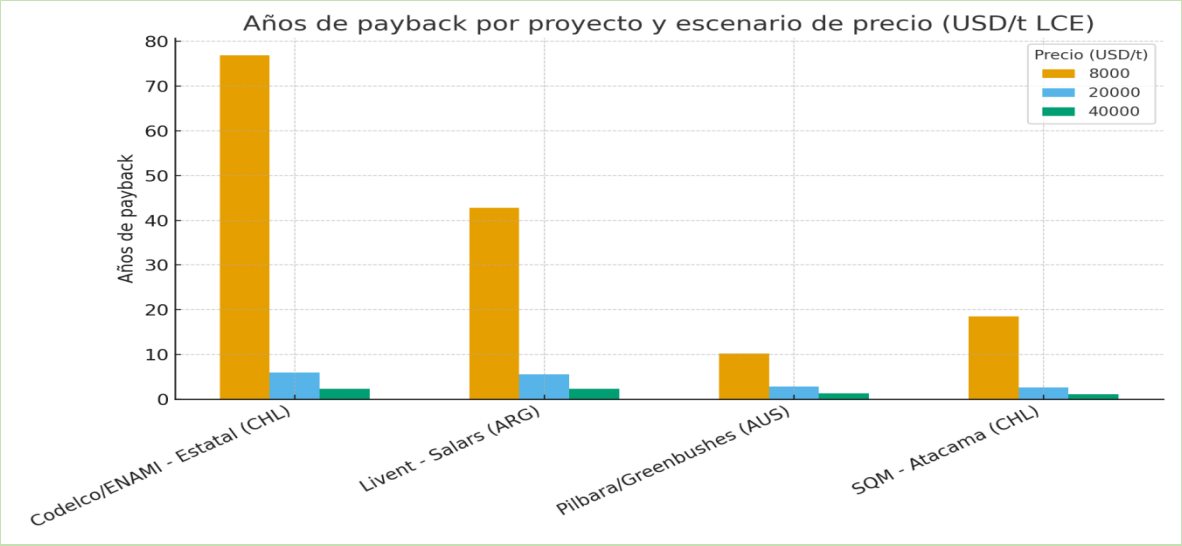


Figura 2.1. Años de payback y escenario de precio (USD/t LCE). Fuente: Elaboración propia a partir de USGS (2025), Benchmark Mineral Intelligence (2024) e IEA (2024).

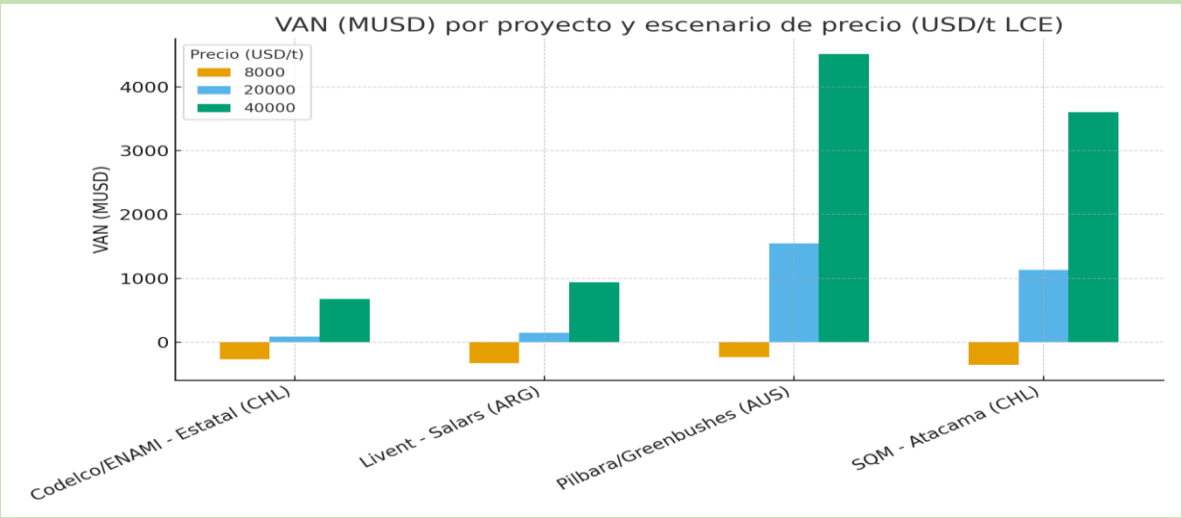


Figura 2.2. VAN (MUSD) por proyecto y escenario de precio (USD/t LCE). Fuente: Elaboración propia a partir de USGS (2025), Benchmark Mineral Intelligence (2024) e IEA (2024).

2.2.1.2. Estructura de Costos — CAPEX, OPEX y Conversión

Los componentes principales de la estructura de costos en minería son: a) el CAPEX (Capital Expenditure) o inversión inicial necesaria para construir y poner en marcha un proyecto, antes de producir, b) el OPEX (Operating Expenditure) o gastos necesarios para operar y mantener los procesos productivos y c) Costos de conversión de concentrado a carbonato.

- CAPEX: minas/plantas (espodumeno: minas más planta de concentrado; brinas: piscinas más plantas químicas; DLE: plantas piloto más sistemas de tratamiento). zinnwaldlithium.com

- OPEX: incluye costo de personal de operación y mantenimiento, y los costos operacionales asociados. Incluye energía (plantas químicas), insumos químicos (reactivos), agua (en brinas), transporte y tratamiento. Los OPEX por tonelada varían mucho, en espodumeno suele tener OPEX menor por tiempo de concentrado, pero requiere procesamiento adicional para llegar a carbonato/hidróxido. pubs.usgs.gov
- Costos de conversión: pasar de concentrado (espodumeno) a litio químico (carbonato/ hidróxido) añade un costo significativo (y depende de la proximidad a plantas de conversión). Espodumeno FOB Australia tiene variaciones entre US$2.5k–6k/t (según USGS). "Total cost" por t de LCE para algunos proyectos europeos reportados en PFS son de alrededor de €8k/t LCE (US Geological Survey, 2024). China concentra mucha capacidad de conversión, reduciendo costos logísticos para compradores asiáticos. ir.sqm.com

Existe un trade-off: más CAPEX hoy, implica menor OPEX y menor riesgo mañana. Por ejemplo, invertir más en DLE reduce costos ambientales, riesgos regulatorios, paradas operativas y conflictos sociales. La discusión real no es "CAPEX alto o bajo", sino "CAPEX inteligente que reduzca riesgos y costos futuros".

2.2.1.3. Economías de escala y sensibilidad

Efecto escala asociado a menor costo unitario.

- En minas grandes (por ejemplo, Greenbushes en Australia) y proyectos integrados que consideran minería más refino cercano, suelen tener menores costos unitarios y mayor resiliencia a precios bajos. Algunos estudios muestran reducciones significativas de costo unitario cuando la producción se duplica. zinnwaldlithium.com

Sensibilidad a CAPEX/OPEX:

- Para proyectos de brina, el tiempo de recuperación y la tasa de recuperación de litio (recuperación %) son críticos y en ese contexto, mejoras tecnológicas (DLE) pueden elevar la recuperación y reducir el OPEX. Para espodumeno, el riesgo es precio de concentrado y costo de procesamiento químico.
- En el corto plazo se percibe que los productores se enfocarán en proyectos con costos unitarios bajos, recuperación alta y buena gobernanza ESG. A mediano plazo (2030) la demanda proyectada de baterías sugiere que existirá mercado para nuevas toneladas, combinando extracción competitiva más capacidad de procesamiento/refino y contratos de offtake estables.

La Tabla 2.2 presenta un resumen del CAPEX y OPEX típicos en la industria del Litio.

Tecnología	Tipo recurso	CAPEX típico (USD/t LCE/año)	OPEX típico (USD/t LCE)	Comentario estratégico
Evaporación en salares	Salmuera	**15.000 – 25.000**	**3.000 – 4.500**	Bajo costo histórico; alta presión ESG y limitaciones hídricas
Extracción Directa (DLE)	Salmuera	**20.000 – 35.000**	**3.500 – 5.000**	CAPEX alto; menor riesgo ambiental y mayor recuperación

Tecnología	Tipo recurso	CAPEX típico (USD/t LCE/año)	OPEX típico (USD/t LCE)	Comentario estratégico
Hard rock (espodumeno)	Roca dura	**25.000 – 40.000**	**4.500 – 7.000**	Escalable y flexible; intensivo en energía y emisiones

Tabla 2.2. CAPEX y OPEX típicos en la industria del Litio. Fuente: USGS (2024); Lithium Harvest (2025); Los costos operativos corresponden a rangos estimados de OPEX (USD/t LCE) construidos a partir de reportes corporativos. Valores referenciales.

2.2.1.4. Tecnologías avanzadas: DLE y reciclaje

Direct Lithium Extraction (DLE):

- Promete mayor recuperación, menor uso de piscinas evaporíticas y huella hídrica reducida; ya hay pilotos comerciales/plantas tempranas (proyectos en Argentina y pilotos en Chile planificados). La viabilidad económica depende del costo de sorbentes/membranas, energía y escala; varias empresas y grandes mineras (Rio Tinto, Eramet, etc.) están invirtiendo. Si DLE se comercializa a escala eficiente, puede reducir el coste marginal de nuevas toneladas desde salares. lithium.org

Reciclaje de baterías:

- A mediano plazo será fuente creciente de litio "secundario" (aunque hoy representa una fracción pequeña); su rol aumentará con más flotas EV [Electric Vehicle, Vehículo Eléctrico] y mejores procesos y la sustitución proyectada de demanda primaria se ve parcial en la próxima década. IEA

2.2.1.5. Integración en la cadena de valor y concentración geográfica

- La mayor parte del valor suele capturarse en la transformación química: carbonato que se transforma en hidróxido, luego en cátodos, en celdas, y en la fabricación de baterías. La extracción primaria captura una porción menor del precio final de la batería. Por ello, países/actores que logran verticalizar (refino + química + baterías) capturan más valor. ir.sqm.com
- China lidera el refinado y fabricación de celdas/baterías (controlando una gran parte del procesamiento mundial), lo que significa que productores mineros deben competir por acceso a estos compradores y contratos; esta concentración genera riesgos geopolíticos para compradores occidentales, pero también oportunidades para productores que ofrezcan ESG y suministro confiable. ir.sqm.com

2.2.1.6. Dinámica competitiva — quién entra y por qué importa

- Entrada de grandes mineras y petroleras: actores como Rio Tinto (asociaciones en Chile), y movimientos de empresas energéticas/países con capital (Saudi Aramco) muestran que la competencia ya no es sólo junior-miners vs majors; hay interés estratégico de estados y petroleras para asegurar cadenas de baterías. Esto eleva la competencia por proyectos atractivos y capital. Adicionalmente, nuevos países están entrando a la producción de litio, en especial Argentina con fuertes incentivos a las nuevas empresas que están ingresando al mercado, pero con una curva de aprendizaje más lenta que en Chile.
- Consolidación vs. fragmentación: grandes empresas integradas verticalmente (Albemarle, SQM, Ganfeng) compiten con nuevos proyectos nacionales (empresas estatales) y proyectos

DLE que intentan entrar con costos competitivos; la presión competitiva y los precios más bajos han obligado a re-evaluar expansiones.

- Estrategias de compradores: OEMs y grandes compradores buscan contratos de suministro a largo plazo, verticalización y garantías ESG/TAZ (trazabilidad). Esto favorece proyectos con certificaciones ambientales y acuerdos de asociación industrial.

2.2.1.7. Demanda final: quién compra y cómo evoluciona

- Principales consumidores: fabricantes de baterías y OEMs automotrices (EVs), seguido por almacenamiento estacionario (grid, utilities, industrial). El sector automotriz es dominante y el que marca los ciclos de demanda. IEA
- Proyecciones relevantes: IEA / Global EV Outlook y otros estudios proyectan que la demanda de baterías (TWh) y por ende de litio crecerán varias veces entre 2024 y 2030 (IEA proyecta >3 TWh de demanda de baterías en 2030), lo que exige mucha más producción y procesamiento. La demanda en el corto plazo puede variar por condiciones del mercado de vehículos eléctricos, que si baja su producción esperada implica una baja de la demanda por litio y baja su precio.

2.3. Dimensión Política

2.3.1. Nueva gobernanza del litio en Chile

- El Estado busca mayor participación pública en la propiedad y control de proyectos.
- Creación de Sociedades Mixtas (Codelco/ENAMI con privados).
- Se espera una Ley del Litio o marco regulatorio específico en los próximos años.
- CORFO [Corporación de Fomento de la Producción] mantiene un rol clave en contratos de explotación, por ejemplo en el Salar de Atacama.

2.3.2. Implicancias estratégicas

A continuación, se presentan implicancias y sugerencias que pueden ser aplicables a productores y formuladores de política:

- Apuestas por volumen: con precios volátiles, conviene priorizar proyectos con bajos OPEX, buen control hídrico/ESG y potencial para integrar procesamiento químico local. ir.sqm.com
- Inversión en DLE con evaluación rigurosa: DLE puede mejorar recuperación y reducir impacto hídrico, pero necesita validación de costos a escala y suministro energético bajo carbono. Pilotos + FID condicionados a resultados técnicos y contratos de offtake. lithium.org
- Captura de valor en refino: políticas y asociaciones que incentiven plantas de conversión (carbonato → hidróxido / cátodos) permiten retener mayor parte del valor. ir.sqm.com
- Diversificación de compradores y contratos a largo plazo: para amortiguar volatilidad; incorporar cláusulas de ajuste de precio y mecanismos de cooperación tecnológica.

2.3.3. Riesgos y señales a vigilar (KPIs)

- Señales de precios: seguimiento mensual de CIF Asia y GFEX (futuros). cochilco.cl
- Avances en DLE: anuncios de primeras plantas comerciales y CAPEX realista. Cleantech Lithium.

- Proyectos de integración química anunciados (nuevas plantas de hidróxido/carbonato) y políticas de contenido local. ir.sqm.com
- Cambios en demanda automotriz: ritmos de lanzamientos y mezcla de modelos (híbridos vs BEV) afectan demanda de litio.

2.3.4. Políticas ambientales y sociales

- Regulaciones sobre uso de agua, huella de carbono y relación con comunidades indígenas.
- Necesidad de cumplir estándares internacionales (IRMA, ICMM, ESG).
- Consulta previa y monitoreo ambiental como requisito para expansión.

2.3.5. Estabilidad y seguridad jurídica

- Países con marcos regulatorios estables (Australia, Canadá, EE. UU.) atraen más inversión.
- Chile y Argentina avanzan en definir reglas claras para exploración y asociaciones con el Estado.
- La claridad regulatoria reduce el riesgo país y mejora la competitividad de largo plazo.

2.3.6. Geopolítica y cadenas de suministro

- Tensiones entre **EE. UU. y China** afectan la cadena global de baterías.
- América del Sur podría beneficiarse como fuente estratégica alternativa de litio.
- Acuerdos internacionales (UE–LatAm, Ley IRA de EE. UU.) fomentan proyectos en países de América Latina.

2.3.7 Mix de productos, valor agregado y política industrial de facto

Se realiza un análisis sobre cómo el **mix de productos** afecta el valor agregado local:

- En 2022 se observa un fuerte aumento en exportaciones de **sulfato de litio**, que llegó a representar cerca de un tercio de la producción (en LCE), frente al predominio histórico del carbonato.
- Aunque el sulfato tiene márgenes porcentuales muy altos, el **margen absoluto por tonelada** es menor que el del carbonato de litio; y además se exporta como bien intermedio para procesarse en China.

Dado que la producción chilena está limitada por cuotas de litio metálico, cada tonelada de sulfato implica una tonelada menos de carbonato/hidróxido, generando un trade-off entre:

- **Rentabilidad privada de corto plazo** (sulfato)
- **Valor agregado y encadenamientos locales de mediano plazo** (carbonato/hidróxido y eventualmente cátodos)

Los contratos renegociados con SQM y Albemarle incorporan políticas industriales de facto: cuotas de litio a precio preferente para proyectos aguas abajo, exigencias de capacidad adicional de productos grado batería, aportes a I+D y desarrollo local. La experiencia reciente sugiere que:

- Sólo asegurar **suministro preferente de litio** no basta para materializar plantas de cátodos o baterías, como muestra el caso de BYD en Antofagasta[3].
- El principal atractivo de Chile sigue siendo el **recurso y su competitividad de costos**, lo que exige complementar las cláusulas contractuales con una agenda más integral de infraestructura, capital humano y certidumbre regulatoria.

2.4. Dimensión Normativa y Regulatoria

Chile adoptó una política particular para lograr el desarrollo y posicionamiento de la industria del litio como pieza clave de la transición energética, con diversificación tecnológica y sostenibilidad social y ambiental, permitiendo al Estado jugar un rol protagónico, pero también estableciendo condiciones de participación privada bajo ciertos requisitos y contratos específicos.

2.4.1. Marco Regulatorio de Chile

Los objetivos principales planteados en esta estrategia son:

- Aprovechar reservas nacionales para mayor valor agregado (más allá de extracción primaria).
- Promover la **sostenibilidad social y ambiental**, minimizando consumo de agua y utilizando energías renovables.
- Fortalecer la institucionalidad y claridad de las reglas para inversionistas.

Es así como en Chile, el marco regulatorio actual involucra múltiples organismos:

- **CORFO**: con su rol de Autoridad central para concesiones y contratos (como los CEOL – *Contratos Especiales de Operación de Litio*).
- **CCHEN (Comisión Chilena de Energía Nuclear)**: es quien otorga **cuotas de extracción** de litio, que es el requisito principal para operar proyectos.
- **SEA (Servicio de Evaluación Ambiental)** y **SMA (Superintendencia del Medio Ambiente)**: tienen el rol de administrar la evaluación y el cumplimiento ambiental.
- **DGA (Dirección General de Aguas)**: tiene un rol clave para entregar autorizaciones relacionadas con uso de agua y recursos hídricos.

En este contexto, se identifican las siguientes leyes y requisitos regulatorios principales:

- **Ley de Bases Generales del Medio Ambiente — Ley N° 19.300**
  Entrega el marco fundamental del impacto ambiental en Chile, donde se requiere evaluar y aprobar todos los proyectos mineros (incluido litio) a través del **SEIA**, generar **estudios de impacto ambiental (EIA)** y obtener **Resolución de Calificación Ambiental (RCA).**
- **Propiedad y concesiones mineras.**
  La exploración y explotación de minerales, incluyendo la del litio, está regulada por la **Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras,** junto con la legislación específica del

[3] El caso de BYD en Antofagasta que concluyó con el desistimiento del proyecto en enero de 2026, se ha convertido en un ejemplo clave de los desafíos que enfrenta Chile para agregar valor al litio, mostrando las complejidades de la inversión extranjera, los plazos regulatorios y la dependencia de los precios del mercado.

sector estratégico, que se encuentra bajo revisión y ajuste para el litio (concesiones y rol del Estado).

- **Contratos Especiales de Operación de Litio (CEOL).**
  Estos contratos formalizan la asignación de derechos a operar proyectos de litio (privados o mixtos) bajo condiciones regulatorias específicas. Su designación está condicionada a consultas indígenas, estudios ambientales y cumplimiento de requisitos técnicos y financieros.
- **Aspectos socioambientales como condicionantes regulatorios.**
  La exigencia normativa en aspectos ambientales y sociales, considera hoy la participación y consulta indígena para definir los requisitos para asignar concesiones, esto debido al impacto potencial sobre ecosistemas sensibles. También, considera la minimización de consumo hídrico y recursos naturales, especialmente por la fragilidad de los salares (biblio.hacienda.cl) y, por último, las guías de SEIA profundizan sobre las medidas ambientales para nuevas tecnologías de extracción.

2.4.2. Triple Restricción Institucional

Se identifican tres grandes restricciones que moldean la trayectoria de la industria chilena:

No concesibilidad del litio

- Desde 1979 el litio es mineral no concesible; sólo puede ser explotado por el Estado o terceros mediante CEOL.
- Esto "rigidiza" la expansión de oferta, que depende de negociaciones administrativas y decisiones políticas, más que de respuestas de mercado.

Límites de extracción de salmuera y agua

- Fijados en la evaluación ambiental para proteger el equilibrio hídrico y ecosistemas.
- Son la restricción más fuerte desde la perspectiva de sostenibilidad de largo plazo y la que impulsa la búsqueda de tecnologías menos intensivas en agua, como DLE.

Cuotas de comercialización de litio (CChEN)

- La Comisión Chilena de Energía Nuclear define cuotas máximas de litio metálico asociado a contratos.
- Esto introduce una segunda restricción por el lado del output, que en la práctica puede limitar la captura de ganancias de eficiencia.

Para la prospectiva, la pregunta clave no es sólo 'cuánto litio hay', sino 'cuánto puede extraerse sostenible y políticamente' en cada salar.

2.4.3. Estrategias Regulatorias Globales y Sus Impulsores

Chile ha seguido su propio camino en las tendencias regulatorias; sin embargo, entre las tendencias regulatorias globales destacan:

- **China:** el Litio es clasificado como mineral estratégico; cuenta con regulación estricta, centralización de permisos y altos estándares ambientales (AINVEST, 2025).

- **Unión Europea/Reino Unido:** Enfoque en leyes de materiales críticos y estándares ambientales/sociales para integrarse en cadenas de valor sostenibles (European Commission, 2025).
- **Argentina:** hay incentivos de inversión con marcos como RIGI (regímenes de incentivo) para atraer capital y seguridad jurídica Los impulsores regulatorios son múltiples: geopolítica de la energía, estándares ESG globales, competitividad de mercado y sostenibilidad ambiental.

Hay tensiones y ajustes en curso, especialmente en torno a quién administra qué competencias, y cómo equilibrar inversión y protección ambiental/social.

Los retos de la regulación en el largo plazo están evolucionando para incluir sostenibilidad: uso eficiente del agua, energía renovable en procesos, responsabilidades de cierre de faenas, y monitoreo ambiental permanente; debates públicos sobre quién tiene la última palabra en permisos y control del recurso; y la pluralidad institucional (en Chile CCHEN, SEA, DGA, CORFO, SMA).

La Estrategia Nacional del Litio (2023) y sus primeros hitos (acuerdo Codelco–SQM, clasificación de salares) marcan un giro hacia un rol empresarial más activo del Estado:

- El acuerdo Codelco–SQM extiende la operación en Atacama y establece que la nueva empresa conjunta será controlada por Codelco a partir de 2031, permitiendo elevar la producción a 300 kt LCE anuales en la década de 2030.
- La ampliación de cuota de Albemarle y la entrada de nuevos proyectos en Maricunga, Pedernales y Siete Salares podrían llevar la producción chilena a **~537,5 kt LCE en 2035**, es decir, 60 % más que la proyección pre-estrategia de Cochilco.

Sin embargo, al contrastar esto con la expansión global:

- Chile pasaría de una participación aproximada de 28 % en 2022 a cerca de 15 % en 2035, incluso en el escenario más optimista de nuevos proyectos.

La ventana prospectiva no es entonces “crecer o no crecer”, sino **cómo crecer** para no perder relevancia en un mercado en expansión, manteniendo a la vez estándares ambientales y sociales creíbles.

Los impulsores regulatorios son múltiples: geopolítica de la energía, estándares ESG globales, competitividad de mercado y sostenibilidad ambiental. Los retos de largo plazo incluyen: uso eficiente del agua, energía renovable en procesos, responsabilidades de cierre de faenas y monitoreo ambiental permanente.

2.4.4 Tributación, distribución de rentas y finanzas públicas

En Chile, la distribución de rentas del litio combina instrumentos administrativos y tributarios:

- Contratos de arrendamiento de pertenencias con Corfo que operan como un **royalty ad valorem progresivo**, con tasas entre 6,8 % y 40 % según precio y tipo de compuesto.

- Impuestos generales (primera categoría, global complementario, etc.) y, hasta 2024, el impuesto específico a la minería (IEAM), que será reemplazado por el nuevo royalty minero donde el litio, por el momento, no está incluido.

El análisis comparado de operaciones muestra que:

- Las faenas chilenas (Salar de Atacama) son de las **más rentables del mundo**, pero también las que enfrentan la **mayor carga por royalty**, llegando a representar cerca del 40 % de los costos directos en 2022, frente al ~10 % de operaciones como Greenbushes en Australia.
- En 2022, los ingresos fiscales por litio llegaron a alrededor de US$ 5.500 millones (≈1,9 % del PIB y 7,2 % de los ingresos fiscales), superando al cobre ese año. La mayor parte provino de los cánones de arrendamiento.

Desde la perspectiva prospectiva de política fiscal:

- Es crucial **distinguir ingresos estructurales de transitorios**, para evitar que el boom de 2022–2023 genere rigideces de gasto permanentes.
- Se abre la discusión sobre **competitividad tributaria relativa** frente a Argentina y otros distritos, especialmente si los precios permanecen bajos.

Capítulo 3: Desafíos / brechas y oportunidades globales y en Chile

3.1 Desafíos y brechas

3.1.1 Desafíos

Competencia de otros países productores

Existe una gran competencia de países productores como es Australia en el caso de litio de roca como también de Argentina y Bolivia con sistema de evaporación, además de la producción propia de China. Las ventajas y desventaja de cada país productor se concentran en costo de producción, costo de transporte y la inclusión de la refinación del litio, además de regulaciones sectoriales y de la política económica de cada país, unido a su reconocimiento como un productor confiable y respetuoso de contratos. La mayor distancia desde Chile a los mercados relevantes se compensa por la logística existente con una experiencia de muchos años de exportaciones de minerales y frutícola al hemisferio norte y a los países del Océano Pacifico.

La competencia de otros productores, en especial la estrategia de países que se están incorporando al mercado, que incluyen incentivos específicos, subsidios, reducción de impuestos y facilitación de permisos para faenas productivas, se neutraliza ofreciendo nuestro país regulaciones estables en el tiempo, con una economía creciendo en forma consistente y con el reconocimiento internacional de un País con riesgo soberano apto para inversión[4], situación que no tienen países competidores.

Esta competencia con otros países también se manifiesta en el acceso a los mercados de los países consumidores de litio y la relación con los clientes finales, en especial con los fabricantes de baterías para automóviles y almacenamiento eléctrico particularmente de fabricantes chinos generando relaciones comerciales de largo plazo.

China es el principal refinador mundial de litio y Chile realiza exportación de litio refinado. Sin embargo, Chile efectúa la refinación del mineral, pero no desarrolla productos de mayor nivel agregado como son los cátodos de batería.

Competencia de otros productos

Existe desarrollo de productos que compiten con el uso de litio en su utilización en baterías de almacenamiento estacionarias para el sistema eléctrico, como es el caso de baterías de sodio de menor rentabilidad y confiabilidad es sus desarrollos actuales, pero se supone están en proceso de optimización. Otro elemento de las baterías de sodio es su mayor peso, condición que no es relevante para su instalación en subestaciones o en central eléctricas.

En el transporte de carga en distancias largas, ya sea en carreteras o ferrocarril, los vehículos con hidrógeno como combustible son un competidor importante por su mayor autonomía de combustible y menor peso que las baterías de litio actuales.

[4] Banco Central de Chile al 31 diciembre 2025.

Mercados internacionales

Los mercados internacionales reaccionan fuertemente ante variaciones esperadas de la demanda futura o fluctuaciones de último momento, en especial generada por la demanda de baterías de litio para vehículos eléctricos, con amplia volatilidad en sus precios como también una discontinuidad en las tasas de crecimiento futuras, con años de crecimiento muy altos y otros años con disminuciones de la demanda y también por la especulación financiera asociada a minerales críticos con es el caso de cobre y litio.

La negociación de contratos y sus condiciones con los potenciales consumidores de litio, adicionalmente de reforzar los contactos con los consumidores vigentes, es una labor permanente en el tiempo para poder enfrentar con éxito la volatilidad de la demanda y de los clientes en este mercado competitivo.

El principal mercado para el litio chileno es China y en menores cantidades Estados Unidos y Europa, por lo cual un desafío importante es diversificar mercados sobre todo en los países de Asia, que son fabricantes de vehículos eléctricos como son Corea del Sur y Japón.

Es necesario el desarrollo de acuerdos comerciales con diferentes empresas internacionales y con diversos países, con contratos de venta con empresas de todo el planeta unido de contratos de logística y de transporte para garantizar la correcta entrega del producto en calidad y plazos.

Tratamiento de temas ambientales

En el desarrollo de los procesos productivos de litio es necesario cumplir con todas las normas ambientales, tanto con exigencias nacionales como las regulaciones de los países compradores, además de permitir una explotación vigente en los próximos años y poder asegurar a los compradores una calidad del producto y su permanencia en el tiempo para cumplir con contratos futuros.

Se debe tener presente que las emisiones de CO_2 del proceso de evaporación (Chile) son varios ordenes de magnitud menores que el proceso de espodumeno (Australia) y su refinación en China[5].

El proceso de salmueras para evitar daños y afectaciones ambientales es un tema de alta prioridad para conseguir una operación más amigable con el medio ambiente y con la sociedad.

Relaciones con comunidades indígenas

Al estar concentrada la producción de litio en la zona norte y del altiplano de Chile se está interactuando permanentemente con diversas comunidades indígenas, comunidades que también interactúan con proyectos eléctricos y mineros. Por este motivo un desafío importante para iniciar nuevos proyectos y la continuidad de los proyectos en operación es incorporar en forma permanente la articulación y participación de estas comunidades para anticiparse a posibles conflictos.

[5] Espacio Público Policy Paper, La industria del litio.

Relaciones con la sociedad

La industria del litio, como cualquier otro desarrollo productivo, requiere de una interacción armoniosa con las comunidades y la sociedad en general, compartiendo actividades comunes y sobre todo con información clara y detallada de las actividades productivas y su influencia en la sociedad. Al tener esta relación armoniosa se avanza a la aceptación por la comunidad local y nacional de los proyectos y por lo tanto un rápido desarrollo y anticipación para resolver posibles conflictos.

La participación temprana con la comunidad, metodología que ha sido exitosa en diversos proyectos de energías renovables y de hidrógeno verde, es una condición necesaria para poder avanzar en los proyectos de litio. Como ejemplo de participación temprana se puede señalar la Central Hidroeléctrica Angostura, en operación desde 2014, que gracias a un acercamiento con la comunidad, muy anterior a la gestión de los permisos, obtuvo el apoyo de ésta en su proceso de autorizaciones y construcción, a pesar de un ambiente negativo a todas las centrales hidroeléctricas a causa del Proyecto HidroAysén.

Desarrollo de nuevas tecnologías

El desarrollo de la producción en la industria del litio está avanzando hacia las tecnologías de Extracción Directa del Litio (DEL) debido a problemas ambientales, cambio climático y escasez de agua para los procesos de evaporación. Otros países exportadores de litio están investigando y optimizando estos procesos para reducir costos y captar nuevos mercados.

Un desafío en Chile es realizar investigación aplicada por instituciones de educación superior y de centros tecnológicos para optimizar y adecuar esta tecnología a los diferentes tipos de salares que se encuentran en el territorio chileno, al concretar estos avances se puede tener una exportación de litio con menores costos con una alta calidad y también con grados de refinación para exportar un producto con mayor valor agregado.

El impulso de tecnologías para optimizar la producción de distintos tipos de salmueras, mejorar la recuperación de litio desde las salmueras y poder desarrollar distintos productos es el desafío para poder continuar contribuyendo en forma importante al mercado internacional.

Se requiere una estrategia tecnológica para el desarrollo de nuevos productos más elaborados y desarrollo de proyectos con métricas transparentes y escalables a procesos industriales, considerando la incorporación en la producción de empresas mineras internacionales.

Marcos regulatorios

En la regulación específica de la legislación de operación de plantas productoras de litio existe la discusión en Chile entre la legislación vigente de contratos especiales de operación de litio (CEOL) y la alternativa posible de concesiones de litio de la misma manera que opera con otros minerales.

El Decreto Ley (D.L.) 1.557 de 1976, incorporó al litio entre los minerales que denomina materiales de interés nuclear y posteriormente el D.L. N°2.886 de 1979, declaró al litio como sustancia mineral reservada al Estado, imponiendo prohibiciones y restricciones para su comercialización, pero exceptuó las concesiones mineras ya constituidas ubicadas dentro de los límites de la Comuna de San Pedro de Atacama. Estas definiciones fueron incorporadas a la Ley Orgánica Constitucional de Concesiones Mineras de 1982, considerando al litio como material estratégico de interés nuclear.

El Estado chileno ostenta el control exclusivo sobre la explotación del litio, aunque puede otorgar Contratos Especiales de Operación del Litio (CEOL) a empresas privadas para su desarrollo. En el marco de la Estrategia Nacional del Litio, el Gobierno ha identificado 26 salares aptos para la entrega de CEOL a actores privados interesados en la explotación del mineral.[6]

Adicionalmente la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) define el límite de la cuota de litio acordada vía administrativa entre el Estado y las empresas sobre producción y comercialización del litio.

Por lo tanto, modificar los volúmenes de producción de los CEOL vigentes o determinar la producción asociada a nuevos CEOL requiere de la aprobación previa de la CCHEN.

El otro elemento regulatorio en discusión, es concesionar el litio para permitir el ingreso de nuevos proyectos para aprovechar las ventajas competitivas de salmueras de alta concentración que permiten altas rentabilidades, fomentando la innovación y desarrollo de tecnologías propias, agregando valor y desarrollando cadenas productivas locales.

Esta posición regulatoria se basa en que liberalizar el acceso al litio podría acelerar su desarrollo, atraer más inversiones y resolver el conflicto que surge cuando se han otorgado concesiones mineras sin derecho a litio sobre salares en los que un tercero distinto al titular de la concesión obtenga un CEOL.

A pesar de esta discusión regulatoria, en la realidad actual, existen empresas interesadas en participar en la producción del litio a través del sistema de CEOL, y se están desarrollando nuevos proyectos.

La discusión (concesión / CEOL) se centra en encontrar un equilibrio entre la explotación eficiente y rentable del litio y la necesidad de asegurar que el Estado mantenga el control estratégico y proteja el medio ambiente, debiendo ambas asegurar el ingreso de nuevas inversiones y la velocidad de participación de los productores locales en los mercados globales.

Utilización de agua en el proceso

Los actuales procesos y sus aumentos de la producción, unido al cambio climático, enfrentan una disminución del agua requerida por el proceso de evaporación, por lo cual el desafío es desarrollar nuevas tecnologías para disminuir el uso del agua y ampliar su reutilización en los procesos, sobre todo considerando que los salares están en zonas áridas.

Es posible recuperar agua evaporada de la salmuera y aumentar la recuperación de litio con nuevas tecnologías y/o configuraciones[7]que aumenten la eficiencia del proceso y sean competitivas en costos y seguras ambientalmente.

Puede ser necesario ampliar la utilización de agua de mar desalada a los distintos proyectos, como se desarrolla por parte de la empresa Albemarle en su proyecto con métodos de extracción directa de litio en Salar de Atacama, o en otros proyectos con el tratamiento de aguas servidas de ciudades costeras.

[6] SONAMI, Litio: situación actual y desafíos, julio 2025
[7] Alta Ley, Estrategia tecnológica del litio en Chile, 2022

Para la utilización de agua desalada se requieren cientos de kilómetros de tuberías y de bombeo para llevar agua desde la costa hasta la cordillera, aumentando fuertemente los costos de producción. Si se comparten las redes con otros proyectos de litio o mineros o se ofrece el servicio por una empresa especializada se aumenta la escala de transporte y se reducen los costos, generando una industria anexa.

La disminución de agua para la producción actual y futura unida a la escasez de agua por el cambio climático, requiere investigación y desarrollo de tecnologías para optimizar el uso del agua en los procesos de producción del litio en el más breve plazo posible. Si no se logra hacer eficiente el manejo del agua la producción irá decreciendo en el tiempo.

Salares con características diferentes

En Chile las características de los distintos salares no son homogéneas, por lo cual el desafío es desarrollar tecnologías que puedan adaptarse fácilmente a las distintas condiciones de los diferentes salares sin necesitar desarrollos tecnológicos individuales para cada salar, compartiendo bases comunes y no necesitar partir desde cero.

El desarrollo de tecnologías que permitan adaptarse a salares con diferentes concentraciones de litio y con presencia de diversos compuestos en la salmuera, en forma eficiente técnica, económica y ambiental es un desafío para las empresas productoras y las empresas de ingeniería de procesos. Estos nuevos procesos no solamente permiten la explotación de salares de diferentes características, sino también son procesos exportables, por ejemplo, a Argentina y Bolivia.

La incorporación de nuevos productores ligados en empresa mineras internacionales, compitiendo con los productores actuales, permite acelerar la investigación aplicada para un producto de menor costo y de calidad adecuada.

3.1.2 Brechas

Personal especializado

La industria de litio actualmente tiene la participación de pocas empresas, situación en proceso de cambio al incorporarse nuevas empresas, por lo cual se requiere mayor cantidad de personal especializado.

La falta de personal especializado para el desarrollo de las distintas etapas de la industria del litio, tanto en instituciones de educación superior cómo de organismos de educación media técnica, es un tema importante a resolver. Para cerrar esta brecha se debe implementar el desarrollo de cursos de capacitación en las distintas profesiones, incorporación en los planes de estudio, diplomados y cursos específicos en este desarrollo, como también actividades para implementar las nuevas tecnologías.

La educación continua también es un elemento a desarrollar en esta industria de la misma manera como se requiere en otras industrias emergentes, como es el hidrógeno verde y la aplicación de inteligencia artificial en los procesos mineros.

Desarrollo de tecnología de extracción directa

La investigación realizada en instituciones de educación superior, centros tecnológicos y empresas privadas requiere difusión e información pública de sus desarrollos, ya que estos proyectos de

investigación no son conocidos por la industria, que retrasa su aplicación en nuevos proyectos o pueden duplicarse temas de investigación en vez de avanzar en forma conjunta. Se requiere una mayor vinculación, trabajo colaborativo, sinergia ente la industria y las instituciones de investigación.

La Extracción Directa de Litio (DLE) permite una mayor flexibilidad que el proceso de evaporación en piscinas con la posibilidad de adaptarse en forma rápida a crecimientos de la demanda. Este proceso es un conjunto de tecnologías, con mecanismos de funcionamiento diversos y que deben ser adaptadas a los requerimientos de cada salar. Esta condición requiere de investigación aplicada para resolver la puesta en marcha de cada subproceso y por lo tanto abre amplias posibilidades en distintas entidades para cerrar esta brecha.

Política industrial

A pesar de la estrategia nacional del litio, no existe una política para el desarrollo industrial de la industria del litio con el objeto de fomentar la demanda dentro del país, así como para exportar litio de mayor valor agregado pudiendo a futuro alcanzar la producción de litio grado batería.

Asimismo se requiere el desarrollo de nuevos productos en base a litio orientados a otros mercados, fabricación de productos de mayor valor agregado en el suministro de componentes de baterías, produciendo materiales para cátodos, electrolitos y asociados[8].

La industria del litio para su desarrollo requiere una estrategia de generación de proveedores locales especializados y de alto nivel para resolver el desafío de esta industria, junto con proveedores de insumos, personal y logístico. Esta estrategia puede basarse en la experiencia de la industria del cobre para el desarrollo de sus proveedores de productos y servicios.

La incorporación de políticas industriales para fomentar la innovación, industria 4.0 y escalamiento acelerado en la comercialización y posicionamiento en nuevos mercados y nuevos clientes, permite un desarrollo acelerado de esta industria.

Manejo de superposiciones con otros usos

La industria del litio en su etapa de extracción abarca grandes superficies dentro del territorio nacional en que se superpone con otras actividades: minería, geotermia, industria eléctrica de generación y transmisión, propiedad de Derechos de Agua y no existe una legislación que permita una aplicación eficiente y rápida, para evitar la superposición e incompatibilidad de estas diferentes industrias. Es necesaria una legislación y reglamentación que permita un desarrollo paralelo de las distintas industrias sin tener que llegar a judicializar los procesos, tal como se realizo en el caso de la Ley de concesiones de geotermia, que considera las relaciones con los distintos tipos de usuarios.

Es necesario aclarar en la legislación, la relación entre las concesiones y propiedad minera con respecto a la extracción y reinyección de salmuera. Una situación posible actualmente es que, basándose en los antecedentes técnicos y los criterios establecidos por la autoridad, una empresa minera deba reinyectar la salmuera a una distancia específica y a una profundidad determinada desde su lugar de operación. Si estos criterios indican un lugar fuera de la propiedad minera y en la propiedad de otro titular, podría surgir un conflicto inmediato con la explotación de litio. El

[8] Alta Ley, Estrategia tecnológica del litio en Chile, 2022.

propietario de esta otra concesión podría negarse a permitir la reinyección de la salmuera en su propiedad o establecer condiciones que vuelvan poco atractivo o inviable el proyecto[9].

Capacidad empresarial

La industria del litio en Chile estuvo desarrollada por dos empresas y se están incorporando nuevas empresas, con experiencia en procesos mineros, logística y usuarios de transporte marítimo y existen empresas proveedoras de servicios y productos, lo que permite un desarrollo productivo sin problemas.

La experiencia de las empresas nuevas en el mercado del litio se está iniciando, por lo que se requiere la incorporación de competencias para actuar en este mercado, la metodología de incorporación de posibles clientes, las relaciones de largo plazo con los clientes, considerando la adaptación a las variaciones de demanda de dichos clientes.

3.2 Oportunidades

Debido a la posibilidad de usar el litio como material energético [ENL 2022], se lo puede usar tanto para el almacenamiento de energía (por ejemplo, baterías eléctricas), como para producir aleaciones livianas (por ejemplo, para aviones y barcos) contribuyendo así a la eficiencia energética, y también en la producción de tritio [W 2026]. Por esto, se espera que para el año 2040 se consuman unas 900 mil toneladas de litio a nivel mundial, unas 10 veces lo consumido en 2020 [BBC 2025]. Este aumento podría llegar a ser incluso 4 veces mayor en un escenario de desarrollo sostenible [B. Central 2023].

Grandes reservas concentradas en salares

La oportunidad para Chile proviene no sólo de que tenemos la mayor reserva mundial de litio [ENL 2022] (entre un 35% y un 40% de la reserva mundial, seguido por Australia, con un 25%), sino también de que estas reservas se concentran en salares (el 90% está en el Salar de Atacama), los que operan con menores costos que los yacimientos de mineral de roca. Aunque estamos un poco atrás en proyectos de operación —por ejemplo, con respecto a Australia y China— el alza esperada de la demanda hará que el precio siga relativamente alto, reflejando el valor estratégico del mineral [ENL 2022].

Desarrollo de nuevas tecnologías

También hay oportunidades en cuanto al desarrollo tecnológico necesario —por ejemplo, nuevas técnicas de extracción y de reinyección sostenibles— que aseguren menores impactos socio ambientales. Algunas tecnologías con estas propiedades están siendo probadas en la actualidad, pero no están siendo implementadas en forma industrial [Li et al. 2025]; es importante convertirlas en exigencias en las faenas existentes (y futuras), lo que se podría traducir en espacios de innovación tecnológica que permitirían el aumento de la producción de litio en Chile sin impactar negativamente el medio ambiente.

Líder regional en la producción de baterías

Así como hay oportunidades en convertirnos en un líder regional en la producción de baterías para vehículos eléctricos en Chile, ya que se espera que la demanda de baterías para vehículos eléctricos aumente unas 30 veces entre 2024 y 2030 (de 0.5 GWh a 15.0 GWh) y hasta unas 70 veces entre

[9] SONAMI, Litio: situación actual y desafíos, julio 2025

2024 y 2035 (de 0.5 GWh a 30.0 o 35.0 GWh). Además, las baterías producidas en Chile tendrían una menor intensidad de emisiones de GEI en su ciclo de vida, gracias a que la producción de carbonato de litio a partir de la salmuera chilena emite significativamente menos GEI que la producción de carbonato de litio en Australia o en EE.UU. Pero aprovechar esta oportunidad no es simple. Primero, la fabricación de las baterías propiamente dichas, para que sea competitiva, requiere plantas de ensamblaje altamente automatizadas [Videla 2025], salas limpias con control atmosférico y de contaminación, como las que tienen Toyota, Samsung y Panasonic, actualmente lejos de nuestras posibilidades.

En todo caso, esto significa que se puede esperar un aumento importante en la capacidad de producción de litio en Chile, de 42 kt hoy a más de 60 kt e 2030 y hasta casi 80 kt en 2035, en que el 90% provendrá de minas actualmente en operación. Desde el punto de vista de los ingresos por exportación de litio, éstos aumentarían de unos US$2,700 millones en 2024 a US$ 7,300 millones en 2030 y a US$8,900 millones en 2035 [Li et al. 2025].

Producción de cátodos

Además, si vamos más "atrás" en la línea de fabricación de baterías, la producción de cátodos —una de las partes componentes de las baterías, la parte que requiere litio— podría generar hasta US$1,100 millones en ingresos en 2030 y US$2,200 millones en 2035, al satisfacer la demanda de baterías para vehículos en el mercado latinoamericano [Li et al. 2025]. Así, el desarrollo nacional de la producción de material para cátodos podría crear hasta unos 1,500 puestos de trabajo en 2030, y unos 3,500 en 2035 [Li et al. 2025]. En todo caso, la producción de cátodos requiere no sólo litio, sino también níquel, manganeso, cobalto; este último que en Chile se encuentra no en minas sino principalmente en los relaves mineros [U. Chile 2024].

Baterías estacionarias de litio

Las baterías estacionarias de litio —con aplicaciones en sistemas solares fotovoltaicos residenciales e industriales, respaldo de energía (UPS) en instalaciones críticas, y sistemas de autoconsumo con conexión a red— también ofrecen oportunidades para Chile, ya que si bien su costo inicial es más elevado, presentan varias ventajas frente a las de plomo: soportan miles de ciclos (mayor vida útil), la eficiencia de carga-descarga es de alrededor del 95%, ofrecen descargas profundas (hasta 90-95%) sin dañarse, utilizan tecnología más segura y estable (Litio Ferro-fosfato), son más ligeras y compactas, y requieren poco mantenimiento gracias al sistema de gestión de batería. Si bien en esta línea en la actualidad Chile es principalmente exportador de materia prima, ya hay iniciativas en el sentido de convertir al país en productor de componentes clave para la transición energética, con enfoque en la sostenibilidad y el uso de la alta producción de litio en la región de Antofagasta: la U. Antofagasta fabricó las primeras celdas de iones de litio de alto amperaje (3 a 7 A/h); la U. Católica del Norte anunció la instalación de la primera línea de ensamblaje de baterías cilíndricas en Antofagasta.

Formación de capital humano, desarrollo de investigación científica y tecnológica

Otra oportunidad proviene de la formación de capital humano y de la capacidad de investigación científico y tecnológica. De acuerdo con el Portal Minero [junio 2023], los cargos requeridos por la industria del litio para desarrollarse en Chile son ingenieros de procesos de extracción de litio, especialistas en electromovilidad y almacenamiento de energía, ingenieros de control y automatización, especialistas en gestión y procesamiento de datos, y expertos en sostenibilidad y

medio ambiente. Felizmente, Chile, siendo un país minero, cuenta con universidades e institutos profesionales de larga y reconocida trayectoria que han formado por muchos años y siguen preparando ingenieros y técnicos en las áreas mencionadas, de modo que las bases de infraestructura, de experiencia, curriculares, etc. para proveer los cargos requeridos están. Y esta oportunidad no es sólo para aprovecharla en Chile; estos profesionales también pueden ser muy exitosos en otros países que quieran aprovechar sus propias reservas de litio. Además, varias de esas mismas instituciones de educación superior realizan investigación y transferencia tecnológica, de modo que, apuntando apropiadamente los esfuerzos, también tenemos la oportunidad de descubrir, innovar y, en último término, liderar el desarrollo científico y tecnológico en torno al litio.

Inicio de actividades del Instituto Nacional de Litio y Salares (INLiSa)

En junio 2024 se creó y en enero 2025 inició sus actividades oficialmente el Instituto Nacional de Litio y Salares (INLiSa), con el propósito de fortalecer las capacidades públicas para el desarrollo sostenible de la industria del litio en el país, posicionando al Estado como un actor relevante en el conocimiento, la tecnología y la gobernanza de los salares [inlisa.cl]. Las actividades concretas que el INLiSa se propone llevar a cabo para cumplir con su propósito están en la línea de generar alianzas estratégicas, participar en iniciativas conjuntas, y apoyar proyectos que se alineen con sus objetivos institucionales.

Capítulo 4. Prospectiva de Industria del Litio (iLi) en escenarios futuros globales y en Chile

La Industria del Litio (iLi) se viene desarrollando en Chile y otros países como un ámbito relevante en la transición hacia el desarrollo económico – social sostenible (economía progresivamente descarbonizada). En los últimos años ha aumentado su importancia debido a la demanda creciente de Litio para la fabricación de baterías (en electromovilidad y formas electrificación) y otros usos.

A medida que los países - sus gobiernos, instituciones y empresas - buscan aumentar su participación beneficiosa y competitiva – así como reducir su huella de carbono y cumplir con los objetivos climáticos – el Litio se ha venido proyectando significativamente. Aunque todavía con algunos cuestionamientos (principalmente ambientales respecto de la extracción y producción, así como de la disposición final de baterías).

Asimismo, en un contexto dinámico de creciente reconfiguración geopolítica de minerales críticos.

Teniendo presente esto, en los capítulos 1, 2 y 3 de este Informe se abordan, entre otros, los siguientes temas: contexto actual y tendencias globales (demanda creciente, inversiones y proyectos), factores impulsores (tecnológicos, económicos, normativos – regulatorios y políticos), desafíos y oportunidades. Teniendo presente las diversas iniciativas públicas y privadas, entre ellas la Estrategia Nacional del Litio.

La prospectiva de iLi que se expone a continuación en las secciones 4.1 y 4.2, utiliza los temas señalados en los capítulos previos. Esta prospectiva se refiere a las evoluciones posibles de la industria del Litio a escala internacional y en Chile, en un horizonte de 10 años.

Las dinámicas de origen y evolución de la iLi son clave para su desarrollo futuro ya que algunas de sus tensiones internas y externas aún no están resueltas completamente a escala internacional. Y se irán desarrollando en la próxima década.

Chile, junto con Australia, Argentina y China, posee ventajas naturales y productivas relevantes, pero enfrenta tensiones tecnológicas, ambientales, regulatorias y competitivas que condicionan su posición futura.

A continuación, se indican las 5 tensiones de cambio identificadas en la Prospectiva, las cuales están principalmente asociadas al desarrollo de la demanda efectiva y a la sustentabilidad de la industria del Litio:

- TC iLi.1 Desarrollo hacia costos competitivos de las tecnologías para extraer, procesar, refinar, almacenar, transportar, distribuir y usar Litio respecto de los costos de las tecnologías que habilitan industrias competitivas con ella (baterías de Sodio, otros), tipos de energía y productos industriales. Con tecnologías y modelos de negocios que aseguren rentabilidad y sustentabilidad en contextos de evolución de costos de extracción, procesamiento y refinamiento.

- TC iLi.2 Ventajas y desventajas comparativas y competitivas de diferentes territorios para la extracción y producción de Litio, y ventajas competitivas en toda la cadena de valor de la industria. Por ejemplo, con características diferenciadas de Chile y otros países como Australia, Argentina China – entre otros - para el desarrollo de la industria del Litio. En particular, respecto de: los tipos de yacimientos (acceso a salmueras y recursos duros); la infraestructura energética y logística; el desarrollo de cadena de valor y capacidades industriales.

- TC iLi.3 Voluntad política y las capacidades efectivas de los países para abordar y cumplir los acuerdos de descarbonización y la generación de respuestas efectivas al cambio climático (teniendo presente la contribución de la electromovilidad entre otras familias tecnológicas). En particular, para: no sobrepasar el incremento de 1,5° C en la temperatura de la atmósfera del planeta como consecuencia de la generación de GEI[10] (cumplimiento efectivo de compromisos de descarbonización); apalancar el rol de la electromovilidad y el almacenamiento energético; asegurar estabilidad institucional y gobernanza.

- TC iLi.4 Atracción de inversiones – públicas y privadas, locales e internacionales - a escala suficiente para el desarrollo de la industria del Litio. Inversión pública y privada (internacional y nacional), suficientes y oportunas, en contexto de certidumbre jurídica y regulatoria.

- TC iLi.5 Desarrollo de otras tecnologías que aumentan la efectividad de las industrias competidores con iLi. Y que eventualmente puedan desplazar parte significativa del uso del Li. Esto está articulado con la TC iLi.1. En particular, por posibles: avances acelerados en baterías alternativas; reducciones relativas del uso de litio en ciertos segmentos de mercado; innovaciones disruptivas fuera del ecosistema iLi.

La Prospectiva se presenta estructurada en dos escenarios que consideran mejores evoluciones que el escenario base[11]:

- Desarrollo Acelerado (sección 4.1) caracterizado por la solución de todas las tensiones de cambio señaladas más abajo.
- Desarrollo Moderado (sección 4.2) caracterizado por la solución de 2 de las tensiones de cambio (costos competitivos, atracción de inversiones) aunque no todas.

El horizonte de futuro considerado para la Prospectiva es el período hacia año 2035 (y algunas extensiones a 2040).

[10] GEI: gases de efecto invernadero

[11] El escenario base corresponde al desarrollo de la industria en la modalidad “business as usual” con dinámicas principalmente reactivas. Los escenarios de desarrollo acelerado y desarrollo moderado suponen dinámicas con diferentes grados de anticipación y proactividad en la evolución de la industria.

Estos escenarios se estructuran usando macro dimensiones relevantes: Económica, Capital Humano, Infraestructura Integral, Tecnología, Regulaciones y Políticas Públicas. Considerando prospectiva de ingeniería chilena.

En particular, usando las siguientes macro dimensiones específicas: Velocidad de crecimiento; Demanda interna en Chile; Demanda externa (exportaciones); Costos de extracción, procesamiento y distribución; Inversión en infraestructura; Políticas y regulación; Empresas chilenas y extranjeras, privadas y estatales o mixtas; Financiamiento y apoyo estatal; Innovación y tecnología; Capital humano; Uso de energías renovables y tecnologías limpias; Rol de Chile en el mercado global; Sostenibilidad y desafíos ambientales; Impacto en la industria nacional; Riesgos y desafíos.

Como insumos principales para la prospectiva se consideran:

- Los planteamientos presentados en los capítulos 1, 2 y 3 de este informe.
- Las dinámicas de origen y de evolución de la industria del iLi.
- Algunas proyecciones seleccionadas.

4.1 Escenario I: Desarrollo Acelerado.

4.1.1 Descripción general

Chile y otros países con ventajas naturales y competitivas lideran globalmente la industria del Li, con inversiones muy relevantes y buena coordinación público – privada.

Considerando: mercado en expansión significativa (demanda y precios); desarrollos industriales con participación en las cadenas de valor de baterías y electromovilidad; competitividad alta de las baterías de Li respecto de otras soluciones para electromovilidad; control de costos de extracción y distribución; innovación y desarrollos tecnológicos rápidos para disminuir significativamente los impactos ambientales.

En el Escenario acelerado, Chile se consolida como potencia productiva y sustentable de la industria minera del litio, usando tecnologías avanzadas; articulando industria, instituciones y organismos públicos en torno a una estrategia potente.

4.1.2 Prospectiva Escenario I (Desarrollo Acelerado) por Dimensión

Dimensión	Caracterización – Escenario I Acelerado
Velocidad de crecimiento	Expansión anual superior al 12% en producción y exportaciones. Ritmo sostenido de nuevos proyectos de extracción, refinamiento e industrialización orgánica; con desarrollos simultáneos. Incorporación de nuevos yacimientos en el norte y tecnologías de extracción directa (DLE).
Demanda interna en Chile	Creciente demanda de litio refinado, derivados y subproductos para industrias locales de baterías, electromovilidad y almacenamiento energético. Surgen polos industriales en el norte y centro del país, de baterías y almacenamiento.
Demanda externa (exportaciones)	Fuerte crecimiento por electrificación global, con contratos de largo plazo con fabricantes de baterías y empresas automotrices.

Dimensión	Caracterización – Escenario I Acelerado
	Chile mantiene participación relevante (>30%) en el mercado mundial.
Costos de extracción, procesamiento y distribución	Reducción significativa de costos por innovación tecnológica, automatización, uso de energías renovables y eficiencia energética. Extracción directa (DEL) reduce uso de agua y tiempos de proceso.
Inversión en infraestructura	Expansión sostenida en plantas de refinado, redes logísticas, infraestructura energética y puertos especializados. En particular, con enfoques verdes. Inversiones anuales del orden de miles de millones de US$, con capital nacional y extranjero.
Políticas y regulación	Marco regulatorio estable, ágil y pro - desarrollo, con reglas claras para concesiones, licencias ambientales y participación estatal. Institucionalidad robusta que articula desarrollo productivo, ambiental y comunitario. Gobernanza integrada productiva–ambiental–territorial.
Empresas chilenas y extranjeras (públicas, privadas o mixtas)	Presencia diversificada: expansión de actores globales y creación de joint ventures público - privadas. Empresas chilenas avanzan hacia: acceso a otros yacimientos en Chile y otros países; manufactura avanzada de materiales catódicos y celdas de batería.
Financiamiento y apoyo estatal	Instrumentos financieros robustos (CORFO, BancoEstado, fondos verdes y multilaterales). Estado cofinancia innovación, I+D y desarrollo de proveedores.
Innovación y tecnología	Adopción masiva de extracción directa (DLE), reciclaje de baterías, trazabilidad digital y optimización por IA. Nuevos requerimientos de electromovilidad, baterías estacionarias y otros usos. Ecosistema I+D consolidado con universidades, centros tecnológicos y empresas; nacionales e internacionales.
Capital humano	Fuerte desarrollo de competencias técnicas y profesionales en minería verde, química avanzada, automatización y analítica de datos, IA industrial. Programas de formación dual (técnicos y profesionales) y postgrados tecnológicos (magister y doctorado) en conjunto con la industria.
Uso de energías renovables y tecnologías limpias	Alta integración de energías solares e híbridas (más del 80% de la energía utilizada en extracción y refinado). Industria carbono neutral hacia 2040. Certificación internacional de bajas emisiones y huella hídrica.
Rol de Chile en el mercado global	Líder productivo, ambiental y tecnológico en la industria minera del Li. Referente mundial en gobernanza sostenible del litio y proveedor estratégico para la transición energética. Participación efectiva en acuerdos globales.
Sostenibilidad y desafíos ambientales	Reducción del uso de agua (más de 70%) con nuevas tecnologías. Protocolos robustos de relacionamiento comunitario y monitoreo ambiental. Industria carbono neutral hacia 2040. Más de 80% de energía renovable.
Impacto en la industria nacional	Creación de una cadena de valor integrada (desde extracción hasta manufactura).

Dimensión	Caracterización – Escenario I Acelerado
	Expansión de sectores asociados: química avanzada, materiales avanzados, electromovilidad, baterías estacionarias, servicios tecnológicos[12].
Riesgos y desafíos	Requerimiento de mantener equilibrio entre rapidez de expansión y sostenibilidad ambiental. Competencia internacional acelerada de actores relevantes (África, Australia, China). Presión socioambiental. Necesidad de regulación adaptativa y de gobernanza territorial inclusiva.

4.2 Escenario II: Desarrollo Moderado

4.2.1 Descripción general

Chile y otros países líderes mantienen un crecimiento moderado (gradual) y sostenido, con estrategias conservadoras y graduales de inversiones (prioridad en rentabilidad y bajo riesgo) y limitada coordinación público - privada. El país conserva su relevancia en producción primaria, pero no logra consolidar liderazgo industrial o tecnológico en la cadena de valor del litio.

Considerando: mercado estabilizado o creciendo moderadamente; aumento de competencia e incorporación de nuevos productores; disminución de ventajas de las baterías de Litio respecto de otras soluciones; avances parciales en las tecnologías de extracción para menor impacto ambiental.

En el Escenario Moderado, Chile mantiene relevancia extractiva y productiva, aunque con limitado liderazgo tecnológico y valor de la industria, con articulación parcial de los actores.

4.2.2 Prospectiva Escenario II (Desarrollo Moderado) por Dimensión

Dimensión	Caracterización – Escenario II Moderado
Velocidad de crecimiento	Crecimiento anual moderado (4–6%). Pocos proyectos nuevos y expansión limitada de la capacidad instalada. Avances limitados en refinamiento y manufactura local.
Demanda interna en Chile	Demanda moderada, concentrada en iniciativas de innovación incremental en industria del litio y almacenamiento energético. Escaso desarrollo industrial de baterías, componentes y dispositivos. Algunos proyectos piloto de desarrollo industrial.
Demanda externa (exportaciones)	Demanda en mercado con crecimiento moderado y estable. Competencia creciente desde Argentina, Australia, África, China. Participación chilena disminuye parcial y progresivamente en términos proporcionales (a menos de 20%).
Costos de extracción, procesamiento y distribución	Costos permanecen relativamente altos por dependencia de tecnologías existentes y pocas innovaciones, Limitada eficiencia productiva y energética.
Inversión en infraestructura	Expansión acotada y selectiva de inversión en infraestructura.

[12] La disponibilidad de baterías localmente podría atraer a la industria electrónica para manufacturar sus productos y luego diseñarlos directamente en Chile.

Dimensión	Caracterización – Escenario II Moderado
	Priorización de proyectos con retorno asegurado, con criterio conservador. Limitada inversión en logística y en valor agregado.
Políticas y regulación	Marco normativo con algunas rigideces. Lentitud en aprobaciones de permisos e insuficiente coordinación entre agencias públicas respectivas. Debate público sobre gobernanza y control estatal demora decisiones. Incertidumbre estratégica, aunque acotada.
Empresas chilenas y extranjeras (públicas, privadas o mixtas)	Desarrollo relevante del acuerdo SQM – CODELCO y su impacto en la producción. Aumento de participación de empresas extranjeras y nacionales. Limitada sinergia entre empresas nacionales y extranjeras. Pocos proyectos industriales en la cadena de valor.
Financiamiento y apoyo estatal	Limitado acceso a instrumentos financieros y baja inversión estatal directa. Inversión privada principalmente en desarrollo directo del negocio. Incentivos acotados para innovación y diversificación industrial.
Innovación y tecnología	Adopción lenta de tecnologías de extracción directa (DLE). Insuficiente desarrollo de I+D e innovación en el país, aunque avances parciales en procesos de extracción, gestión hídrica y energías renovables. Relevancia tecnológica de proveedores internacionales.
Capital humano	Formación técnica y profesional parcial para sostener avances tecnológicos. Movilidad de talentos entre industria del Litio y otros sectores.
Uso de energías renovables y tecnologías limpias	Transición parcial a energías limpias (40–50% de matriz). Persisten procesos intensivos en impacto hídrico y emisiones.
Rol de Chile en el mercado global	Exportador relevante y un referente en la producción base (materias primas) y exportación. Escaso liderazgo tecnológico e industrial de valor agregado.
Sostenibilidad y desafíos ambientales	Avances parciales: reducción moderada de algunos impactos. Algunos conflictos sociales por uso de agua y distribución de beneficios. Aunque disminuyendo.
Impacto en la industria nacional	Limitado encadenamiento productivo y tecnológico. Insuficiente desarrollo de proveedores locales de bienes y servicios, Limitada industrialización de valor agregado.
Riesgos y desafíos	Pérdida parcial de competitividad frente a actores internacionales. Volatilidad de precios. Conflictos socioambientales. Limitaciones de un modelo extractivo básico y dificultades para evolucionar a un modelo productivo más complejo.

Capítulo 5: Conclusiones

A partir del texto anterior, en este capítulo se presentan las conclusiones para cada capítulo. No obstante, parece importante destacar una conclusión que aplica en todos los casos: **El desarrollo de la industria del Litio es una oportunidad con un plazo finito, limitado. Puede durar años o decenios, pero es unánime la opinión que no será para siempre.**

Chile tiene en su historia situaciones similares, en las que al no considerar la dimensión temporal nos generaron grandes carencias. En los informes y ponencias del Instituto de Ingenieros de hace ya 100 años, podemos entender una situación que no es igual, pero tiene muchas similitudes: El Salitre. Siendo ya conocida la manera de producir salitre sintético, Chile no reaccionó. No reaccionaron las empresas, como podemos ver en varias ponencias del Instituto de Ingenieros que planteaban procesos de explotación más eficientes para los yacimientos de nitrato de sodio que Chile poseía en abundancia, tampoco reaccionó el gobierno, que año tras año cargaba con más costos a la explotación de los yacimientos, aumentando impuestos, limitando la producción y exigiendo una contribución al país que ya no era viable. La crisis de 1930 fue la que acabó finalmente con la industria pero hasta ese año, Chile fue incapaz de ver lo que estaba ocurriendo por décadas en el resto del mundo, y trató a la industria del Salitre como una fuente inagotable de recursos a la que se le exigía cada día más.

Capítulo 1: Contexto actual y tendencias

El primer capítulo establece que la industria del litio en Chile se encuentra en una encrucijada que requiere abordar múltiples desafíos mientras se aprovechan las oportunidades de crecimiento sostenible en el marco de una transición energética global. Las principales conclusiones son:

- **Rol del litio en la transición energética**: El litio se ha consolidado como un elemento clave en la transición energética global. La capacidad de expandir la oferta de litio de manera sostenible es esencial para determinar el ritmo y la efectividad de la descarbonización del transporte y la matriz eléctrica, así como para el desarrollo de nuevas generaciones de baterías y sistemas de reciclaje.
- **Crecimiento estructural de la demanda con volatilidad**: La demanda de litio está proyectada para crecer de manera estructural, a pesar de los ciclos de volatilidad de precios que se esperan en el corto plazo. Las caídas de precios y superávits en los años 2023-2025 no invalidan esta tendencia. Estos ciclos imponen la necesidad de diseñar estrategias robustas que puedan adaptarse a condiciones de sobreinversión y ajustes del mercado.
- **Competencia multifacética**: El contexto de competencia en la industria del litio se manifiesta en términos tecnológicos, geopolíticos y ambientales. Tener acceso a recursos naturales no es suficiente; la ventaja competitiva dependerá de las capacidades en refinación, manufactura de baterías, investigación y desarrollo (I+D), así como de mantener estándares ambientales y sociales que sean creíbles.
- **Posición desafiante de Chile**: Chile se encuentra en una posición privilegiada gracias a su gran base de reservas de litio y la estrategia nacional en marcha. Sin embargo, también enfrenta desafíos significativos relacionados con restricciones ambientales, como el uso del agua, y

tensiones sociales que exigen un modelo de desarrollo más sofisticado, transparente y participativo.

- **Equilibrio entre objetivos**: Chile necesita equilibrar tres objetivos que no son totalmente compatibles: maximizar el valor agregado de la producción de litio, asegurar una distribución justa de las rentas generadas y proteger los ecosistemas y obtener una licencia social para operar. La prospectiva de la industria debe explorar configuraciones políticas que permitan alcanzar un equilibrio dinámico y aceptable entre estas dimensiones.
- **Ventana de oportunidad verde y riesgo de comoditización**: La producción de litio en Chile tiene la ventaja de presentar menores huellas de carbono y agua en comparación con el espodumeno extraído en Australia y procesado en China. Sin embargo, esta ventaja aún no refleja un diferencial en los precios del mercado. Chile tiene la oportunidad de capitalizar su ventaja ambiental pero si no se toman las acciones necesarias, podría caer en un mercado de commoditización con precios a la baja y captura limitada de rentas.
- **Escenarios futuros de la cadena de valor**: Ante el dominio de China en el procesamiento y refinación, la prospectiva debe contemplar diferentes escenarios en cuanto a la diversificación de compradores y socios. Estos van desde seguir exportando productos básicos a un escenario en el que Chile consolidaría capacidades de refinación avanzadas y atraería inversiones en materiales de mayor valor agregado. Alternativamente, también podría posicionarse como un proveedor de litio con bajo impacto ambiental para nichos de mercado específicos.

Capítulo 2: Impulsores del desarrollo de la industria.

La industria del litio es compleja y dinámica por lo que es necesario establecer estrategias integradas que consideren diferentes aspectos: tecnológicos, económicos y de mercado, políticas, normativas y regulatorias. Las principales conclusiones de este capítulo son las siguientes:

Dimensión Tecnológica

Las tecnologías de extracción juegan un papel crucial en la industria del litio. El método de **extracción desde salares** es dominante en Chile debido a sus bajos costos operativos, pero está limitado por problemas ambientales y la duración de los ciclos de producción. Por otro lado, la **extracción de roca** dura o "hard rock" es más cara y tiene una mayor huella de carbono, aunque ofrece una producción más controlada y predecible. La **extracción directa de litio (DLE)** emerge como una tecnología prometedora por su eficiencia y menor impacto ambiental, aunque enfrenta desafíos de escalabilidad y altos costos iniciales.

El procesamiento y refinación de litio es un punto crítico donde Chile busca cerrar la brecha tecnológica, ya que actualmente China domina estas etapas más avanzadas y captura la mayoría del valor agregado. Por lo tanto, es esencial desarrollar capacidades locales en refinación para maximizar los beneficios económicos.

La creciente demanda global de litio, impulsada por la electromovilidad y el almacenamiento energético, está generando innovaciones en la fabricación y reciclaje de baterías. La industria está considerando seriamente el reciclaje de litio como una fuente complementaria que puede aliviar la presión sobre la extracción primaria y contribuir a la sostenibilidad a largo plazo.

Dimensión Económica y de Mercado

Desde un punto de vista económico, el mercado del litio se caracteriza por la volatilidad de precios, lo cual exige una gestión cuidadosa de riesgos. La integración vertical es cada vez más importante para capitalizar el valor del ciclo completo, desde la extracción hasta la fabricación de baterías.

Dimensión Política

La nueva gobernanza del litio en Chile busca aumentar la participación del Estado en la propiedad y control de proyectos, con la creación esperada de una Ley del Litio que establezca un marco regulatorio claro. Se promoverán sociedades mixtas entre empresas privadas y el Estado, especialmente en el Salar de Atacama, donde CORFO tiene un rol crucial.

América del Sur, como alternativa estratégica de litio, puede beneficiarse de tensiones geopolíticas globales. Las políticas en contratos renegociados deben fomentar tanto la extracción como el desarrollo industrial local para maximizar el potencial del litio en la economía chilena.

Dimensión Normativa y Regulatoria

Chile ha adoptado una política específica para desarrollar su industria del litio, enfocándose en la sostenibilidad social y ambiental y permitiendo al Estado tener un papel central en la regulación, mientras establece condiciones para la participación del sector privado.

El marco regulatorio busca maximizar el valor agregado de las reservas de litio, minimizar el consumo de agua y asegurar claridad institucional para atraer inversiones. Diversas entidades, como CORFO y CCHEN, son fundamentales para gestionar la minería y garantizar el cumplimiento de normativas ambientales y sociales. La industria enfrenta sin embargo restricciones significativas, como la no concesibilidad del litio, límites en la extracción de agua y en cuotas de producción.

Chile está ajustando sus políticas para alinearse con estándares globales y asegurar un desarrollo equilibrado, con la nueva Estrategia Nacional del Litio que refuerza la intervención estatal en proyectos clave. A nivel fiscal, los ingresos por litio son significativos y han superado en ocasiones a los del cobre. Es vital evitar la dependencia de ingresos transitorios y mantener la competitividad frente a otros países productores.

Capítulo 3: Desafíos / brechas y oportunidades globales y en Chile

La industria del litio en Chile enfrenta una serie de desafíos y brechas que deben ser abordados para asegurar su desarrollo sostenible en un contexto global cada vez más competitivo.

Desafíos y brechas

Uno de los principales retos es la intensa competencia de países productores como Australia, Argentina y Bolivia, junto con la producción propia de China. Aunque la distancia de Chile a los mercados puede parecer perjudicial, su larga trayectoria en exportaciones de minerales y su reputación como productor confiable pueden compensar esta desventaja.

Adicionalmente, la industria debe enfrentar la competencia de alternativas al litio, como las baterías de sodio y los vehículos impulsados por hidrógeno. Aunque estas tecnologías aún no igualan el desempeño de las baterías de litio, están en fase de optimización y representan un riesgo para la

demanda futura. La volatilidad del mercado también plantea un desafío constante; las variaciones en la demanda de baterías para vehículos eléctricos afectan los precios y las relaciones comerciales, lo que exige a Chile diversificar sus mercados, especialmente en Asia.

Las regulaciones ambientales son otro aspecto crítico, ya que la industria necesita cumplir con estándares estrictos tanto nacionales como internacionales. La gestión sostenible del agua y la reducción de emisiones son prioridades fundamentales que deben ser abordadas para mitigar el impacto ambiental.

Las relaciones con las comunidades indígenas y la sociedad en general son esenciales para la aceptación de proyectos de litio. La interacción proactiva con estas comunidades es clave para evitar conflictos y lograr un desarrollo armonioso. Asimismo, es evidente que existe una brecha en la disponibilidad de personal especializado en la industria, lo que requiere la creación de programas de formación y capacitación en instituciones educativas.

Oportunidades

Chile cuenta con oportunidades significativas. Posee una de las mayores reservas de litio del mundo, especialmente concentradas en el Salar de Atacama, lo que le otorga una ventaja estratégica en el contexto de la creciente demanda global de este mineral. El desarrollo de tecnologías sostenibles, como la Extracción Directa del Litio (DLE), ofrece posibilidades para optimizar los procesos productivos y aumentar la sostenibilidad ambiental.

Además, Chile tiene el potencial de convertirse en un líder regional en la producción de baterías para vehículos eléctricos, gracias a su menor huella de carbono en el proceso de producción de litio. La capacidad de producir cátodos para baterías representa una oportunidad significativa, generando ingresos y creando empleos, al tiempo que se incrementa el valor agregado del mineral.

La formación de capital humano y el desarrollo de investigaciones científico-tecnológicas son aspectos cruciales para el avance de la industria. Las instituciones educativas del país están bien posicionadas para proveer personal capacitado y contribuir a la innovación en el sector. La creación del Instituto Nacional de Litio y Salares (INLiSa) es un paso importante hacia el fortalecimiento de la gobernanza y el desarrollo sostenible de la industria, promoviendo alianzas estratégicas que beneficien la producción y el uso responsable del litio

Capítulo 4. Prospectiva de Industria del Litio (iLi) en escenarios futuros globales y en Chile

La industria del litio en Chile se encuentra en una encrucijada. Para asegurar un futuro próspero y sostenible, es esencial que el país aborde las tensiones identificadas, fomente la innovación tecnológica, desarrolle un capital humano competente y establezca un marco regulatorio claro y atractivo para la inversión. Solo así podrá Chile maximizar sus ventajas competitivas en el sector del litio y contribuir efectivamente a la transición energética global.

La prospectiva de la Industria del Litio (iLi) en Chile en los próximos años revela un panorama complejo y lleno de desafíos, pero también de oportunidades significativas que pueden ser aprovechadas para asegurar el liderazgo del país en la transición hacia una economía más sostenible.

Tensiones de cambio identificadas

A medida que la demanda global de litio continúa creciendo, impulsada por la electrificación y la necesidad de baterías para vehículos eléctricos, es imperativo que Chile capitalice sus ventajas competitivas y aborde las tensiones existentes en varios ámbitos.

- La primera tensión radica en la necesidad de desarrollar tecnologías de extracción que sean competitivas en términos de costos, especialmente en comparación con otras fuentes alternativas, como las baterías de sodio. Es fundamental que Chile invierta en la innovación tecnológica y en modelos de negocios que aseguren rentabilidad y sustentabilidad, a la vez que avance hacia la extracción directa de litio (DLE) que ofrece menores costos operativos y un uso más eficiente de recursos como el agua.
- La segunda tensión se relaciona con las ventajas competitivas de diferentes territorios. A pesar de que Chile cuenta con recursos valiosos y condiciones favorables para la producción, debe diferenciarse frente a países como Australia y Argentina, que también están fortaleciendo sus capacidades en la cadena de valor del litio. La construcción de una infraestructura sólida, así como el desarrollo de una cadena de valor integrada, será clave para consolidar la posición de Chile en el sector.
- La tercera tensión está vinculada a la voluntad política y la capacidad de los gobiernos para cumplir con los compromisos de descarbonización. Esto implica no solo adoptar políticas adecuadas, sino también asegurar la estabilidad institucional y la gobernanza efectiva que faciliten el desarrollo de la industria y respondan de manera efectiva al cambio climático.
- La atracción de inversiones es la cuarta tensión. Para crecer de manera significativa, la industria del litio necesita inversiones tanto públicas como privadas, que deben ser suficientes y acompañadas de un marco regulatorio estable y claro. La incertidumbre jurídica puede desincentivar a los inversores potenciales, por lo que la claridad en la normativa y las condiciones de operación resultarán críticas.
- Finalmente, la quinta tensión se relaciona con el desarrollo de tecnologías competidoras que pueden desplazar parte del uso del litio. Mantenerse al tanto de los avances en baterías alternativas y otros productos industriales es esencial para que Chile no se quede rezagado.

Escenarios de desarrollo futuros

Se identifican dos escenarios:

- **Desarrollo Acelerado**: Este escenario pronostica un crecimiento dinámico en el que Chile se posiciona como líder a través de la innovación y la expansión de infraestructura. En este contexto, se espera que Chile capitalice sus recursos y fortalezas institucionales.

- **Desarrollo Moderado**: Este escenario considera un crecimiento más lento y conservador. Aunque Chile mantendría su relevancia en la producción primaria, no lograría consolidar un liderazgo significativo en la cadena de valor. Esto podría resultar en una pérdida de competitividad frente a actores emergentes y limitar la capacidad de aprovechar el potencial completo del litio.

Bibliografía y referencias principales

AINVEST. (2025). *China's lithium regulatory overhaul: A catalyst for industry consolidation and premium pricing power*. https://www.ainvest.com/news/china-lithium-regulatory-overhaul-catalyst-industry-consolidation-premium-pricing-power-2509/

Baker Institute. (2024). *Chile's new lithium strategy: A market boost or miss?* https://www.bakerinstitute.org/research/chiles-new-lithium-strategy-market-boost-or-miss

Banco Central de Chile. (2023). *Importancia reciente del litio en la economía chilena*. Comunicaciones de prensa. (Nota de prensa).

Battery 2030. (2022). *Battery 2030: Inventing the sustainable batteries of the future. Research needs and future actions*. https://battery2030.eu/wp-content/uploads/2022/07/BATTERY-2030-Roadmap_Revision_FINAL.pdf

BBC Mundo. (2025, julio). *Por qué la explotación del litio en Chile se ha convertido en un caso de estudio sobre un dilema global*. https://www.bbc.com/mundo/articles/c62g44zenp7o

Benchmark Minerals. (2023). *Battery capacity to increase 4 fold by 2030 amid qualification challenge outside Asia*. https://source.benchmarkminerals.com/article/battery-capacity-to-increase-4-fold-by-2030-amid-qualification-challenge-outside-asia

BloombergNEF. (2025). *Electric vehicle outlook 2025*. https://about.bnef.com/insights/clean-transport/electric-vehicle-outlook

CEPAL. (2024). *Critical minerals for the energy transition and electromobility: Economic development opportunities and socioenvironmental challenges*. https://www.cepal.org/en/insights/critical-minerals-energy-transition-and-electromobility-economic-development-opportunities

CleanTech Lithium. (n.d.). *CleanTech Lithium*. https://ctlithium.com/es/

Cochilco. (2024). *Mercado del litio: Proyección 2024–2025 y portal de estadísticas*. https://www.cochilco.cl/web/informe-mercado-del-litio-proyeccion-2024-2025-2

Cochilco. (2025). *Informe "Evolución Precio del Litio" (julio 2025): precios spot y comportamiento de futuros GFEX*. https://www.cochilco.cl

Deutsche Bank Research. (2025). *The top 10 strategic commodities to watch*. https://www.dbresearch.com/PROD/RI-PROD/PDFVIEWER.calias?pdfViewerPdfUrl=PROD0000000000606588&rwnode=REPORT

Documentos y análisis sectoriales sobre Chile (varios autores y fuentes). (n.d.). *Fastmarkets; Columbia Climate Law Blog; Reuters; Consejo Minero; SQM*. (Compilación sectorial).

Estrategia Nacional del Litio — Por Chile y su gente. (2022). *Gobierno de Chile*. https://s3.amazonaws.com/gobcl-prod/public_files/Campañas/Litio-por-Chile/Estrategia-Nacional-del-litio-EN.pdf

European Commission. (2024). *RMIS — Raw Materials Information System: Future demand for raw materials in emerging technologies — A global perspective*. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/futuredemand

Fastmarkets. (2024). *The lithium triangle: Three countries control more than 50% of global resources*. https://www.fastmarkets.com/insights/the-lithium-triangle-three-countries-control-more-than-50-of-global-resources/

Fraunhofer ISI. (2023). *Lithium ion battery roadmap — Industrialization perspectives toward 2030*. (Informe).

Galan Lithium Ltd. (n.d.). *Galan Lithium — Exploración minera*. https://galanlithium.com.au/es/

IDTechEx. (2025). *Direct lithium extraction 2025–2035: Technologies, players, markets and forecasts*. (Informe).

IEA. (2021). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary

IEA. (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024

IEA. (2025). *Global EV outlook / Electric vehicle batteries (2025)*. International Energy Agency. (Informe).

IEA. (2024). *Batteries and secure energy transitions*. International Energy Agency. https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf

International Lithium Association (ILiA). (2024). *Direct lithium extraction (DLE): An introduction*. https://lithium.org/wp-content/uploads/2024/06/Direct-Lithium-Extraction-DLE-An-introduction-ILiA-June-2024-v.1-English-web.pdf

IRENA. (2024). *Critical materials: Batteries for electric vehicles*. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Critical_materials_Batteries_for_EVs_2024.pdf

Jaber, S. (2025). *What's driving lithium demand in 2025 and beyond?* Metal Hub. https://www.metals-hub.com/en/blog/whats-driving-lithium-demand-in-2025-and-beyond

Krishnan, R., & Gopan, G. (2024). *A comprehensive review of lithium extraction: From historical perspectives to emerging technologies, storage and environmental considerations*. Cleaner Energy and Technology. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790824000296

McKinsey & Company. (2023). *Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular*. https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular

Metal. (2025). *Codelco and SQ: Chile's strategic lithium alliance for 2025*. https://www.metal.com/en/newscontent/103489829

Mongabay. (2025). *Lithium mining leaves severe impacts in Chile, but new methods exist: Report*. https://news.mongabay.com/2025/09/lithium-mining-leaves-severe-impacts-in-chile-but-new-methods-exist-report

Mura, M., Castillo, I., et al. (2025). *Global overview of the lithium market and opportunities for Chile*. Resources, MDPI, 14(2), 33. https://www.mdpi.com/2079-9276/14/2/33

Portal Minero. (2023, junio). *Estos son los cinco cargos que requiere la industria del litio para crecer en Chile*. https://www.portalminero.com/wp/estos-son-los-cinco-cargos-que-requiere-la-industria-del-litio-para-crecer-en-chile/

Pérez, / Reuters. (2025, mayo). *ENAMI–Rio Tinto: noticias y planes en Chile (producción, DLE, CAPEX)*. Reuters. https://www.reuters.com

Reuters. (2025, 7 de julio). *Chile's Codelco secures new lithium quota for SQM partnership*. https://www.reuters.com/business/energy/chiles-codelco-secures-lithium-quota-needed-sqm-partnership-company-says-2025-07-01

Reuters. (2025, 23 de enero). *Producción chilena de litio alcanzaría 305.000 toneladas en 2025: estatal Cochilco*. https://www.reuters.com/latam/negocio/VEXWFE4GWRK2ZEQK44YU3SVLTU-2025-01-23

Reuters. (2025, 7 de abril). *Chile has 28% more lithium than previous estimates, studies find*. https://www.reuters.com/markets/commodities/chile-has-28-more-lithium-than-previous-estimates-studies-find-2025-04-07

S&P Global Market Intelligence. (n.d.). *Análisis de costos del sector (rangos OPEX/CAPEX y sensibilidad)*. S&P Global.

SQM. (2024). *Memoria anual 2024*. https://ir.sqm.com/system/files-encrypted/nasdaq_kms/assets/2025/06/12/2-37-42/MEMORIA%20SQM%202024_eng.pdf

The International Council on Clean Transportation (ICCT). (2025). *How Chile can expand from lithium mining to a Latin American center of battery production*. https://theicct.org/pr-how-chile-can-expand-from-lithium-mining-to-a-latin-american-center-of-battery-production/

USGS. (2025). *Mineral Commodity Summaries 2025 — Lithium: Statistics and information*. U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-lithium.pdf

Valverde Carbonell, J. (2024). *Recomendaciones para abordar las oportunidades y desafíos en industrias estratégicas en Chile: La industria del litio*. Espacio Público.

Zinnwald Lithium. (2025). *A new chapter in a centuries-old mining tradition*. https://zinnwaldlithium.com

Wood Mackenzie. (2025). *Global Lithium Supply Cost Analysis*.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE
EMPRESAS SOCIAS

ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
BESALCO S.A.
CIA. DE PETROLEOS DE CHILE COPEC S.A.
CyD INGENIERÍA LTDA.
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.
EMPRESA CONSTRUCTORA GUZMÁN Y LARRAÍN SpA.
EMPRESA CONSTRUCTORA PRECON S.A.
EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.
EMPRESAS CMPC S.A.
ENAEX S.A.
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA
COLABORADORAS

ACTIC CONSULTORES LTDA.
ARCADIS CHILE S.A.
IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.