

NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-3203

Oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe en el nuevo contexto global de la industria del litio y la transición hacia la electromovilidad

Autores:

Martín Obaya
Julián Asinsten

Coordinadores:

Pablo M. García
Juan S. Blyde

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Productividad, Comercio e Innovación

Septiembre 2025



Oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe en el nuevo contexto global de la industria del litio y la transición hacia la electromovilidad

Autores:

Martín Obaya

Julián Asinsten

Coordinadores:

Pablo M. García

Juan S. Blyde

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Productividad, Comercio e Innovación

Septiembre 2025

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Obaya, Martín.

Oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe en el nuevo contexto global de la industria del litio y la transición hacia la electromovilidad / Martín Obaya, Julián Asinsten; editores, Pablo M. García, Juan S. Blyde.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 3203)

1. Lithium industry-Latin America. 2. Lithium industry-Caribbean Area. 3. Electric vehicles-Latin America. 4. Electric vehicles-Caribbean Area. 5. Industrial management-Latin America. 6. Industrial management-Caribbean Area. I. Asinsten, Julián. II. García, Pablo M., editor. III. Blyde, Juan S., editor. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Productividad, Comercio e Innovación. V. Título. VI. Serie.

IDB-TN-3203

Palabras clave: Litio, electromovilidad, transición energética, recursos minerales, sostenibilidad, cadenas globales de valor.

Códigos JEL: F01, F14, F63, Q42, L72, O13.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

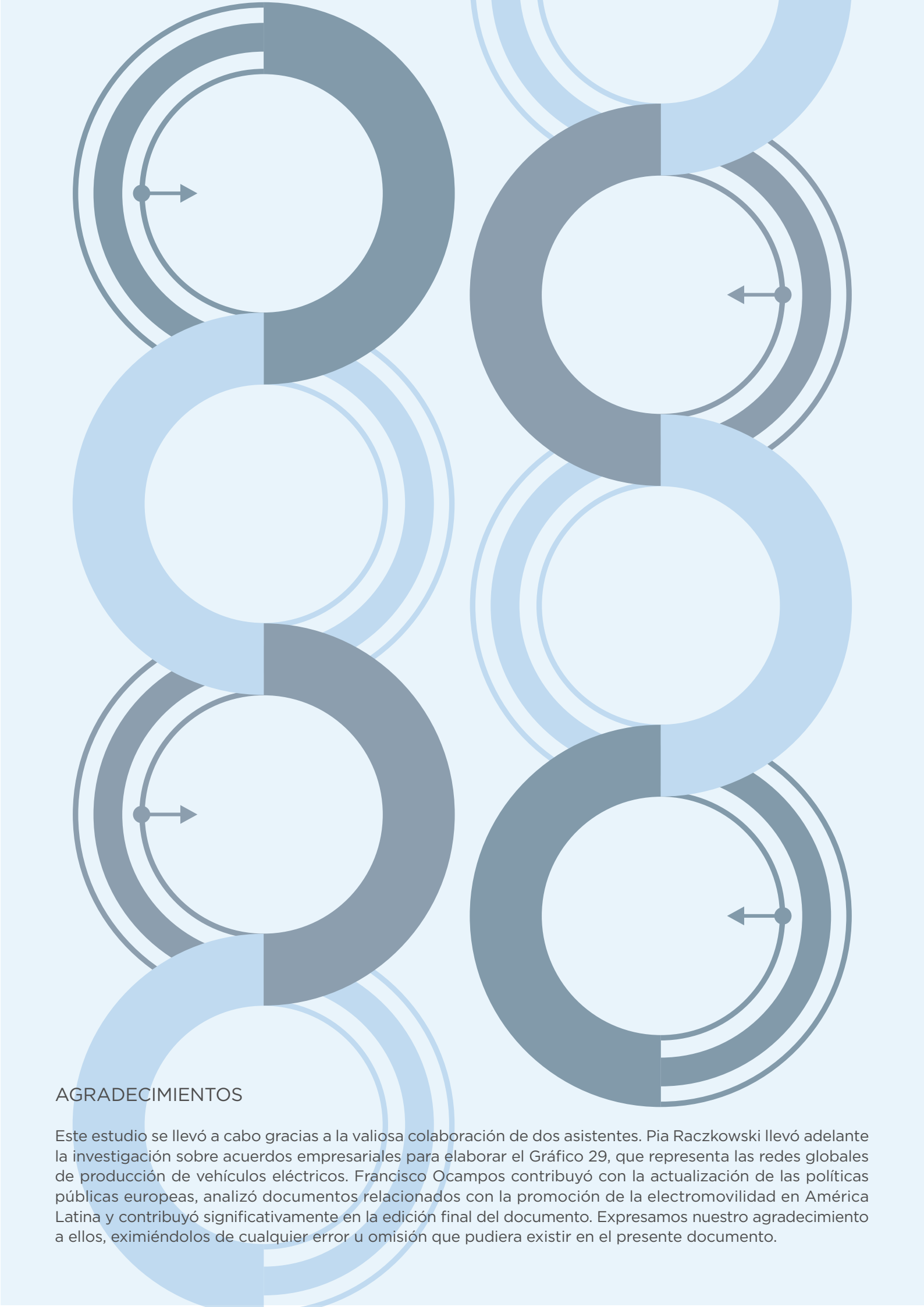
Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA AMÉRICA
LATINA Y EL CARIBE EN EL NUEVO CONTEXTO
GLOBAL DE LA **INDUSTRIA DEL LITIO**
Y LA TRANSICIÓN HACIA LA
ELECTROMOVILIDAD



The background of the page is decorated with a pattern of overlapping circles and rings. Some rings are solid, while others are split vertically into two halves of different shades of blue and grey. Small arrows are placed on some of the rings, pointing either clockwise or counter-clockwise. The overall color palette is a range of blues and greys.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo gracias a la valiosa colaboración de dos asistentes. Pia Raczkowski llevó adelante la investigación sobre acuerdos empresariales para elaborar el Gráfico 29, que representa las redes globales de producción de vehículos eléctricos. Francisco Ocampos contribuyó con la actualización de las políticas públicas europeas, analizó documentos relacionados con la promoción de la electromovilidad en América Latina y contribuyó significativamente en la edición final del documento. Expresamos nuestro agradecimiento a ellos, eximiéndolos de cualquier error u omisión que pudiera existir en el presente documento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen ejecutivo	8
1. Introducción	10
PARTE I	12
2. Evolución y perspectivas del mercado mundial de compuestos de litio	13
3. Mapeo de los principales eslabones de la cadena de valor de la electromovilidad	25
4. La competitividad en la cadena de valor de la electromovilidad	44
5. Mapeo de los principales actores	50
PARTE II	63
6. Las políticas de promoción de la electromovilidad y la cadena de valor de las baterías de ion de litio en la Unión Europea, Estados Unidos y China	66
7. Estrategias en países latinoamericanos ricos en recursos de litio	91
PARTE III	110
8. El desarrollo de la minería de litio	111
9. Desarrollo de los segmentos intermedio y aguas debajo de la cadena de valor de baterías	116
10. Bibliografía	120

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Recursos y reservas de litio a nivel mundial (1995-2023)	14
Gráfico 2. Participación de países de América Latina en recursos de litio (2011-2023)	15
Gráfico 3. Presupuesto global en exploración de litio	16
Gráfico 4. Participación de países de América Latina en reservas de litio (2011-2023)	17
Gráfico 5. Producción mundial de litio (1994-2023)	17
Gráfico 6. Distribución de la producción mundial de litio (2023)	18
Gráfico 7. Variación de la participación de ALC en la producción global (1994-2023)	19
Gráfico 8. Exportaciones australianas de litio (2001-2023)	20
Gráfico 9. Exportaciones mundiales de carbonato de litio (2001-2023)	20
Gráfico 10. Exportaciones mundiales de hidróxido de litio (2001-2023)	21

Gráfico 11. Principales importadores de concentrado de espodumeno, carbonato de litio e hidróxido de litio (2023)	22
Gráfico 12. Participación de la batería como fuente de demanda de litio (2015-2023)	23
Gráfico 13. Proyección de la demanda de litio por tipo de uso (2023-2050)	24
Gráfico 14. Composición del costo de una batería de 75 kWh (2021)	27
Gráfico 15. Evolución del precio de metales y pack de baterías (2015-2024).	28
Gráfico 16. Evolución del precio del paquete de batería de ion-litio (2011-2023)	28
Gráfico 17. Capacidad instalada de los fabricantes de celdas de baterías por localización de la casa matriz de la empresa productora (2023)	29
Gráfico 18. Producción de precursores para celdas de baterías de ion de litio	33
Gráfico 19. Participación de las distintas químicas de baterías en las ventas de vehículos eléctricos por región (2021-2023)	35
Gráfico 20. Flujos internacionales de comercio baterías de litio y vehículos eléctricos (2023)	36
Gráfico 21. Capacidad de producción de celdas de baterías (2023-2035)	38
Gráfico 22. Ventas de vehículos eléctricos, 2010-2023	39
Gráfico 23. Ventas de vehículos eléctricos en principales mercados (2023)	39
Gráfico 24. Flota mundial de vehículos eléctricos (2010-2023)	40
Gráfico 25. Mercado latinoamericano de vehículos eléctricos (2023)	41
Gráfico 26. Ventas de vehículos eléctricos por región y escenario (2030 y 2035)	42
Gráfico 27. Composición química de los salares: concentración de litio y relación magnesio-litio (en partes por millón)	45
Gráfico 28. Rangos de costos de producción de carbonato de litio e hidróxido de litio (2020)	46
Gráfico 29. Composición del cash cost del carbonato de litio según método de producción	46
Gráfico 30. Redes globales de producción de vehículos eléctricos *	53
Gráfico 31. Principales productores de litio (2023)	54
Gráfico 32. Participación de mercado de los principales fabricantes de cátodos (2021)	59
Gráfico 33. Cuota de mercado en la industria de vehículos eléctricos de los principales productores de baterías de ion de litio (2022 y 2023)*	60

Gráfico 34. Cuota de mercado en la industria de vehículos eléctricos de los principales productores de baterías de ion de litio, excluyendo mercado chino (2023) 61

Gráfico 35. Cuota de mercado de vehículos eléctricos de pasajeros medida en términos de entregas de vehículos (2022 y 2023) 62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cadena de valor de baterías de ion de litio para la electromovilidad 26

Ilustración 2. Principales componentes y principios operativos de una celda de batería de ion de litio 32

Ilustración 3. Principales componentes de un paquete de baterías 37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes de litio 30

Cuadro 2. Características de las principales tecnologías de cátodo utilizadas en vehículos eléctricos 34

Cuadro 3. Actores que participan de la red de producción de baterías de ion de litio para la industria de vehículos eléctricos 51

Cuadro 4. Operaciones activas de producción de litio en los principales países productores (2023) 53

Cuadro 5. Proyectos en desarrollo seleccionados 56

Cuadro 6. Incentivos para la compra y el mantenimiento de vehículos eléctricos en la Unión Europea 67

Cuadro 7. Políticas de promoción de la electromovilidad y la cadena de valor de baterías de ion de litio en la Unión Europea, Estados Unidos y China 90

Cuadro 8. Fases de la Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos en Bolivia presentada en 2010 96

Cuadro 9. Centros de investigación y desarrollo creados con aportes de los contratos de CORFO 100

Cuadro 10. Marco normativo y principales políticas para el desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en Argentina, Bolivia, Chile y México 106



Glosario de siglas y abreviaturas

AEMP	Alianza Europea de las Materias Primas
AFD	Agencia Francesa de Desarrollo
Agencia I+D+i	Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación
ANM	Agência Nacional de Mineração
ATVM	Programa de préstamos para la fabricación de vehículos de tecnología avanzada
BEI	Banco Europeo de Inversiones
BEPA	Asociación Europea de Baterías
BEPS	Erosión de bases imponibles y el traslado de beneficios
BEV	Vehículo eléctrico de batería
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BiL	Baterías de ion-litio
BMS	Sistema de gestión y control de la batería
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAEM	Cámara Argentina de Empresas Mineras
CAPEX	Inversiones y gastos en capital
CBL	Companhia Brasileira de Lítio
CEPAL	Comisión Económico para América Latina y el Caribe
CGV	Cadenas globales de valor
CIDMEJU	Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy
CNEN	Comisión Nacional de Energía Nuclear
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre de Chile
COMIBOL	Corporación Minera de Bolivia

CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
EBA	Alianza Europea de Baterías
EDL	Extracción Directa de Litio
EIT	Instituto Europeo de Innovación y Tecnología
ENAMI	Empresa Nacional de Minería
EREV	Vehículo eléctrico de rango extendido
ERMA	Alianza Europea de Materias Primas
FCAB	Consorcio Federal para Baterías Avanzadas
FCEV	Vehículo eléctrico de pila de combustible
FIG	Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible
FNDIT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico
GIZ	Sociedad Alemana de Cooperación Internacional
GNRE	Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos
HEV	Vehículo eléctrico híbrido
IEA	Agencia Internacional de Energía
INDEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IRA	Ley de Reducción de la Inflación
JEMSE	Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado
LCE	Carbonato de litio equivalente
LCO	Óxido de Cobalto Litio
LFP	Litio ferro fosfato
LitioMx	Litio para México
LMNO	Óxido de níquel manganeso litio
LMO	Óxido de manganeso litio
MHEV	Vehículo semi-híbrido
MOU	Memorándum de entendimiento
MSP	Minerals Security Partnership
NCA	Óxido de Níquel Cobalto Aluminio Litio

NMC	Óxido de Níquel Manganeso Cobalto Litio
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OMC	Organización Mundial de Comercio
PHEV	Vehículo eléctrico enchufable
PIICE	Proyectos Importantes de Interés Común Europeo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
REB	Reglamento Europeo sobre Baterías
RGP	Redes globales de producción
RIGI	Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones
SDS	Escenario Desarrollo Sostenible
SESS	Sistemas de almacenamiento de energía estacionaria
SQM	Sociedad Química y Minera de Chile S.A.
SRIA	Agenda Estratégica de Investigación e Innovación
STEPS	Escenario de Políticas Declaradas
SUV	Vehículo utilitario deportivo
UE	Unión Europea
UNIDO	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
VNE	Vehículos de Nueva Energía
VTO	Vehicle Technologies Office
YLB	Yacimientos de Litio Bolivianos

Resumen ejecutivo

La transición energética global ha convertido al litio en un recurso estratégico de primer orden, en especial por su papel central en la fabricación de baterías de ion-litio para vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía. América Latina y el Caribe ocupan una posición destacada en este escenario, al concentrar más del 55% de los recursos mundiales identificados, con un predominio claro del denominado Triángulo del Litio, conformado por Argentina, Bolivia y Chile. Esta dotación natural genera una oportunidad única para que la región participe de manera más activa en las cadenas globales de valor de la electromovilidad, cuya expansión es el principal motor del crecimiento proyectado para la demanda de litio, que podría multiplicarse entre nueve y trece veces hacia 2040 según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía.

China ocupa actualmente una posición central en las cadenas de valor globales de las baterías de litio y la electromovilidad, liderando la producción de compuestos químicos, celdas y vehículos eléctricos. América Latina, en cambio, se ha consolidado principalmente como proveedor de concentrados y compuestos de litio. No obstante, varios países de la región aspiran a avanzar hacia segmentos de mayor valor agregado —como la fabricación de cátodos, la producción de celdas y baterías, y eventualmente el reciclaje— con el fin de incrementar la generación de valor en bienes intensivos en conocimiento, diversificar las exportaciones y promover empleo calificado.

Los países latinoamericanos han adoptado estrategias diversas para desarrollar la cadena de valor del litio. Argentina, mantiene un sistema federal, en el que las provincias son responsables por la gestión de los recursos, y promueve un enfoque abierto a la inversión extranjera que delega en el sector privado el desarrollo del sector. Chile está avanzando hacia un modelo de asociación público-privada, con la participación de empresas estatales en las operaciones productivas. Bolivia, por su parte, impulsa una estrategia de industrialización liderada por el estado, a través de su empresa pública estratégica Yacimientos de Litio Bolivianos. En los últimos años, el modelo ha buscado abrirse a empresas extranjeras.

El desarrollo de las cadenas globales de valor durante la última década ha mostrado que el desarrollo de una cadena de valor local presenta grandes desafíos: exige inversiones de gran envergadura, el desarrollo de mercados nacionales o regionales de electromovilidad, el fortalecimiento de capacidades locales y un marco regulatorio estable y coherente. Las limitaciones de infraestructura, la escasez de capacidades tecnológicas y la heterogeneidad normativa entre países y provincias dificultan la atracción de inversiones y la integración productiva. A ello se suman riesgos ambientales y sociales, particularmente asociados al uso intensivo de agua en salares, que hacen indispensable reforzar la sostenibilidad de las operaciones para asegurar la licencia social.

El estudio identifica algunas condiciones para impulsar eslabonamientos productivos tanto en torno a la actividad minera como en los segmentos aguas abajo, relacionados con la producción de baterías y la electromovilidad. Entre ellas destacan el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo, el fomento de la innovación

tecnológica y la formación de talento especializado, así como el diseño de marcos normativos que integren los objetivos de atracción de inversiones con criterios de sostenibilidad ambiental y social. Asimismo, la cooperación regional y la conformación de alianzas estratégicas se perfilan como factores clave para que América Latina convierta su riqueza geológica en desarrollo económico sostenible y consolide su papel como actor relevante en la transición energética global.

El estudio tiene como propósito identificar las oportunidades y desafíos que enfrenta América Latina y el Caribe en el nuevo contexto global de la industria del litio y la transición hacia la electromovilidad, ofreciendo una mirada integral sobre cómo la región puede posicionarse en esta cadena de valor estratégica. Para ello, se organiza en tres partes. La Parte I describe la evolución del mercado mundial de compuestos de litio, la estructura de la cadena de valor de la electromovilidad, su competitividad y los actores que la lideran. La Parte II analiza las políticas y regulaciones que han adoptado los países que impulsan la transición energética —como la Unión Europea, Estados Unidos y China— y revisa las estrategias de los países latinoamericanos ricos en litio. La Parte III propone lineamientos de política para atraer inversiones, desarrollar capacidades productivas y tecnológicas, y avanzar hacia un crecimiento sostenible e integrado regionalmente. Este recorrido busca ofrecer un marco claro para comprender cómo la región puede transformar su dotación de recursos en una verdadera ventaja competitiva.





1. INTRODUCCIÓN



En los últimos años, un creciente número de países ha logrado un consenso en torno a la necesidad de emprender una transición energética para enfrentar la crisis climática. Este proceso conlleva desafíos ambiciosos y de gran alcance, que requieren una transformación profunda en los ámbitos social, productivo y tecnológico en un plazo relativamente corto (IPCC, 2023). La descarbonización del sector transporte, responsable de aproximadamente una cuarta parte de las emisiones globales de carbono, se ha convertido en uno de los principales ejes de la transición energética (United Nations, 2021). La electrificación de los vehículos está reemplazando gradualmente a los modelos tradicionales de combustión interna. Este cambio ya ha comenzado: en 2023, los vehículos eléctricos representaron el 18% de las ventas globales totales (IEA, 2024).

Las nuevas tecnologías que impulsan la transición energética, y en particular la electromovilidad, son altamente intensivas en minerales. Un vehículo eléctrico requiere una mayor diversidad y un volumen de minerales aproximadamente seis veces superior al de un vehículo de combustión interna (IEA, 2021). Como resultado, a medida que el mundo intensifica sus esfuerzos para reducir las emisiones de carbono, crecen las preocupaciones sobre la producción y el suministro de minerales. Los países que lideran la transición energética han elaborado listas de minerales que consideran “críticos” en este contexto, y han implementado diversas estrategias para asegurar su abastecimiento.

El litio es uno de estos minerales. De acuerdo con las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía, su demanda podría crecer entre 9 y 13 veces hacia 2040, respecto a los valores de 2023 (IEA, 2024). América Latina y el Caribe cuenta con el 57% de los recursos de litio identificados a nivel mundial (USGS, 2024). Los países con abundantes recursos de litio ven en este proceso una oportunidad para aumentar sus exportaciones, generar empleo y elevar su recaudación fiscal.

En este contexto, los países latinoamericanos ricos en litio han adoptado diversas estrategias, utilizando distintos enfoques y herramientas, para desarrollar capacidades que les permitan capitalizar esta oportunidad. Los sectores con una orientación

más “liberal” se enfocan en promover la explotación del recurso y la producción de compuestos de litio. Por otro lado, sectores más alineados con perspectivas “nacionalistas” o “desarrollistas” argumentan que los mayores beneficios derivados de la dotación de litio provendrían del desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas a lo largo de toda la cadena de valor de las baterías, en estrecha articulación con el sistema científico-tecnológico (Barandiarán, 2019).

Aunque todavía es temprano para evaluar la eficacia de estas iniciativas, es evidente que todas enfrentan desafíos significativos que amenazan el logro de sus objetivos. Entre estos se incluyen la falta de coordinación entre niveles de gobierno, limitaciones de infraestructura, y desafíos en la integración del conocimiento científico y tecnológico con las políticas productivas (Irrazaval & Carrasco, 2023; Obaya, 2021, 2022; Orihuela & Serrano, 2024).

Este informe tiene como objetivo identificar las principales oportunidades y desafíos que enfrentan los países de América Latina con abundantes recursos de litio en el marco de la transición hacia la electromovilidad. Asimismo, propone lineamientos de política que permitan a estos países aprovechar su posición estratégica en esta transición.

El trabajo se divide en tres partes. La primera ofrece una caracterización de la situación y las tendencias de la cadena de valor del litio a nivel global. Allí se analiza el mercado mundial del litio y la posición de este recurso dentro de la cadena de valor la electromovilidad. A continuación, se analizan los principales factores que inciden sobre la competitividad de los distintos segmentos de la cadena. Finalmente, se ofrece un mapeo de los principales actores que lideran cada uno de los segmentos y de los vínculos entre ellos.

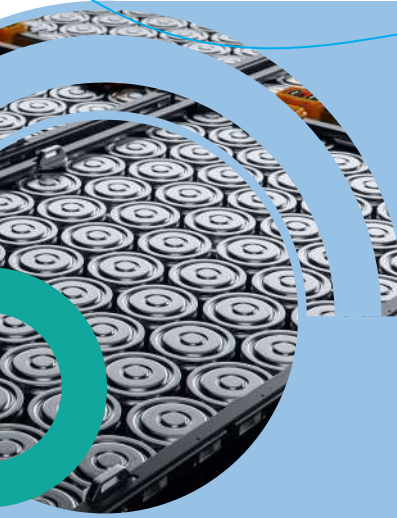
La segunda parte analiza las políticas y regulaciones que afectan la producción de litio, la cadena de valor de baterías y la electromovilidad. Allí se analizan, en primer lugar, las políticas integrales que han adoptado los países que lideran el proceso de transición hacia la electromovilidad. Las mismas se orientan a construir nuevos mercados y, al mismo tiempo, a desarrollar capacidades productivas y tecnológicas que les permitan establecer una cadena de valor integrada que ascienda desde la producción de vehículos a la de minerales. Luego, en el otro extremo de la cadena de valor, se analizan los marcos normativos y las políticas que han puesto en marcha los países ricos en recursos de litio para recorrer el camino inverso: del litio a la batería.

La tercera parte ofrece algunos lineamientos de política orientados generar condiciones de inversión en la cadena de valor de la electromovilidad, las baterías y la producción de litio. La primera sección se focaliza en la minería de litio, mientras que la segunda aborda las actividades en los segmentos aguas abajo.

PARTE I



EL LITIO EN LAS CADENAS GLOBALES DE VALOR DE LA ELECTROMOVILIDAD. ESTRUCTURA, FLUJOS Y ACTORES



2. EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DEL MERCADO MUNDIAL DE COMPUESTOS DE LITIO



2.1 RECURSOS Y RESERVAS

El litio es el vigésimo quinto elemento más abundante en la Tierra y se encuentra en diversos tipos de depósitos, ampliamente distribuidos geográficamente. Estos incluyen arcillas, salares continentales¹, aguas geotermales y agua de mar (Christmann et al., 2015; Taylor & McLennan, 1985). Sin embargo, solo en algunos de estos depósitos el litio se encuentra en niveles de concentración suficientes para que, con las tecnologías disponibles, su explotación sea económicamente viable. Este es uno de los factores que explica por qué, a pesar de su relativa abundancia, el litio es considerado un mineral crítico por los países que lideran la electromovilidad. Estos países buscan garantizar su provisión segura y estable mediante diversas estrategias (IEA, 2021; Kalantzakos, 2020; Vivoda, Matthews, et al., 2024).

Para avanzar en el análisis, es fundamental introducir una distinción básica entre “recursos” y “reservas” de litio. Un recurso mineral se define como una concentración u ocurrencia de material de interés económico en la corteza terrestre que, debido a su calidad y cantidad, presenta perspectivas razonables para una eventual explotación económica. La ubicación, calidad, ley, continuidad y otras características geológicas de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Según el grado de confianza geológica, los recursos se clasifican de manera incremental en tres categorías: inferidos, indicados y medidos (CRIRSCO, 2019).

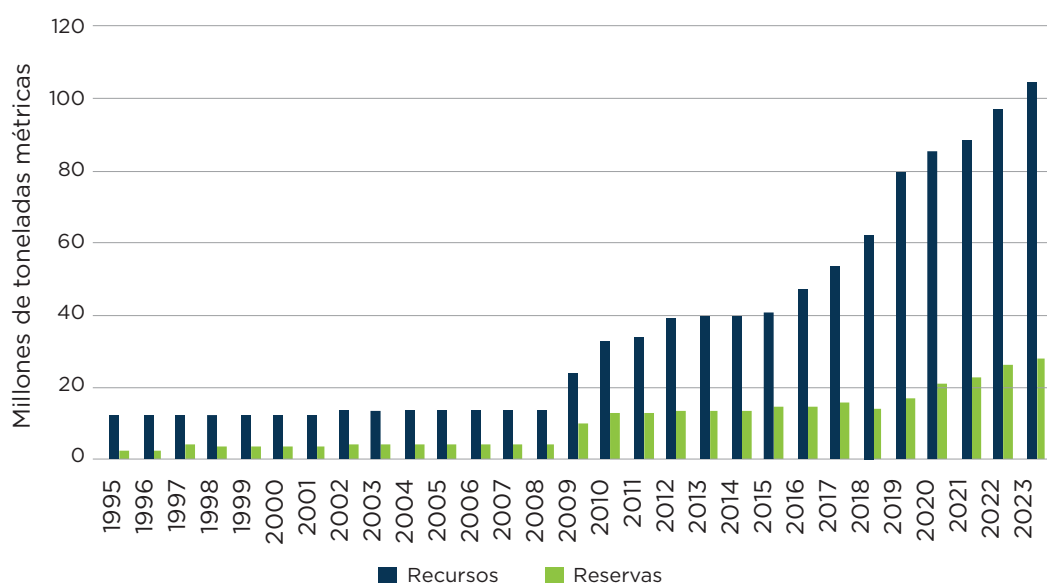
1. Un salar es una cuenca hidrográfica continental y cerrada con drenaje interior (endorreica), por lo que no cuenta con ningún tipo de afluente normal. Debajo de la superficie seca de los salares se encuentra salmuera, que es agua saturada en sales. El litio se encuentra disuelto en la salmuera y, por lo tanto, es indivisible (Alonso, 2018).

Por su parte, una reserva mineral es la porción de los recursos medidos y/o indicados cuya explotación es económicamente factible bajo las condiciones vigentes al momento de realizar la evaluación. Las reservas se definen mediante los estudios de prefactibilidad y factibilidad, aplicando factores modificadores como minado, metalurgia, condiciones económicas y de mercado, legislación, factores ambientales, sociales y gubernamentales. Los resultados de estos estudios deben demostrar que, al momento de emitir el informe, la extracción puede ser justificada razonablemente. Las reservas minerales se clasifican, de manera incremental con relación al nivel de confianza, en reservas de mineral probable y reservas de mineral probado (CRIRSCO, 2019).

Tanto los recursos como las reservas tienen una naturaleza dinámica, impulsada en gran medida por las perspectivas de crecimiento de la demanda del mineral en cuestión. El caso del litio es claro en este sentido: los recursos compilados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) se triplicaron entre 2008 y 2012. Esto se debe a la consolidación y las perspectivas de expansión de las tecnologías de baterías de ion de litio.

Desde entonces, los recursos se volvieron a triplicar. En este caso, la expansión no solo se explica por el crecimiento de recursos en los países productores, sino por la identificación de recursos en un gran número de países que aún no son productores (o al menos no a gran escala), como Bolivia, Alemania, Canadá, México, República Checa, Serbia y Perú (Gráfico 1). Otro factor importante que explica la evolución de los recursos es la dinámica de los precios. Hasta 2015, el precio de los compuestos de litio osciló entre USD 2,500 y USD 5,000 por tonelada. Desde entonces, los precios experimentaron un aumento significativo, situándose primero en un rango de USD 12,000 a USD 15,000 hasta principios de 2022, cuando se dispararon abruptamente, superando los USD 80,000. Sin embargo, desde comienzos de 2023, los precios han caído drásticamente, volviendo a estar por debajo de USD 12,000 (ver Gráfico 15, más adelante).

Gráfico 1.
Recursos y reservas de litio a nivel mundial (1995-2023)



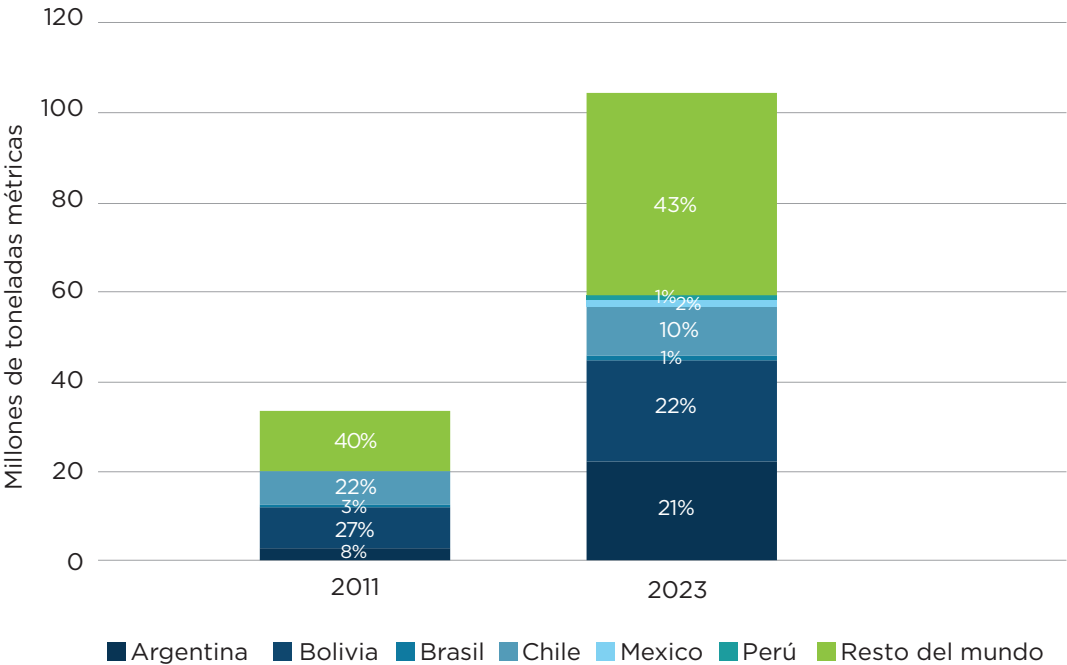
Fuente: elaboración propia sobre la base de información de USGS.

América Latina tiene una participación importante en los recursos identificados de litio a nivel global (Gráfico 2). El peso de la región se explica fundamentalmente por los depósitos en salares localizados en el “triángulo del litio”, una región que comprende una zona de la cordillera de los Andes, en el norte de la Argentina y Chile y el sur de Bolivia, y que explicó, en 2023, el 53% de los recursos mundiales y el 94% de los recursos de América Latina y el Caribe. Bolivia es el país con mayor volumen de recursos del mundo. Su participación fue del 22% en 2023, lo que representa una caída respecto al 27% de 2011. Argentina, por su parte, expandió fuertemente su participación del 8% al 21%, mientras que Chile tuvo un comportamiento casi especular, cayendo del 22% al 10%.

En esta región, México (2%), Brasil (1%) y Perú (1%) también poseen recursos de litio, aunque su participación es significativamente menor. En estos casos, el litio se concentra en diferentes tipos de depósitos: en Brasil y Perú, se encuentra en mineral de roca, mientras que, en México, se localiza en arcillas (USGS, 2024). Como se discutirá más adelante, el tipo de depósito es una variable clave para determinar los costos de producción y, por lo tanto, la viabilidad económica de los proyectos de litio.

Fuera de la región latinoamericana, los Estados Unidos (13%), Australia (8%), China (6%), el Congo (3%) y Canadá (3%) se destacan entre los países con mayor volumen de recursos de litio. En conjunto, estos países representan el 34% de los recursos globales. Sin embargo, la lista es extensa e incluye otros 13 países con recursos registrados en el USGS (2024).

Gráfico 2.
Participación de países de América Latina en recursos de litio (2011-2023)

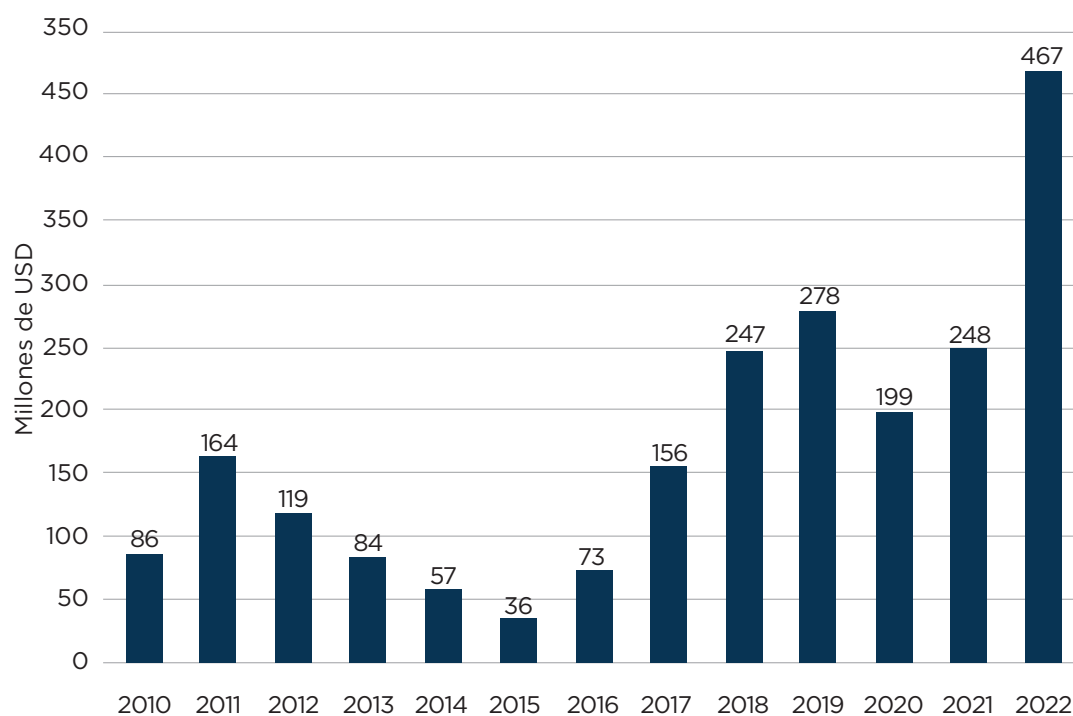


Fuente: elaboración propia sobre la base de información de USGS.

Como muestra el Gráfico 2, los recursos de litio han experimentado un notable aumento en la última década. Asimismo, un mayor número de países han pasado a contar con recursos de litio identificados. Este incremento se debe a la intensificación de la actividad exploratoria registrada en los últimos años, especialmente desde la segunda mitad de la década de 2010 (Gráfico 3). Como se analizará más adelante, esta expansión responde a las proyecciones de crecimiento en la demanda y al aumento en los precios, lo cual facilita la viabilidad de proyectos con costos más altos.

Gráfico 3.

Presupuesto global en exploración de litio



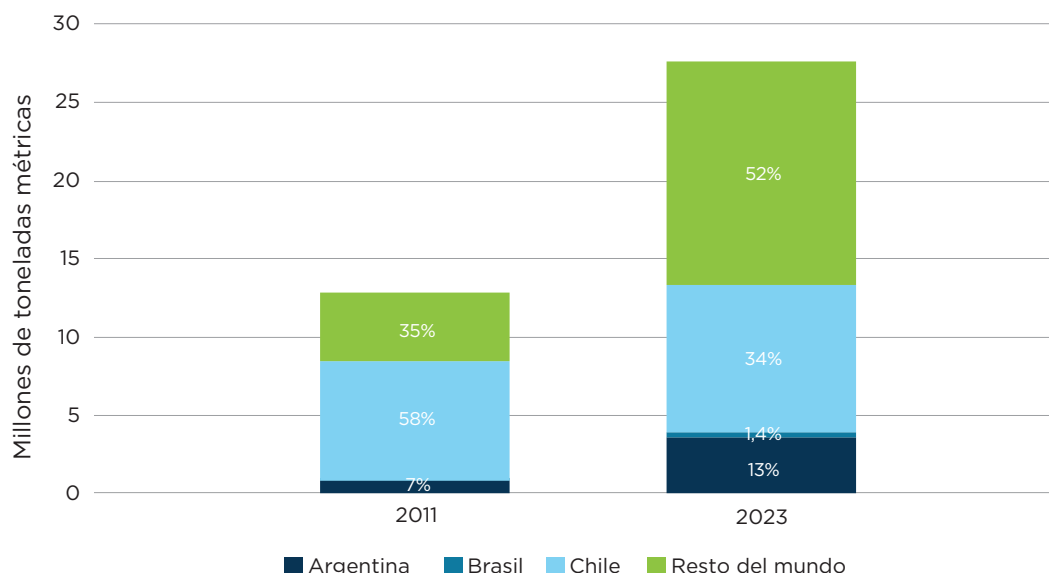
Fuente: COCHILCO (2023).

En lo que respecta a las reservas, la participación de los países de América Latina se reduce notablemente (Gráfico 4). Sólo Chile y, en menor medida la Argentina, preservan un papel significativo, con un 34% y un 13% de las reservas mundiales, respectivamente. Esto se explica principalmente por la trayectoria de cada uno de los países en la industria. En Chile, donde se han probado como reservas el 85% de los recursos, la explotación se inició durante la década de 1990, y el país fue durante varios años el principal productor de litio del mundo. Toda la actividad productiva se ha concentrado en el salar de Atacama, lo que ha favorecido la actividad de exploración en este salar.

En Argentina, en cambio, donde la actividad exploratoria es más reciente, solo se ha certificado como reservas el 16% de los recursos. Además, hay un mayor número de salares, que son de menor tamaño que el salar de Atacama.

Gráfico 4.

Participación de países de América Latina en reservas de litio (2011-2023)



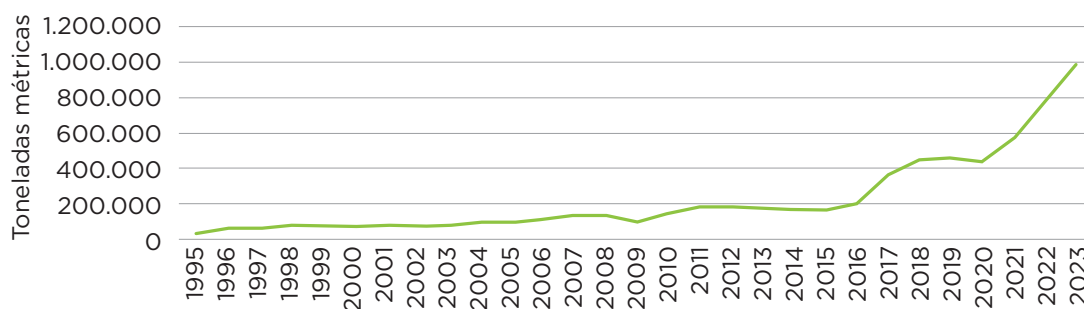
Fuente: elaboración propia sobre la base de información de USGS.

2.2 PRODUCCIÓN

La producción mundial de litio ha mantenido una tendencia ascendente, que adoptó una pendiente más empinada desde 2016 (Gráfico 5)². En 2023, alcanzó un volumen aproximado de 982 mil toneladas métricas. Entre 1994 y 2023, partiendo de niveles muy bajos, que rondaban las 32 mil toneladas métricas³, el volumen producido se ha multiplicado por 30; mientras que entre 2015 y 2023, la producción se ha quintuplicado. Tal como ocurre en el caso de los recursos y las reservas, esta dinámica se explica principalmente por el aumento de la demanda para la fabricación de baterías de ion de litio para la electromovilidad.

Gráfico 5.

Producción mundial de litio (1994-2023)



Fuente: elaboración propia sobre la base de información del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

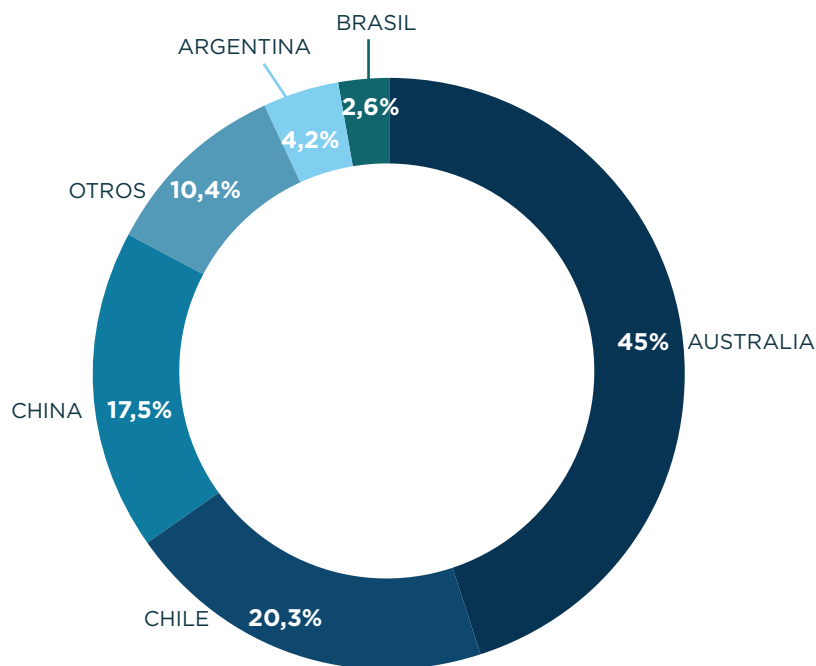
2. El Servicio Geológico de los Estados Unidos no publica información sobre la producción en ese país.

3. La producción se expresa en carbonato de litio equivalente, LCE, por sus siglas en inglés.

Cuatro países explican el 93% de la producción mundial de litio: Australia (47%), Chile (24%), China (18%) y Argentina (5%) (Gráfico 6). La concentración geográfica de la producción es uno de los factores que consideran los países productores de baterías (o de sus partes) al incluir el litio en la lista de minerales críticos (Graedel y otros, 2012; Lèbre y otros, 2019).

Gráfico 6.

Distribución de la producción mundial de litio (2023)



Fuente: elaboración propia en base a USGS.

El menor ritmo de crecimiento en la producción de litio en la región latinoamericana contrasta con la rápida expansión de Australia, donde se han puesto en marcha varias nuevas operaciones de concentrado de espodumeno desde 2016. Esto ha llevado a una caída en la participación relativa de América Latina a nivel mundial. Los países con producción a escala industrial —Chile, Argentina y Brasil— pasaron de representar el 53% de la producción en 2016 al 32% en 2023 (Gráfico 7). Entre mediados de la década de 1990 y gran parte de la década de 2000, Chile fue el principal productor mundial de litio, pero perdió esa posición a manos de Australia en 2012 y no ha logrado recuperarla desde entonces. También es notable la ausencia de Bolivia en el grupo de países productores latinoamericanos. A pesar de contar con el mayor volumen de recursos identificados a nivel mundial, el país aún no ha logrado producir compuestos de litio a escala industrial⁴.

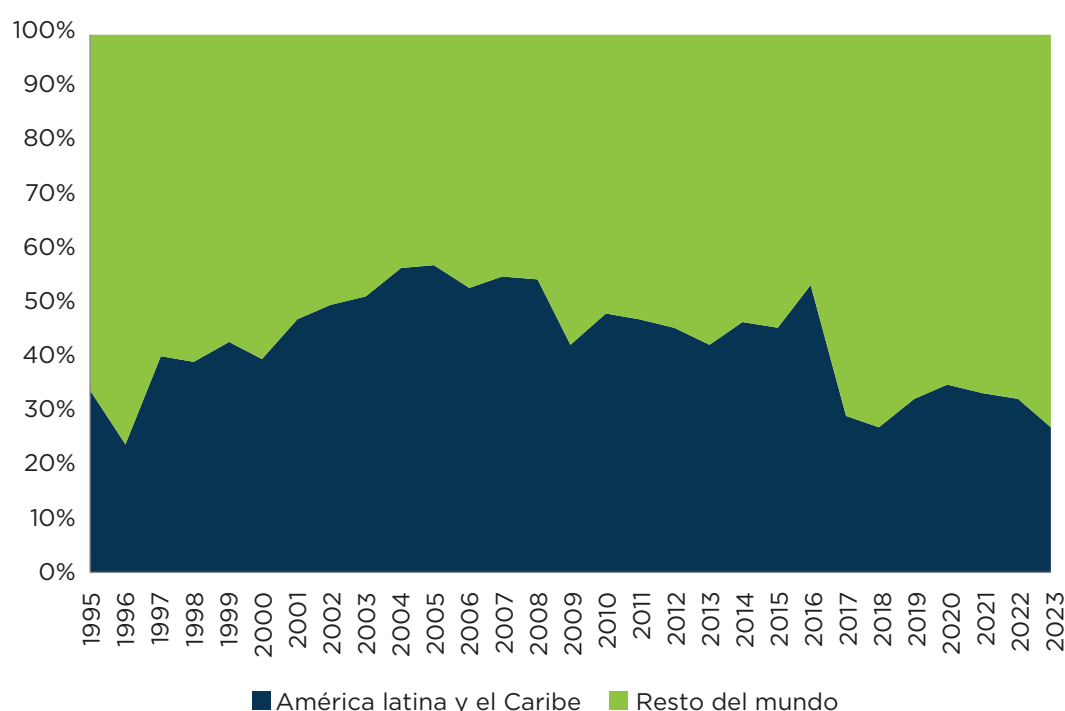
El panorama presentado en esta sección revela que los recursos geológicos, por sí solos, no son suficientes para desarrollar el potencial minero. Existen diversos factores que explican la capacidad de Australia para responder con mayor rapidez al crecimiento

4. Bolivia mantiene un volumen de producción de baja escala que, según el Informe de Rendición Públicas de Cuentas del 2023 del Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia, alcanzó las 948 toneladas de carbonato de litio en 2023 (MHE, 2024).

de la demanda de litio, a pesar de que su participación relativa como fuente de recursos es menor que la de los países latinoamericanos. Uno de los principales factores es la menor dificultad técnica asociada al ciclo de desarrollo de los depósitos de mineral de roca en comparación con los depósitos en salares. En el primer caso, la puesta en marcha del proceso de producción puede realizarse aproximadamente 3 años después del descubrimiento de los recursos, mientras que, en el caso de los salares, este plazo se extiende a más de 7 años. Asimismo, se debe destacar la naturaleza liberal del marco normativo minero en Australia, que se complementa con mecanismos más ágiles para la aprobación de proyectos.

Gráfico 7.

Variación de la participación de ALC en la producción global (1994-2023)



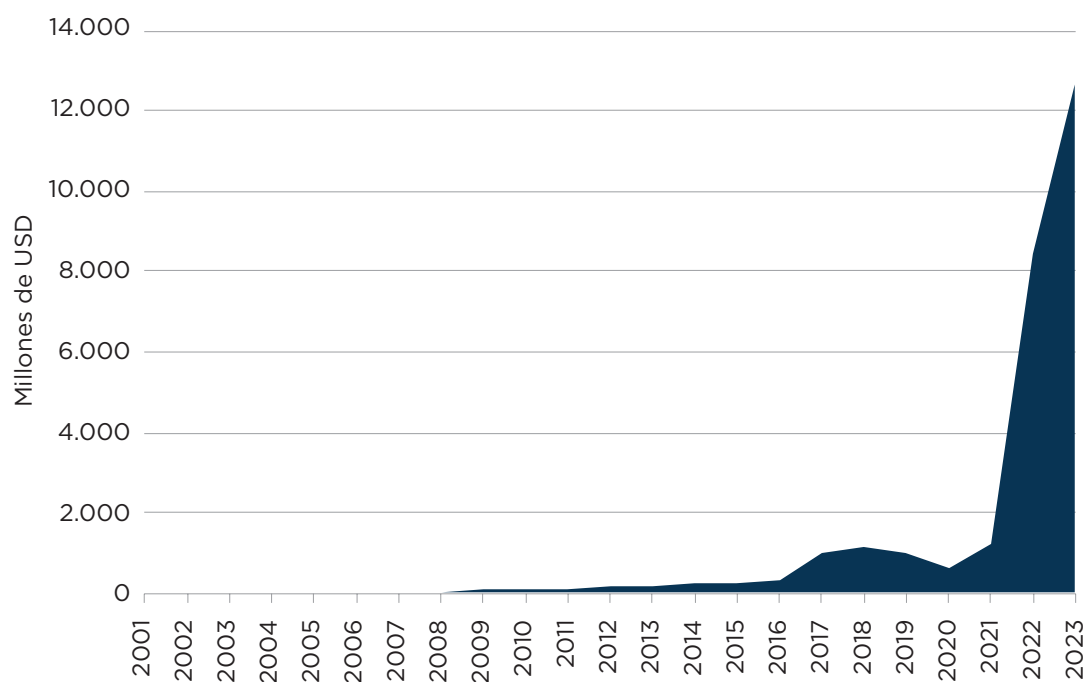
Fuente: elaboración propia sobre la base de información del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

2.3 COMERCIO INTERNACIONAL

El comercio internacional de litio ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, siguiendo la misma tendencia observada en el ámbito de la producción. Existen dos tipos de productos clave en las principales cadenas globales de valor que utilizan litio como insumo. En primer lugar, el litio exportado en forma de concentrado de espodumeno, con un procesamiento básico, que luego se convierte en hidróxido o carbonato de litio. En este segmento, Australia se destaca como el principal exportador mundial (Gráfico 8). Aquí, se reconoce sin rezagos el aumento de la producción a partir de 2016, amplificado por el incremento de los precios internacionales que el mercado experimentó, primero en 2018 y, luego, a partir de 2021.

Gráfico 8.

Exportaciones australianas de litio (2001-2023)⁵

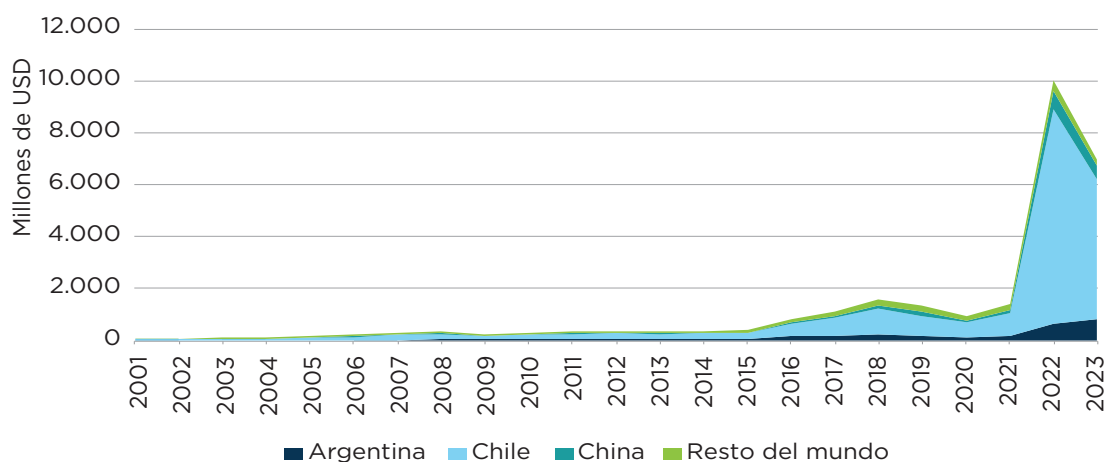


Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (UN COMTRADE).

En segundo lugar, se encuentran los países que exportan carbonato de litio e hidróxido de litio, los compuestos utilizados en la producción de electrodos de baterías. En este caso, Chile y, en menor medida, la Argentina –en el caso del primer producto– tienen un papel destacado (Gráfico 9 y Gráfico 10). También aquí se observa una relación directa entre el aumento de los niveles de producción y el crecimiento de las exportaciones.

Gráfico 9.

Exportaciones mundiales de carbonato de litio (2001-2023)

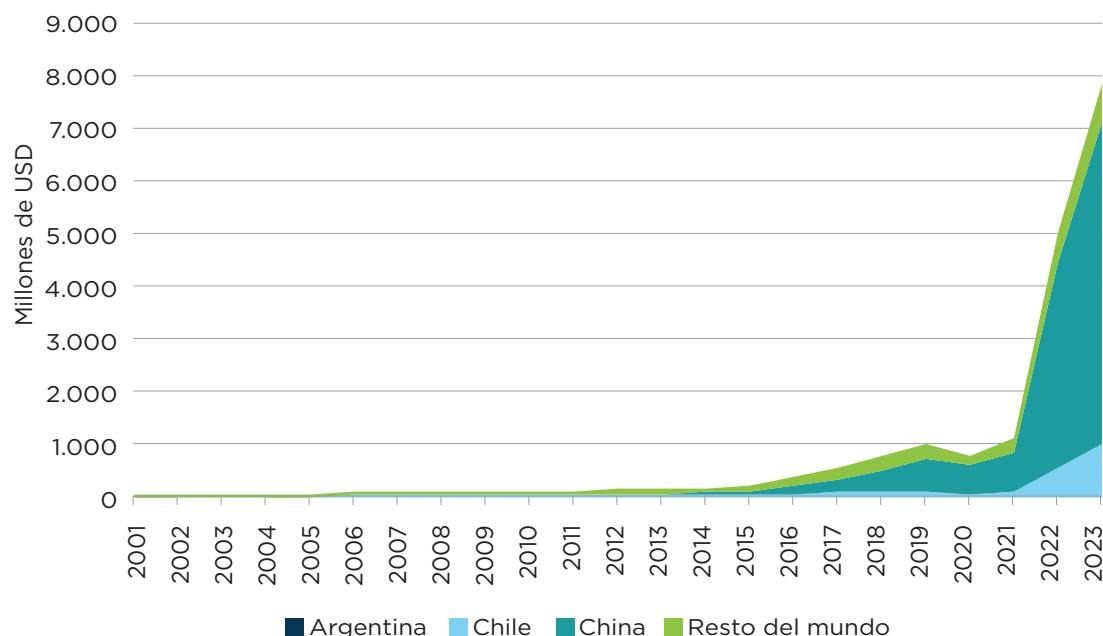


Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (UN COMTRADE) e INDEC.

5. Siguiendo a LaRocca (2020), se consideró la línea arancelaria 2530.90, correspondiente a otros minerales. La información provista por UN COMTRADE para esta línea es consistente con la reportada por el gobierno del estado de Western Australia, que ofrece información específica sobre exportaciones de concentrado de espodumeno desde 2021. La información puede consultarse aquí: <https://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Investors/2023-24MajorCommoditiesResourceDataFile.xlsx#>

Gráfico 10.

Exportaciones mundiales de hidróxido de litio (2001-2023)

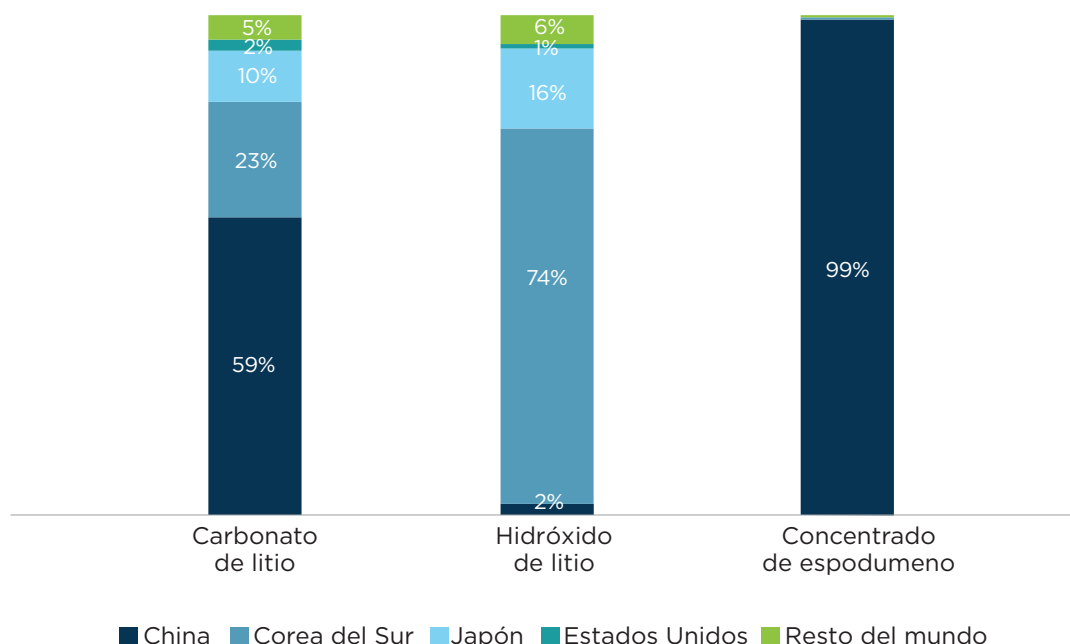


Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (UN COMTRADE) e INDEC. Nota: se consideraron las siguientes líneas arancelarias del sistema armonizado: carbonato de litio 2836.91; óxido e hidróxido de litio 2825.20.

El grupo de países importadores de compuestos de litio comprende a los productores de material activo para cátodos de baterías. Estos países son mayormente asiáticos: China, Japón y la República de Corea. Europa y Estados Unidos tienen un papel marginal. La importancia relativa de cada uno de los países como importadores de litio varía según el tipo de producto (Gráfico 11). En el caso del concentrado de espodumeno, China absorbe las exportaciones australianas, ya que allí se encuentran las plantas de refinación para la producción de compuestos de litio. Empresas de capital chino participan accionariamente o financian estas operaciones productivas en Australia a través de acuerdos de compra anticipada (*off-take agreements*). En cuanto al mercado de carbonato e hidróxido de litio, la República de Corea, China y Japón concentran el 91% y 85% de las importaciones mundiales, respectivamente. No obstante, es importante destacar que China tiene una participación mínima como importador de hidróxido de litio, ya que es un importante productor gracias a sus plantas de conversión de concentrado de espodumeno.

Gráfico 11.

Principales importadores de concentrado de espodumeno, carbonato de litio e hidróxido de litio (2023)



Fuente: elaboración propia, sobre la base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (UN COMTRADE) y Trademap.

El análisis de la producción y los flujos de comercio revela la naturaleza bipolar de la división del trabajo que caracteriza las cadenas globales de valor que utilizan litio como insumo. Los países donde se produce litio y sus compuestos exportan la totalidad de su producción, mientras que los países consumidores de litio casi no tienen producción local. La única excepción a este esquema es China, que ha logrado una notable integración vertical de la cadena de valor dentro de su territorio. Sin embargo, el eslabón más débil de dicha cadena es la producción de la materia prima (Sanin et al., 2023).

2.4 EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA DE LITIO

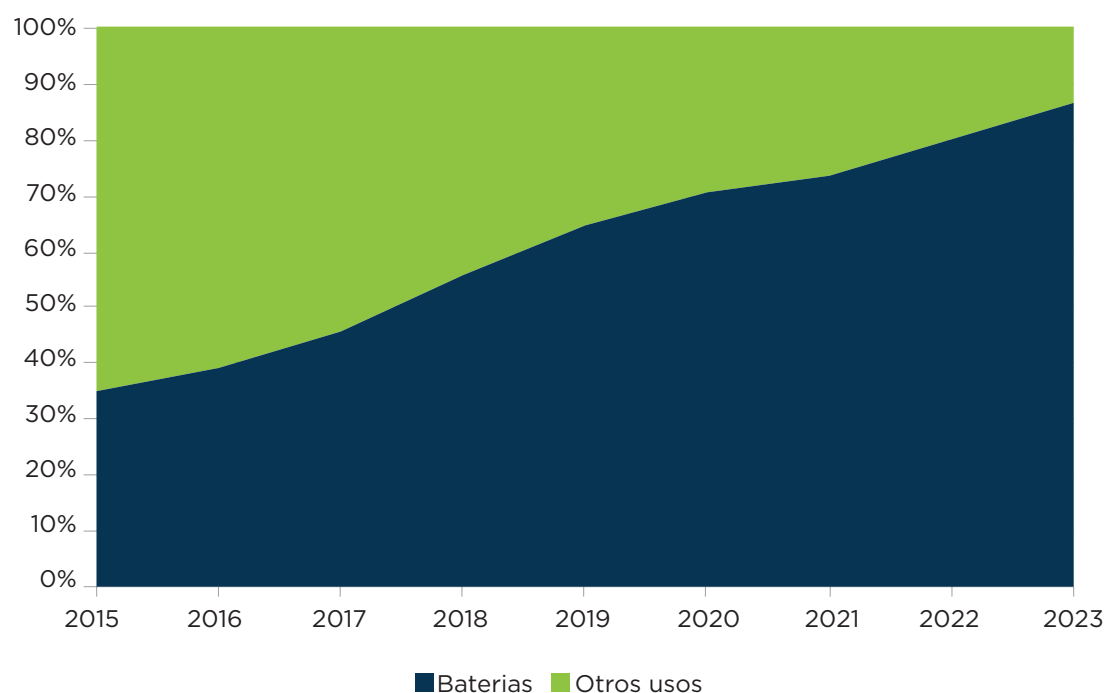
El litio ha sido utilizado durante décadas como insumo en la producción de distintos tipos de bienes industriales. Por ejemplo, el litio se emplea en la producción de cerámicos, vidrios, grasas y lubricantes, ya que aumenta la resistencia de estos productos al cambio de temperatura. También se utiliza en ciertos medicamentos psiquiátricos y en la producción de tritio, por ejemplo, para su uso en reactores nucleares (Christmann et al., 2015; Corti, 2017). Sin embargo, estos usos tradicionales han disminuido su participación con el tiempo.

La principal fuente de demanda de litio proviene actualmente de la producción de baterías de ion de litio, incluyendo aquellas utilizadas en dispositivos electrónicos,

la electromovilidad y el almacenamiento de energías renovables (Gráfico 12). La relevancia de esta fuente de demanda entre los distintos usos posibles del litio es relativamente reciente. Hasta 2017, más del 50% de la demanda de litio se explicaba por sus aplicaciones industriales.

Gráfico 12.

Participación de la batería como fuente de demanda de litio (2015-2023)

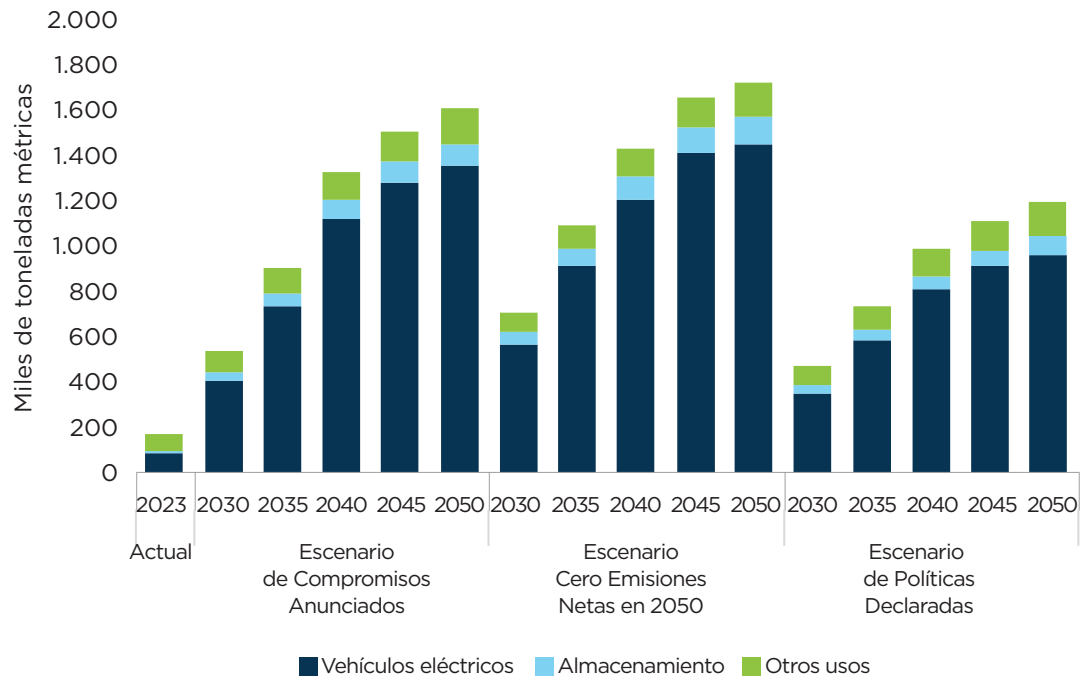


Fuente: elaboración propia en base a USGS.

Dentro de la variedad de baterías disponibles, en 2016, aquellas destinadas a la electromovilidad superaron como fuente de demanda al resto de las baterías, entre las que se destacan aquellas utilizadas por los dispositivos electrónicos portátiles. Las proyecciones indican que el dominio de las baterías de litio para electromovilidad seguirá creciendo. De acuerdo con las estimaciones de la IEA (2024), esta fuente de demanda representará entre 73% y 79% en 2030, y entre 80% y 84% en 2050, dependiendo del escenario considerado (Gráfico 13).

Gráfico 13.

Proyección de la demanda de litio por tipo de uso (2023-2050)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de IEA (2024).



3. MAPEO DE LOS PRINCIPALES ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR DE LA ELECTROMOVILIDAD



En esta sección se analiza la cadena de valor de la electromovilidad, con el objetivo de examinar el rol de los países latinoamericanos ricos en recursos de litio, así como las oportunidades y desafíos que enfrentan. La Ilustración 1 ofrece una representación gráfica de dicha cadena de valor, con un enfoque en los segmentos relacionados con la extracción y el procesamiento del litio.

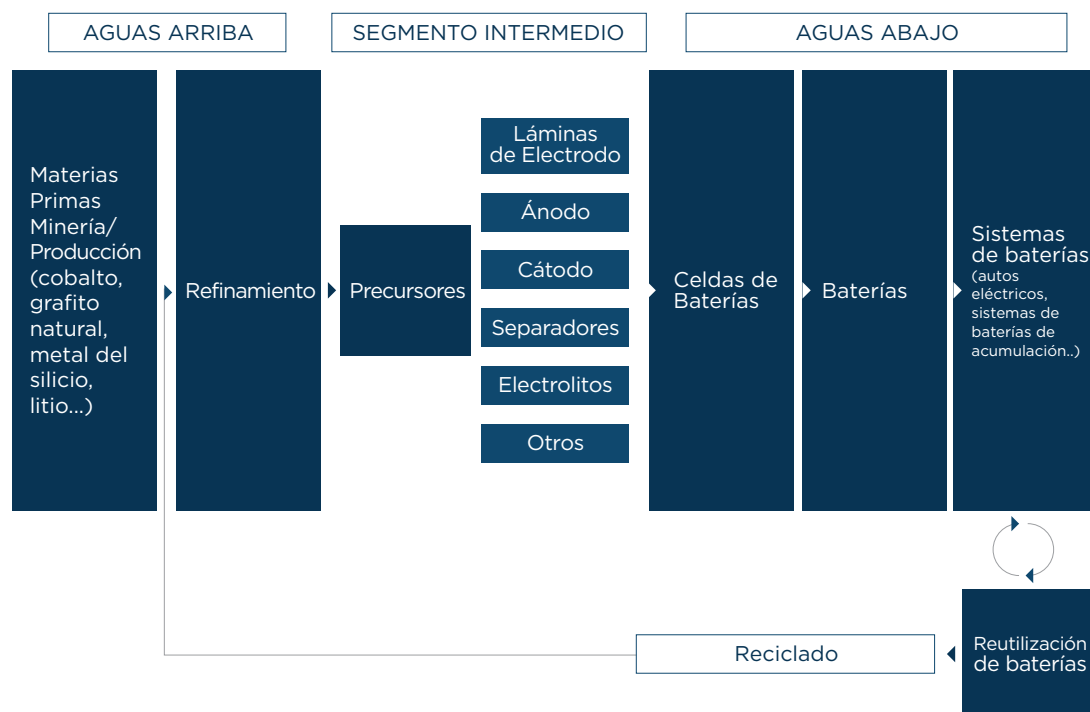
El segmento aguas arriba incluye, en primer lugar, las actividades para la obtención de las materias primas, entre las que destacan el litio y otros minerales críticos para los países productores, como el cobalto, el manganeso y el grafito. En segundo lugar, se encuentran las actividades de refinamiento de estas materias primas. Los requisitos técnicos para los compuestos refinados de litio utilizados en la producción de celdas de baterías son cada vez más estrictos, y pueden variar según las especificaciones establecidas por los diferentes productores de electrodos. En contraste, para otros usos se utiliza litio de grado “técnico” o “industrial”, que tolera un mayor nivel de impurezas (Lebrouhi et al., 2022).

En las operaciones realizadas en salares, tanto la extracción como el refinamiento suelen llevarse a cabo en las mismas instalaciones o en plantas cercanas. Esto responde a las características técnicas del proceso, que hacen ineficiente el transporte de grandes volúmenes de salmuera concentrada. Ello explica que los países productores sudamericanos sean productores de compuestos de litio, en contraste con Australia, donde el concentrado de espodumeno se traslada para ser procesado en plantas ubicadas en China. Con los nuevos métodos de extracción directa, la separación entre extracción y refinación se vuelve aún menos pronunciada, dado que el proceso productivo sigue un flujo continuo desde la extracción de la salmuera hasta la producción de carbonato de litio⁶.

6. Para más información, véase, por ejemplo, el flujo de proceso del proceso productivo de la empresa ERAMET: <https://www.eramet.com/es/actividades/litio/nuestro-proceso-de-extraccion-de-litio/>

Ilustración 1.

Cadena de valor de baterías de ion de litio para la electromovilidad



Fuente: elaboración propia.

El segmento intermedio comprende la fabricación de los precursores químicos⁷, los electrodos y otros componentes de la celda. Entre los electrodos, el cátodo es el que utiliza la mayor cantidad de litio, en combinación con distintos minerales cuya selección depende de la tecnología utilizada (por ejemplo, cobalto, el níquel o el manganeso). La tecnología de cátodo utilizada determina el tipo de compuesto que demandará la batería: carbonato de litio o hidróxido de litio.

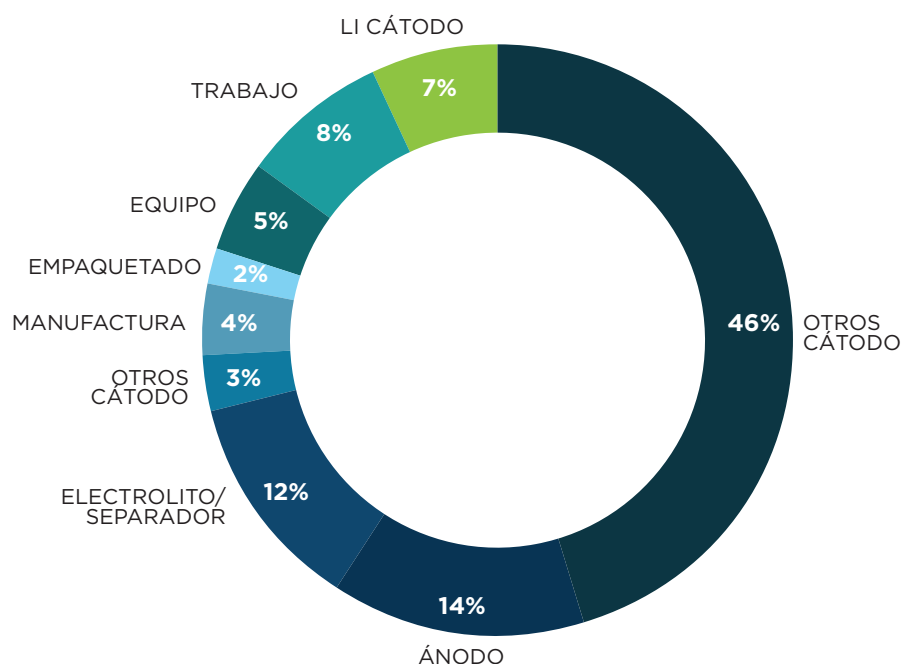
El segmento aguas abajo comprende la producción de celdas, que son integradas sucesivamente en los módulos y, luego en los paquetes de baterías que son utilizados para la producción de automóviles eléctricos y otros productos de la electromovilidad. El reciclaje de baterías es una actividad incipiente que pertenece a este segmento y que le da circularidad al sistema, ya que aspira a ofrecer una fuente alternativa de recursos de litio que disminuya la dependencia de los países que dominan la electromovilidad respecto de la minería (Hernández et al., 2024).

Para el presente análisis, es importante destacar que, a pesar de ser un mineral crítico, el litio representa una pequeña fracción del costo total de producción de una batería. Según la estimación de Jiménez & Sáez (2022), una batería de 75 kWh contiene aproximadamente 52kg de litio (LCE). Considerando un precio de USD 15 por kg, el litio representaría alrededor del 16% del costo de producción del cátodo y un 7% del costo total del paquete de batería. Dado que la batería constituye aproximadamente el 50% del costo de un vehículo eléctrico, la participación del litio en el costo total del vehículo se sitúa por debajo del 4%.

7. Los precursores son materiales procesados que se utilizan como insumo para la producción de material activo de los cátodos a partir de su mezcla con compuestos de litio. Su composición varía en función de la tecnología del cátodo. Por ejemplo, los precursores de las baterías NMC contienen níquel, cobalto, manganeso.

Gráfico 14.

Composición del costo de una batería de 75 kWh (2021)

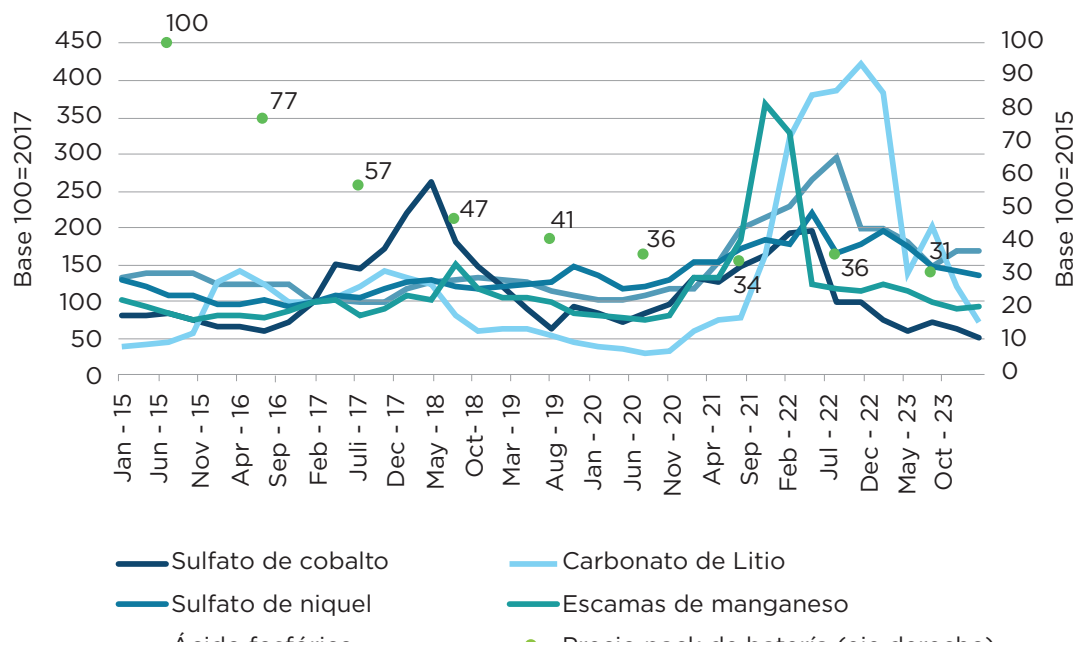


Fuente: Jiménez & Sáez (2022) a partir de datos de BloombergNEF y Morgan Stanley.

El precio de USD 15 por kg de carbonato de litio para realizar la estimación corresponde a un valor comúnmente utilizado en estimaciones de largo plazo. Durante la última década, sin embargo, el precio ha mostrado gran volatilidad, alcanzando picos que superaron los USD 80 por kg, en los precios spot. La volatilidad de precios no es exclusiva del litio, sino que afecta también al resto de los minerales críticos utilizados en la producción de los cátodos de baterías (Gráfico 15). Ello se traduce en variaciones en el peso que los materiales catódicos tienen sobre el costo total de producción y, por lo tanto, sobre el costo de producción de los paquetes de baterías, cuya caída se vio revertida en 2022 (Gráfico 16).

Gráfico 15.

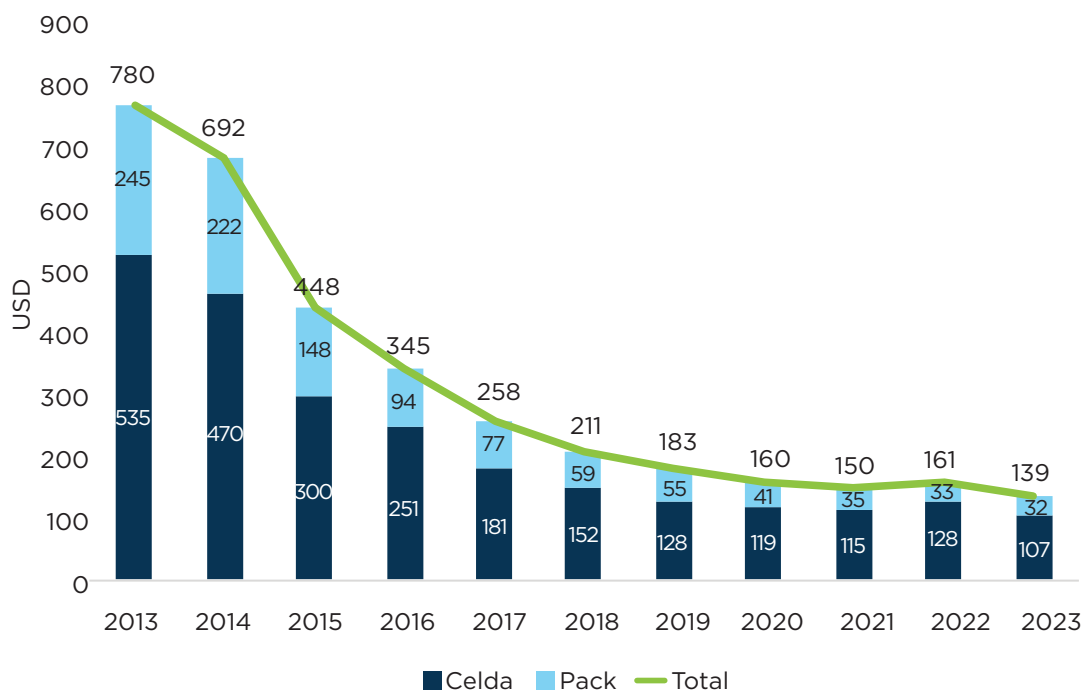
Evolución del precio de metales y pack de baterías (2015-2024).



Fuente: elaboración propia en base a datos de IEA (2024).

Gráfico 16.

Evolución del precio del paquete de batería de ion-litio (2011-2023)



Fuente: elaboración propia en base a BNEF (2024).

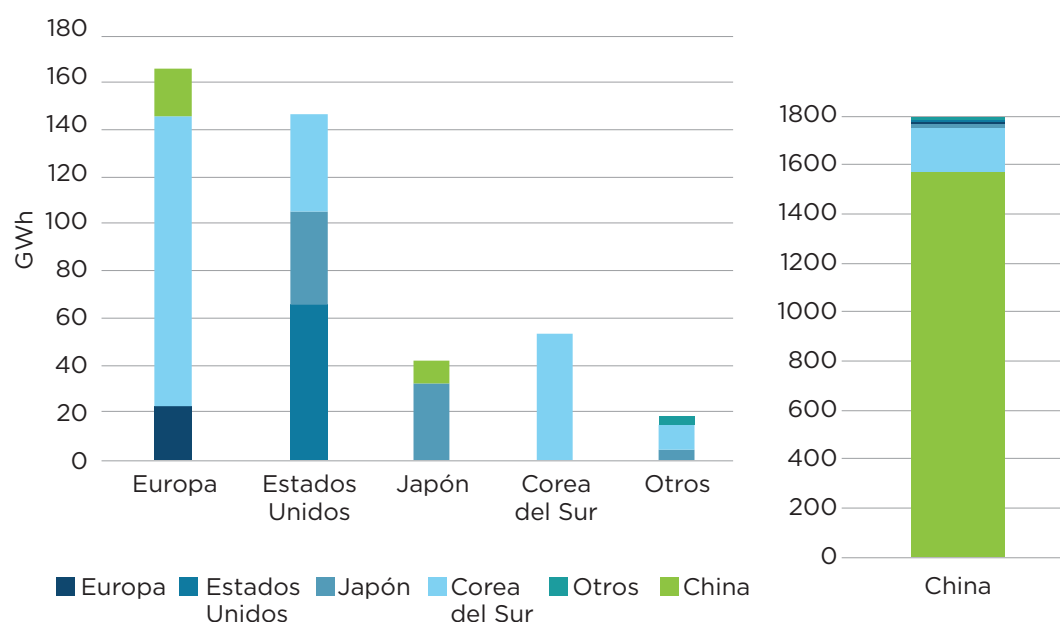
Desde una perspectiva geográfica, China ocupa un papel dominante en la cadena global de valor de las baterías de ion de litio, particularmente en los segmentos intermedios y aguas abajo, que incluyen la producción de vehículos eléctricos. Según Benchmark Mineral Intelligence, en 2022, China concentraba el 70% de la capacidad mundial de producción de celdas de batería, el 78% de la de cátodos y el 91% de la de ánodos. En los segmentos aguas arriba, su participación era menor: China producía el 13% de la materia prima de litio y el 44% de los compuestos de litio. Esta diferencia se debe a su capacidad para procesar espodumeno importado de Australia.

Europa y Estados Unidos tienen un rol más limitado a lo largo de la cadena de valor de las baterías. En particular, estas regiones están significativamente rezagadas en las actividades de producción y refinamiento de materias primas. La oferta local no está creciendo al mismo ritmo que se proyecta para la producción de celdas y vehículos eléctricos. Como se discutirá más adelante, esta situación ha impulsado la implementación de políticas destinadas a mitigar este déficit, percibido como un riesgo para el crecimiento sostenido de la cadena de valor a nivel nacional y regional.

Si en lugar de la localización de la producción se considera el origen de la casa matriz de las empresas productoras de celdas, el papel de aquellas de origen chino disminuye notablemente fuera de su país. Las empresas de origen surcoreano y japonés explican la mayor parte de la producción de Europa y de Estados Unidos. En 2023, las empresas coreanas tuvieron una capacidad de fabricación de 350 GWh fuera de Corea, las japonesas 57 GWh fuera de Japón y las chinas algo menos de 30 GWh fuera de China. Alrededor del 75% de la capacidad de fabricación existente en Europa pertenece a empresas coreanas, mientras que la capacidad en Estados Unidos está liderada actualmente por cuatro empresas: Tesla, Panasonic, SKI y LG (IEA, 2024).

Gráfico 17.

Capacidad instalada de los fabricantes de celdas de baterías por localización de la casa matriz de la empresa productora (2023)



Fuente: elaboración propia en base a IEA (2024)

En los últimos años, a nivel empresarial, se ha observado una tendencia hacia una mayor integración vertical y consolidación de la industria. Este proceso permite a las empresas reducir costos y asegurar el suministro de materias primas e insumos clave. Como se analizará en la sección 4, las automotrices están aumentando su participación en la producción de celdas y paquetes de baterías, lo que les permite una mejor integración con la fabricación de vehículos (Jones et al., 2021; Sanin et al., 2023). De manera similar, aunque no siempre implique una participación accionaria, los fabricantes de automóviles, celdas y electrodos promueven acuerdos estratégicos con empresas de litio, incluso en fases de desarrollo. Un ejemplo de esto es la colaboración entre BMW y Toyota Tsusho con Arcadium Lithium⁸, o entre Tesla y Piedmont Lithium. Luego de esta introducción general, en lo que resta de esta sección se analizarán con mayor detalle cada uno de los segmentos de la cadena de valor.

3.1 SEGMENTO AGUAS ARRIBA: EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DEL LITIO

El litio se encuentra en distintos tipos de fuentes: salmueras, pegmatitas y granitos, y depósitos en sedimentos, principalmente de hectorita (Christmann et al., 2015). En cada uno de estos depósitos, se presenta con distintos niveles de concentración (Cuadro 1)⁹.

Cuadro 1.
Fuentes de litio

DEPÓSITO	TIPO	PRINCIPALES PAÍSES	CONCENTRACIÓN DE LITIO
Salmueras	Salares de cuenca cerrada	Argentina, Bolivia, Chile, China	100-1600 Li Mg/L
	Salmueras geotermales	Estados Unidos, Alemania	50-200 Li-Mg/L
	Salmueras en campos petrolíferos	Estados Unidos, Canadá	50-200 Li-Mg/L
Pegmatitas y granitos	Espodumeno	Australia, Portugal, Estados Unidos, Brasil, Zimbabue	0,5-2,5% Li ₂ O
	Lepidolita	Estados Unidos, Canadá	0,5-1,2% Li ₂ O
Sedimentos	Hectorita	Estados Unidos, México	0,1-0,2% Li ₂ O
	Jadarita	Serbia	1,0-1,9% Li ₂ O

Fuente: elaboración propia en base a Christmann y otros (2015) y Jiménez y Sáez (2022).

Los salares de cuenca cerrada y las rocas pegmatitas dan cuenta de la mayor parte de los recursos de litio identificados a nivel global, con un 60% y un 27%, respectivamente (COCHILCO, 2023). En el primer caso, el litio se encuentra disuelto en las salmueras. Los salares más importantes actualmente en operación se encuentran en la Argentina,

8. En octubre de 2024, al momento de redactar este informe, Rio Tinto alcanzó un acuerdo con Arcadium para concretar la compra de la empresa por USD 5.850 millones de dólares. La compra se concretaría a mediados de 2025: <https://www.riotinto.com/en/news/releases/2024/rio-tinto-to-acquire-arcadium-lithium>

9. El litio también puede encontrarse en el agua de mar, aunque con niveles de concentración muy bajos que vuelven difícil su explotación económica con las tecnologías actuales.

Chile y China. En el segundo caso, se trata de pegmatitas denominadas LCT, por estar enriquecidas por metales como litio, cesio y tántalo. El más importante de estos minerales es el espodumeno, cuyos principales depósitos en operación se encuentran en Australia. También hay operaciones de menor tamaño en Zimbabue, Brasil, China y Portugal (Christmann et al., 2015).

Los distintos tipos de depósito requieren procesos productivos técnicamente diferentes para obtener el litio¹⁰. En el caso de los salares, el litio se encuentra disuelto en la salmuera. El principal proceso productivo utilizado en la actualidad se denomina comúnmente como “evaporítico”. La salmuera se bombea y deposita en un sistema de piletas hasta alcanzar un nivel aproximado de concentración de litio del 6%. Ello se logra a partir del efecto del viento y la evaporación solar. La salmuera se va trasladando a través de las distintas piletas y, a lo largo del proceso, se precipitan distintas sales y se utilizan reactivos químicos para eliminar otros elementos, como, por ejemplo, el magnesio y el potasio. El ciclo toma entre 12 y 24 meses, dependiendo de las condiciones climáticas (por ejemplo, la presencia de lluvias lo demora, ya que diluye la salmuera).

Cuando se logra el nivel de concentración deseado, la salmuera concentrada se traslada a una planta química donde se produce el carbonato de litio. Durante el proceso se remueven las impurezas a través de un proceso químico hasta la obtención de carbonato de litio. La planta se ubica, por lo general, en el mismo predio donde se encuentran las pozas de evaporación o en una localidad cercana, ya que no resulta económicamente eficiente trasladar grandes volúmenes de salmuera concentrada a través de grandes distancias. Ello explica por qué los países que cuentan con depósitos de litio en salares son también productores de compuestos de litio.

Actualmente, no es posible producir hidróxido de litio a partir del concentrado obtenido del proceso evaporítico con las tecnologías disponibles. La producción de hidróxido de litio requiere carbonato de litio como insumo, el cual se convierte mediante procesos químicos que involucran el uso de hidróxido de calcio (Jiménez & Sáez, 2022). Este procedimiento incrementa los costos de producción de hidróxido de litio cuando se utiliza materia prima proveniente de salares. Hay desarrollos en curso que tienen como propósito producir hidróxido de litio a través de procesos químicos que utilicen como insumo la salmuera, evitando así tener que producir carbonato de litio (Grageda et al., 2020).

En el caso del litio obtenido a partir de pegmatitas, el proceso comienza con la trituration de la roca, para eliminar la mica y las impurezas de hierro. Luego, se realiza un proceso de flotación para producir un producto más fino. De allí, se logra un espodumeno con un 6% de concentración de óxido de litio, aproximadamente. Este es el principal producto elaborado por Australia y exportado a China para continuar su procesamiento. Este concentrado se transforma luego mediante un proceso de calcinación a temperaturas superiores a 1000° Celsius en una forma denominada Beta. La mezcla de sulfato de litio obtenida, el mineral residual y el exceso de ácido se envían a un estanque de lixiviación para obtener soluciones de sulfato de litio. Mediante distintos procedimientos de purificación, concentración y tratamiento con carbonato de sodio se obtiene el carbonato de litio. El proceso de producción de hidróxido de litio es igual al de carbonato de litio hasta las columnas de intercambio iónico. Luego, se agrega hidróxido de sodio para convertir el sulfato de litio en hidróxido de litio y generar sulfato de sodio que se cristaliza. El rendimiento es del orden del 80-85% de Li (Jiménez & Sáez, 2022).

10. Aquí se presenta una descripción breve y sencilla de los procesos productivos de compuestos de litio. Para un análisis más detallado, véase Tran & Luong (2015).

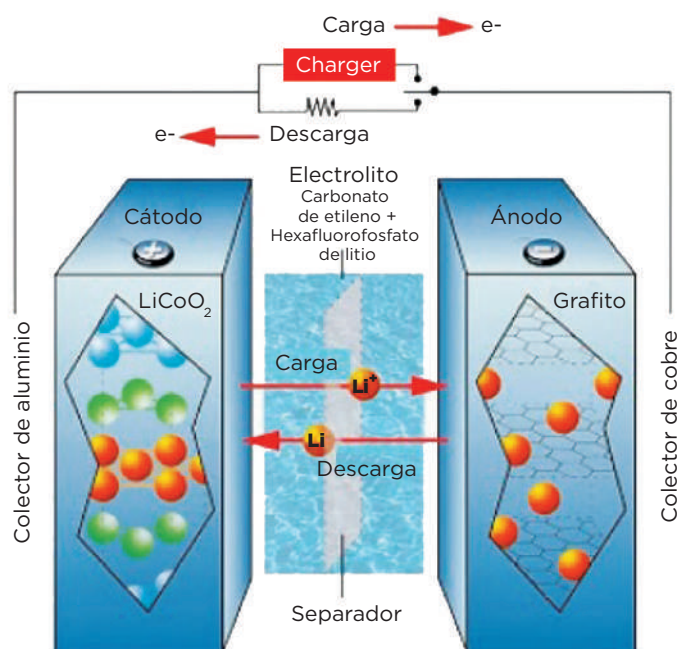
3.2

SEGMENTO INTERMEDIO: PRECURSORES Y CÁTODOS

El segmento intermedio comprende la producción de los precursores y el material activo para la producción de los componentes de los electrodos. La Ilustración 2 ofrece una representación gráfica de la estructura y los principios básicos de funcionamiento de la celda de baterías. La energía es generada por el movimiento de iones de litio al interior de la celda: en la carga, la dirección de dichos iones va desde el cátodo (electrodo positivo) al ánodo (electrodo negativo); durante la descarga, el proceso se invierte. En dicho proceso, los iones de litio atraviesan el electrolito, que tiene un medio orgánico de composición líquida. El separador es una membrana porosa que evita el contacto físico entre los electrodos, permitiendo, sin embargo, la transferencia de los iones de litio (Sharova et al., 2020).

Ilustración 2.

Principales componentes y principios operativos de una celda de batería de ion de litio

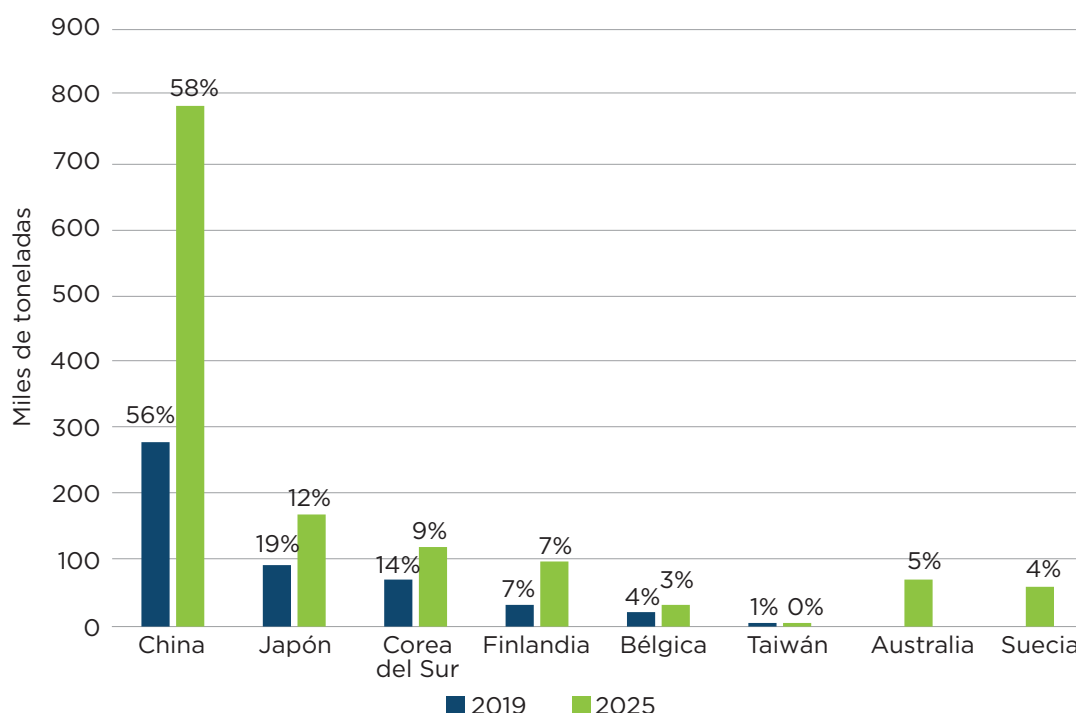


Fuente: Argonne National Laboratory.

Los materiales utilizados en la producción de precursores dependerán de la tecnología del cátodo, por ejemplo, cobalto, níquel y manganeso. Para su producción, los minerales se mezclan, purifican y cristalizan en una forma sólida. Luego, estos materiales se sinterizan a alta temperatura y presión junto al hidróxido de litio o al carbonato de litio –según lo requiera la tecnología de cátodo utilizada– para crear materiales activos de cátodo. El mercado de precursores se concentra en países que tienen capacidad de refinación de químicos para cátodos y baterías, ya que la industria ha avanzado en un proceso de integración vertical (Gráfico 18). De acuerdo con Jones et al. (2021), sin embargo, se espera que países como Australia y Suecia ganen participación en el mercado a partir de los desarrollos de empresas como BHP Nickel West y Northvolt.

Gráfico 18.

Producción de precursores para celdas de baterías de ion de litio



Fuente: Jones et al. (2021).

El cátodo ocupa un papel central en este informe, ya que es el componente que contiene la mayor cantidad de litio y es clave en el rendimiento de la batería. Este elemento representa aproximadamente el 50% del costo total de la celda y es determinante para hacer que los vehículos eléctricos sean más asequibles para los consumidores (Jiménez & Sáez, 2022). Además, el cátodo juega un rol fundamental en la determinación de atributos cruciales para el desempeño de la batería, como la densidad energética, la velocidad de carga, la autonomía y la seguridad.

Por ello, los esfuerzos de innovación tecnológica se han focalizado principalmente sobre este electrodo (Bridge & Faigen, 2022). Las empresas intentan reducir el costo de fabricación del cátodo. Como se ha discutido anteriormente, el crecimiento en el precio de los compuestos de litio ha detenido el proceso de caída en el precio de las baterías (ver Gráfico 16). La tendencia de mediano plazo, sin embargo, es decreciente, principalmente gracias al desarrollo de innovaciones en la química de las celdas, las mejoras en los procesos productivos y las innovaciones en el diseño de las celdas y los paquetes de baterías (BNEF, 2021).

El Cuadro 2 sintetiza las principales características de las tres tecnologías de cátodos más utilizadas por la industria de vehículos eléctricos. En 2023, las tecnologías intensivas en níquel, NMC y NCA –esta última utilizada exclusivamente por Tesla–, explicaron conjuntamente el 60% del mercado (IEA, 2024). Estas opciones tienen una mayor autonomía frente a la tecnología LPF que, en cambio, presenta una mayor estabilidad. Asimismo, algunas de las ventajas de la tecnología LFP es que se produce a base de hierro y fosfato y, por lo tanto, no utiliza como insumos algunos materiales críticos como el cobalto, el níquel o el manganeso. Esto la vuelve menos sensible a las variaciones en el precio de las materias primas (IEA, 2022).

Cuadro 2.

Características de las principales tecnologías de cátodo utilizadas en vehículos eléctricos

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS
Fosfato de Hierro Litio (LFP)	Estabilidad térmica y baja probabilidad de sobrecarga Mayor ciclo de vida Menor costo de producción Menor densidad energética Alto costo en relación con su potencia
Óxido de Níquel Cobalto Aluminio Litio (NCA)	Alta densidad energética Alta resistencia térmica Mayores costos de producción
Óxido de Níquel Manganeso Cobalto Litio (NMC)	Alta capacidad energética Procesos continuos de carga-descarga Bajo costo gracias al reducido contenido de cobalto Mayores riesgos de seguridad

Fuente: elaboración propia en base a Pillot (2019), Fact.MR (2019) y IEA (2022).

Sin embargo, mientras que hace pocos años el mercado parecía orientarse hacia un dominio total de las tecnologías intensivas en níquel, en los últimos tiempos, la tecnología LFP ha vuelto a ganar terreno, especialmente gracias al impulso de China (Gráfico 19). A nivel global, la cuota de mercado de las tecnologías LFP aumentó del 28% en 2021 al 40% en 2023. En China, su adopción alcanzó el 67% en el último año, un contraste marcado frente a su baja participación en Europa y Estados Unidos, donde se sitúa alrededor del 6-7%. En estos mercados, se mantiene fuerte la preferencia por las tecnologías intensivas en níquel.

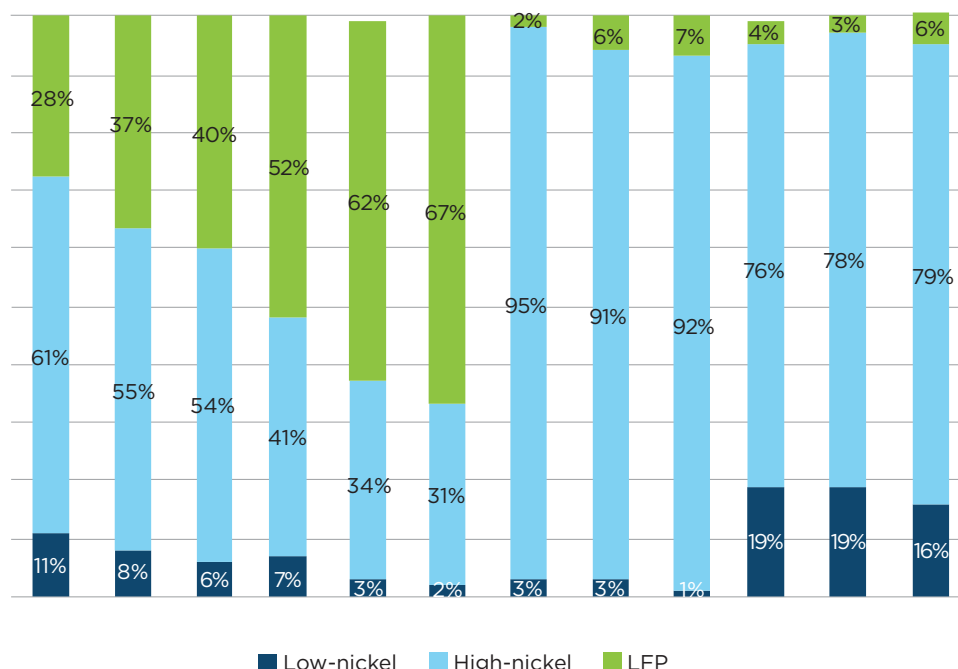
Ciertas innovaciones tecnológicas han contribuido al avance de la tecnología LFP. Por ejemplo, se ha eliminado la necesidad de utilizar módulos que contengan a las celdas en el paquete de baterías. Esta tecnología, denominada **cell-to-pack** (de la celda al paquete) ha permitido reducir el peso del paquete y mejorar la densidad energética de las baterías. Asimismo, las principales patentes de la tecnología LFP ya se encuentran vencidas desde 2022, lo que haría más atractiva su producción. Productores de vehículos eléctricos como Volkswagen y Tesla se han volcado a esta tecnología para modelos de entrada de gama¹¹, y existen planes para la producción de este tipo de baterías en Europa y los Estados Unidos. Como resultado de esto se espera que la tecnología LFP ganen participación en el mercado en los próximos años (IEA, 2022)¹².

11. De acuerdo con IEA (2022), casi la mitad de los vehículos producidos por Tesla durante el primer trimestre de 2022 utilizaron tecnología LFP.

12. La incidencia del litio en la estructura de costos de las baterías varía según la tecnología de la misma. Para un análisis detallado, véase Wentker et al. (2019).

Gráfico 19.

Participación de las distintas químicas de baterías en las ventas de vehículos eléctricos por región (2021-2023)



Fuente: elaboración propia en base a IEA (2024).

Las preferencias de la industria con relación a las tecnologías de cátodo tienen implicaciones sobre el segmento aguas arriba en la cadena de valor. Mientras que las tecnologías NCA y NMC utilizan como insumo hidróxido de litio, la tecnología LFP se produce con carbonato de litio. Como se ha discutido, y se verá con mayor detalle más adelante, los países con depósitos en salares tienen ventajas relativas en la producción de este último producto, que se reducen en el caso del hidróxido de litio debido a las características del proceso de producción.

3.3 SEGMENTO AGUAS ABAJO: BATERÍAS Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

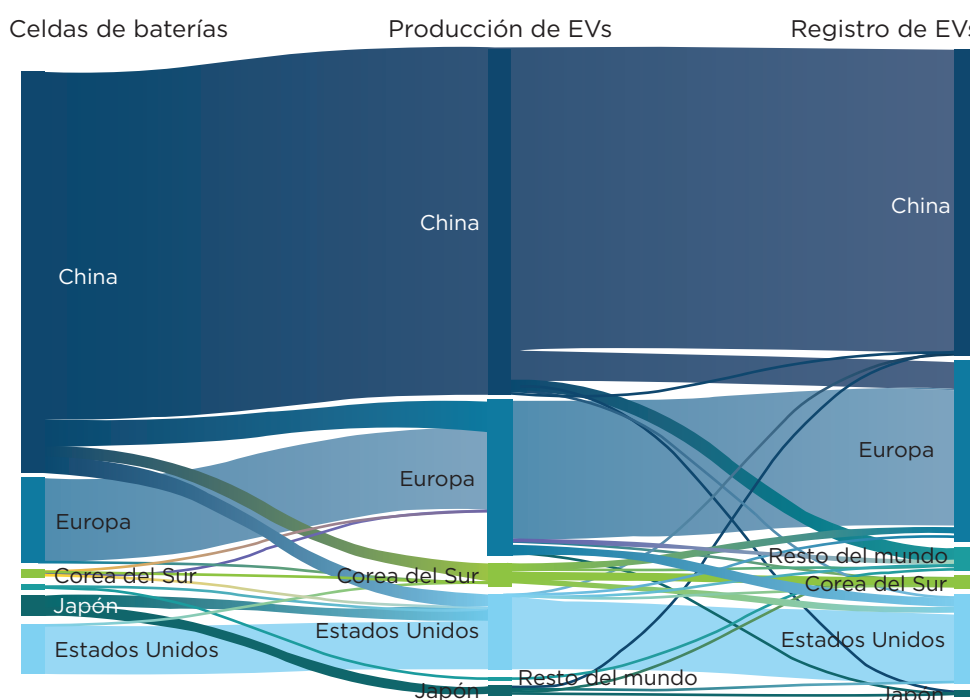
El segmento aguas abajo de la cadena de valor comprende la producción y reciclaje de celdas, módulos y paquetes de baterías y la producción de vehículos eléctricos. Las dinámicas que se desarrollan en este segmento resultan clave para los países con abundantes recursos de litio, ya que, como se ha visto, la expansión de la electromovilidad es el principal motor del crecimiento en la industria de baterías de iones de litio y, por ende, del aumento en la demanda de materias primas.

Hay dos aspectos que resultan relevantes al diseñar estrategias para el desarrollo de la cadena de valor de baterías de ion de litio. En primer lugar, el tándem entre productores de vehículos y fabricantes de celdas ejerce un rol de liderazgo sobre el resto de la cadena. Esta asociación define las estrategias y marca el ritmo en una carrera tecnológica que establece parámetros esenciales para los actores ubicados aguas arriba (Bridge & Faigen, 2022; Obaya & Céspedes, 2021).

En segundo lugar, el desarrollo de la cadena de valor y, especialmente, los segmentos aguas abajo, es objeto de políticas públicas activas, que establecen incentivos, subsidios y reglas de integración local. Esto ha potenciado las tendencias estructurales de la industria a desarrollarse en torno a nodos regionales. Como una réplica a los “espacios automotrices” (Sturgeon et al., 2009; van Tulder, 2004) que caracterizan a la industria automotriz tradicional, también en el caso de la industria de vehículos eléctricos se observa una cercanía entre la producción de celdas y vehículos y los mercados de consumo automotriz.

Gráfico 20.

Flujos internacionales de comercio baterías de litio y vehículos eléctricos (2023)



Fuente: IEA (2024).

3.3.1

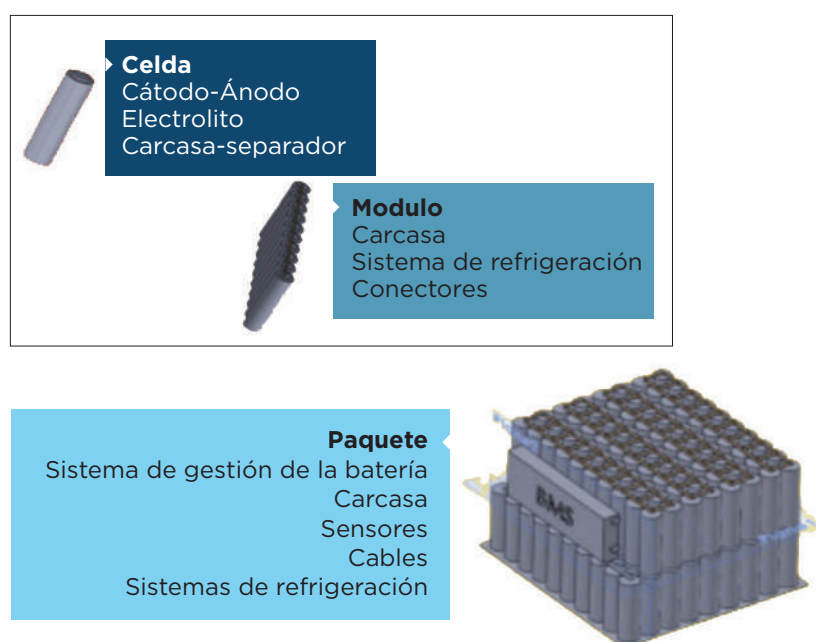
Baterías de ion de litio

El proceso de producción de baterías es similar para las distintas tecnologías de cátodos (Ilustración 3). Para la producción de la celda se mezcla el material activo con un aglutinante, solvente y aditivos. Con el producto resultante se recubren los colectores de corriente que, en el caso del cátodo, son de lámina de aluminio. Los electrodos se enrollan y se secan. La fabricación de la celda consiste en apilar los electrodos, colocando un separador entre ellos. Las celdas se agrupan en módulos integrados por conectores, en una carcasa que cuenta con un sistema de refrigeración propio. Estos módulos se ensamblan en paquetes, que cuentan con un *software*, que contiene el sistema de gestión y control de la batería (BMS, por sus siglas en inglés) (Huisman et al., 2020).

Algunas tecnologías de desarrollo reciente, como la *cell-to-pack* y la *cell-to-chassis*, han modificado este esquema tradicional. En el primer caso, se eliminan los módulos, ya que las celdas se integran directamente en el paquete. Esta tecnología ya se encuentra en uso. De acuerdo con CATL, la tecnología *cell-to-pack*, permitiría aumentar la densidad energética en un 15% y reducir los costos de producción un 30% (Schade et al., 2022). El segundo caso corresponde a una innovación que CATL incorporaría, según ha anunciado, a partir de 2030. Consiste en la integración directa de las celdas al chasis del vehículo. Estas tecnologías tendrían un impacto positivo sobre el desempeño y los costos de producción de las baterías, al reducir el peso y el volumen de materiales inactivos.

Ilustración 3.

Principales componentes de un paquete de baterías

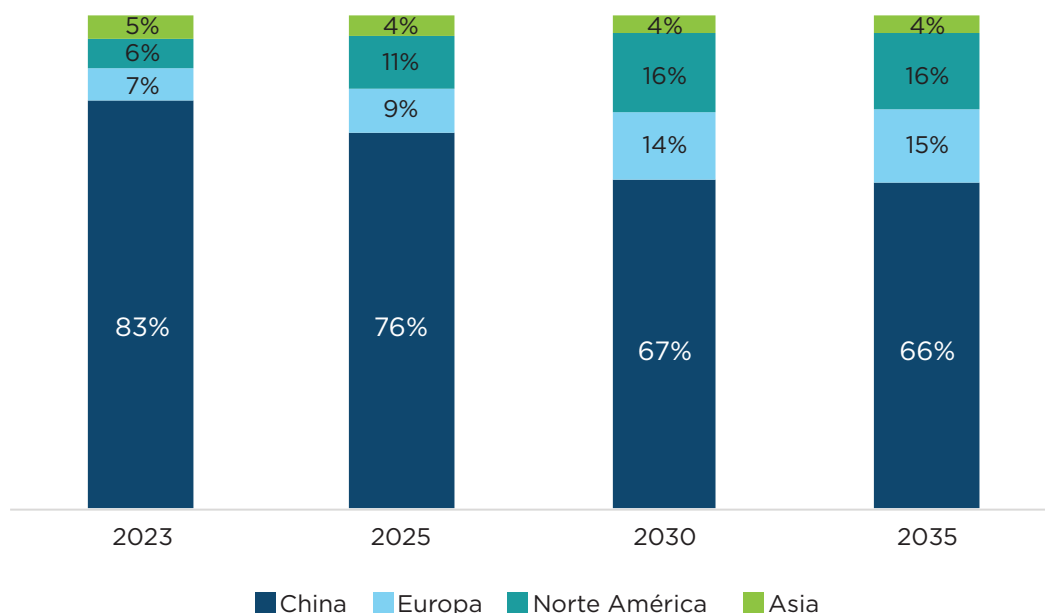


Fuente: elaboración propia en base Huisman et al. (2020).

La capacidad de producción de celdas de baterías ha crecido fuertemente en los últimos años, impulsada no solo por una mayor cantidad de plantas productivas sino también por la mayor escala de cada una de estas plantas (Jones et al., 2021). En 2023, China concentró el 83% de la capacidad de producción de celdas de baterías a nivel mundial, que alcanzó un total de 1036,5 GWh (Gráfico 21). Se estima que hacia 2025, la capacidad de producción mundial será cerca de 4 veces mayor a 2022, mientras que en 2030 la capacidad se duplicará una vez más. Como se observa en el gráfico, se estima que el papel de China, y del continente asiático en general, será decreciente en el periodo proyectado. Sin embargo, mantendrá su dominio, superando el 70% de manera conjunta. Europa y América del Norte aumentarán su peso relativo, pasando de un 6,5% y 6,1% en 2023 a un 15% y 15,6% en 2035, respectivamente. Por su parte, cabe destacar que no hay previsiones respecto a la capacidad productiva de América Latina y el Caribe durante este período. Como se discutirá debajo, el aumento relativo de las regiones fuera de Asia responde a la activa política de promoción que han adoptado Europa y, sobre todo, los Estados Unidos, para desarrollar una industria de electromovilidad, apoyada en una fuerte integración regional de la cadena de valor.

Gráfico 21.

Capacidad de producción de celdas de baterías (2023-2035)



Fuente: elaboración propia en base a datos de Benchmark Mineral Intelligence.

3.3.2

Vehículos eléctricos

El sistema de propulsión (*powertrain*) de un vehículo eléctrico tiene un 60% menos de componentes que el de un vehículo a combustión interna, así como también una composición muy distinta¹³. El paquete de baterías es el principal componente del vehículo eléctrico. Explica, por sí solo, el 50% del costo de producción total del mismo. Por ello, hay quienes denominan a este tipo de vehículos “una batería con ruedas”¹⁴.

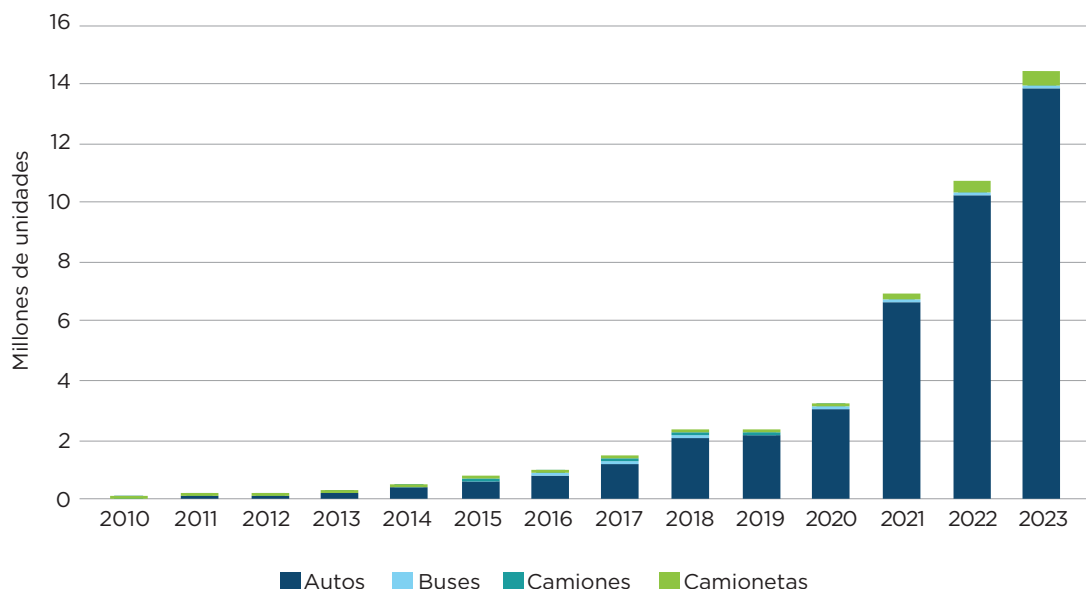
El mercado de vehículos eléctricos se ha expandido a una gran velocidad (Gráfico 22): mientras que en 2019 se vendieron 2,2 millones de vehículos eléctricos, lo que representaba solo 2,5% de las ventas globales de vehículos, en 2023 se vendieron 13,8 millones de vehículos eléctricos que representaron el 18% de las ventas totales (IEA, 2024).

13. Para una ilustración, véase <https://evreporter.com/ev-powertrain-components>.

14. Cuando la empresa japonesa Mazda lanzó su modelo MX-30 en 2020, señaló que se trataba “de un “auto con una batería, no de una batería con ruedas”, para destacar la calidad del diseño y las prestaciones de su modelo en comparación con el resto de la industria. <https://insideevs.com/news/378015/mazda-mx-30-orders-opened/>

Gráfico 22.

Ventas de vehículos eléctricos, 2010-2023

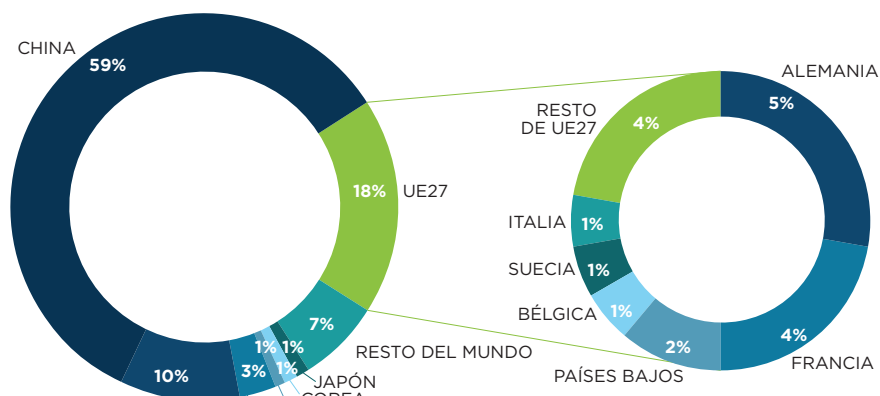


Fuente: elaboración propia a partir del Global EV Data Explorer de la Agencia Internacional de Energía.

China, Europa y los Estados Unidos explicaron de manera conjunta el 92% de las ventas globales de vehículos eléctricos en 2023 (Gráfico 23). Sin embargo, el país asiático es, por lejos el principal mercado, ya que dio cuenta por sí solo del 58% de las ventas. En Europa, las ventas crecieron 24% en 2023, mientras que en los Estados Unidos se expandieron 40% y en China 37% (IEA, 2024). El crecimiento en el volumen de ventas mundiales se vio acompañado por un aumento considerable en el número de modelos. La cifra es tres veces más alta que la de 2019, alcanzando aproximadamente 590 modelos disponibles, de los cuales cerca de dos tercios corresponden a SUVs, camionetas pick-up y automóviles grandes (IEA, 2024). El portafolio más variado corresponde a China, donde hay cerca de 300 modelos disponibles. En Europa se alrededor de 150 modelos, mientras que en Estados Unidos hay cerca de 100 (IEA, 2024).

Gráfico 23.

Ventas de vehículos eléctricos en principales mercados (2023)

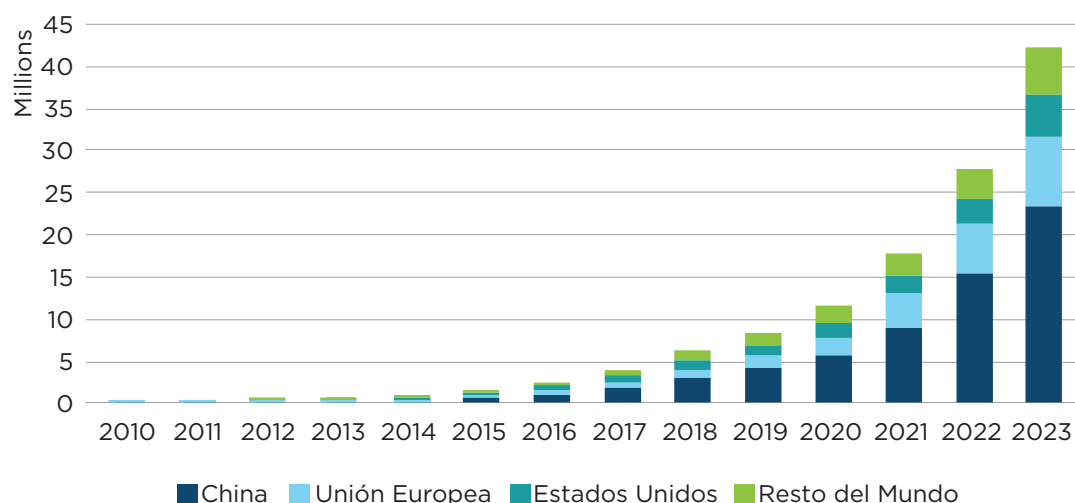


Fuente: elaboración propia a partir del Global EV Data Explorer de la Agencia Internacional de Energía.

China ha tenido este papel dominante desde 2015. Ello explica el crecimiento acelerado de su flota, que pasó de 790 mil en 2015 (29% de la flota mundial) a más de 23 millones vehículos en 2023 (55% de la flota mundial).

Gráfico 24.

Flota mundial de vehículos eléctricos (2010-2023)



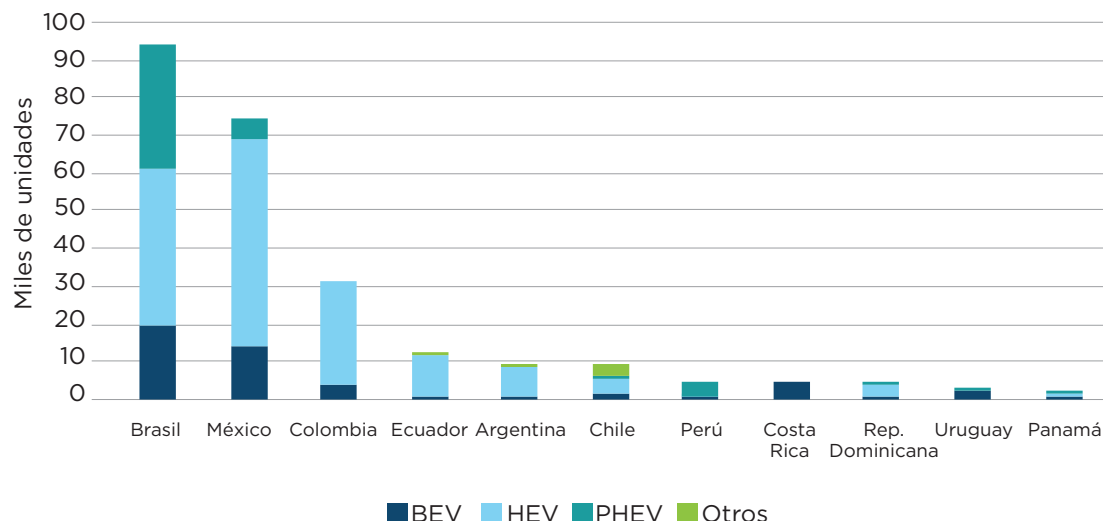
Fuente: elaboración propia a partir del Global EV Data Explorer de la Agencia Internacional de Energía.

Los países de América Latina y el Caribe tienen un papel marginal en el mercado de vehículos eléctricos. Si bien ha crecido de manera considerable durante los últimos años, el volumen de ventas anuales se encuentra en niveles muy bajos. Durante 2024 circulaban 249.079 vehículos eléctricos livianos, que representaban solo el 0,3% del parque automotor (OLADE, 2024). Cuando se consideran los vehículos eléctricos de baterías (BEV, por sus siglas en inglés), en 2023, las ventas en la región se superaron las 47.881 mil unidades en América Latina. Su punto más alto se encuentra en las 19.310 unidades vendidas en Brasil (Gráfico 25). Las tasas de penetración en los principales mercados oscilan entre el 1% y 3%, bien por debajo del 18% registrado a nivel global (IEA, 2024). Este es un condicionante importante para el desarrollo de una cadena productiva traccionada por un mercado regional de electromovilidad.

Al considerar otras tecnologías de vehículos eléctricos, se observa que los vehículos híbridos eléctricos enchufables (18% del total de ventas de vehículos eléctricos) y, especialmente, los no enchufables (81%) aumentan considerablemente el volumen de mercado, alcanzando conjuntamente el 80% del total. La predominancia de estos vehículos puede interpretarse como un indicador de menor madurez del mercado regional, dado que en los mercados más avanzados estas tecnologías han disminuido en relevancia frente a los vehículos completamente eléctricos, que dominan las ventas en países con políticas más maduras de transición energética y una infraestructura de recarga más desarrollada.

Gráfico 25.

Mercado latinoamericano de vehículos eléctricos (2023)



Fuente: elaboración propia en base a datos de Asociación Latinoamericana de Movilidad Sostenible, Sistema de Información Online del Mercado Automotor de Argentina, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México), Asociación Nacional Automotriz de Chile, Associação Brasileira do Veículo Elétrico (Brasil), Ministerio de Industria, Energía y Minería (Uruguay), Asociación Nacional de Industriales (Colombia), Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Secretaría Nacional de Energía (Perú) y Asociación Automotriz de Perú.

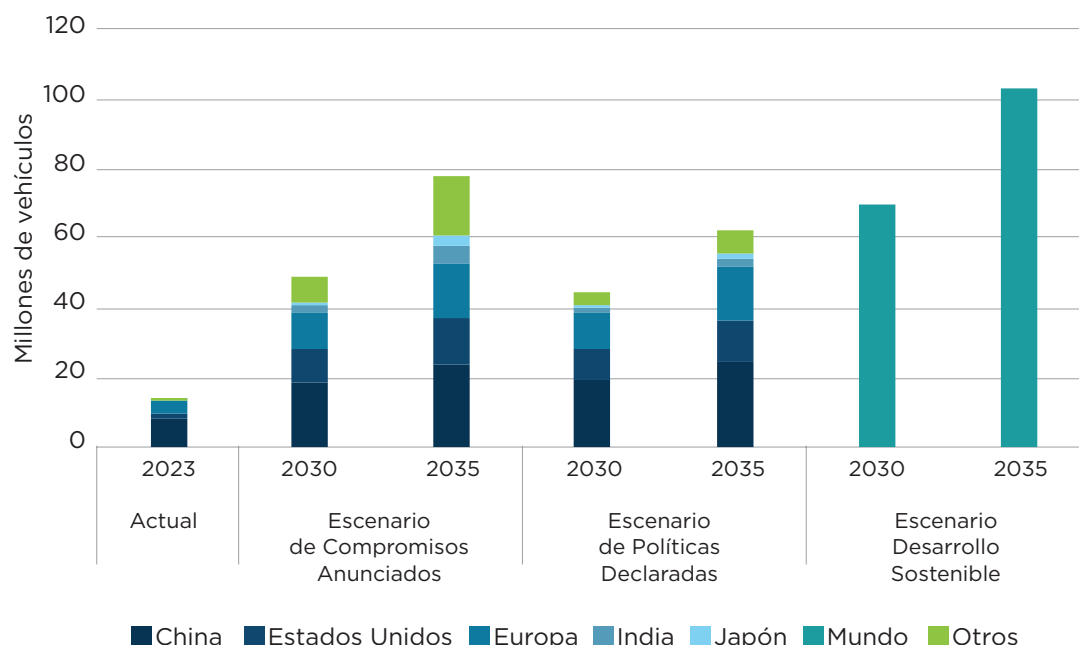
Referencias: BEV: Vehículo eléctrico de batería; HEV: Vehículo eléctrico híbrido; PHEV: Vehículo eléctrico enchufable.

La Agencia Internacional de Energía construye dos escenarios para realizar sus proyecciones: el escenario de “Políticas Declaradas” (STEPS) y el “Escenario Desarrollo Sostenible” (SDS)¹⁵. En el caso de la electromovilidad, la AIE estima que la flota de vehículos eléctricos crecería a una tasa promedio anual del 23% en el caso del escenario STEPS, alcanzando 250 millones de vehículos en 2030 y 525 millones en 2035 -lo que representaría un 25% de la flota total. Las ventas anuales proyectadas para el 2030 de 45 millones de vehículos, representarían un 40% de las ventas totales, mientras que se proyectan ventas anuales de 65 millones para 2035, que explicarían el 50% de las ventas en este escenario. En el caso del escenario más ambicioso (SDS), la flota alcanzaría 790 millones de unidades en 2035, con una tasa de crecimiento del 27% anual, alcanzando una cuota de mercado del 65% en 2030 y 95% en 2035 (IEA, 2024).

15. Para una mayor explicación sobre los criterios de construcción de cada escenario, véase IEA (2023).

Gráfico 26.

Ventas de vehículos eléctricos por región y escenario (2030 y 2035)



Fuente: elaboración propia en base a IEA (2024).

3.3.3

Reciclaje de baterías

En los últimos años, el interés por aumentar el reciclaje de baterías de ion de litio ha crecido significativamente. Ello ha impulsado la creación de marcos regulatorios en regiones como China y Europa. Estos marcos incluyen requisitos específicos sobre el contenido mínimo de material reciclado en las baterías nuevas. El Reglamento Europeo de Baterías, por ejemplo, establece que, a partir de 2031, cada batería deberá contener al menos un 16% de cobalto reciclado (aumentando a 26% para 2036), un 85% de plomo, un 6% de níquel (incrementándose al 15% en 2036) y un 6% de litio (subiendo al 12% para 2036) (Sanin et al., 2023). En China, la normativa vigente busca alcanzar una tasa de reciclaje del 50% para 2025, fomentando la recuperación de materiales valiosos dentro de las cadenas de suministro de baterías. En América Latina y el Caribe, el reciclaje y la reutilización de baterías de litio están aún en una fase inicial. Actualmente, la región carece de un marco regulatorio específico, así como de la infraestructura y capacidades necesarias para realizar reciclaje de manera efectiva.

Esta tendencia responde principalmente a dos factores. En primer lugar, el reciclaje ofrece una solución al problema de los residuos generados por las baterías de ion de litio al alcanzar el final de su vida útil, generalmente estimado entre 7 y 10 años, dependiendo del fabricante (Zeng et al., 2019). Dado que estas baterías suelen clasificarse como residuos peligrosos debido a su alta densidad energética y la presencia de elementos con riesgos químicos y eléctricos, es importante gestionar adecuadamente estos desechos para mitigar su impacto ambiental y prevenir incendios (Sanin et al., 2023). Además, se están desarrollando estrategias para extender la vida útil

de las baterías descartadas de los vehículos eléctricos, reutilizándolas en aplicaciones de almacenamiento estacionario para energía renovable. Este uso secundario permite aprovechar las capacidades residuales de las baterías y, al mismo tiempo, reduce la demanda de materiales vírgenes necesarios para la fabricación de nuevas baterías (World Bank, 2020).

En segundo lugar, el reciclaje de baterías podría contribuir a aliviar la restricción en el aprovisionamiento de materiales críticos. Existe una creciente presión regulatoria – especialmente por parte de China y de la Unión Europea– que aumenta los requisitos de contenido de materias primas proveniente del reciclaje (Bird et al., 2022). En respuesta a ello, algunos productores de vehículos y sus proveedores de celdas e insumos se están asociando para reutilizar y reciclar baterías. En el caso del litio, se estima que menos del 1% de la demanda de materia prima proyectada hacia 2030 (en cualquiera de los dos escenarios considerados) provendría del reciclaje de baterías. Esto es un porcentaje muy inferior al del cobalto, que superaría el 2% en 2030 (IEA, 2022).

Sin embargo, el reciclaje no siempre es viable en términos económicos o técnicos. El proceso de reciclado de baterías presenta desafíos importantes. Se destacan, entre ellos, las restricciones a la automatización, impuesta por la heterogeneidad de baterías, o los peligros asociados al manejo de los materiales reactivos (Harper et al., 2019; World Bank, 2020). Actualmente, los esfuerzos por desarrollar procesos adecuados están encabezados por China (Moreno-Brieva & Marín, 2019), existiendo también experiencias de procesos integrados en otros países de Asia (Corea del Sur y Japón), Europa (Bélgica, Alemania, Francia y Finlandia) y Estados Unidos (Sanin et al., 2023).

Actualmente existen tres procesos de reciclados de baterías: la pirometalurgia, el procesamiento mecánico con tratamiento metalúrgico y el reciclado directo. La pirometalurgia es eficiente para recuperar el cobre, cobalto y níquel, aunque el aluminio y el litio presentan muchas más dificultades y riesgos en su recuperación. El procesamiento mecánico, si incluye tratamiento térmico permite una separación clara de cobre, aluminio y masa negra, pero es un proceso muy complejo y costoso. Por último, el reciclaje directo permite el ahorro de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero, pero requiere de una mayor homogeneidad entre las baterías recicladas (Sanin et al., 2023).





4. LA COMPETITIVIDAD EN LA CADENA DE VALOR DE LA ELECTROMOVILIDAD

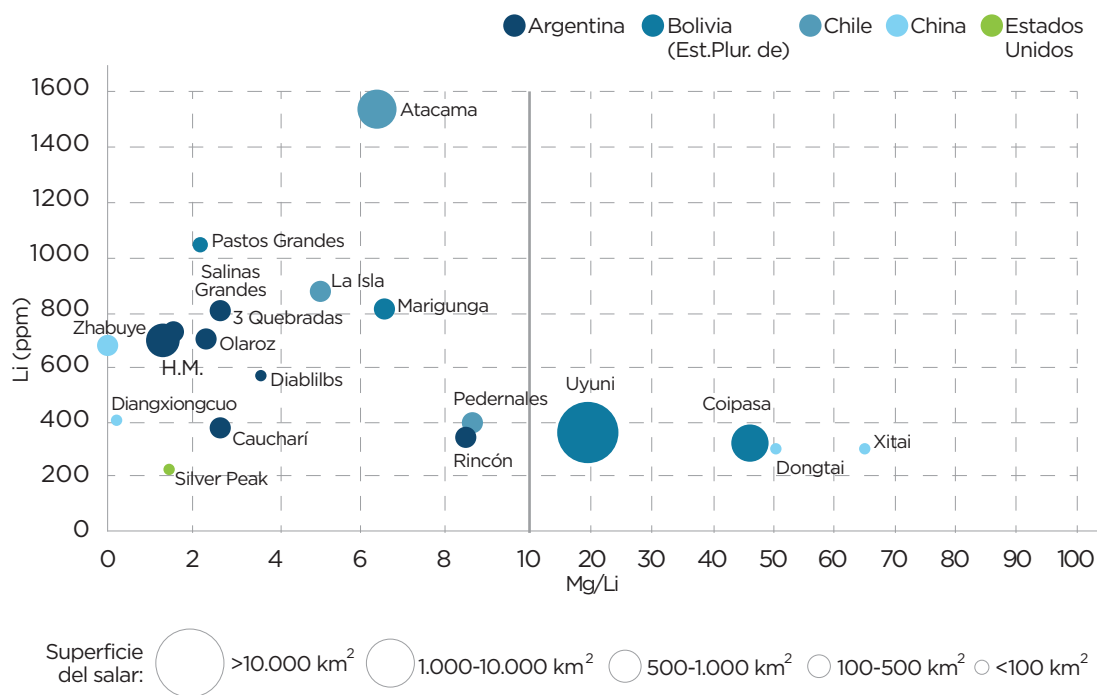


4.1 EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

La competitividad de las empresas que operan en el segmento aguas abajo depende de una amplia variedad de factores, que incluyen aspectos ambientales, regulatorios, tecnológicos, entre otros. Un factor crucial es el tipo de depósito donde se encuentran los recursos de litio, así como su composición química y la calidad de la materia prima. En el caso de los salares, dos variables son particularmente relevantes para determinar este atributo: la concentración de litio en la salmuera y la relación litio/magnesio, ya que una mayor presencia de magnesio dificulta el proceso de purificación del litio en el proceso evaporítico. Además, factores como los niveles de precipitación y las temperaturas de la región influyen en la eficiencia del proceso de evaporación. En estos aspectos, los salares de Argentina y Chile muestran características más favorables en comparación con los de Bolivia (Gráfico 27). Los productores en Argentina y Chile se sitúan en los niveles inferiores de la curva de costos en comparación con las operaciones que se desarrollan en China, tanto en salares como en el procesamiento de concentrado de espodumeno extraído en Australia (COCHILCO, 2023; Jones et al., 2021). En Bolivia, los costos de producción son potencialmente más elevados que en otros países del triángulo del litio debido al alto contenido de magnesio y a condiciones ambientales menos propicias para la evaporación (Calla Ortega, 2014).

Gráfico 27.

Composición química de los salares: concentración de litio y relación magnesio-litio (en partes por millón)



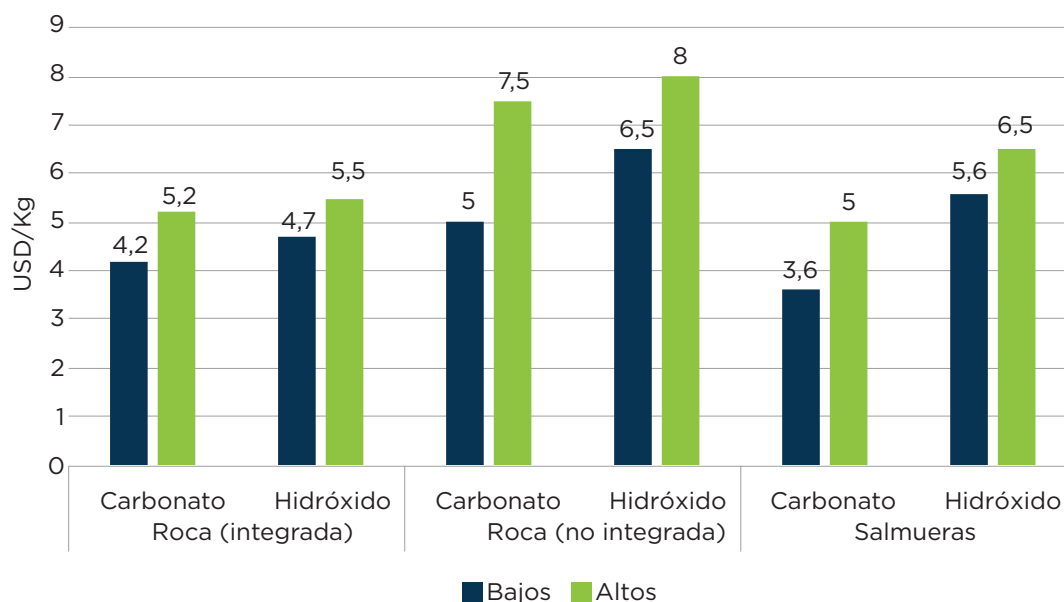
Fuente: MINEM (2018).

En el caso del hidróxido de litio, las operaciones en salares pierden ventaja competitiva. Como se ha mencionado, estas operaciones requieren carbonato de litio como insumo para producir hidróxido de litio. Si se toma en cuenta el costo de producción de este insumo, los productores se mantienen en niveles de costo más elevados que las operaciones en roca integradas -donde el refinamiento del concentrado de espodumeno se realiza en el mismo sitio que la producción de compuestos de litio-, pero competitivas respecto a las no integradas (Gráfico 28). Estas últimas corresponden, por ejemplo, a las plantas de conversión que se ubican en China y operan a partir del concentrado de espodumeno australiano. En este último caso, los costos de producción aumentan, sobre todo debido a los costos de transporte involucrados.



Gráfico 28.

Rangos de costos de producción de carbonato de litio e hidróxido de litio (2020)

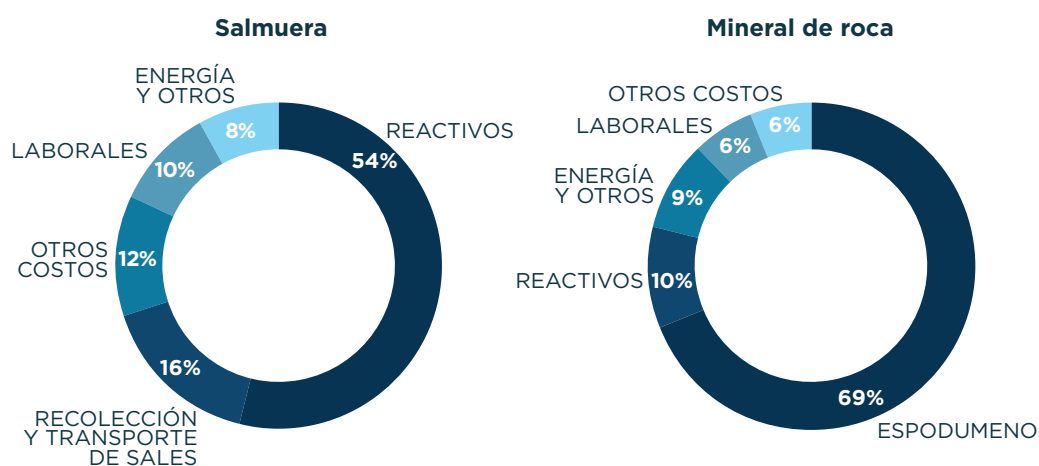


Fuente: COCHILCO (2023) en base a Roskill.

La estructura de costos de las actividades de procesamiento para la producción de carbonato de litio e hidróxido de litio difieren notablemente en el caso de los salares y los depósitos de mineral de roca (Gráfico 28) (Sanin et al., 2023). En el primer caso, el principal costo corresponde a la utilización de reactivos químicos y, en menor medida a la recolección y transporte de la salmuera concentrada. En el segundo, el principal costo es el concentrado de espodumeno utilizado por las plantas de conversión.

Gráfico 29.

Composición del cash cost del carbonato de litio según método de producción



Fuente: COCHILCO (2023) con base en datos de Tianqi.

Los elevados niveles de precio que alcanzaron los compuestos de litio en 2022 y parte de 2023 ofrecían una oportunidad para el ingreso al mercado de aquellos productores menos eficientes que operan con márgenes aceptables de rentabilidad. Ello contribuye a explicar por qué la actividad exploratoria se intensificó en depósitos “no tradicionales”, basados por ejemplo en arcillas o salmueras geotermales. Esta situación ha cambiado con la caída de los precios. Ello favorece a los productores en Argentina y Chile, que se mantienen en los cuartiles inferiores de las curvas de costos y son capaces de mantener niveles aceptables de rentabilidad con precios en torno a los USD 10-15/kg (Jones y otros, 2021b).

Como contrapunto, sin embargo, debe considerarse que, en países de altos ingresos que aspiran a desarrollar una industria de electromovilidad –en particular en los Estados Unidos–, el desarrollo de proyectos de exploración y producción de litio reciben subsidios que reducirían el costo de la inversión. Ello terminaría beneficiando la rentabilidad del proyecto, aun cuando se pueda tratar de productores relativamente menos eficientes.

4.2

PRODUCCIÓN DE PRECURSORES QUÍMICOS Y MATERIAL ACTIVO DE CÁTODO

Desde el punto de vista técnico, la fabricación de precursores y material activo de cátodo es relativamente sencilla en comparación con otras actividades de la cadena de valor. Como se ha discutido, algunos países de Asia y, en particular China, son actualmente los principales proveedores de este tipo de productos. Este último país tiene un papel relevante en la etapa de refinación de varios de los minerales considerados críticos para la fabricación de baterías de ion de litio, como el cobalto, el níquel o el litio. Su peso, en cambio, es menos relevante en la etapa de producción de las materias primas.

Durante los últimos cinco años, este segmento de la cadena de baterías ha experimentado un proceso de integración vertical. La mayor parte de la producción mundial de precursores para baterías es realizada por refinerías químicas que fabrican productos para baterías (por ejemplo, Huayou, Sumitomo Metal Mining) o los propios fabricantes de cátodos (como Umicore o BASF) (Jones et al., 2021).

Uno de los factores que determina la competitividad en la producción de precursores y material activo de cátodo es la disponibilidad de acceso a materias primas y compuestos refinados (Jones et al., 2021). En consecuencia, la disponibilidad de materias primas y, sobre todo, de productos refinados opera como un factor limitante al momento de promover el desarrollo de este segmento de la cadena de valor en América Latina. En ocasiones, los países ricos en recursos de litio dan gran importancia a la disponibilidad de este recurso, sin considerar la necesidad de abastecerse de otros recursos críticos que deberían importarse, y que muchos países del mundo buscan asegurarse (Lebrouhi et al., 2022). Como se ha señalado, este obstáculo se reduciría en el caso de fabricar baterías con tecnología LFP, que utilizan hierro y fosfatos.

4.3

PRODUCCIÓN DE CELDAS, PAQUETES Y MÓDULOS DE BATERÍAS DE ION DE LITIO

Como se ha visto, las tendencias actuales en la configuración del segmento aguas abajo en la cadena de valor indican una preferencia por establecer las plantas de celdas

de baterías cerca de las de producción de vehículos eléctricos (Bridge & Faigen, 2022) –ver Gráfico 20, en Sección 2.3. La preferencia por la configuración de redes regionales de producción puede, en parte, estar explicada por los altos costos de seguro y transporte que supone el comercio internacional de baterías (Jones et al., 2021).

La escala de producción es otro factor relevante para la competitividad de la industria. Los márgenes en la producción de celdas son pequeños y sensibles al tamaño de las operaciones. Ello representa un desafío importante para la industria que tiene una elevada capacidad instalada ociosa. En 2023, por ejemplo, la producción de baterías para vehículos eléctricos fue de 2,2 terawatt-horas mientras que la demanda fue de solo 750 gigawatt-horas. La IEA (2024) reporta que la capacidad instalada aumentó más de un 45% en China y Estados Unidos, y un 25% en Europa. En caso de que estos niveles disminuyan, se podrían cancelar proyectos de construcción de plantas o avanzar en una mayor consolidación de la industria.

De acuerdo con IEA (2022), la elevada capacidad ociosa se explica, en primer lugar, por las estrategias de las empresas productoras de celdas, que decidieron anticipar sus inversiones para establecer una capacidad productiva que les permitiera posicionarse tempranamente para atender los aumentos de demanda proyectada en el sector automotriz. En segundo lugar, los proyectos pueden demorar entre 3 y 6 años para que el volumen de producción alcance la capacidad teórica de la planta.

El costo de las materias primas es un factor clave para evaluar la competitividad de los fabricantes de celdas de baterías. Durante 2022 y parte de 2023, este factor fue particularmente relevante debido al fuerte aumento en los precios de los insumos necesarios para la producción de cátodos (ver Gráfico 15, más arriba). Este incremento de costos aceleró la transición hacia la tecnología de cátodo de litio-ferrofosfato (LFP). Aunque los precios de las baterías LFP también están sujetos a variaciones en el precio del carbonato de litio, estas baterías mantuvieron un costo promedio un 25% inferior en comparación con las que emplean cátodos de níquel, manganeso y cobalto (NMC).

China es actualmente el productor de paquetes de baterías a los costos de producción más bajos del mercado global, con un promedio de USD 127/kWh, aproximadamente un 20% por debajo del precio en Estados Unidos (IEA, 2024). Esta diferencia puede explicarse por varios factores. En primer lugar, las empresas chinas acceden a precios preferenciales en su mercado interno, lo que reduce significativamente los costos de los insumos clave. En segundo lugar, China ha logrado una integración vertical de la cadena de valor de baterías, lo cual permite una producción más eficiente al controlar varias etapas del proceso, desde la extracción de materias primas hasta la fabricación de celdas y ensamblaje de paquetes. Además, la tecnología de cátodo LFP, que es más económica que otras opciones como la de NMC, tiene una mayor prevalencia en el mercado chino, contribuyendo a la reducción de costos.

4.4 MERCADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En 2022, el precio de los vehículos eléctricos fue entre un 10% y un 50% superior al de los vehículos de combustión interna, según la IEA (2024). Aunque esta diferencia varía considerablemente entre segmentos y regiones, es un factor clave que afecta la disposición de los consumidores a adoptar vehículos eléctricos en lugar de convencionales. En respuesta, muchos países promueven la electromovilidad mediante

subsidios que buscan reducir esta brecha (Zimm, 2021). Sin embargo, el gasto de los estados se ha reducido a través de los años, de un 20% del gasto total en vehículos eléctricos en 2017, a un 10% en 2022 (IEA, 2023). La IEA (2024) proyecta que la paridad de precios podría alcanzarse para 2030, aunque no necesariamente en todos los segmentos de mercado.

Un elemento fundamental para mejorar la competitividad de los vehículos eléctricos es la expansión de la escala de producción. En China, por ejemplo, principal mercado del mundo, ya se ha alcanzado la paridad de precios, con numerosos modelos de vehículos eléctricos que son incluso más económicos que los de combustión interna. En contraste, en Estados Unidos la diferencia de precios ronda el 50%, siendo el segmento de SUV aquel que se acerca más rápidamente a la paridad (IEA, 2024). En Europa, las diferencias de precios también varían entre países y segmentos de mercado. Antes de considerar los subsidios, en Alemania, los vehículos eléctricos cuestan un 14% más, mientras que en Francia esta diferencia es del 39% y en el Reino Unido, del 44% (IEA, 2024).

El comercio internacional de vehículos eléctricos a gran escala sigue siendo limitado, especialmente en los principales mercados. La producción tiende a localizarse cerca de los grandes centros de consumo, y solo el 15% de los vehículos eléctricos se exportaron en 2022 (IEA, 2023). China representó el 35% de estas exportaciones, con Europa y la región Asia-Pacífico como sus principales destinos. En 2023, las exportaciones chinas de vehículos eléctricos aumentaron un 80% en comparación con el año anterior (IEA, 2024). A pesar del aumento en el número de vehículos exportados, el porcentaje de exportaciones sobre las ventas totales ha disminuido en los últimos cuatro años (IEA, 2023).

Aunque la reducción de precios ha sido uno de los principales objetivos de las políticas de promoción de la electromovilidad, estas políticas han sido diseñadas como paquetes integrales que incluyen regulaciones y medidas adicionales, consolidando así un compromiso global con la transición hacia una matriz energética menos dependiente de combustibles fósiles. Un elemento que explica el acelerado crecimiento del mercado es el nivel de incentivos que otorgan los gobiernos a la industria de la electromovilidad.

Los avances tecnológicos también desempeñan un rol crucial en el desarrollo de un mercado de vehículos eléctricos a gran escala. Entre las características de las baterías valoradas por los consumidores, destaca especialmente la autonomía de los vehículos, una limitación que históricamente dificultaba la adopción de esta tecnología (Capuder et al., 2020). En los últimos años, se han logrado notables progresos en este ámbito, en gran medida, gracias al apoyo de los programas públicos de apoyo a la investigación y desarrollo. La disponibilidad para cargar las baterías es otro aspecto clave para los usuarios. Las estrategias más efectivas han priorizado el desarrollo de una infraestructura de recarga adecuada, que contemple la distribución de estaciones, la estandarización de equipos y la armonización de los sistemas, además de la difusión de información sobre los beneficios de los vehículos eléctricos (Broadbent et al., 2018; Capuder et al., 2020).

En este contexto, el incipiente mercado latinoamericano opera aún como un nicho, abastecido con vehículos eléctricos producidos en el exterior. Actualmente, la decisión de adquisición de vehículos eléctricos en esta región no se explica por su precio. Por lo tanto, los fabricantes no enfrentan las presiones competitivas que están presentes en los principales centros de consumo de los bienes de la electromovilidad. Existen planes de producción de vehículos eléctricos en Brasil y en México, países que cuentan con una industria automotriz desarrollada, un amplio mercado interno y, en el caso de este último país, una gran integración con el espacio automotriz norteamericano.



5. MAPEO DE LOS PRINCIPALES ACTORES



5.1

LA CONFIGURACIÓN DE REDES GLOBALES DE PRODUCCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD

Las redes globales de producción en el sector de la electromovilidad se encuentran aún en una etapa incipiente y evolucionan de manera dinámica. La distribución geográfica de las actividades está experimentando un cambio gradual, impulsado por los incentivos derivados de políticas públicas que promueven el desarrollo del sector (ver Sección II). Las alianzas y modalidades de colaboración entre los distintos actores se encuentran en un proceso de definición y consolidación. Por su parte, las características técnicas y organizativas de estas redes difieren considerablemente de las del complejo automotriz tradicional y aún están lejos de alcanzar la madurez.

El Cuadro 3 presenta una caracterización de los principales tipos de empresas que forman parte de la producción de baterías de iones de litio para la industria automotriz siguiendo la clasificación propuesta por Coe & Yeung (2015). Actualmente, el liderazgo de las redes de producción de la electromovilidad está en manos del tándem conformado por las empresas productoras de vehículos y los productores de celdas. Las primeras son las que determinan el volumen de mercado, establecen los atributos clave de los productos y coordinan los principales nodos de la red. Los productores de celda, por su parte, operan como socios estratégicos que controlan las tecnologías de producción de baterías de ion de litio, crítica para los vehículos eléctricos.

En muchos casos, estas empresas líderes no provienen de la industria automotriz, sino que tienen origen en otras industrias –como la electrónica y la química– o fueron directamente creadas para operar en este nuevo sector. De hecho, estas últimas son las que han mostrado una mayor capacidad de crecimiento y se han posicionado

como líderes del mercado de vehículos eléctricos. Los productores tradicionales, por su parte, tardaron más tiempo en romper la inercia de su modelo de negocios e iniciar la transición hacia el nuevo paradigma de la electromovilidad.

Cuadro 3.

Actores que participan de la red de producción de baterías de ion de litio para la industria de vehículos eléctricos

ACTOR	POSICIÓN	FUNCIÓN	PRINCIPAL ACTIVIDAD	PRINCIPALES EMPRESAS
Empresas automotrices	Líder	Coordinación y control de la red	Definición de producto y de mercados de destino	BYD, Tesla, Volkswagen, SAIC-GM-Wulin, Geely, Stellantis
Productores de celdas de baterías	Socio estratégico	Provisión de soluciones estratégicas a empresas líderes	Desarrollo de la tecnología y producción de baterías	CATL, BYD, LG Energy Solution, Panasonic, SK On, Samsung SDI
Productores de material catódico	Productores especializados (específicos de la industria)	Provisión de insumos estratégicos para producción de celdas	Desarrollo y producción de material catódico para la producción de baterías	Umicore, Sumitomo, BASF
Productores de compuestos de litio	Productores especializados (múltiples industrias)	Provisión de insumos estratégicos para producción de cátodos	Producción de compuestos de litio	Albermarle, SQM, Pilbara, Arcadium
Reciclado de baterías de litio				Nippon Recycle Center Corp, Umicore, Ganfeng, Accurec, Glencore, SungEel MCC

Fuente: actualizado, sobre la base de Obaya & Céspedes (2021).

Un rasgo novedoso de esta red emergente concierne al vínculo entre los actores que operan entre los distintos segmentos productivos de la red. Los productores de insumos críticos y especializados basados en recursos naturales han adquirido una importancia estratégica que marca una diferencia importante entre la cadena de valor de la electromovilidad y la de la industria automotriz tradicional. La importancia de asegurar el suministro de minerales como el litio, el cobalto o el grafito se ha convertido en una condición necesaria para la factibilidad del desarrollo de la electromovilidad. Por ello, las alianzas y acuerdos al interior de la cadena de valor involucran directamente a los productores de automóviles y baterías con los productores de materias primas como el litio.

En este escenario, las empresas han optado por distintos tipos de estrategia empresarial. Por ejemplo, la china BYD ha avanzado en una marcada estrategia de integración vertical, que abarca desde la producción de material catódico a la producción de vehículos. Tesla ha desarrollado una alianza estratégica con Panasonic para la producción de celdas en Estados Unidos y con CATL para la producción en China, donde, además, utiliza otra tecnología de cátodo. Asimismo, mantiene acuerdos con empresas que operan en la industria de litio. Toyota, por su parte, ha invertido en una empresa conjunta con Arcadium para producir carbonato de litio en la Argentina, y en una planta en Japón para producir hidróxido de litio a partir de la materia prima

importada desde Argentina. También ha creado una empresa conjunta con Panasonic, para la producción de celdas (Obaya & Céspedes, 2021).

El Gráfico 30 ilustra la complejidad de la trama de acuerdos al interior de la red de producción de vehículos eléctricos¹⁶. El tamaño de las figuras del gráfico indica la cantidad de acuerdos firmados por cada empresa. En el corazón de la red, por el número de vinculaciones, se encuentran los productores de celdas de baterías. El número de productores de celdas, como se mostrará debajo, es relativamente reducido y tiene una elevada concentración en los primeros dos –CATL y BYD–, que explican el 51% de la capacidad instalada. Ello explica su centralidad en la red. Entre los productores de celdas prevalecen los acuerdos con empresas automotrices. Establecen acuerdos de suministro y, en algunos casos, acuerdos más profundos que implican la creación de empresas conjuntas que tienen como propósito montar plantas de producción de celdas y paquetes de baterías junto a las de producción de vehículos. Los productores de celdas también mantienen acuerdos con empresas productoras de litio o de compuestos de litio para asegurarse el suministro de materias primas. En algunos casos, estos acuerdos se realizan con empresas establecidas –como Livent o SQM–, mientras que en otro son acuerdos de compra (*offtake agreements*) que establecen promesas de suministro con base a la producción futura del bien.

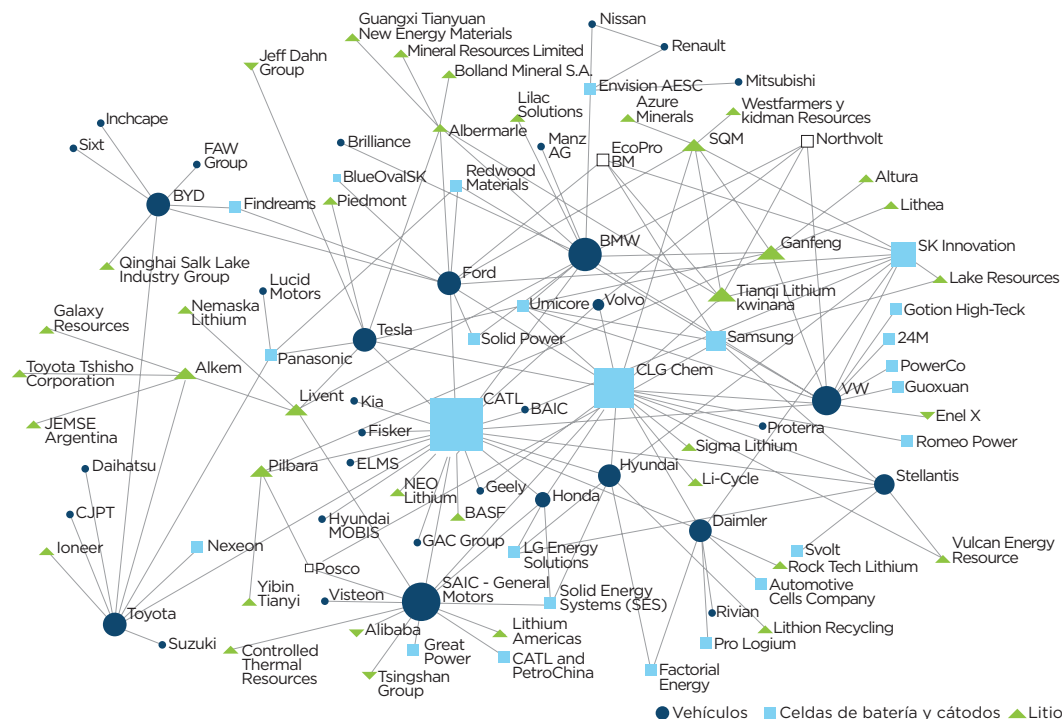
Los productores de vehículos eléctricos replican, en algunos casos, estas modalidades de vinculación con empresas aguas arriba. Como se ha señalado, esto representa una novedad, ya que, en la industria tradicional no es común que las empresas automotrices establezcan acuerdos de suministro o empresas conjuntas con proveedores de materias primas, tal como han hecho Toyota, BMW o Ford para el aprovisionamiento de compuestos de litio. Ello tiene como principal objetivo asegurarse un abastecimiento estable y seguro de este material crítico.

En lo que resta de esta sección se realizará un mapeo de los actores y una breve caracterización de la estructura del mercado en los principales segmentos que integran la cadena de valor de la electromovilidad.



16. La red contempla distintos tipos de acuerdos firmados entre las principales empresas de la red global de producción de vehículos eléctricos en distintos segmentos: productores de vehículos, productores de baterías, productores de material catódico y productores de litio y sus compuestos. El gráfico solo contempla aquellos acuerdos que han sido hechos públicos por las empresas. La información fue obtenida de informes elaborados por Volta Foundation, informes de las empresas y de la prensa. El detalle de los acuerdos relevados se encuentra en el Anexo I.

Gráfico 30.
Redes globales de producción de vehículos eléctricos*



Fuente: elaboración propia con base a Volta Foundation (2021), Volta Foundation (2022), Volta Foundation (2023), informes de las empresas y artículos de prensa.

*Al momento de diseñar el gráfico no se había creado Arcadium Lithium, producto de la fusión entre Livent y Allkem. Por ello, ambas empresas aparecen por separado.

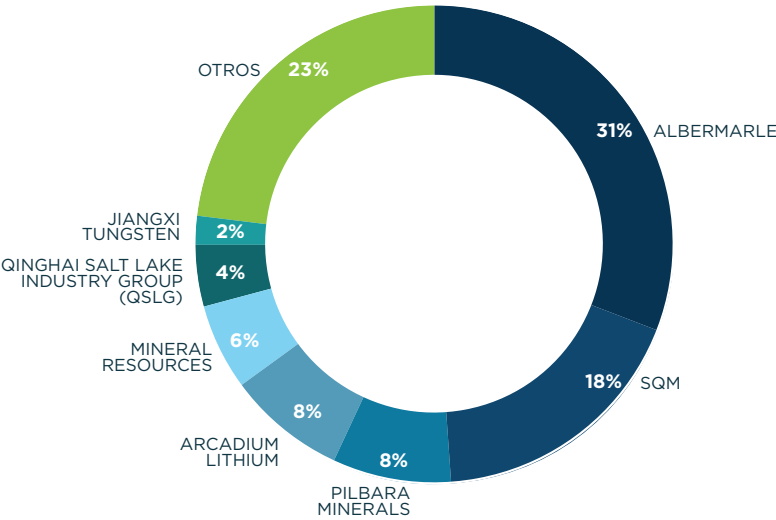
5.2 SEGMENTO AGUAS ARRIBA

El mercado global de litio ha atravesado distintas etapas de desarrollo. Inicialmente, estuvo dominado por tres empresas que concentraban el 80% de la producción mundial, operando bajo un modelo de oligopolio cooperativo¹⁷. La entrada de SQM en la década de 1990 transformó esta estructura hacia un oligopolio no cooperativo (Maxwell, 2015). Con la expansión de la demanda a partir de la década de 2010, nuevos actores comenzaron a incorporarse progresivamente, entre ellos empresas no especializadas en minería de litio, como Orocobre (posteriormente Allkem y actualmente Arcadium) y Ganfeng.

Sin embargo, en comparación con la estructura de mercado de otros minerales, el del litio muestra aún un elevado nivel de concentración. Las cuatro principales empresas explicaron el 65% de la producción mundial en 2023 (Gráfico 31). En el caso del cobre, por ejemplo, los principales productores del mundo no superan el 7% de la producción, mientras que se las primeras 10 empresas acumulan solo el 41% de la producción mundial (Nornickel, 2024).

17. Las empresas fueron cambiando su denominación y composición accionaria. Hacia 1992 eran Cypress Foote (de capitales estadounidenses y chilenos), FMC Corp. (de Estados Unidos) y Sons of Gwalia (Australia).

Gráfico 31.
Principales productores de litio (2023)



Fuente: COCHILCO (2023).

El Cuadro 4 presenta las principales operaciones activas en los principales países productores del mundo.

Cuadro 4.
Operaciones activas de producción de litio en los principales países productores (2023)

PAÍS	OPERACIÓN	EMPRESAS PROPIETARIAS	LOCALIZACIÓN	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN
Australia	Greenbushes	Talison Lithium Pty Ltd Propietarias: Tianqi Lithium 51% (China); Albemarle 49% (Estados Unidos)	Western Australia	360.200 t LCE
Australia	Pilgangoora-Pilbara	Pilbara Minerals Ltd (Australia)	Western Australia	305.000 t LCE
Australia	Wodgina	Albemarle / Mineral Resources	Western Australia	259.200 t LCE
Australia	Mt Marion	Propietarias: Mineral Resources Ltd. 50% (Australia); Ganfeng Lithium Co. Ltd. 50% (China)	Western Australia	51.400 t LCE
Chile	Atacama-SQM	Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (SQM) Propietarias: SQM (Chile); Tianqi Lithium Corp 25,86% (China)	Región de Antofagasta	206.400 t LCE
Chile	Atacama-Albemarle	Albemarle Corp. (Estados Unidos)	Región de Antofagasta	44.000 t LCE
China	Yichun	Yichun Tantalum Co Ltd (China)	Jiangxi	n.d.
China	Chaerhan Lake	Qinghai Salt Lake Industry Co. (China)	Qinghai	15.000 t LCE

China	East Taijinair	Western Mining Group (China)	Qinghai	n.d.
China	Zhabuye	Tibet Mining Development Co., Ltd. (China)	Tibet	5.000 t LCE
Argentina	Salar del Hombre Muerto	Arcadium (Irlanda)	Provincia de Catamarca	22.000 t LCE
Argentina	Salar de Olaroz	Sales de Jujuy Propietarias: Arcadium Lithium 66,5% (EEUU-Australia); Toyota Tsusho Corp. 25% (Japón); Jujuy Energía y Minería SE (JEMSE) 8,5% (Argentina)	Provincia de Jujuy	18.000 t LCE
Argentina	Cauchari-Olaroz	Minera Exar Propietarias: Ganfeng Lithium 46,7% (China); Lithium Argentina Corp (Canadá) 44,8%; JEMSE (Argentina) 8,5%	Provincia de Jujuy	40.000 t LCE
Argentina	Centenario Ratones	Eramet ¹⁸ (Francia) 100%	Provincia de Salta	24.000 t LCE

Fuente: elaboración propia en base a Secretaría de Minería (2023), Government of Western Australia (2022) e información pública de empresas controlantes.

En América Latina, se encuentra un gran número de proyectos en distintas fases de desarrollo (Cuadro 5). Se destacan los productores tradicionales como Chile y Argentina. Este último país es, además, aquel que cuenta con mayor cantidad de proyectos en distintas fases de desarrollo a nivel mundial (aunque muchos de ellos se encuentran aún en un estado poco avanzado). Brasil es un pequeño productor (1,7% de la producción mundial) pero con potencial para crecer en el futuro. Bolivia y México, por su parte, podrían comenzar a producir en los próximos años. Canadá y Estados Unidos, en América del Norte, también tienen posibilidades de aumentar su volumen de producción en los próximos años, ya que cuentan con proyectos en etapas de desarrollo.

Sin embargo, debe destacarse que, hasta 2025, la nueva capacidad instalada provendrá de la expansión de proyectos existentes que ya se encuentran en fase de producción, principalmente en Chile y Argentina. Recién durante la década del 2030, existen mayores posibilidades de que nuevos proyectos sumen volumen adicional a la producción mundial.

18. En el mes de octubre de 2024, Eramet compró la participación del 49,9% que la empresa china Tsingsham tenía en el proyecto desde 2021. Para más información, véase <https://www.eramet.com/wp-content/uploads/2024/10/24-10-2024-Eramet-CP-Plena-propiedad-Eramine-ES.pdf>

Cuadro 5.
Proyectos en desarrollo seleccionados

PROYECTO	EMPRESA	ORIGEN DE LA EMPRESA	CAPACIDAD PREVISTA	INVERSIÓN (M USD)	ESTADO	FECHA ESTIMADA DE FINALIZACIÓN
ARGENTINA						
Ampliación Salar del Hombre Muerto (Fénix) (Catamarca)	Arcadium Lithium	Estados Unidos	Expansión de 10 000 t LCE	640	Construcción	2026
			Expansión de 30 000t	1500		2030
Ampliación Salar de Olaroz (Jujuy)	Arcadium Lithium	Australia	Expansión de 25 000 t LCE	425	Operativa	2022
	Toyota	Japón				
	JEMSE	Argentina				
Ampliación Cauchari-Olaroz	Ganfeng Lithium	China	20 000 t LCE	N/D	Construcción	2027
	Lithium Argentina Corp.	Canadá				
	JEMSE	Argentina				
Sal de Oro (Salta)	Posco	República de Corea	25 000 t LCE	831	Construcción	2024
			Expansión de 25 000 t LCE	1090	Anunciada	2025
Tres Quebradas (Catamarca)	Zijin Mining Company	China	20 000 t LCE	620	Operación	2023
			Expansión de 30 000 t LCE	621	Construcción	2026
			Expansión de 50 000 t LCE	2500	Anunciada	N/D
Mariana (Salta)	Ganfeng Lithium	China	20 000 t LCE	600	Construcción	2024
Sal de Vida (Catamarca)	Arcadium Lithium	Australia	15 000 t LCE	280	Construcción	2024
			Expansión de 30 000 t LCE	900	Anunciada	N/D
Pastos Grandes (Salta)	Lithium Americas Corp.	Canadá	24 000 t LCE	448	Factibilidad; Planta piloto	2026
Salar del Rincón (Salta)	Rio Tinto	Reino Unido	3 000 t LCE	389	Operación; planta piloto	2024
			Expansión de 50 000 t LCE	2000	Factibilidad	2029
Cauchari (Jujuy)	Lake Resources	Australia	N/D	N/D	Prefactibilidad	

Salar de Cauchari (Jujuy)	Arcadium	Australia	25 000 t LCE	446	Prefactibilidad	
Kachi (Catamarca)	Lake Resources	Australia	25 000 t LCE	1380	Anunciado	2028
Rincon Lithium Project (Salta)	Argosy Minerals Ltd. (77,5%) + Privados	Australia	10 000 t LCE	141	Evaluación Económica Preliminar; Planta piloto	
Candelas (Catamarca)	Galan Lithium Ltd.	Australia	14 000 t LCE	408	Evaluación Económica Preliminar	
Hombre Muerto Norte (Salta)	Sino Lithium Materials Pty Lte	Canadá	5 000 t LCE	93	Evaluación Económica Preliminar	
	Lithium South Development Corp					
Hombre Muerto Oeste (Catamarca)	Galan Lithium Ltd.	Australia	20 000 t LCE	439	Evaluación Económica Preliminar	
Pozuelo (Salta)	Ganfeng Lithium	China	45 000 t LCE	338	Evaluación Económica Preliminar	
BOLIVIA						
Salar de Uyuni	YLB	Estado Plurinacional de Bolivia	15 000 t LCE		Operación	2023
Uyuni y Coipasa	CBC (CATL y CMOC)	China	50 000 t LCE	1.000	Anunciada	
Salar de Uyuni y Pastos grandes	Citic Guoan y Uranium One Group	China y Rusia	50 000 t LCE	1.400	Anunciada	
Salar de Uyuni	Uranium One Group	Rusia	14 000 t LCE		Anunciada	2027
CHILE						
Ampliación de planta química La Negra	Albemarle	Estados Unidos	41 000 t LCE (adicionales)	500	Operación	2022
Salar del Carmen (ampliación)	SQM	Chile	91 500 t LCE (adicionales)	987	Construcción	
Salar de Maricunga	Lithium Power International	Australia	15 000 t LCE	527	Aprobación ambiental otorgada	
BRASIL						
Mibra	AMG Lithium	Alemania	13 500 t LCE	50	Ampliación	2023

Grotta do Cirilo	Sigma Lithium (de Sigma Mineração S.A.)	Canadá	36 700 t LCE	131,6 (fase 1)	Construcción	2024
			34 000 t LCE	100 (fase 2)	Construcción	2025
			54 000 t LCE		Anunciada	2026
MÉXICO						
Sonora Lithium	Ganfeng Lithium (a través de Bacanora Lithium y Sorona Lithium)	China	17 500 t LCE	419,6 (Fase 1)	Construcción	
PERÚ						
Falchani Lithium	American Lithium	Canadá	23 000 t LCE	681 (Fase 1)	Evaluación de Impacto Ambiental	
AUSTRALIA						
Mt Holland	Wesfarmers	Australia	45 000 t LCE		Construcción	2024
	SQM	Chile				
ESTADOS UNIDOS						
Clayton Valley	Cypress Development Corp.		27 400 t LCE	1537 (fase 1)	Estudios de factibilidad	
Thacker Pass	Lithium Americas Corp.	Canadá	40 000 t LCE	581 (Fase 1)	Construcción	2027
Clayton Valley Lithium Project	Pure Energy Minerals	Canadá	10 000 t LCE	297		
CANADÁ						
James Bay Lithium Mine	Allkem	Australia	40 000 t LCE		Pre-construcción	2028
Authier	Sayona Mining Limited	Australia	28 000 t LCE	91	Estudios de factibilidad	

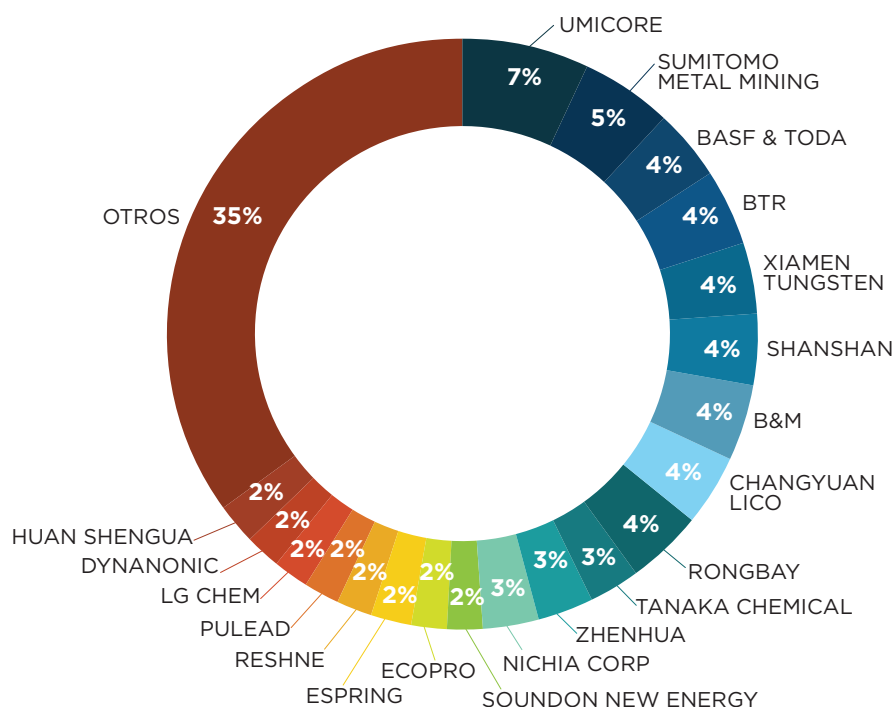
Fuente: elaboración propia en base a Secretaría de Minería (2023), artículos de prensa e información pública de empresas controlantes.

5.3 SEGMENTO INTERMEDIO

El mercado de cátodos es el eslabón de la cadena de valor de baterías que presenta menor nivel de concentración (Jones y otros, 2021a). Los datos de participación de mercado de las principales empresas difieren entre los distintos informes disponibles. Aquí, se considera la información provista por Jiménez & Sáez (2022) en base a datos de Roskill (Gráfico 32).

Gráfico 32.

Participación de mercado de los principales fabricantes de cátodos (2021)



Fuente: Jiménez & Sáez (2022) en base a datos de Roskill.

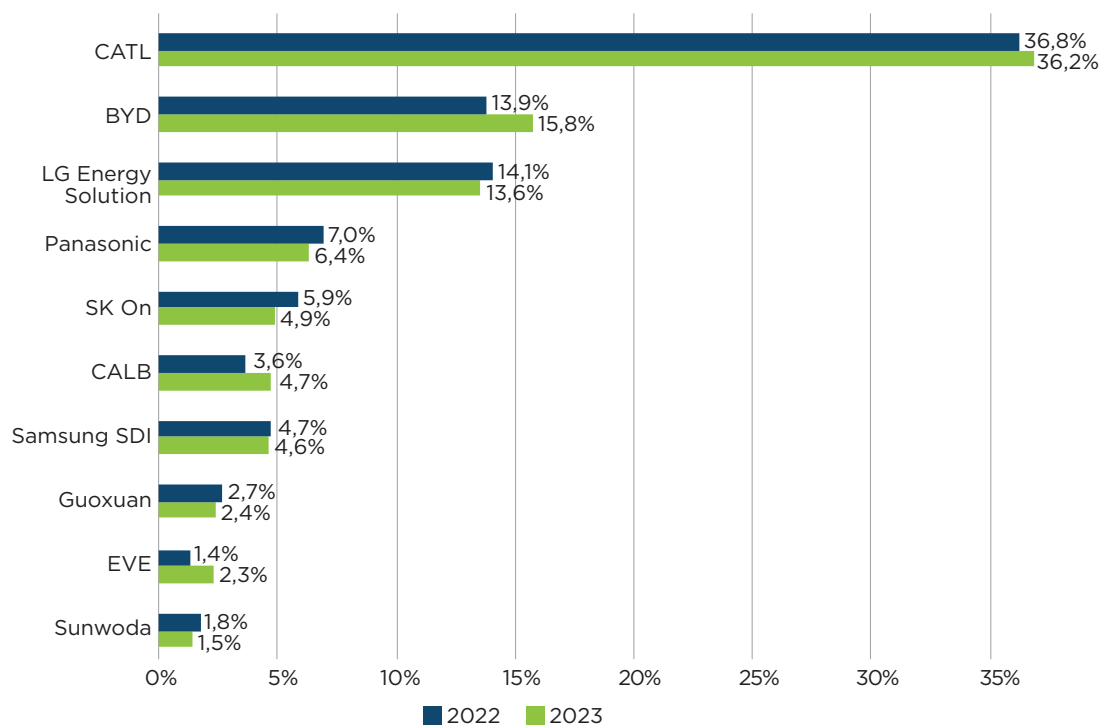
Como se ha señalado, la mayor parte de la producción se concentra en China, la República de Corea y Japón. Con el desarrollo de los mercados europeo y norteamericano de electromovilidad, se están desarrollando proyectos de inversión para la producción de cátodos en aquellas regiones, por ejemplo: BASF en Alemania, Umicore en Polonia, EcoPro en Hungría, Northvolt en Suecia, Posco en Estados Unidos (Jiménez & Sáez, 2022).

5.4 CELDA Y PAQUETES

Las principales empresas productoras de celdas de baterías fueron, en sus inicios, de origen japonés y coreano, entre ellas Panasonic, LG Energy Solution, Samsung SDI y SK Innovation. Estos países cuentan con una amplia trayectoria en la fabricación de productos electrónicos, los cuales fueron pioneros en la demanda de baterías de ion de litio. Sin embargo, el acelerado crecimiento del mercado chino de la electromovilidad impulsó un notable desarrollo de las empresas de ese país, destacándose CATL y BYD. En 2023, estas dos empresas representaron en conjunto el 52% del mercado global de baterías destinadas a vehículos de pasajeros y comerciales ligeros, mientras que las 10 primeras en su conjunto abarcaron el 93% (Gráfico 33).

Gráfico 33.

Cuota de mercado en la industria de vehículos eléctricos de los principales productores de baterías de ion de litio (2022 y 2023)*



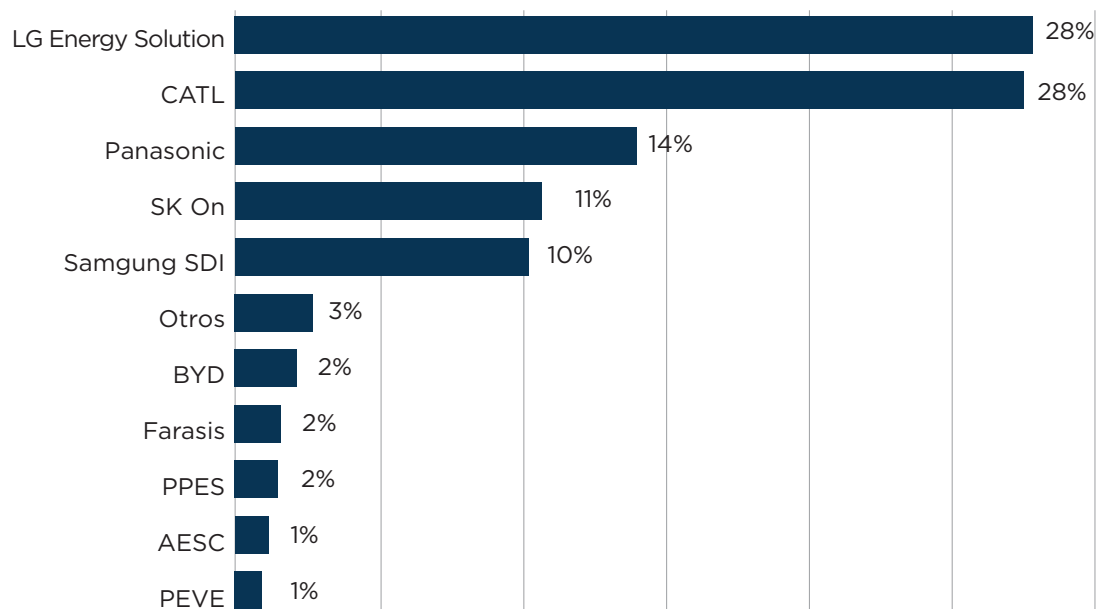
Fuente: SNE Research.

* En porcentajes de embarques medidos en GWh.

Cuando se excluye el mercado chino de vehículos se observan dos fenómenos. En primer lugar, aumenta la concentración de mercado: los 5 primeros productores explican el 90% de las ventas medidas en GWh. En segundo lugar, disminuye la importancia de las empresas chinas, en favor, principalmente, de las empresas coreanas: LG Energy Solution, SK On y Samsung pasan a explicar casi el 50% de las ventas totales. También la japonesa Panasonic tiene un papel importante (Gráfico 34).

Gráfico 34.

Cuota de mercado en la industria de vehículos eléctricos de los principales productores de baterías de ion de litio, excluyendo mercado chino (2023)



Fuente: SNE Research.

* En porcentajes de ventas medidas en GWh.

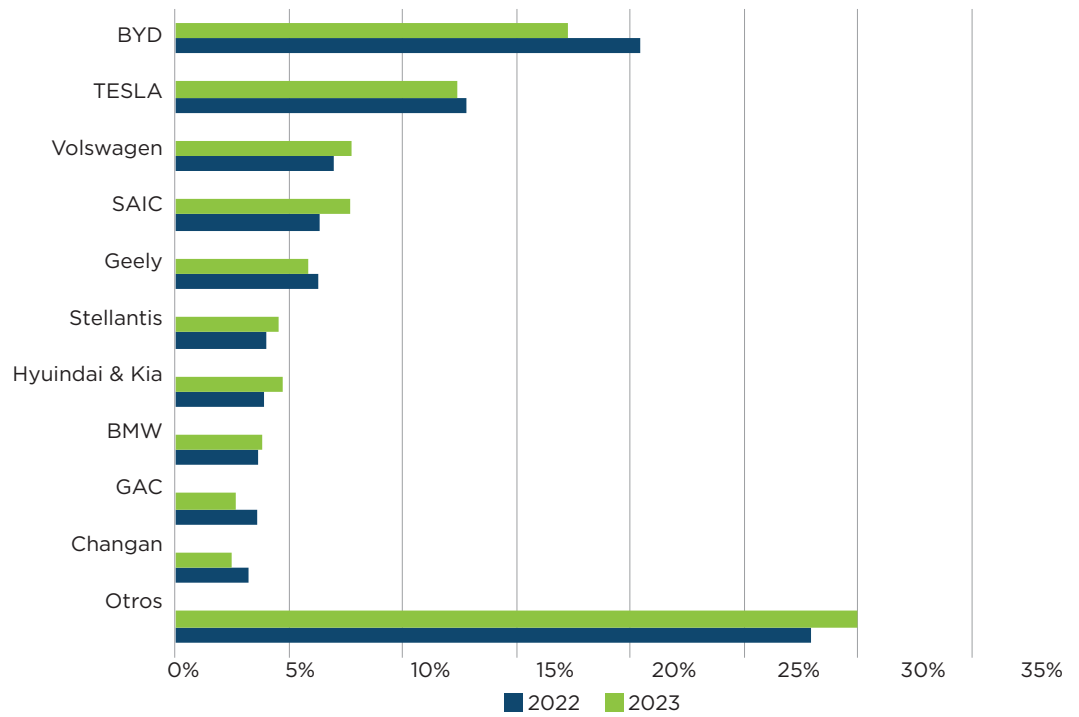
5.5 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El mercado de vehículos eléctricos está experimentando un crecimiento acelerado, en el cual coexisten fabricantes de vehículos tradicionales junto con nuevos productores que se enfocan exclusivamente en vehículos eléctricos. Estos últimos, entre los que destacan Tesla y varias empresas chinas, han mostrado un alto nivel de dinamismo y han logrado expandir su cuota de mercado rápidamente. En cambio, la mayoría de los fabricantes tradicionales demoraron sus decisiones estratégicas para avanzar hacia la electromovilidad, y en muchos casos ingresaron al mercado a través de vehículos híbridos, cuya participación ha ido disminuyendo en favor de los vehículos eléctricos enchufables.

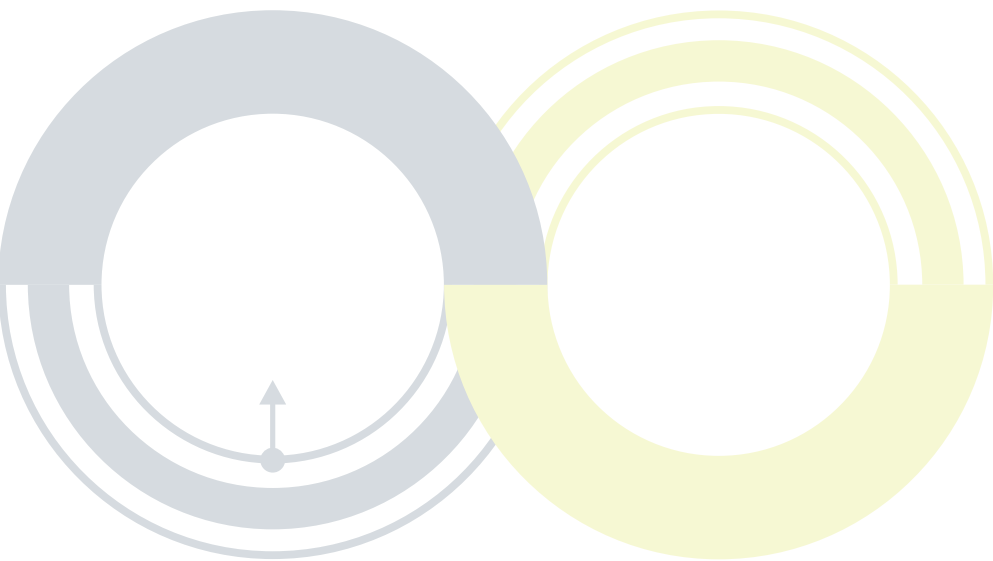
El mercado de vehículos eléctricos está más concentrado que el de vehículos tradicionales. En términos productivos, los cinco mayores fabricantes dieron cuenta del 53,3% del mercado mundial de vehículos eléctricos en 2023. Los tres más grandes –BYD (China), Tesla (Estados Unidos) y Volkswagen explicaron un 40,4% del mercado (Gráfico 35). Las empresas chinas ganaron participación en 2022, en contraste con las empresas de otros orígenes que, por el contrario, disminuyeron su cuota. Se destaca, en particular, el caso de BYD, que pasó de una cuota de mercado del 9,1% al 20,5%, entre 2021 y 2023, desplazando a Tesla al segundo lugar.

Gráfico 35.

Cuota de mercado de vehículos eléctricos de pasajeros medida en términos de entregas de vehículos (2022 y 2023)



Fuente: SNE Research.



PARTE II

MARCO NORMATIVO Y POLÍTICAS CLAVE PARA LA PRODUCCIÓN DE LITIO, LA CADENA DE VALOR DE BATERÍAS Y LA ELECTROMOVILIDAD

La expansión de la electromovilidad ha sido impulsada por importantes desarrollos tecnológicos. Las innovaciones en baterías de ion de litio y sus componentes han permitido reducir el costo de los vehículos, al tiempo que mejoraron características clave para los consumidores, como la autonomía y la seguridad. No obstante, el crecimiento acelerado de este mercado en los últimos años no se comprende plenamente sin considerar el papel de políticas y regulaciones que han restringido la expansión de tecnologías con altas emisiones de carbono, promovido la adopción de nuevas formas de movilidad y reducido los riesgos de inversión para el sector privado. En otras palabras, el mercado de la electromovilidad ha sido, como muchos en el ámbito de la transición energética, “creado” en gran medida por la intervención estatal. A la par, los grupos de interés, integrados principalmente por empresas que operan a lo largo de la cadena de valor, han influido activamente en el proceso de formulación de políticas y regulaciones, con el fin de crear condiciones que favorezcan sus intereses.

Los Estados nacionales han liderado este proceso, aunque en ocasiones las jurisdicciones subnacionales, como el estado de California en Estados Unidos, también han desempeñado un papel relevante. En el caso de la Unión Europea, instancias de gobernanza supranacionales, especialmente la Comisión Europea, han asumido un creciente liderazgo en la regulación de la transición hacia la electromovilidad.

Con el correr de los años, las estrategias de promoción de la electromovilidad fueron complementadas, principalmente en Europa y Estados Unidos, con políticas orientadas a desarrollar toda la cadena de valor en sus territorios. Estas iniciativas se han centrado en las baterías de ion de litio, sus componentes y las materias primas utilizadas como insumos, muchas de las cuales han sido designadas como “críticas”. Las definiciones de materias primas críticas varían según el país, pero, en términos generales, se considera crítica una materia prima cuando su producción doméstica es insuficiente para satisfacer la demanda interna, existen riesgos significativos de interrupción en su suministro, y su rol es esencial para el desarrollo de tecnologías estratégicas y sectores de alto valor agregado¹⁹.

Este proceso ha dado lugar a la configuración progresiva de “espacios automotrices regionales” que replican —o incluso profundizan— los de la industria automotriz tradicional. En estos espacios, se observa una aglomeración geográfica de la producción de vehículos (y gran parte de su cadena de valor) y del consumo de dichos vehículos.

En la cadena de valor de la electromovilidad, se observan notables esfuerzos por controlar tecnologías estratégicas (principalmente las celdas de baterías), procesos productivos y el acceso a insumos clave de la industria. Esta estrategia busca minimizar el riesgo de disrupciones en la cadena de suministro, dado que uno de los principales factores de riesgo proviene del control que China ejerce sobre gran parte de ella. Además, el dominio de la cadena de valor se considera crucial para incrementar la competitividad a largo plazo, ya que competir con el país asiático resulta inviable sin asegurar el control de tecnologías estratégicas que permitan reducir el costo de los vehículos (BNEF, 2021).

Los países con abundantes recursos de litio y otros minerales críticos han buscado aprovechar las oportunidades que surgen con la transición energética global, viendo en estos minerales una vía para fortalecer sus economías y avanzar en políticas de desarrollo. Mientras que los países importadores de estos recursos los clasifican como “críticos” por su importancia en cadenas de suministro de tecnologías limpias y su alta vulnerabilidad a interrupciones, los países productores tienden a considerarlos “estratégicos”. Las oportunidades en torno al litio han sido interpretadas de manera diversa en cada país, generando diferentes “imaginarios” (Barandiarán, 2019) entre los actores involucrados, como el Estado, las empresas y el sistema de ciencia y tecnología. En algunos casos, predomina la visión del litio como un commodity que permite una oportunidad excepcional para aumentar el ingreso de divisas a través de exportaciones. Otros destacan el carácter estratégico del recurso y enfatizan la necesidad de que el Estado refuerce su control sobre él. Por último, ciertos actores consideran este proceso una oportunidad para impulsar un cambio estructural en las economías de la región, a través de la creación de capacidades tecnológicas y productivas vinculadas al desarrollo local de una cadena de valor para baterías (Barandiarán, 2019).

19. En el caso de los Estados Unidos, por ejemplo, la Energy Act de 2020, establece dos condiciones: i) presentar un alto riesgo de interrupción de la cadena de suministro; ii) cumplir una función esencial en una o más tecnologías energéticas, incluidas las tecnologías que producen, transmiten, almacenan y conservan energía. Para más información, véase <https://www.energy.gov/cmm/what-are-critical-materials-and-critical-minerals#:~:text=Critical%20minerals%3A%20The%20Secretary%20of,%2C%20dysprosium%2C%20erbium%2C%20europium%2C>.

En el caso de la Unión Europea, se considera que las materias primas fundamentales son aquellas que tienen “gran importancia económica para la UE, y su suministro tiene un elevado riesgo de sufrir interrupciones debido a la concentración de las fuentes y a la falta de sustitutos adecuados y asequibles”. Además, las mismas tienen gran importancia para sectores estratégicos para los objetivos de la UE en materia de energías renovables y en los ámbitos digital, espacial y de la defensa. Para más información, véase <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/critical-raw-materials/>

Con este telón de fondo, en los países latinoamericanos ricos en litio se desplegó una variedad de estrategias tecno-productivas que se han ido ajustando a través de los años (Irrarrazaval & Carrasco, 2023; Obaya, 2022; Orihuela & Serrano, 2024). Estas estrategias difieren en sus objetivos, instrumentos utilizados, alcance de las medidas, volumen de recursos asignados y, sobre todo, en el rol que desempeñan el Estado y los actores del mercado en cada caso. Las estrategias adoptadas reflejan solo parcialmente el equilibrio entre la diversidad de imaginarios en torno al recurso. Estas estrategias son el resultado de procesos complejos determinados por diversos factores, entre los cuales se destacan la capacidad tecnológica del país, las características del marco normativo que regula la minería del litio y la correlación de fuerzas entre los grupos de interés involucrados.

Bolivia, a partir de las proyecciones que durante la primera década de los 2000 indicaban una creciente demanda y la incipiente naturaleza crítica del litio para la transición energética, adoptó tempranamente una política controlada por el estado (Nacif, 2012; Obaya, 2021; Ströbele-Gregor & Birk, 2012). En el caso de Chile, la estrategia respecto al litio se redefinió, en un primer momento, entre 2016 y 2018, mediante la renegociación de los contratos con las empresas privadas operadoras (Irrarrazaval & Carrasco, 2023; Poveda, 2020). En 2023, el gobierno de Boric lanzó la Estrategia Nacional del Litio, que busca expandir la frontera de explotación del recurso y profundizar el desarrollo de capacidades tecnológicas asociadas. En Argentina, ha prevalecido una estrategia principalmente focalizada en la promoción de la actividad minera. A diferencia de los países vecinos del triángulo del litio, no se ha diseñado una estrategia productiva articulada que promueva el desarrollo de capacidades tecnológicas y productivas locales a lo largo de la cadena de valor (Obaya et al., 2021; Obaya, Freytes, et al., 2024). Fuera del triángulo del litio, México promulgó un marco normativo que nacionaliza los recursos de litio y creó una empresa estatal que se propone liderar el desarrollo de la industria (Vivoda, Bazilian, et al., 2024). Brasil, por su parte, ha flexibilizado recientemente su marco normativo, con el objetivo de promover un mayor volumen de inversión privada en sus yacimientos de litio en roca.



6. LAS POLÍTICAS DE PROMOCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD Y LA CADENA DE VALOR DE LAS BATERÍAS DE ION DE LITIO EN LA UNIÓN EUROPEA, ESTADOS UNIDOS Y CHINA



6.1 UNIÓN EUROPEA

En esta sección se describen los principales instrumentos utilizados por la Unión Europea y sus Estados Miembro para promover la electromovilidad, la industria de baterías y sus componentes y el aprovisionamiento de materias primas.

6.1.1 Electromovilidad: restricciones, subsidios, beneficios impositivos y derechos compensatorios provisionales

Con el fin de promover la transición hacia la electromovilidad, los Estados Miembro de la Unión Europea han implementado subsidios y beneficios impositivos para comprar y solventar los gastos de mantenimiento de vehículos eléctricos, tanto en el caso de los particulares como de las empresas (Cuadro 6). En algunos casos, los beneficios otorgados a nivel nacional se complementan con otros otorgados por jurisdicciones subnacionales. Asimismo, se han implementado regulaciones dirigidas a reducir el volumen de emisiones generadas por el transporte, que ponen plazos a la comercialización de vehículos de combustión interna. Las medidas adoptadas a nivel nacional se complementan con otras adoptadas a nivel municipal. Las ciudades han tenido un rol pionero en la imposición de restricciones, prohibiciones o impuestos sobre el uso de los vehículos a combustión interna más contaminante, con el objetivo principal de reducir la contaminación tóxica del aire. Ciertas ciudades han establecido también planes para la creación de zonas de cero o bajas emisiones (Sanin et al., 2023). En el caso de la Unión Europea, las medidas tienen un carácter “supranacional” y operan como un apoyo al cumplimiento del compromiso adoptado por la Unión Europea de que los nuevos vehículos registrados en la región a partir de 2035 sean de cero emisiones²⁰.

20. Para más información, véase https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/fit-55-eu-reaches-new-milestone-make-all-new-cars-and-vans-zero-emission-2035-2023-03-28_en.

Cuadro 6.

Incentivos para la compra y el mantenimiento de vehículos eléctricos en la Unión Europea

PAÍS	SUBSIDIO DE COMPRA	REDUCCIÓN IMPOSITIVA	COMENTARIOS
Alemania	€ 5 625 - € 6 750 (PHEVs) € 7 500 - € 9 000 (BEVs y FCEVs)	Excepciones al registro (BEVs y FCEVs). Excepciones de tasas de circulación anuales para vehículos con emisiones < 95g CO ₂ /km. Reducción de la base imponible de vehículos BEV y PHEV	Mayores subsidios para vehículos con precios menores a € 40 000
Austria	€ 3 000 (BEV, FCEV) € 1250 (PHEV, EREVs)	Exención impositiva para la tenencia de BEVs y FCEVs y para vehículos con cero emisiones (Company cars)	Autonomía > 50 km Para vehículos con un precio máximo de venta de € 60 000
Bélgica		En algunos casos devolución del 4%, en otros, devolución de todos los impuestos	35% de devolución de las inversiones en nuevos vehículos de carga (BEVs, FCEVs) y en infraestructura de carga. Bruselas: € 15 000 a pymes para el reemplazo de vehículos de carga Flandes: devolución de un % de la compra si superan un piso que varía entre € 350 000 (FCEVs) y € 600 000 (BEVs)
Chipre	Hasta €12 000 y € 19 000 (BEV)	Vehículos con emisiones < 120g CO ₂ /km tienen excepción impositiva a la compra y tasas mínimas en la propiedad (ownership)	Hasta € 12 000 para un auto con emisiones < 50g CO ₂ /km y con un precio máximo de € 80 000 Hasta € 19 000 para comprar un BEV con precio máximo de € 80 000 Hasta € 100 000 para e-buses y € 20 000 para e-trucks
España	€ 4 500 - € 7 000 (autos BEVs y FCEVs) € 2 500 - € 5 000 (autos PHEVs) € 7 000 - € 9 000 (vans)	Excepciones de impuestos especiales a la compra en vehículos que emitan < 120g CO ₂ /km. Reducción del 75% de impuestos a la propiedad en muchas regiones.	
Finlandia	€ 2 000 (BEV) € 2000 - € 6 000 (e-vans) € 6 000 - € 50 000 (e-camiones)	Excepciones de tasas de registro para autos y vans con cero emisiones. Deducción impositiva de € 170 mensuales para BEVs	El subsidio a vehículos BEV corresponde a transporte de pasajeros con un precio máximo de € 50 000

Francia	€ 2 000 - € 6 000 (autos y vans con emisiones <20g CO2/km) € 1 000 (autos y vans con emisiones >21 y <50g CO2/km) € 30 000 - € 50 000 (vehículos pesados BEV y FCEV)	Algunas regiones tienen excepciones impositivas para la compra de vehículos. Vehículos (BEVs, FCEVs, PHEVs) con autonomía >50km tienen excepciones. Vehículos de compañías están exceptuados del impuesto al CO2 si emiten <60g CO2/km	Precios máximos entre € 45000 (subsídios de € 6000 para hogares y € 4000 personas jurídicas) y € 60000 (subsídios de € 2000). El subsidio se puede aumentar si el usuario se deshace de un automóvil viejo (según los ingresos).
Grecia	%15 - %20 cashback (autos BEV) 25% cashback (BEV taxis) %15 cashback para vans (BEV y PHEV)	Excepciones en tasas de registro para PHEVs y HEVs de bajas emisiones y para camiones eléctricos. Reducciones en tasas de circulación y deducciones (en compañías) para BEVs y PHEVs con emisiones <50g CO2/km	Devolución máxima está entre € 5500 y € 6000 para autos, € 8000 para taxis, y € 5500 para BEVs vans y € 4000 para PHEVs vans
Hungría	€ 1 500 - € 7 350	Excepciones en las tasas de registro y propiedad para autos BEV y PHEV	Subsidios más altos para autos eléctricos con precios brutos menores a € 32000
Irlanda	hasta € 5 000 (BEVs y PHEVs) hasta € 3 800 (BEVs vans)	Excepciones para autos BEV y reducción de las tasas de propiedad (entre € 120 y € 140 por año)	Autos PHEV deben tener autonomía >50km y emisiones <50g CO2/km. Precio máximo para beneficio de € 5000 es € 40000. Disminuye el beneficio cuando el precio aumenta hasta € 50000 y se termina si supera ese valor.
Italia	€ 3 000 (autos eléctricos con emisiones menores a 20g CO2/km) € 2 000 (autos eléctricos con emisiones entre 21 y 60g CO2/km)	Excepción de 5 años a impuestos de propiedad (BEVs y HEVs) y luego reducción del 75% de la tasa aplicada a autos de combustión interna (solo BEVs)	Subsidios pueden aumentar en € 2000 si el usuario se deshace del auto viejo. Precios máximos entre € 35000 y € 45000.
Lituania	€ 5 000 para autos de pasajeros Compañías: € 4 000 (vehículos de pasajeros) - € 10 000 (transporte de pasajeros y de cargas)	Excepciones a la tasa de registro	
Luxemburgo	€ 3 000 (>18 kWh) - € 8 000 (< 18 kWh) (BEVs) € 2 500 (≤ 50g CO2/km) PHEVs	50% de impuestos administrativos a la compra. Tasa mínima de € 30 de impuestos a la propiedad.	
Países Bajos	Subsidios a la compra (SEPP, SEBA) para la compra de vehículos de pasajeros y de transporte de carga. No se especifican montos.	Excepciones y reducciones de impuestos para PHEVs y BEVs con cero emisiones	

Portugal	€ 3 000 (autos BEV) € 6 000 (transporte de carga BEV)	Reducciones (PHEVs y HEVs) y excepciones (BEVs) en impuestos a la compra. Excepciones de impuestos a la propiedad (BEVs).	Autos tienen precio máximo de € 62500
Rumania	Hasta € 3 000 (HEV; emisiones < 160g CO ₂ /km) Hasta € 6 400 (PHEV; emisiones < 78g CO ₂ /km) Hasta € 11 500 (BEV)	Excepciones de impuestos a la propiedad para vehículos eléctricos	
Suecia	€ 6 200 (BEVs) € 880 - € 3935 (PHEVs; dependiendo del grado de emisiones, entre 1 y 60g CO ₂ /km)	Reducción del impuesto a los caminos para vehículos de cero emisiones y PHEVs.	

Fuente: elaboración propia en base a ACEA (2022).

A la vez que se adoptaron medidas para la adopción de la electromovilidad, la Unión Europea impuso también medidas de protección de su mercado regional. En 2024, luego de una investigación anti-subsidios que se extendió por 9 meses, estableció derechos compensatorios provisionales sobre la importación de vehículos eléctricos procedentes de China. La decisión fue justificada por la identificación de subsidios chinos a lo largo de la cadena de valor de los autos eléctricos, que, según la Unión Europea, establecen una amenaza de daño económico para los productores europeos. A nivel individual, se estableció que BYD tendrá una carga del 17,4%, Geely 19,9% y SAIC 37,6%. Los demás productores de vehículos eléctricos de batería de China que cooperaron en la investigación, pero no fueron incluidos en la muestra están sujetos al derecho medio ponderado del 20,8%. El derecho para las demás empresas que no cooperaron es del 37,6%²¹.

6.1.2

Baterías y sus componentes

La Alianza Europea de Baterías y el Plan Estratégico

En 2017, la Comisión Europea lanzó Alianza Europea de Baterías (EBA)²². La iniciativa, que se enmarcó en la estrategia de promoción del desarrollo de una cadena de valor regional de baterías de ion de litio, tuvo como propósito específico constituir una red conformada por los Estados Miembro de la Unión Europea y actores relevantes que operaran a lo largo de toda la cadena de valor de las baterías, incluyendo principalmente a empresas e instituciones del sistema científico tecnológico.

La creación de la AEB aspiraba a poner en agenda la necesidad de desarrollar la industria de baterías dentro de Europa. El abanico de temas que se planteaba cubrir era muy amplio: desde garantizar el acceso a las materias primas requeridas para el desarrollo de baterías hasta apoyar la industria de celdas e impulsar la I+D para fortalecer el liderazgo tecnológico europeo. Además, la AEB se proponía atraer

21. Para más información, véase https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_3630.

22. Para más información sobre la Alianza Europea de Baterías, véase: <https://www.eba250.com/>

y subsidiar inversiones extranjeras que promovieran el desarrollo de una industria regional, a partir de sus conocimientos, patentes y habilidades técnicas. Actualmente, la AEB tiene más de 800 miembros y está gestionada por el EIT InnoEnergy, que forma parte del *European Institute of Innovation and Technology*.

Aunque en la práctica la cobertura temática de la AEB resultó ser más limitada de lo enunciado originalmente, cumplió su objetivo de dar visibilidad y respaldo político a la cuestión de las baterías en la Unión Europea. La AEB desempeñó un papel importante en el lanzamiento del Plan Estratégico de Baterías que hizo la Comisión Europea en 2018. En el contexto más amplio de la Estrategia de Política Industrial²³ y, más específicamente, del Paquete de Movilidad Limpia²⁴, este programa apuntaba a crear una industria de baterías competitiva y sostenible en Europa.

La estrategia cubre toda la cadena de valor, planteándose como objetivos específicos: i) asegurar el abastecimiento de materias primas, tanto de fuentes primarias como secundarias; ii) apoyar la fabricación europea de baterías a gran escala y el desarrollo de una cadena de valor competitiva en Europa; iii) fortalecer el liderazgo industrial mediante un mayor apoyo a las actividades de investigación y la innovación en tecnologías avanzadas; iv) desarrollar y fortalecer las competencias de la fuerza de trabajo que participa de la cadena de valor; v) apoyar el desarrollo sostenible de la industria de celdas de baterías en Europa, con la menor huella de carbono posible; y vi) garantizar la coherencia con el marco regulador y habilitador más amplio de la UE.

Para alcanzar estos objetivos, la estrategia contempla la implementación de un abanico de acciones de distinta naturaleza, que incluyen, por ejemplo, el mapeo de los recursos europeos de materias primas críticas; el diseño de instrumentos financieros para disminuir el riesgo de inversiones privadas en la cadena de valor de las baterías y de fondos para investigación y desarrollo; o el análisis de las prácticas desleales y/o distorsivas de comercio e inversión llevadas adelante por terceros países²⁵.

Financiamiento

Rol del Banco Europeo de inversiones

El Banco Europeo de Inversiones, la institución financiera de la Unión Europea para el financiamiento de proyectos de desarrollo, ha apoyado el desarrollo de la industria de baterías en Europa. Entre 2010 y 2017 otorgó préstamos por cerca de € 950 millones para inversiones que superaron los € 4,7 millones. En 2020, el BEI se comprometió a aumentar el respaldo a los proyectos de baterías en más de € 1.000 millones en aquel año²⁶.

Algunos miembros de la AEB se han beneficiado de préstamos otorgados por el Banco Europeo de Inversiones a proyectos de gran escala en Europa. Un ejemplo es Northvolt, la empresa sueca de celdas de baterías de litio, que aspira a ser el primer productor europeo de gran escala. En 2018, recibió un financiamiento de €52 millones, seguido por €384 millones en 2021 y más fondos en 2023 para la construcción de una

23. Para una cronología del desarrollo de la actual Política Industrial Europea, véase <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/eu-industrial-policy/timeline/>

24. Para más información, véase https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0e8b694e-59b5-11e8-ab41-01aa75e-d71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF.

25. En 2019, la Comisión publicó un informe sobre la ejecución del plan de acción. Véase Comisión Europea (2019).

26. Para más información, véase: <https://www.eib.org/en/press/all/2020-121-eib-reaffirms-commitment-to-a-european-battery-industry-to-boost-green-recovery>

gigafábrica con capacidad de 60 GWh²⁷. Además, el Banco Europeo de Inversiones otorgó un préstamo de €125 millones a Umicore en 2020 para instalar una fábrica de producción de materiales catódicos en Polonia, y otro préstamo de €350 millones en 2024 para apoyar actividades de investigación, desarrollo e innovación en materiales de baterías recargables. Por otro lado, Verkor recibió dos préstamos entre 2022 y 2024 por un total de €362 millones para desarrollar una gigafábrica en Dunquerque, Francia. A su vez, AESC obtuvo €450 millones en 2023 para establecer una gigafábrica en Douai, mientras que LG Chem fue apoyada con un préstamo de €480 millones en 2020 para una gigafábrica en Polonia²⁸.

El papel de los Estados Miembro: los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo y el Marco Temporal de Crisis y Transición

Las normas de competencia de la Unión Europea que regulan el mercado interior europeo restringen la capacidad de los Estados Miembros para llevar a cabo acciones de política industrial de manera individual. Sin embargo, existen algunas excepciones a la posibilidad de ofrecer ayudas estatales. Entre ellas se encuentran los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (PIICE)²⁹. Este instrumento permite a los Estados miembros invertir de manera conjunta en actividades estratégicas para la Unión Europea que, debido a su alto nivel de riesgo, enfrentan dificultades para atraer inversiones privadas.

Hasta el momento, se han aprobado diez PIICE, de los cuales dos tienen como objeto el fomento de la cadena de valor de baterías³⁰. Del primer proyecto, aprobado en 2019 – con una fecha de finalización estimada en 2031– participan 7 países (Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Polonia y Suecia). El monto de inversión pública comprometida asciende a € 3.200 millones, de los cuales el 87% corresponde a Alemania, Francia e Italia. Participan del proyecto 17 empresas de los siete Estados Miembro mencionados, entre las que se encuentran Umicore, en las áreas de procesamiento y reciclado de materias primas y la producción de electrodos, y BMW en las áreas de producción de celdas y módulos y en el de sistemas de baterías.

El segundo PIICE fue aprobado en 2021, con fecha esperada de finalización en 2028, y cuenta con la participación de Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Polonia y Suecia. En este caso, el monto comprometido asciende a € 2.900, a través de los cuales se pretende atraer inversiones privadas por € 9.000 millones. Participan de este proyecto 42 empresas, entre las que se encuentran Northvolt, en celdas de baterías, y Tesla (que tiene una planta en Alemania) en las áreas de sistemas de baterías y de reciclado.

Ambos proyectos tienen objetivos que cubren una amplia gama de actividades, entre las que se incluyen, por ejemplo: el desarrollo de tecnologías avanzadas y disruptivas para baterías de litio; la reducción de la huella de carbono y de los residuos

27. Northvolt no alcanzó aún los resultados esperados. No ha logrado escalar su producción y existen cuestionamientos sobre los estándares de seguridad para sus trabajadores. En junio de 2024 BMW canceló contratos de compra de celdas de baterías por €2.200 millones que llevaron a la pérdida de 1.600 puestos de trabajo y la suspensión de la expansión de la fábrica. Para más información, véase <https://www.france24.com/en/europe/20241002-mystery-deaths-and-mass-layoffs-europe-s-green-battery-dream-northvolt-turns-into-nightmare> y <https://www.theguardian.com/business/2024/oct/01/sweden-fears-for-future-of-batterymaker-northvolt>

28. Fuente: Banco Europeo de Inversiones.

29. Sobre las normas que regulan los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo e información relacionada con el tema, véase: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_6245.

30. Otros dos proyectos fueron aprobados para proyectos relacionados con el hidrógeno y otro para la industria de microelectrónica.

en la producción; el desarrollo de tecnologías de reciclado; el fortalecimiento de capacidades para crear nuevos trabajos que mitiguen los impactos de la transición energética. En ambos proyectos se implementaron mecanismos claw-back, que prevén la devolución a los contribuyentes de una parte de los fondos en caso de que los proyectos generen beneficios más allá de lo esperado.

En la misma línea de los PIICE, desde marzo de 2023, se ha ampliado el ámbito de aplicación del Marco Temporal de Crisis y Transición hasta el 31 de diciembre de 2023. El mismo se dirige a impulsar medidas de apoyo en sectores clave para la transición a una economía neta cero, en línea con el Plan Industrial Green Deal. Si bien el instrumento existía desde marzo de 2022, con el propósito de apoyar la economía en el contexto de la guerra de Rusia contra Ucrania, la prórroga de 2023 se interpreta como una respuesta al ambicioso plan estadounidense denominado Inflation Reduction Act (ver sección siguiente) que se orienta a la promoción de la cadena de valor nacional de la electromovilidad.

El marco permite a los Estados Miembros ofrecer apoyo a regímenes orientados a acelerar el despliegue de las energías renovables, el almacenamiento de energía, y la descarbonización de los procesos de producción industrial. Asimismo, con el propósito de mejorar las condiciones de competencia con el régimen estadounidense, y evitar que las potenciales inversiones se desvíen de Europa, se simplifican las condiciones de acceso a las ayudas, por ejemplo, suprimiendo procesos licitatorios, y se aumentan los límites máximos de ayuda.

En el marco de este instrumento, en mayo de 2023, la Comisión Europea aprobó un proyecto español por €837 millones de euros para apoyar la producción de baterías para la cadena industrial de vehículos eléctricos. La ayuda ofrecerá subvenciones directas y préstamos a las empresas productoras de baterías, sus componentes esenciales y las materias primas relacionadas³¹.

Apoyo a las actividades de investigación y desarrollo

El desarrollo de la cadena de valor de baterías de ion de litio es apoyado también por la financiación y participación en iniciativas de investigación y desarrollo. Entre ellas, se encuentra, por ejemplo, BATT4EU, una asociación público-privada entre la Comisión Europea y *The Batteries European Partnership Association* (BEPA). Esta alianza se estableció bajo el programa *Horizon Europe* con el objetivo de promover una cadena de valor competitiva y sustentable en Europa para aplicaciones estacionarias y de movilidad electrónica. La alianza se lanzó en 2021 y cuenta con financiamiento hasta 2027.

Entre sus objetivos se encuentran el desarrollo de tecnologías de materiales para baterías, el diseño de celdas y manufacturas, y el reciclado de baterías. El proyecto también pretende acelerar el desarrollo de soluciones sustentables y asequibles en baterías para una movilidad más limpia. La iniciativa tiene un presupuesto de € 925 millones, de los que, hasta el momento, se han movilizado € 343 para financiar consorcios en 64 proyectos desde 2021³².

En febrero del 2024, BATT4EU presentó su nueva Agenda Estratégica de

31. Fuente: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2425.

32. La última revisión se realizó en octubre del 2024.

Investigación e Innovación (SRIA), que plantea seis imperativos para impulsar una industria de baterías competitiva: i) asegurar que los resultados de la I+D alcancen las gigafábricas y los mercados; ii) aumentar la autonomía estratégica de Europa reduciendo la dependencia de materias primas críticas importadas; iii) mejorar la asequibilidad de las baterías para acelerar la transición ecológica y mantener la competitividad de la industria europea; iv) aumentar la flexibilidad de los sistemas de fabricación y reciclaje de baterías; v) implementar un marco de diseño seguro y sostenible para las baterías; y vi) apoyar la continuidad de la investigación europea en baterías y la cooperación entre la academia y la industria.

Por su parte, la EBA ha operado como una plataforma para colaborar en la movilización de fondos para apoyar las actividades de investigación y desarrollo vinculadas a la industria de baterías. Por ejemplo, en el marco de una convocatoria del programa Horizon 2020, realizada en 2019, se financiaron proyectos relacionados a baterías con un presupuesto total de €114 millones. En el marco del fondo *Recovery assistance for cohesion and the territories of Europe*, de 2020, el EIT lanzó la EBA Academy, con el objetivo de entrenar y capacitar a más de 800 mil trabajadores para 2025. Este programa contó con un subsidio de €10 millones.

En marzo del 2022, la EBA firmó un acuerdo de cooperación con la iniciativa estadounidense US Li-Bridge Alliance para acelerar el desarrollo de baterías de Li-ion y de próxima generación, incluyendo también los segmentos de materias primas críticas.

Nuevas reglas para el mercado regional: el Reglamento Europeo sobre Baterías

En agosto de 2023, el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea adoptaron el Reglamento Europeo sobre Baterías (REB). El proyecto había sido presentado por la Comisión Europea en 2020 para sustituir a la Directiva sobre baterías que estaba vigente desde 2006. El REB crea un marco normativo común para todos los Estados Miembro con el objetivo de establecer condiciones favorables para el desarrollo de una industria de baterías a escala europea, que acompañe y facilite la expansión de la electromovilidad.

El REB plantea requerimientos que son de carácter obligatorio para aquellas baterías con capacidad mayor a 2kWh que sean producidas o comercializadas dentro de las fronteras de la Unión Europea. Las disposiciones específicas incluidas en el reglamento cubren un amplio abanico de temas, que comprenden el uso restringido de sustancias peligrosas, los umbrales mínimos de materiales reciclados, parámetros sobre el rendimiento o la durabilidad de las baterías, o las condiciones para el aprovisionamiento responsable de las materias primas de orígenes responsables. Además, en el caso de las baterías de los vehículos eléctricos, deberán declararse las categorías de rendimiento en función de la huella de carbono, a partir de agosto de 2026, mientras que, desde febrero de 2028, comenzarán a aplicarse umbrales de huella de carbono para cada categoría.

El REB incluye disposiciones específicas sobre cinco minerales utilizados para la producción de baterías: cobalto, cobre, níquel, plomo y litio. La normativa establece disposiciones importantes para los países proveedores de estos insumos, ya que contiene medidas orientadas a prevenir y reducir los impactos adversos que, al final de la cadena de valor, genera la mayor producción de baterías sobre el medio ambiente y los grupos sociales de los países productores de dichos minerales.

Con este propósito, el REB establece la obligación de implementar un mecanismo dirigido a aumentar la transparencia y la trazabilidad a lo largo del ciclo de vida de la batería exigiendo la “debida diligencia” por parte de terceros a lo largo de las cadenas de suministro. La debida diligencia se refiere a obligaciones consignadas en torno a un sistema de gestión de riesgos sociales y ambientales que apunta a identificar, prevenir y abordar dichos riesgos en las actividades de explotación de las materias primas.

Los requerimientos impuestos operan como medidas paraarancelarias, que establecen estándares más exigentes que aquellos que prevalecen actualmente en el mercado global. Algunos autores han señalado que el nivel de exigencia del reglamento podría tener un efecto no deseado sobre la tasa de adopción de vehículos eléctricos en Europa y un impacto negativo sobre el desarrollo de los productores en aquella región, en caso de que estos no logren cumplir las reglas establecidas de manera eficiente. Los costos de adopción de estos requisitos serían más gravosos para las empresas más pequeñas. Por otro lado, en caso de que las empresas europeas logren adaptarse a la legislación de manera virtuosa, Europa se consolidaría en el desarrollo y adopción de ciertas tecnologías que reducirían el impacto sobre el medioambiente, tal como es el caso, por ejemplo, del reciclado (Melin et al., 2021).

6.1.3

Aprovisionamiento de materias primas críticas

De la Iniciativa de las Materias primas a la Ley Europea de Materias Primas Fundamentales

La cuestión del abastecimiento de materias primas para la transición energética y la reconversión productiva asociada a ella ha ocupado tempranamente la agenda estratégica europea. En 2008, lanzó la Iniciativa de las Materias Primas³³, que incluía todas las materias primas utilizadas por las industrias europeas, con excepción de aquellas utilizadas como insumo de la producción agropecuaria y como combustible.

La iniciativa tenía tres objetivos principales. En primer lugar, promover la igualdad de condiciones en el acceso a materias primas del resto del mundo. Para ello se promoverían alianzas estratégicas y el diálogo político con terceros países. Además, se avanzaría en la coordinación estratégica de la política exterior de la Unión Europea con relación a las materias primas. La cooperación con otros países se basaría en la firma de cartas de intención y acuerdos de entendimiento. Algunos países de América y Asia firmaron acuerdos de entendimiento o participaron de diálogos de política pública a través de la Iniciativa de las Materias Primas. Entre los países de América Latina y el Caribe, por ejemplo, este ha sido el caso de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay. En este marco, se proponía también la revisión de la política comercial y regulatoria de los países fuera de la Unión Europea, con el propósito de eliminar las barreras distorsivas.

El segundo objetivo era promover la oferta sustentable de materias primas al interior de la Unión Europea. Para aumentar las inversiones en las industrias extractivas europeas, se fomentaría la adopción de buenas prácticas, se apoyarían estudios científicos de impacto ambiental, se formularían guías y desarrollarían sistemas de información. El tercer objetivo se orientaba a aumentar la eficiencia de los recursos y la oferta de materias primas recicladas. Aquí, se trabajaría sobre varios ejes: el desarrollo

33. Para más información, véase <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:es:PDF>.

de buenas prácticas en la recolección y tratamiento de residuos, la generación de estadísticas sobre residuos, las revisiones sobre las legislaciones de residuos, el apoyo a la investigación y desarrollo y la promoción de incentivos económicos para el reciclado y la reutilización.

En línea con la Iniciativa de las Materias Primas, en 2020, la Unión Europea participó y financió el lanzamiento de la Alianza Europea de las Materias Primas (AEMP). La estrategia se inspira en la experiencia de la EBA analizada previamente, en tanto involucra a todos los actores relevantes de la cadena de valor europea de materias primas: empresas industriales, sindicatos, organizaciones de investigación y tecnología, organizaciones de la sociedad civil y representantes de los Estados Miembro. La AEMP fue lanzada como parte del plan de acción sobre materias primas críticas, entre las que se encuentra el litio, incluido en la lista publicada en 2020.

La AEMP tiene como principal objetivo asegurar el acceso a materias primas críticas y estratégicas, reduciendo la dependencia de terceros países. Para ello, busca diversificar las fuentes de oferta, tanto a través del aprovisionamiento de fuentes primarias como secundarias. Asimismo, la AEMP aspira a aumentar la producción europea de materias primas hacia 2030, además de incorporar la economía circular a través del reciclado de materias primas críticas. Sus dos líneas principales de trabajo se relacionan con la canalización de inversiones en proyectos de materias primas y la realización de consultorías específicas sobre la cadena de valor. Los *clusters* priorizados inicialmente son los materiales para el almacenamiento y la conversión de energía³⁴.

En marzo de 2023, la Unión Europea dio un paso más en su objetivo de garantizar un acceso seguro a las materias primas y materiales críticos para la transición energética al presentar la Ley Europea sobre Materias Primas Fundamentales (*Critical Raw Materials Act*)³⁵, que entró en vigor en mayo del 2024. La ley considera como materias primas críticas a aquellas cuyo suministro está sujeto a posibles riesgos en el futuro y que, al mismo tiempo, son consideradas cruciales para las ambiciones ecológicas y digitales de Europa, así como para aplicaciones de defensa y espaciales.

La Ley establece objetivos para el 2030, referidos a las capacidades de producción, que se fijaron en al menos el 10% del consumo anual de la Unión Europea para las actividades de extracción, al menos el 40% del consumo anual de la región para la actividad de transformación, y al menos el 25% del consumo anual para reciclado. Asimismo, se establece que no más del 65% del consumo anual de la Unión Europea de cada materia prima estratégica, en cualquier fase pertinente de transformación, pueda proceder de un único país extranjero.

La regulación también reduce la carga administrativa y simplifica el proceso de solicitud de permisos para la producción local de materias primas, brindando incluso apoyo financiero en aquellos proyectos considerados estratégicos. Luego, se incluye el monitoreo de las cadenas de valor, el financiamiento de actividades de I+D y se promueve la circularidad. La estrategia tiene una dimensión internacional, a través de la cual la Unión busca crear lazos con potenciales socios “confiables” (*like-minded countries*), dispuestos a reforzar las cadenas de suministro mundiales.

34. El otro clúster es el de motores e imanes de tierras raras.

35. Para más información, véase https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_es

Acuerdos de cooperación con proveedores de materias primas

En el marco de su estrategia global sobre materias primas, la Unión Europea implementó algunas iniciativas de cooperación internacional. Entre ellas se encuentra, por ejemplo, la asociación estratégica sobre materias primas con Canadá. La misma se firmó en junio de 2021 e incluye las materias primas y minerales críticos para apoyar la transición verde. Se establecieron allí tres áreas de cooperación. En primer lugar, se promueve la integración de las cadenas de valor de materias primas de ambas regiones. El objetivo es juntar a inversores (incluyendo industrias aguas abajo) con los participantes de los proyectos de materias primas para compartir información y oportunidades e identificar y aprovechar oportunidades públicas y privadas de inversión. En segundo lugar, se encuentra la colaboración en ciencia, tecnología e innovación. Y, en tercer lugar, la implementación de criterios y estándares ambientales, sociales y de gobernanza.

En la misma línea, en julio de 2021, la Unión Europea firmó un memorándum de entendimiento con Ucrania para diversificar, fortalecer y asegurar el suministro de materias primas críticas y baterías en ambas regiones. El acuerdo implica la utilización de las plataformas ERMA y EBA para el desarrollo de los proyectos conjuntos.

En junio y julio de 2023, la Unión Europea firmó con la Argentina y Chile, respectivamente, memoranda de entendimiento centrado en la cooperación en cadenas de valor de materias primas sostenibles, que tienen potenciales implicaciones sobre la industria del litio. Tal como establecen los documentos, los acuerdos buscan impulsar la competitividad del sector minero, la generación de empleo de calidad y el crecimiento económico para ambas partes. El memorándum busca crear un marco para el trabajo conjunto en cinco áreas: i) Integración de cadenas de valor de materias primas sostenibles a través del desarrollo conjunto de proyectos y la facilitación del comercio y las inversiones; ii) Cooperación en investigación e innovación; iii) Alineación con criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) y estándares internacionales; iv) Desarrollo de infraestructura con un impacto ambiental mínimo para proyectos; v) Fortalecimiento de las capacidades, habilidades y la capacitación a lo largo de las cadenas de valor.

Global Gateway

El Global Gateway es una estrategia de cooperación internacional lanzada por la Unión Europea en 2021, cuyo objetivo es impulsar inversiones en sectores clave como la energía, el transporte, lo digital, así como fortalecer los sistemas de salud, educación e investigación en diversas regiones del mundo, incluida América Latina. Se prevé que esta iniciativa movilice aproximadamente €300.000 millones en inversiones entre 2021 y 2027, de los cuales €45.000 millones se destinarán a América Latina y el Caribe.

La colaboración entre la Unión Europea y América Latina y el Caribe se enfoca en oportunidades de inversión alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, organizadas en cuatro pilares: transición verde justa, transformación digital inclusiva, desarrollo humano y resiliencia sanitaria y vacunas.

El financiamiento de estas acciones proviene de diversas instituciones de la Unión Europea y sus estados miembros, así como del Banco Europeo de Inversiones y el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo. Asimismo, organismos de financiamiento latinoamericanos, como el Banco Interamericano de Desarrollo y la Corporación Andina de Fomento, se han comprometido a respaldar esta estrategia, junto con agencias de

cooperación técnica europeas como la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) y la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) (Obaya, Murguía, et al., 2024b).

El objetivo de impulsar una transición verde justa ha movilizado inversiones en América Latina en las áreas de materias primas críticas y en cadenas de valor birregionales, buscando asegurar que los proyectos aumenten el valor agregado local (Obaya, Murguía, et al., 2024b). En ese sentido, en los tres países del triángulo del litio existen proyectos apoyados a través del *Global Gateway* para el desarrollo de cadenas de valor de litio y cobre para baterías y vehículos, habiendo sido estos proyectos prioritarios en el 2023³⁶.

En el marco de la colaboración entre la Unión Europea y América Latina y el Caribe, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Instituto de Investigación Geológico y Energético de Ecuador (EC-IIGE) y la Comisión Europea anunciaron el desarrollo de una cooperación técnica no reembolsable denominada “Minería para la Transición Energética: Asegurar un Suministro Sostenible de Minerales Críticos para Impulsar el Desarrollo Regional”. Esta cooperación, que tendrá un financiamiento neto de €6 millones para fomentar las inversiones responsables en las cadenas de valor de los minerales críticos en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Ecuador a través de cuatro ejes de trabajo: 1) fortalecer marcos normativos, de inversión y normas socioambientales (con un presupuesto de €1,59 millones); 2) fomentar el conocimiento geológico a través de la innovación tecnológica (€1,27 millones); 3) crear una cartera de soluciones tecnológicas de bajas emisiones que fomenten las prácticas sostenibles en la producción minera (€1,3 millones); y 4) impulsar el desarrollo local y reforzar las cadenas de valor y las sinergias entre sectores productivos (€1,58 millones)³⁷.

Investigación y desarrollo

Para apoyar su estrategia en el área de materias primas, la Unión Europea ha implementado distintas iniciativas de apoyo a la investigación y desarrollo. Entre ellas, se destaca la EIT Raw Materials, una comunidad de innovación en materias primas. La misma fue creada en 2015, dentro del *European Institute of Innovation and Technology* (EIT), con financiamiento de la Unión Europea.

Uno de los principales objetivos de la iniciativa es contribuir a lograr un aprovisionamiento sostenible de materias primas que apoye la transición europea hacia una economía sustentable, innovando en las tecnologías de reciclado, la sustitución de materias primas, el procesamiento, y la actividad minera³⁸. Desde 2019, la EIT Raw Materials ha financiado tres proyectos vinculados al litio y las baterías. EuGeLi tiene por objeto extraer litio como un subproducto de las salmueras geotérmicas que se utilizan actualmente en la generación de electricidad. Contó con €3,9 millones de presupuesto (85% del financiamiento provino de la EIT RM). LiRef es un proyecto que tiene como objetivo desarrollar un proceso electroquímico, que utiliza energía hidroeléctrica, para convertir directamente el concentrado de espodumeno en hidróxido de litio de gran pureza. Finalmente, ReLieVe es un proyecto orientado a desarrollar un proceso para el reciclado de baterías de litio. Está liderado por Eramet, una empresa de capitales franceses que desarrolla una operación de litio en Argentina. El proyecto cuenta con un presupuesto de EUR 4,7 millones, de los cuales el 60% fue provisto por EIT Raw Materials.

36. Para más información, véase https://international-partnerships.ec.europa.eu/document/download/8ebd153b-a51f-4ee5-bf15-26d8ad7119d1_en?filename=EU-Latin-America-Investment-Agenda-EN.pdf.

37. Para más información, véase <https://www.iadb.org/es/proyecto/RG-T4442>.

38. Para más información, véase <https://eitrawmaterials.eu/>

6.2 ESTADOS UNIDOS

6.2.1

La orientación estratégica: el National Blueprint for Lithium Batteries

Estados Unidos ha implementado diversas iniciativas para fomentar la electromovilidad y el desarrollo de una cadena de valor de baterías, tanto a nivel nacional como en cooperación con países aliados. En 2021, se presentó el *National Blueprint for Lithium Batteries*³⁹, que establece los lineamientos de la estrategia estadounidense para el desarrollo de baterías de litio en el período 2021-2030. Este documento fue elaborado por el *Federal Consortium for Advanced Batteries* (FCAB), un consorcio liderado por los Departamentos de Energía, Defensa, Comercio y Estado.

El *blueprint* proporciona una guía para las inversiones en la industria de baterías de litio en Estados Unidos, resaltando su relevancia en tres dimensiones clave: económica, climática y de defensa. En el ámbito económico, se enfatiza la reconversión industrial y la creación de empleos en una economía de bajas emisiones de carbono. Desde la perspectiva climática, las baterías son cruciales para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones. En el área de defensa, las baterías se consideran un componente esencial para la seguridad nacional, ya que se utilizan en misiones de fuerzas conjuntas, bases de contingencia e instalaciones militares.

El documento presenta cinco metas que abordan la cadena en su conjunto: i) asegurar el acceso a materias primas y materiales refinados, y descubrir alternativas para minerales críticos para aplicaciones comerciales y de defensa; ii) apoyar el crecimiento de la base doméstica de procesamiento de materiales para responder a la demanda de la industria de baterías en el país; iii) estimular los sectores industriales locales productores de electrodos, celdas y paquetes de baterías; iv) habilitar el reciclado y la reutilización de materiales críticos a gran escala de manera competitiva en los Estados Unidos; v) mantener e impulsar el liderazgo tecnológico estadounidense en baterías, apoyando la I+D científica, la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática y el desarrollo de la fuerza de trabajo. Para cada una de estas metas, entre las cuales la cuestión de las materias primas ocupa un papel destacado, el proyecto se plantea objetivos de corto plazo (2025) y de largo plazo (2030).

Para avanzar en la implementación del *National Blueprint for Lithium Batteries*, en 2021 el consorcio FCAB estableció una alianza con el sector privado denominada *Li-Bridge*. Esta iniciativa incluye la participación de tres organizaciones estadounidenses: Advocate for Advanced Battery Technology in North America (NAATBatt), New York Battery and Energy Storage Technology Consortium (NY-BEST) y New Energy Nexus. La coordinación está a cargo del Argonne National Laboratory, un centro de investigación del Departamento de Energía operado por la Universidad de Chicago⁴⁰.

39.Fuente: https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621_0.pdf

40. Como se mencionó en la sección anterior, la iniciativa Li-Bridge creó en 2022 una alianza con la Alianza Europea de Baterías. Para más información, véase <https://www.eba250.com/collaboration-between-the-european-battery-alliance-and-u-s-li-bridge-alliance-receives-support-from-the-eu-commission-and-u-s-department-of-energy/>.

6.2.2

Apoyo financiero: Inflation Reduction Act

El impulso más significativo para el desarrollo de la industria nacional de baterías llegó en agosto de 2022, con el lanzamiento de la *Inflation Reduction Act* (IRA). Este conjunto de iniciativas fiscales, productivas y regulatorias tiene como objetivo último promover la reducción de la inflación. Los incentivos incluidos en la IRA buscan reducir los costos energéticos para las familias y los pequeños negocios, acelerar la inversión privada en energías limpias en todos los sectores de la economía, fortalecer las cadenas de valor –desde los minerales críticos hasta las aplicaciones electrónicas– y crear empleos bien remunerados, generando nuevas oportunidades para los trabajadores.

Estos objetivos están alineados con los del *National Blueprint for Lithium Batteries*. Los incentivos diseñados buscan fomentar el desarrollo de toda la cadena de valor de baterías de ion de litio en Estados Unidos y, cuando no sea posible, en países aliados, especialmente en el segmento de producción y refinamiento de materias primas. Dentro de esta iniciativa, los países aliados se refieren a aquellos con los que Estados Unidos mantiene tratados de libre comercio. Los beneficios otorgados por la IRA alcanzan un monto total de USD 370,000 millones.

El principal instrumento de la IRA para promover la electromovilidad son los créditos fiscales (*Clean Vehicle Credit*) destinados a la compra de vehículos eléctricos nuevos y usados. El monto otorgado es de USD 7,500 para vehículos eléctricos nuevos y USD 4,000 para los usados. Para acceder al crédito, los ingresos anuales de los individuos no deben superar los USD 150,000, mientras que el límite para las familias es de USD 300,000. Los vehículos elegibles deben ser enchufables o de celda de combustible, tener una batería con una capacidad mínima de 7 KWh, y ser ensamblados en Estados Unidos. Además, su valor total no puede exceder los USD 80,000 para vans y camionetas, y USD 55,000 para otros tipos de vehículos⁴¹.

Asimismo, se establecen dos requisitos para los componentes de los vehículos eléctricos que influyen en la distribución geográfica de la cadena de valor, promoviendo estrategias de *onshoring*, *friend-shoring* o *ally-shoring* (Maihold, 2022; Jain y Kroenig, 2023). Si solo se cumple uno de estos requisitos, el crédito para la compra del vehículo se reduce en un 50%:

1. Origen de los minerales críticos: los minerales utilizados en las baterías deben cumplir con un porcentaje mínimo de extracción o procesamiento en Estados Unidos o en un país con el que Estados Unidos tenga un acuerdo de libre comercio, o bien ser reciclados en territorio estadounidense. En 2023, el requisito fue del 40%, aumentando 10 puntos porcentuales cada año hasta alcanzar el 80% en 2027. Cabe señalar que Estados Unidos mantiene acuerdos de libre comercio con 20 países, de los cuales solo Chile y Australia son grandes productores de litio, excluyéndose a China y Argentina de esta lista⁴².

41. Véase <https://www.irs.gov/credits-deductions/credits-for-new-clean-vehicles-purchased-in-2023-or-after>

42. Los países con los que los Estados Unidos firmó acuerdos de libre comercio son: Australia, Bahrein, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras, Israel, Jordania, Corea, México, Marruecos, Nicaragua, Omán, Panamá, Perú, Singapur. Fuente: <https://ustr.gov/trade-agreements/free-trade-agreements>. En el caso de Japón, se firmó un acuerdo focalizado en minerales críticos. En el caso de la Unión Europea, se han establecido negociaciones para firmar acuerdo específico de minerales críticos que garantice que los minerales extraídos o procesados en la Unión Europea puedan beneficiarse de los beneficios de la IRA. Fuente: <https://www.reuters.com/markets/commodities/amid-trade-dispute-us-eu-seek-minerals-agreement-talks-subsidies-2023-03-10/>.

2. Origen de los componentes de las baterías: los componentes de las baterías deben cumplir con un mínimo del 50% de manufactura o ensamblaje en Estados Unidos para 2023. Este requisito aumentará progresivamente hasta alcanzar el 100% en 2029⁴³.

Para hacer frente a las necesidades de minerales críticos, disponibles en países con los que aún no existían acuerdos de libre comercio comprehensivos, la administración Biden propuso acuerdos comerciales enfocados en los minerales críticos para baterías de autos eléctricos, siendo el acuerdo con Japón el primero de ellos⁴⁴. Sin embargo, estas decisiones fueron cuestionadas por sectores del congreso, que consideran que estas estrategias solo facilitan el acceso a subsidios a empresas japonesas sin aumentar el comercio ni reducir la dependencia de China⁴⁵, por lo que propusieron, en 2024, una ley, “Stop Executive Overreach on Trade Agreements”, a través de la cual los países que busquen ser elegibles para los beneficios de la IRA deben firmar un acuerdo de libre comercio y no solo un acuerdo de minerales críticos⁴⁶.

Asimismo, se estableció que, desde 2024, los componentes de baterías fabricados o ensamblados en “*foreign entities of concern*” (FEOC), entre las que se encuentran China y Rusia, no calificarán para la obtención del crédito fiscal. Desde 2025, esta regla se amplía a los minerales extraídos, procesados o reciclados en estos países⁴⁷.

Hasta julio de 2024, se habían otorgado aproximadamente USD 66.760 millones en préstamos, subvenciones y garantías de préstamos a través de 15 agencias federales. De este monto, el 36% del presupuesto asignado a la IRA había sido destinado a subvenciones, principalmente movilizadas por la Agencia de Protección Ambiental.

La IRA también ofrece crédito fiscal para la producción de minerales y baterías a través del *Advanced Manufacturing Production Credit*⁴⁸. Esta línea de financiamiento puede cubrir 10% de los costos de producción de los minerales críticos, 10% del costo de los materiales activos de la batería, USD 35 por kWh para la producción de celdas y USD 10 por kWh para la producción de módulos. Todos estos créditos pueden ser solicitados de manera simultánea. De acuerdo con la estimación de Transport & Environment (2023), el productor de un vehículo eléctrico que utiliza una batería con una capacidad de 60 kWh, incluyendo las celdas y los módulos de baterías, obtiene un subsidio directo de USD 2.700 (el monto aumenta hasta USD 3.600 en el caso de una batería de 80 kWh).

43. De acuerdo con un estudio elaborado por investigadores del laboratorio Argonne, entre 2010 y 2020, más el 50% de las celdas de baterías utilizadas por vehículos eléctricos fueron producidas en Estados Unidos. El porcentaje aumenta a 90% en el caso de los paquetes de baterías. En 2020, las proporciones se ubicaron en 70% y 87%, respectivamente. La mayor parte de la producción se explica por el joint venture Tesla-Panasonic (Zhou y otros, 2021)

44. Véase <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF12517>

45. Véase <https://waysandmeans.house.gov/wp-content/uploads/2024/04/One-Page-Stop-Executive-Overreach-on-Trade-Agreements-Act.pdf>

46. Véase <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47679>

47. En julio de 2025, se emitió la normativa final que define un negocio como FEOC si está “incorporado, tiene su sede o realiza actividades relevantes” (como fabricación, producción, extracción, entre otras) en un país cubierto por la normativa. Además, las regulaciones establecen que una empresa se considera FEOC si el 25% o más de sus “puestos en la junta directiva, derechos de voto o participación accionaria” son controlados en conjunto por el gobierno nacional de un país cubierto, sus gobiernos subnacionales, o “ciertas figuras políticas extranjeras actuales o anteriores” de dicho país. Finalmente, las regulaciones determinan que una empresa puede clasificarse como FEOC si tiene acuerdos de licencias o contratos con una FEOC que efectivamente generen un “control” de la empresa por parte de la FEOC. De acuerdo con estas definiciones, las subsidiarias extranjeras de empresas chinas de propiedad privada en países no considerados FEOC podrían formar parte de las cadenas de suministro de negocios elegibles para el crédito “siempre que no estén controladas por el gobierno chino” (Deaux et al., 2023).

48. La regulación de este instrumento fue publicada en octubre de 2024; véase <https://www.federalregister.gov/documents/2024/10/28/2024-24840/advanced-manufacturing-production-credit>

En paralelo con el IRA, el país cuenta con otros instrumentos de financiamiento para promover el desarrollo nacional de la cadena de valor de las baterías. El Departamento de Energía cuenta también con el *Advanced Technology Vehicles Manufacturing Loan Program* (ATVM), que ofrece préstamos de bajo costo⁴⁹. Estos beneficios están disponibles para fabricantes de vehículos y celdas y paquetes de baterías que deseen expandir o establecer nuevas plantas de fabricación. En 2022, otorgó un crédito a la empresa Ultium Cells –un *joint venture* entre General Motors y LG Energy– por USD 2.500 millones para la producción de una fábrica de celdas de baterías en el país.

Más recientemente, en enero de 2023, el Departamento de Energía emitió un compromiso de financiamiento condicionado de hasta USD 700 millones a la empresa Ioneer Rhyolite Ridge. El mismo está dirigido a apoyar el desarrollo de un proyecto de litio y boro en la mina Rhyolite Ridge, en el estado de Nevada. Este apoyo se alinea con uno de los objetivos centrales del gobierno estadounidense, cuyos instrumentos de política serán analizados más adelante, referidos al abastecimiento de materias primas y materiales críticos para el desarrollo de una cadena de valor local de baterías de litio. El desarrollo del proyecto minero está sujeto a la aprobación final por parte del Departamento del Interior. La operadora ya ha firmado acuerdos de suministro (*offtake agreements*), que van entre 3 y 5 años, con la empresa automotriz Ford, con el productor de celdas Prime Planet Energy & Solutions (un *joint venture* formado por Toyota Motor Corporation y Panasonic Corporation) y EcoPro Innovation (fabricante de cátodos)⁵⁰.

Bajo este mismo marco, en marzo de 2024, Lithium Americas firmó un acuerdo condicional con el Departamento de Energía para obtener un préstamo de USD 2.260 millones, destinado a financiar la construcción del proyecto de litio Thacker Pass, en Nevada. Se prevé que la construcción comience a finales del 2024 y que la primera fase de producción, con una capacidad de 40.000 toneladas anuales LCE, entre en operación en 2027⁵¹. En 2023, también se había anunciado un acuerdo condicional con BlueOval SK, una empresa conjunta entre Ford y SK On, un fabricante surcoreano de baterías. Si se aprueba, este préstamo de 9.200 millones de dólares financiará la construcción de tres plantas de producción de baterías, una en Tennessee y dos en Kentucky, para abastecer la producción de vehículos eléctricos de las marcas Ford y Lincoln⁵².

Apoyo a las actividades de investigación, desarrollo y fortalecimiento de las capacidades

Antes del lanzamiento del *National Blueprint for Lithium Batteries*, los Estados Unidos ya contaban con líneas de subsidio para investigación y desarrollo, así como para apoyo a la expansión de la producción. Entre las primeras se encuentra, por ejemplo, el *Advanced Vehicle Technologies Research*, gestionado por el Departamento de Energía. En 2021, a través de esta ventanilla, se financiaron 24 proyectos con un total de USD 60 millones para el desarrollo de baterías, materiales y nuevas formas de

49. Para más información, véase <https://www.energy.gov/lpo/articles/advanced-technology-vehicles-manufacturing-fact-sheet>.

50. Para más información, véase <https://www.energy.gov/lpo/articles/lpo-announces-conditional-commitment-ioneer-rhyolite-ridge-advance-domestic-production>

51. Para más información, véase <https://lithiumamericas.com/news/news-details/2024/Lithium-Americas-Receives-Conditional-Commitment-for-2.26-Billion-ATVM-Loan-from-the-U.S.-DOE-for-Construction-of-Thacker-Pass/>

52. Para más información, véase <https://www.energy.gov/lpo/articles/lpo-announces-conditional-commitment-loan-blueoval-sk-further-expand-us-ev-battery>

movilidad⁵³. La mitad de estos proyectos estaba enfocada en desarrollar baterías de litio de avanzada, con mejoras en atributos claves, como, por ejemplo, la durabilidad, la seguridad y el costo de producción.

En 2022, se lanzaron los *Battery Manufacturing Awards*, que tienen como objetivo general el desarrollo de baterías con distintas tecnologías (mayormente de litio) y sus componentes (cátodos LFP, electrolitos, ánodos). En la primera ronda se invirtieron, a través del Departamento de Energía, USD 1.820 en 14 proyectos, mientras que los subsidios otorgados en la segunda ronda alcanzaron a 25 proyectos distribuidos en 14 estados, con una inversión de USD 3.000 millones. Con el cofinanciamiento privado la inversión total sería superior a los USD 16.000 millones.

Ese mismo año, el Departamento de Energía y la Federación Estadounidense del Trabajo-Congreso de Organizaciones Industriales (AFL-CIO, por sus siglas en inglés) lanzaron la *Lithium-Battery Workforce Initiative*, una estrategia nacional orientada al desarrollo de competencias en la cadena de valor de baterías de litio⁵⁴. Este programa, financiado con 5 millones de dólares, promueve la cooperación entre la industria y los trabajadores para fortalecer la capacitación y certificación en competencias clave para la fabricación de baterías. Hasta el momento, se presentaron cinco programas piloto que incluyen a empresas manufactureras, sindicatos y formadores.

En abril de 2024, el Departamento de Energía de los Estados Unidos anunció el lanzamiento de un fondo de investigación y desarrollo por un monto total de USD 49,8 millones, gestionado por la *Vehicle Technologies Office* (VTO). Este fondo está destinado a financiar proyectos enfocados en el desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en baterías, componentes, materiales y sistemas de carga, con el objetivo de impulsar avances en la movilidad sostenible⁵⁵.

6.2.3

Aprovisionamiento de materias primas críticas

La estrategia de desarrollo de una cadena de valor de baterías en los Estados Unidos incluye, al igual que en Europa, un pilar fundamental orientado al fortalecimiento del abastecimiento de materias primas y materiales procesados. La inquietud por asegurar estos recursos estratégicos se remonta a la administración Obama, en particular tras el embargo chino sobre las exportaciones de tierras raras a Japón. Sin embargo, esta prioridad adquirió un nuevo impulso bajo el gobierno de Trump, que en 2017 publicó “Una estrategia federal para garantizar el suministro seguro y fiable de minerales críticos” (Exec. Order. No 13817 of 20 Dec 2017, 2017) y, posteriormente, en 2020, emitió la Orden Ejecutiva 13953, en la que se reconocía explícitamente a China como un riesgo para los Estados Unidos. En ese momento, el riesgo se percibía principalmente desde una óptica de seguridad y economía; no obstante, bajo la administración Biden, se integró también la dimensión ambiental. De este modo, el abastecimiento seguro y estable de materias primas críticas pasó a considerarse, además, como una condición esencial para cumplir con los compromisos de descarbonización asumidos internacionalmente.

53. La lista de los proyectos puede encontrarse aquí: https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-07/FY21_VTO_2420_selections_table-for_release.pdf

54. Para más información, véase <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-5-million-launch-lithium-battery-workforce-initiative>

55. Para más información, véase <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/funding-notice-vehicle-technologies-office-fiscal-year-2024-research>

En 2022, se puso en marcha la *American Battery Materials Initiative*, que tiene como misión alinear y apalancar recursos federales para el desarrollo de la cadena de valor de baterías. La iniciativa está liderada por un comité de la Casa Blanca bajo la coordinación del Departamento de Energía, con el apoyo del Departamento del Interior. Se enmarca en la Asociación para la Infraestructura y la Inversión Globales (*Partnership for Global Infrastructure and Investment*), una coalición impulsada por el G7, para contrarrestar el peso de la Iniciativa de la Franja y la Ruta china.

El trabajo de la *American Battery Materials Initiative* tiene como punto de partida un informe encargado por el presidente Biden, a través de la Executive Order 14017, para evaluar los riesgos que enfrentan algunas cadenas de valor críticas para los Estados Unidos –entre ellas, las cadenas de baterías y de minerales críticos (The White House, 2021). Entre sus conclusiones, el informe recomienda formar coaliciones que favorezcan tanto la diversificación de las cadenas internacionales de suministro como el desarrollo de operaciones a nivel interno que cumplan con estándares ambientales y laborales y aseguren la participación de las comunidades.

En 2022, al desatarse el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, el gobierno de Estados Unidos invocó la Defense Production Act Title III⁵⁶. Esta medida se relaciona, entre otras cuestiones, con la intención de fortalecer la base industrial de Estados Unidos en baterías de gran capacidad, en un contexto de alta dependencia de fuentes extranjeras “poco confiables” (*“unreliable foreign sources”*) para el aprovisionamiento de minerales críticos y estratégicos para la transición energética. El Departamento de Defensa estará a cargo de realizar estudios de factibilidad y proyectos de modernización para proyectos maduros de minería, para el procesamiento de valor agregado, para aumentar la productividad, la sostenibilidad ambiental y la seguridad de los trabajadores.

En el plano internacional, en junio de 2022, el gobierno de Estados Unidos lanzó la *Minerals Security Partnership* (MSP). Los países que participan de la iniciativa junto a los Estados Unidos son Australia, Canadá, Corea del Sur, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Japón, Suecia, Noruega, India, Italia, el Reino Unido y la Comisión Europea⁵⁷. En el corazón de la MSP se encuentra el concepto de *friend-shoring*, en tanto pretende constituirse como un bloque de países que comparten intereses y valores que aspira a construir cadenas de valor alternativas, desafiando la posición dominante de China en cadenas de valor que son estratégicas para la seguridad tecnológica y económica de este conjunto de países (Vivoda, Matthews, et al., 2024).

Para ello, la MSP busca promover la inversión tanto pública como privada, aumentar la transparencia y fomentar la adopción de altos estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en todas las cadenas de suministro de minerales críticos. El plan estratégico de la MSP contempla una división del trabajo con especialización geográfica en distintos segmentos de la cadena de valor. Por ejemplo, países ricos en recursos minerales, como Australia y Canadá, podrían centrarse en la extracción, mientras que el procesamiento se destinaría a naciones tecnológicamente avanzadas, como Estados Unidos, Japón y Corea del Sur, que también liderarían los esfuerzos en reciclaje e investigación. Se espera que la financiación e inversión en estas iniciativas provengan principalmente de Estados Unidos, Japón y la Unión Europea (Vivoda & Matthews, 2024).

56. Para más información, véase

<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2989973/defense-production-act-title-iii-presidential-de-termination-for-critical-materi/>.

57. Para más información, véase <https://www.state.gov/minerals-security-partnership/>.

En marzo del 2023, Estados Unidos y Japón firmaron un acuerdo para fortalecer y diversificar las cadenas de valor de los minerales críticos, buscando facilitar el comercio, promover la competencia justa y las condiciones de mercado, avanzar en los estándares laborales y ambientales y asegurar cadenas de valor seguras, transparentes, sustentables y equitativas. Entre otras cuestiones, el acuerdo incluyó el compromiso de no imponer gravámenes a la exportación de minerales críticos y medidas para abordar la existencia de políticas y prácticas no comerciales que afecten su comercio⁵⁸. Este acuerdo no modificó normativa ni tarifas existentes, y se centró únicamente en los siguientes minerales críticos: cobalto, grafito, litio, manganeso y níquel⁵⁹. En agosto del 2024, Estados Unidos y Argentina firmaron un memorándum de entendimiento (MOU) con el objetivo de fortalecer la cooperación en las cadenas de valor de los minerales críticos y promover el comercio y la inversión en la exploración, extracción, procesamiento, refinamiento, reciclado y recuperación de estos minerales⁶⁰. Estados Unidos y Perú firmaron su MOU en la misma fecha y con el mismo contenido, enfatizando el interés de colaborar en la gobernanza y seguridad de la cadena de valor de los minerales críticos.

Por último, hacia finales del 2024, Estados Unidos y la Unión Europea continúan negociando un acuerdo sobre minerales críticos, proceso que comenzó con una declaración conjunta en marzo del 2023⁶¹. El acuerdo busca profundizar y diversificar la cooperación en las cadenas de valor de minerales críticos y baterías para autos eléctricos y que los proveedores de minerales extraídos o procesados en la Unión Europea reciban el mismo trato que los proveedores estadounidenses, a fin de evitar impactos negativos de la legislación estadounidense en la industria europea⁶².

6.2.4

Cambios en los aranceles a productos chinos en vehículos eléctricos y la cadena de valor de las baterías

En mayo del 2024 el gobierno de Estados Unidos anunció un cambio en la política comercial respecto de China, aduciendo la presencia de prácticas y políticas comerciales no competitivas y la existencia de riesgos para la seguridad económica y la resiliencia de las cadenas de valor críticas de los Estados Unidos. En este marco, en línea con la decisión que adoptaría la Unión Europea en junio de ese mismo año (ver sección anterior), el gobierno aumentó los aranceles a la importación de autos eléctricos de un 25% a un 100% y de un 7,5% a un 25% en el caso de las baterías de litio utilizadas en autos eléctricos y sus partes⁶³. La medida también alcanza a las materias primas de la cadena de valor de baterías: los aranceles sobre los minerales críticos aumentaron de cero al 25% en 2024.

58. Para más información, véase <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2023/march/united-states-and-japan-sign-critical-minerals-agreement>

59. Para más información, véase <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF12517>

60. Para más información, véase <https://www.state.gov/the-united-states-of-america-and-the-argentine-republic-sign-memorandum-of-understanding-to-strengthen-cooperation-on-critical-minerals/>

61. Para más información, véase <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/03/10/joint-statement-by-president-biden-and-president-von-der-leyen-2/>

62. Para más información, véase <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IN/IN12145>

63. Para más información, véase <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/05/14/fact-sheet-president-biden-takes-action-to-protect-american-workers-and-businesses-from-chinas-unfair-trade-practices/>

6.3 CHINA

6.3.1 Made in China

En China existen distintos programas orientados promover la adopción de vehículos de nuevas energías y el desarrollo de la producción industrial. En 2015, el gobierno lanzó el programa *Made in China 2025*, que tenía como objetivos potenciar la posición de empresas chinas en las cadenas globales de valor manufactureras, permitir el salto hacia nuevas tecnologías emergentes y reducir su dependencia de empresas extranjeras (Retzer et al., 2018; Yeung, 2019).

En el programa se establecieron 10 sectores tecnológicos estratégicos, entre los que se incluyó la producción de vehículos eléctricos y su cadena de valor. Para 2025, las empresas chinas tendrían como meta la venta de 3 millones de vehículos al año, lo que explicaría el 80% del mercado nacional de vehículos eléctricos. Por último, se fijaba como objetivo que el 80% del mercado de baterías y motores eléctricos sea de empresas chinas (Yeung, 2019).

El programa *Made in China 2025* ha implementado una amplia gama de políticas para alcanzar sus objetivos, siendo el subsidio a la producción de vehículos eléctricos el instrumento de promoción más utilizado. Este enfoque ha buscado reducir el precio de estas unidades, que al inicio del programa era considerablemente más alto en comparación con los vehículos de combustión interna (Yeung, 2019).

Además, se implementaron diversas medidas impositivas, comerciales y regulatorias para facilitar la transferencia de tecnología y atraer inversiones extranjeras en colaboración con empresas locales. En este marco, el programa promovió activamente la adquisición, absorción y adaptación de tecnologías extranjeras, incentivando la creación de joint ventures entre empresas internacionales y nacionales, muchas de las cuales son de carácter público. Según Yeung (2019), por ejemplo, las regulaciones sobre emisiones de carbono puestas en marcha en 2017 “forzaron” a los productores de vehículos a combustión interna extranjeros, localizados en China, a establecer *joint-ventures* con empresas chinas pioneras en el mercado de vehículos eléctricos. Esta regulación estableció una cuota mínima de vehículos eléctricos que cada compañía debía vender con relación a sus ventas en el mercado doméstico de vehículos a combustión interna (8% en 2017, 10% en 2019, y 12% en 2021)⁶⁴. Así, empresas tradicionales como Volkswagen, interesadas en competir en el mercado chino, tuvieron que asociarse con actores locales, como SAIC y FAW, para cumplir con estos requisitos mínimos de ventas de vehículos eléctricos.

El gobierno también ha dispuesto de fondos públicos específicos (“*government guidance funds*”) destinados a financiar actividades de I+D nacionales y la adquisición de empresas en el extranjero, con el fin de facilitar la transferencia de conocimientos a través de diversos canales. Además, el programa incluyó un componente orientado al reclutamiento y capacitación de talentos.

64. La regulación era obligatoria para empresas con una producción mayor a las 30.000 unidades anuales.

6.3.2

Plan Quinquenal

Entre 2019 y 2020, el gobierno chino desarrolló su 14º Plan Quinquenal para el período 2021-2025. Uno de los objetivos prioritarios del plan es acelerar la transición hacia una economía neutra en carbono, con un papel destacado de la ciencia, la tecnología y la innovación⁶⁵. Entre los sectores industriales comprendidos en el plan, se incluyen las “industrias estratégicas emergentes”, entre las que se encuentra la producción de los vehículos que utilizan nuevas energías (IEA, 2022). El plan proporciona lineamientos para que el gobierno nacional y los gobiernos locales implementen acciones de promoción de la industria, con un enfoque especial en la mejora de la calidad y los estándares de producción. También se priorizan proyectos de investigación y desarrollo relacionados tanto con estos vehículos como con baterías de próxima generación, tales como las baterías de litio de estado sólido y las baterías de sodio⁶⁶.

Entre las acciones desarrolladas por el gobierno nacional para alcanzar los objetivos estratégicos se destacan aquellas destinadas a acelerar la innovación y la aplicación de tecnologías clave, desarrollar *clusters* de industrias emergentes estratégicas, alentar las fusiones y las reestructuraciones empresariales, apoyar financieramente a las industrias, a través de fondos y garantías, atraer y utilizar mejor la inversión extranjera directa. Otra área atendida por el plan quinquenal es la de la economía circular, en cuyo marco se incluye el objetivo de estandarizar el manejo de recursos de la industria de reciclado de baterías. Aquí, se incluyen medidas orientadas a la estandarización de las mismas, así como la asignación de responsabilidades a las empresas sobre el ciclo completo del producto.

Se presentaron, además, planes regionales (por ejemplo, en Beijin, Shangai, Guandong, Tianjin, Jiangsu, Fujian y Shaanxi), que se enfocan en la integración de la producción de los vehículos que utilizan nuevas energías con las industrias que participan de la cadena de valor, en particular la producción y el reciclado de baterías. Cada plan regional incluye objetivos de adopción y producción de vehículos, así como de uso de vehículos eléctricos en el transporte público.

6.3.3

Plan de Desarrollo Industrial de Vehículos de Nuevas Energías

En 2021, se lanzó una nueva etapa del plan de Desarrollo Industrial de Vehículos de Nuevas Energías, cuyos antecedentes se remontan a 1991, cuando comenzó el apoyo a las actividades de investigación y desarrollo en vehículos eléctricos y sus componentes. Entre sus objetivos, el plan busca que los vehículos de nuevas energías representen la mayor parte de las ventas de automóviles para 2035. La meta inicial para 2025 era alcanzar el 20% del mercado, un objetivo que se superó ampliamente ya que, en 2023, el 35% de los vehículos nuevos registrados en China ya eran eléctricos. (IEA, 2024). En el caso del transporte público, la electrificación alcanzaría el 100% en 2030⁶⁷.

El plan define cinco tareas estratégicas clave para alcanzar sus objetivos, centradas en el desarrollo de una industria nacional de vehículos de nuevas energías que sea

65. Para más información, véase <https://chinaexecutivebriefing.asiasociety.org/brief/14th-five-year-plan/>.

66. Para más información, véase <https://www.globalpolicywatch.com/2021/06/chinas-14th-five-year-plan-2021-2025-spotlight-on-new-energy-vehicles-nevs/>.

67. Para más información, véase <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/China-new-vehicle-industrial-dev-plan-jun2021.pdf>.

competitiva a nivel internacional y que impulse el proceso de transición energética. La primera es mejorar la capacidad de innovación, en particular en las tecnologías de baterías, las tecnologías de conectividad e inteligencia de los nuevos vehículos y en las tecnologías básicas de la cadena de valor automotriz (por ejemplo, sistemas operativos, sistemas de propulsión). En segundo lugar, se plantea la construcción de un ecosistema industrial de vehículos de nuevas energías, poniendo como una de las áreas prioritarias el desarrollo de una cadena de valor de baterías. En tercer lugar, se plantea la necesidad de promover la integración y el desarrollo industrial, integrando el ecosistema automotriz con las áreas de energía, transporte y las industrias de información y comunicación. En cuarto lugar, se propone construir un sistema de infraestructura, en particular mediante la ampliación de las redes de recarga e intercambio de baterías; la modernización de las instalaciones urbanas; y la construcción de sistemas de apoyo al reabastecimiento de hidrógeno. Finalmente, en quinto lugar, se plantea la necesidad de aumentar la apertura y profundizar la cooperación internacional.

El propósito de esta línea de acción es, sobre todo, promover la competitividad de las empresas chinas, mediante una mayor internacionalización. Se busca, por lo tanto, fomentar el vínculo con empresas extranjeras, centros de investigación y asociaciones industriales, en particular en áreas como la investigación, el diseño o el desarrollo de talento. Asimismo, las empresas chinas son apoyadas para desarrollar planes de internacionalización o explotar mercados externos. Es interesante notar que este último punto, a diferencia de los Estados Unidos o Europa, se busca profundizar los lazos del ecosistema empresarial chino con los actores del exterior (ICCT, 2021).

Por primera vez desde el inicio de su promoción, en 2023 la industria de vehículos de nuevas energías comenzó a operar sin subsidios directos para la compra de vehículos eléctricos. Sin embargo, se mantienen vigentes exenciones fiscales y otras medidas de apoyo no financieras (IEA, 2024).

6.4

LA PROMOCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD Y SU CADENA DE VALOR EN PERSPECTIVA COMPARADA

China, la Unión Europea y Estados Unidos, líderes en la transición hacia la electromovilidad, han mostrado gran dinamismo en la implementación de regulaciones y políticas para fomentar la adopción de vehículos eléctricos y, cada vez con mayor énfasis, en el desarrollo de una cadena de valor nacional o regional de baterías de ion de litio. El Cuadro 7 presenta una síntesis de los instrumentos analizados en esta sección. Comparar estas estrategias permite identificar características comunes, diferencias y, además, las interacciones entre las decisiones estratégicas.

El primer aspecto destacado es que las estrategias de promoción han utilizado una variedad de instrumentos, incluyendo regulaciones, incentivos al consumo y a la producción, fomento de actividades de investigación y desarrollo, y la creación de asociaciones público-privadas. Estos elementos están presentes en todos los casos analizados.

En segundo lugar, los marcos estratégicos implementados han adoptado un enfoque integral, abordando todos los segmentos de la cadena de valor. En los últimos años, esto ha sido particularmente evidente en Estados Unidos y la Unión Europea, debido

a su creciente preocupación por el dominio que China ejerce sobre los procesos productivos y los insumos clave de la cadena de valor. Este dominio se extiende cada vez más al ámbito tecnológico, como lo refleja el análisis de patentes a lo largo de toda la cadena, desde la producción de litio hasta el reciclaje de baterías (Moreno-Brieva & Marín, 2019).

El interés político en la relocalización de la cadena de valor, revirtiendo el proceso de *offshoring* que prevaleció durante décadas –especialmente en favor de países asiáticos–, se remonta a la segunda mitad de los años 2000⁶⁸, cobrando mayor impulso desde 2017. La llegada de Trump a la presidencia en Estados Unidos y la creación de la Alianza Europea de Baterías en Europa marcan el inicio de un proceso que se aceleró con la disrupción de las cadenas de suministro durante la crisis del COVID-19 y, más tarde, con la invasión de Rusia a Ucrania.

Desde entonces, ha emergido una competencia geopolítica (Kalantzakos, 2020; Vivoda, Matthews, et al., 2024) –o geoeconómica– orientada a reducir la dependencia de China en todos los segmentos de la cadena de valor de baterías, mediante la localización de actividades productivas en territorio propio o cercano (*onshoring* o *nearshoring*), o en países que “comparten valores democráticos” (*friendshoring* o *allyshoring*) (Jain & Kroenig, 2023; Maihold, 2022). En este contexto, la dinámica actual de la industria de la electromovilidad y la cadena de valor de baterías responde menos a condiciones de eficiencia estática –que el libre comercio tradicional ofrecería– y más a criterios de seguridad y eficiencia dinámica, donde el control directo de tecnologías clave se considera fundamental para asegurar ganancias de productividad a largo plazo.

Las acciones estratégicas implementadas han resultado en un aumento de la competencia entre regiones. El lanzamiento del *Inflation Reduction Act* en Estados Unidos en agosto de 2022, que incluye un generoso paquete de subsidios para el consumo y la producción de vehículos eléctricos y sus baterías (370,000 millones de USD), ha generado preocupación en la Unión Europea. Como se ha discutido, el enfoque europeo se ha centrado mucho más en aspectos regulatorios y en la cooperación público-privada, mientras que la disponibilidad de fondos para ayudas directas es considerablemente menor. Además, los procesos europeos, debido a la naturaleza de la gobernanza en la región, suelen ser más lentos y requieren negociación, lo que plantea una desventaja relativa en el contexto actual de competencia.

En respuesta, el sector privado, organizado en torno a la Alianza Europea de Baterías, ha presentado propuestas a la Comisión Europea para contrarrestar los efectos negativos que este paquete de medidas –junto con otras implementadas en países como Canadá, Corea del Sur y Japón– podría tener sobre las inversiones programadas en Europa en la cadena de valor de la electromovilidad⁶⁹. En esta misma línea, diversas organizaciones de la sociedad civil como Transport & Environment (2023) han actuado para abogar por un enfoque más competitivo y proactivo.

Un aspecto destacado de las estrategias de Estados Unidos y la Unión Europea es

68. Por ejemplo, en el caso de las materias primas, Riofrancos (2022) ubica este momento en 2008, cuando los Estados Unidos y la Unión Europea encuadran a China y otras economías emergentes como un riesgo para el acceso a “minerales críticos”.

69. Para más información, véase el Joint Statement following the High-Level Industrial Meeting of the European Battery Alliance on the impact of the Inflation Reduction Act on the European battery ecosystem, 8 December 2022: https://8941304.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/8941304/High-Level%20Industrial%20Meeting%20Joint%20Statements/EBA%20joint%20statement_EU%20Council_december2022.pdf

el objetivo de asegurar un acceso estable y seguro a las materias primas necesarias para sustentar el desarrollo de la cadena de valor de las baterías. Algunas de estas materias primas han sido clasificadas como críticas debido a criterios que, aunque varían formalmente de un país a otro, se centran fundamentalmente en su carácter insustituible y esencial para el desarrollo industrial, la concentración geográfica de la distribución de recursos y la incertidumbre en las condiciones de aprovisionamiento (Graedel et al., 2012; Lèbre et al., 2019).

Las palabras de la presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, en su discurso sobre el estado de la Unión, en 2022, exponen con claridad esta preocupación y revelan su lugar destacado en la agenda:

El litio y las tierras raras pronto serán más importantes que el petróleo y el gas. Sólo nuestra demanda de tierras raras se quintuplicará de aquí a 2030. [...] Debemos evitar volver a ser dependientes, como nos ocurrió con el petróleo y el gas. [...] Identificaremos proyectos estratégicos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la extracción hasta el refinado, desde el procesamiento hasta el reciclaje. Sin un acceso seguro y sostenible a las materias primas necesarias, nuestra ambición de convertirnos en el primer continente climáticamente neutro está en peligro. De hecho, sin materias primas críticas, no lideraremos la década digital y tampoco podremos desarrollar nuestras capacidades de defensa⁷⁰.

Existen dudas sobre la capacidad de Estados Unidos y la Unión Europea para superar los significativos obstáculos que enfrentan en su objetivo de aumentar el abastecimiento de materias primas a partir de recursos locales, al menos en el corto y mediano plazo. Estos desafíos provienen de diversas fuentes, siendo los más destacados la disponibilidad de recursos, la resistencia social hacia la actividad minera –particularmente en el contexto europeo– y la prevalencia de un proceso burocrático complejo para habilitar nuevas operaciones (Hammond & Brady, 2022; Transport & Environment, 2023). En el caso europeo, se observa una menor disponibilidad de recursos geológicos que limite un mayor nivel de abastecimiento de materias primas. Por ello, se ha priorizado el refinamiento de minerales y el aprovisionamiento secundario a través del reciclaje.

En la próxima sección, se analizará cómo los países latinoamericanos ricos en recursos de litio han buscado aprovechar las oportunidades que este escenario ofrece, no solo en las actividades vinculadas al segmento de aguas arriba de la cadena de valor, sino también en las actividades intermedias y de aguas abajo.

70. Fuente: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_22_5523.

Cuadro 7.

Políticas de promoción de la electromovilidad y la cadena de valor de baterías de ion de litio en la Unión Europea, Estados Unidos y China

SEGMENTO	AGUAS ARRIBA		SEGMENTO INTERMEDIO Y AGUAS ABAJO	
Región	Iniciativa	Tipo	Iniciativa	Tipo
Unión Europea	Iniciativa de las Materias Primas	MAE	BATT4EU	I+D+i
	Alianza Europea de las Materias Primas	APP	Subsidios a la compra y propiedad de vehículos eléctricos	C
	Cooperación y asociación estratégica sobre materias primas	CI	Plan Estratégico de Baterías	MAE
	EIT Raw Materials	I+D+i	EBA Academy	T
	Critical Raw Materials Act	R		
	European Battery Regulation			R
	European Battery Alliance			APP
	Proyectos IPCEI on Batteries			P; I+D+i
	Cooperación Alianza Europea de Baterías - Alianza Li-Bridge (Estados Unidos) Global Gateway			CI CI
Estados Unidos	Minerals Security Partnership	CI	Lithium-Battery Workforce Initiative	T
	Defense Production Act Title III	P	Advanced Vehicle Technologies Research	I+D+i
	Battery Materials Initiative	MAE	Battery Manufacturing Awards	I+D+i
			Advanced Technology Manufacturing Vehicles Loan Program Clean Vehicle Credit Vehicle Technologies Office	P C I+D+i
	National Blueprint for Lithium Batteries			MAE
	USA Inflation reduction Act			C; P
	Li-Bridge			APP
			Made in China 2025	MAE; I+D+i; P
China			Plan Quinquenal (industrias estratégicas emergentes)	MAE
	Plan de Desarrollo Industrial de Vehículos de Nuevas Energías			MAE

Fuente: elaboración propia.

Referencias:

TIPO DE POLÍTICA	REFERENCIA
Marco de acción estratégica	MAE
Regulatoria	R
Investigación, desarrollo e innovación	I+D+i
Incentivos a la producción	P
Incentivos al consumo	C
Capacitación	T
Cooperación internacional	CI
Alianza Público-Privada	APP



7. ESTRATEGIAS EN PAÍSES LATINOAMERICANOS RICOS EN RECURSOS +DE LITIO



Los países ricos latinoamericanos ricos en recursos de litio no solo han buscado aumentar el volumen de producción de litio, sino también promover el desarrollo de actividades de la cadena de valor de baterías en sus territorios. Las estrategias de Argentina, Bolivia, Chile y, más recientemente, México y Brasil, han mostrado una notable heterogeneidad. Las diferencias se reflejan en varias dimensiones, como los objetivos, el papel del estado frente al sector privado, el volumen de recursos asignados, el tipo de políticas implementadas y el nivel de coordinación entre ellas.

El análisis de las estrategias nacionales presentado en esta sección se fundamenta en dos elementos principales. En primer lugar, se examina el marco normativo que regula la minería de litio, una dimensión esencial que determina los derechos y obligaciones relacionados con el acceso y uso del recurso para los distintos actores de la industria. Este marco marca límites importantes del “espacio de política” disponible para que los gobiernos implementen políticas productivas y tecnológicas vinculadas al litio. El segundo componente se centra en las políticas productivas y tecnológicas orientadas a desarrollar capacidades locales, tanto en el ámbito de la minería de litio como en los segmentos intermedios y de aguas abajo de la cadena de valor de las baterías.

7.1 ARGENTINA

7.1.1 El marco regulatorio minero

Argentina cuenta con un sistema de gobierno federal, que comprende también a su marco normativo minero. Esto significa que las provincias poseen el dominio originario de los recursos minerales, así como la competencia para gestionar las tenencias mineras.

Entre sus diversas funciones, las provincias son responsables de la administración de las concesiones, la regulación de la explotación de los salares, la implementación de procesos de consulta y participación social, y el monitoreo de las operaciones mineras. Sin embargo, es importante destacar que esto no implica que las provincias sean las únicas responsables de la política minera. Por el contrario, comparten con el estado nacional competencias de naturaleza concurrente en diferentes áreas (Obaya, Freytes, et al., 2024).

El marco regulatorio de la minería de litio en Argentina se basa en tres pilares fundamentales, todos bajo la responsabilidad del Estado nacional: la Constitución Nacional, el Código Minero y la Ley de Inversiones Mineras. La Constitución Nacional de 1994 establece la naturaleza federal del sistema, determinando en su artículo 124 que el dominio originario de los recursos naturales corresponde a las provincias. Por su parte, el Código Minero promueve la apertura al sector privado, permitiendo que personas físicas o jurídicas adquieran la propiedad de las tenencias mineras mediante concesiones otorgadas por la autoridad competente. Finalmente, la Ley de Inversiones Mineras busca incentivar la inversión privada, ofreciendo estabilidad tributaria por un período de 30 años y beneficios que reducen los costos de inversión, especialmente durante los primeros años de actividad. Estos beneficios incluyen la deducción de gastos de prospección y exploración, amortización acelerada de inversiones y exenciones impositivas para la importación de bienes de capital, equipos e insumos específicos. Además, la ley establece un límite del 3% a las regalías provinciales, calculadas sobre el valor en boca de mina.

Este marco normativo configura un régimen de naturaleza liberal y abierto a la inversión privada y extranjera que, como se verá, contrasta con la de los otros países ricos en recursos de litio en la región. Este marco regulatorio, promueve la atracción de inversión privada en la industria minera, tal como se aprecia en la cantidad de proyectos en desarrollo en la región (Cuadro 5, en p. 51). Asimismo, limita la naturaleza de los instrumentos a disposición del estado para controlar el uso que se haga del litio o su disposición para actividades productivas locales.

7.1.2

Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones

En agosto de 2024, el Poder Ejecutivo de la Nación reglamentó el Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones (RIGI), tras su aprobación en el Congreso Nacional, mediante el Decreto 749/2024. Este régimen tiene como objetivo brindar seguridad jurídica, estabilidad e incentivos durante un período de 30 años para inversiones que superen los USD 200 millones en sectores estratégicos como la forestoindustria, turismo, infraestructura, minería, tecnología, siderurgia, energía y petróleo y gas⁷¹.

Entre los beneficios fiscales ofrecidos por el RIGI se incluyen una reducción de la alícuota del impuesto a las ganancias del 35% al 25%, la eliminación de derechos de importación para bienes de capital, partes e insumos, y la exención de derechos de exportación tras tres años de adhesión al régimen. Además, la obligación de liquidar en el mercado único de cambios los ingresos de divisas por exportaciones se reduce progresivamente: al 80% tras dos años, al 60% tras tres años y al 0% a partir del cuarto año. En el sector del litio, la primera empresa en adherirse al régimen fue la australiana Galan Lithium Limited, que desarrolla un proyecto en el Salar del Hombre Muerto, en Catamarca, con una inversión de USD 200 millones⁷².

71. Fuente: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/312707/20240823>

72. Para más información, véase <https://energiaonline.com.ar/galan-lithium-confirmando-inversion-de-200-millones-de-dolares-en-catamarca-a-traves-del-rigi/>

7.1.3

Políticas productivas y tecnológicas

A pesar de su naturaleza federal, las principales políticas productivas y tecnológicas relacionadas con el litio han sido promovidas principalmente por el gobierno nacional (Obaya, Freytes, et al., 2024). El foco se ha puesto sobre la promoción de las actividades científicas y tecnológicas, donde se destacan tres instrumentos. En primer lugar, el financiamiento de actividades de ciencia y técnica, a través del salario de investigadores y el estipendio de becarios doctorales y posdoctorales del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). En su análisis del período 2011-2021, Freytes y otros (2022) relevaron un total de 236 investigadores y becarios con publicaciones en temas relacionados al litio, de los cuales el 52% se especializan en temas vinculados a las baterías y sus componentes.

El CONICET también ha desempeñado un papel importante en la creación del Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU). Se trata de un centro de investigaciones con sede en Palpalá (Jujuy), que fue creado en 2017. Desde el punto de vista institucional, tiene triple dependencia, ya que, junto al CONICET, participan la Universidad Nacional de Jujuy y el gobierno de la provincia de Jujuy –representado a través de la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación. El centro tiene actualmente 8 investigadores, 8 técnicos, 4 becarios posdoctorales y 3 becarios doctorales⁷³. El trabajo de investigación del CIDMEJU se articula en torno a tres temas: extracción de litio, baterías y reciclado de baterías y paneles solares.

Otro de los instrumentos se encuentra bajo la gestión de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i), un organismo nacional descentralizado que actúa bajo la órbita del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Entre 2012 y 2021, este organismo financió, a través de distintas líneas, 48 proyectos por un total aproximado de USD 5,7 millones (Freytes y otros, 2022).

Se destaca, finalmente, el proyecto UniLIB, liderado por la empresa tecnológica Y-TEC⁷⁴ y el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) –un centro del CONICET y la Universidad de La Plata. La iniciativa, lanzada en 2021, tiene como objetivo operar una planta para la fabricación de celdas y baterías de litio con una escala pequeña, de 13 MWh por año e implicó una inversión de USD 7 millones (UNIDO, 2024). Este tamaño equivale a 1000 baterías para almacenamiento estacionario de energías renovables o 50 para colectivos eléctricos⁷⁵. El suministro de carbonato de litio para el funcionamiento de la planta, que por la escala de la misma es de bajo volumen, proviene empresas que operan en el país.

El objetivo del proyecto es, principalmente, desagregar el paquete tecnológico respecto del diseño y la fabricación de celdas de baterías de ion de litio, y formar recursos humanos calificados en la temática⁷⁶. El proyecto contempla fuentes de

73. Fuente: <https://cidmeju.unju.edu.ar/quienes-somos.php>.

74. Y-TEC es una empresa de base tecnológica conformada por YPF y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).

75. Para más información, véase <https://www.argentina.gob.ar/noticias/llegaron-las-maquinas-para-la-primera-planta-argentina-de-desarrollo-de-baterias-de-litio>

76. Para más información, véase <https://periferia.com.ar/innovacion/unlp-avanza-la-puesta-en-marcha-de-la-primera-planta-de-baterias-de-litio/>

demanda impulsadas por el sector público, incluyendo compras del Ministerio de Defensa para aplicaciones militares y adquisiciones del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales en la Provincia de Buenos Aires. Además, se evalúa la posibilidad de establecer acuerdos con empresas locales dedicadas a la producción de vehículos y autobuses eléctricos (UNIDO, 2024).

A nivel subnacional, además de buscar incrementar el volumen de producción de litio, las provincias han intentado garantizar la contratación de personal y proveedores locales en el desarrollo de la minería de litio. El principal mecanismo para lograr este objetivo ha sido la legislación de contenido local mínimo. Este requisito ha sido formalizado en provincias como Salta (Ley Provincial N°8164) y Catamarca (Resolución Secretaría de Estado de Minería N°498/14), y establece niveles mínimos de participación de proveedores y mano de obra local en torno al 60-70% (Obaya, Freytes, et al., 2024).

La provincia de Jujuy, por su parte, fue la que tuvo una política más activa en la implementación de políticas para el desarrollo de capacidades tecnológicas locales. En 2011, declaró el litio como recurso con interés estratégico a través del Decreto-Acuerdo N°7592, por considerarlo un “generador del desarrollo socio económico”. En este marco, creó la pública Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE), que tiene una participación accionaria del 8.5 % en las empresas Sales de Jujuy (junto a Arcadium Lithium y Toyota Tsusho), que produce compuestos de litio desde 2015, y Minera Exar (junto a Lithium Argentina y Ganfeng), que entró en producción en 2023. Esta participación otorga a JEMSE un derecho a tener la prioridad de venta sobre el 5% del carbonato de litio producido por las empresas. Desde entonces, JEMSE ha buscado atraer a empresas privadas que procesen en territorio jujeño los compuestos de litio producidos en la provincia, pero no logró avanzar en ninguno de los proyectos anunciados (Obaya et al., 2021).

Durante 2022 las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy constituyeron la Región Minera del Litio. La decisión fue interpretada como un modo de reafirmar su dominio sobre los recursos mineros, frente a algunas iniciativas de nacionalización presentadas en el Congreso Nacional y discutidas en la arena pública. Formalmente, la Región aspira a mejorar la competitividad del sector y desarrollar estratégicamente a este espacio geográfico⁷⁷. Desde el punto de vista de su gobernanza, la región está dirigida por el Comité Regional del Litio, conformado por la autoridad minera de máximo nivel de cada una de las provincias (ministros de Minería o Producción). Además, se invitó a autoridades nacionales de las áreas de Interior, Desarrollo Productivo y de Ciencia, Tecnología e Innovación⁷⁸. El comité tiene como objetivo coordinar los requerimientos entre las provincias y la nación en toda la cadena de valor del Litio.

En la última reunión de octubre de 2024, se acordó crear un sistema de apoyo para priorizar la contratación de proveedores locales, buscando aumentar el empleo local en la actividad. Este acuerdo estipula un orden entre proveedores, que prioriza, en primer lugar, a los proveedores de la provincia donde se desarrolla la actividad, en segundo lugar, a proveedores de la Región Minera del Litio, y por último a otros proveedores nacionales⁷⁹. Además, se decidió invitar a representantes del sector privado al trabajo de las subcomisiones.

77. Para más información, véase <https://www.salta.gob.ar/prensa/noticias/salta-jujuy-y-catamarca-dejaron-oficialmente-conformado-el-comite-regional-del-litio-82187>

78. Para más información, véase <https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2023/PDF2023/TP2023/2372-D-2023.pdf>

79. Para más información, véase <https://regionnortegrande.com.ar/noa-mesa-del-litio-articula-por-el-empleo-y-la-contratacion-de-proveedores-locales/>

7.2 BOLIVIA

7.2.1

Litio: un recurso estratégico

El marco normativo boliviano clasifica al litio como un recurso estratégico. Sobre esta base, el gobierno de Bolivia diseñó un sistema de reglas que sustentó la implementación de un conjunto de políticas nacionalistas con el objetivo de desarrollar tanto la industria del litio como una cadena de valor local de baterías (Obaya, 2021). En 2008, el gobierno emitió el Decreto Supremo No. 29.496, que “declara de prioridad nacional la industrialización del Salar de Uyuni para el desarrollo productivo, económico y social del Departamento de Potosí” (Art. 1). Posteriormente, la Constitución de 2009 estableció que el Estado nacional tiene autoridad sobre todas las reservas fiscales y el “control y la dirección sobre la exploración, explotación, industrialización, transporte y comercialización de los recursos naturales estratégicos” (Art. 351, Inc. I).

Esta visión sobre el litio se enmarca en una política de nacionalismo de recursos naturales que comenzó con la presidencia de Evo Morales en 2006. En el caso del litio, la estrategia se basó en un monopolio estatal sobre la explotación de los recursos evaporíticos, excluyendo la participación de empresas privadas (especialmente extranjeras) en este segmento de la cadena de valor (Nacif, 2012; Olivera, 2017). No obstante, como se analizará a continuación, esta postura nacionalista comenzó a flexibilizarse a partir de 2019, permitiendo, bajo ciertas condiciones, la participación de empresas extranjeras en el sector extractivo.

7.2.2

Políticas productivas y tecnológicas

La Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos

En el marco de este régimen normativo, el gobierno nacional cuenta con amplias competencias para la gestión de los recursos evaporíticos nacionales. El núcleo de la política litífera boliviana, sobre todo hasta la crisis política de 2019, quedó expresado en la Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos (en adelante, la Estrategia) presentada en 2010. La Estrategia proponía un plan que se desarrollaría entre tres fases que se extenderían hasta 2016 y serían financiadas por el Banco Central de Bolivia (Cuadro 8).

La estrategia tenía, desde el punto de vista productivo y tecnológico, un carácter integral, ya que comprendía las actividades que van “del salar a la batería”. El proyecto aspiraba a construir plantas industriales de carbonato de litio (y también de sales de potasio), sobre la base de procesos desarrollados previamente a escala piloto por el gobierno nacional. En paralelo, con la misma secuencia lógica (planta piloto-producción industrial), la estrategia se proponía avanzar en los segmentos aguas abajo en la cadena de valor: la producción de electrodos y baterías de ion de litio. Sin embargo, en estos últimos eslabones de la cadena se contemplaba la posibilidad de que ingresen socios privados (incluso extranjeros) al proyecto, siempre que el estado boliviano mantenga una participación mayoritaria.

Cuadro 8.

Fases de la Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos en Bolivia presentada en 2010

FASE	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN ESTATAL (EN MILLONES DE DÓLARES)	FINANCIAMIENTO	AÑO DE PRODUCCIÓN ESTIMADO	TECNOLOGÍA
I	Investigación y plantas de pilotaje. Proceso de investigación y desarrollo del proceso tecnológico para la explotación del salar. Construcción y puesta en marcha de las plantas de pilotaje de sales de potasio (cloruro de potasio y sulfato de potasio) y de carbonato de litio.	19	100% estado boliviano	2012	Boliviana
II	Plantas industriales. Construcción y puesta en marcha de las plantas industriales de carbonato de litio (30.000 t/año) y sales de potasio (700.000 t/año).	485 ^a		2016	
III	Industrialización del litio Producción de materiales de cátodo, electrolitos y baterías de ion-litio.	400		2014	Socios para transferencia de tecnología

Fuente: Obaya (2019), con base en GNRE (2011).

a De acuerdo con GNRE (2010), la distribución de la inversión sería: USD\$ 255 millones para la planta de cloruro de potasio, USD\$ 174 para la planta de carbonato de litio y USD\$ 56 millones para obras de infraestructura.

La gestión de la Estrategia fue asumida por diferentes instituciones a lo largo de los años. Inicialmente, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), dependiente de la empresa pública Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), lideró el proceso. Sin embargo, en 2017, cuando el proyecto experimentaba significativos retrasos en relación con el plan original, el gobierno estableció la empresa pública estratégica Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), marcando el inicio de una nueva etapa. Esta fase se caracterizó por un enfoque más pragmático, destinado a recuperar el tiempo perdido y avanzar en el desarrollo del proyecto.⁸⁰

El cambio más destacado en la estrategia fue la apertura de la fase de producción de compuestos de litio a socios extranjeros. Tras un proceso de negociaciones, en abril de 2018, YLB eligió a la empresa alemana ACI Systems como su socio para este propósito. En diciembre de 2018, mediante el Decreto Supremo No 3738, se estableció la empresa

80. Las demoras en el proyecto se explican por una combinación de factores, entre los que se encuentran problemas en la gestión del proyecto y dificultades técnicas para la puesta en marcha de procesos eficientes a gran escala. Para un análisis, ver Montenegro Bravo (2018) y Obaya (2021).

mixta YLB-ACI, con el objetivo de producir sales de litio. Sin embargo, esta asociación fue disuelta por el presidente Evo Morales en respuesta a las crecientes protestas y reclamos en la región, liderados por el Comité Cívico Potosinista (COMCIPO)⁸¹.

Sin socios extranjeros, la Estrategia puesta en marcha en 2010 superó la fase piloto y comenzó a producir compuestos de litio a fines de 2023, cuando se inauguró la planta industrial de carbonato de litio en el salar de Uyuni. En el primer semestre de 2024 se comercializaron 770 toneladas de carbonato de litio⁸².

El desarrollo de tecnologías de extracción directa

Con el gobierno de Luis Arce, que asumió en noviembre de 2020, se introdujo un nuevo enfoque en la política de litio. En paralelo al desarrollo de la Estrategia, cuya implementación había enfrentado dificultades y demoras significativas, se inició una línea de trabajo enfocada en la producción de compuestos mediante métodos de extracción directa. Estos métodos buscan separar el litio de otros iones presentes en las salmueras, como el magnesio y el sodio, reduciendo o eliminando el proceso tradicional de evaporación. La tecnología de extracción directa abarca diferentes métodos, como el uso de resinas de intercambio iónico, bombeo electroquímico y nanofiltración.

Para avanzar en esta línea, se abrió una convocatoria a empresas internacionales para realizar pruebas piloto en los salares del país⁸³. En 2021, se presentaron veinte empresas, y en enero de 2023 se seleccionó al consorcio chino CBC (integrado por Contemporary Amperex Technology Co., Limited -CATL-, Guangdong Brunp Recycling Technology Co., y CMOC Group Limited). El convenio con CBC incluye la instalación de dos plantas industriales en los salares de Coipasa y Uyuni, cada una con capacidad para producir 25.000 toneladas de carbonato de litio de grado batería y con una inversión superior a los 1.000 millones de dólares⁸⁴. En junio de 2023, se firmaron otros dos convenios para viabilizar la instalación de dos plantas industriales de extracción directa de litio (EDL), en alianza con la empresa rusa Uranium One Group y la china Citic Guoan. Estas plantas, previstas en Uyuni y Pastos Grandes, requerirán una inversión total de 1.400 millones de dólares y se espera que produzcan 50.000 toneladas de carbonato de litio⁸⁵.

En enero de 2024, YLB lanzó una nueva licitación internacional para desarrollar proyectos de litio en siete salares utilizando tecnologías de extracción directa. En mayo, 21 empresas fueron seleccionadas para avanzar a la siguiente fase del proceso, en la que deberán demostrar su capacidad financiera para llevar a cabo los proyectos⁸⁶. En septiembre de 2024, YLB firmó un contrato con Uranium One Group para el desarrollo de una planta de extracción directa de litio con una capacidad de producción anual de 14.000 toneladas. Las obras, que tendrán una duración estimada de 30 meses,

81. Los argumentos esgrimidos por los dirigentes regionales que se oponían a la empresa mixta señalaban que la distribución de los beneficios no favorecía al Departamento de Potosí y, de manera más general, que no era conveniente para el interés nacional. Un análisis más detallado de los argumentos opositores al proyecto puede encontrarse en Fundación Solón (2019).

82. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/node/105>

83. La convocatoria está disponible en: https://www.ylb.gob.bo/archivos/notas_archivos/convylb.pdf.

84. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/resources/img/31012023.pdf>.

85. Fuente <https://www.mhe.gob.bo/2023/06/29/bolivia-da-el-segundo-paso-trascendental-en-su-politica-de-industrializacion-del-litio-con-la-firma-2-convenios-con-los-gigantes-de-esta-industria-en-el-mundo-citic-goan-lider-en-el-manejo-de-tecno/>

86. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/node/85>

comenzarán una vez que el contrato sea aprobado por la legislatura boliviana⁸⁷ ⁸⁸. Simultáneamente, en el ámbito de las actividades de valor agregado, YLB anunció que para noviembre de 2024 estará operativa una planta piloto de producción de cátodos a cargo de la empresa india Altmin en La Palca (Potosí)⁸⁹.

7.3 CHILE

En Chile, el litio no es un recurso concesible. La decisión fue establecida en 1979 a través del Decreto Ley N° 2.886, que reserva este mineral exclusivamente para el Estado. La fundamentación de esta medida difiere de la adoptada en Bolivia, ya que se basó en la clasificación del litio como material de interés nuclear en 1965. Desde entonces, se ha ido configurando un marco normativo que estipula que la exploración y explotación del litio, junto con otras sustancias no concesibles, pueden llevarse a cabo directamente por el Estado, por sus empresas o mediante concesiones administrativas y contratos especiales de operación otorgados a actores privados (Lagos, 2018; Poveda, 2020)⁹⁰.

Un aspecto clave de este sistema que ha influido significativamente en el desarrollo de la industria del litio en Chile es que la normativa excluye del régimen no concesional a aquellas propiedades mineras que fueron constituidas, o estaban en proceso de constitución, antes de 1979. Entre estas propiedades se encontraban las tenencias de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) en el salar de Atacama⁹¹. Fue precisamente a partir de los contratos firmados por CORFO entre 1988 y 1995 que se desarrollaron las operaciones que hoy están activas en el país, bajo la gestión de las empresas SQM y Albemarle.

El vínculo con las operadoras privadas en Chile se regula mediante contratos individuales firmados con CORFO. Al analizar el “espacio de política” o la “caja de herramientas” disponible para el estado, resulta relevante destacar que estos acuerdos son negociados periódicamente con el gobierno, lo que marca una diferencia sustancial respecto al régimen de concesiones prevalente en Argentina. En el caso argentino, los operadores privados actúan bajo las condiciones establecidas por el marco normativo minero general, mientras que, en Chile, las condiciones son el resultado de una negociación directa y continua con el gobierno.

En 2015, tras algunas recomendaciones emitidas por la Comisión Nacional del Litio (2015), creada por Michelle Bachelet el año anterior, el gobierno chileno decidió renegociar esos contratos. Esta renegociación configuró los elementos centrales de la estrategia chilena respecto al litio hasta 2023, especialmente en lo relacionado con las políticas productivas y tecnológicas. En abril de 2023, el gobierno anunció la Estrategia Nacional del Litio, la cual introdujo nuevos enfoques, destacando la mayor participación del Estado en las operaciones de producción de compuestos de litio.

87. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/node/113>

88. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/node/114>

89. Para más información, véase <https://www.ylb.gob.bo/node/94>

90. Los pilares de este marco normativo son la Constitución Política de la República de Chile (CPR) de 1980, la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras (Ley No 18.097) de 1982 y el Código de Minería de 1983 (Ley No 18.248).

91. Entre otras tenencias que cumplían las mismas condiciones se incluyen las de la Corporación Nacional del Cobre (CO-DELCO), en los salares Pedernales y Marincunga, y las de Empresa Nacional de Minería (ENAMI), en los salares Aguilar, Infieles y Cototos.

7.3.1

Políticas productivas y tecnológicas

Los contratos renegociados establecen una nueva forma de relacionamiento con las empresas operadoras. Por un lado, se autorizó una notable expansión de la cuota de producción, que redundó en un aumento de la producción de carbonato de litio del 143% entre 2018 y 2022⁹² (Poveda, 2020).

Un aspecto clave para este informe es la introducción de cláusulas específicas que buscan promover la creación de capacidades productivas y tecnológicas locales. Estas cláusulas no solo tienen en cuenta el volumen de producción de compuestos de litio, sino que también fomentan el desarrollo de infraestructura y capacidades locales, con el fin de fortalecer la cadena de valor y la participación del país en el proceso de industrialización del litio.⁹³

Uno de los cambios significativos fue la creación de una cuota de hasta el 25% de la capacidad productiva de los productores de compuestos de litio, que deberá ser vendida a un precio preferencial a las empresas interesadas en procesarlos localmente (Irrarazaval & Carrasco, 2023). La asignación de esta cuota se lleva a cabo mediante un proceso de licitación internacional. Hasta la fecha, se han realizado tres licitaciones, las cuales han sido un componente clave para fomentar la participación de empresas nacionales e internacionales en el proceso de industrialización del litio en el país.

La primera licitación, finalizada en 2018, correspondía a una cuota de más 24.000 toneladas de hidróxido de litio producido por Albemarle. Las tres empresas seleccionadas para producir material catódico –Sichuan Fulin Industrial Group (China), Samsung SDI y Posco (consorcio de Corea del Sur) y Molymet (Chile)– desistieron finalmente de sus proyectos⁹⁴. La justificación de esta decisión no fue hecha pública. Entre otros motivos, se han señalado como responsables la imposibilidad de Albemarle de suplir el volumen de hidróxido de litio comprometido y los desacuerdos respecto a la determinación del precio preferencial⁹⁵.

La segunda licitación, basada en la cuota de SQM, se organizó en 2020 y concluyó con la selección de un proyecto propuesto por la empresa chilena Nanotec, que tiene como objetivo la fabricación de nanopartículas de litio y aditivos de nanopartículas de litio, utilizados como insumos para la producción de baterías de litio. El producto aún se encuentra en desarrollo, por lo que no ha sido lanzado al mercado. Esto sugiere que, al menos durante los primeros años, la demanda de compuestos de litio podría estar significativamente por debajo de la cuota disponible (Obaya & Céspedes, 2021).

La tercera licitación fue abierta en agosto de 2022⁹⁶. En abril de 2023, CORFO le asignó a la empresa china BYD una cuota de 11.244 toneladas al año de carbonato de litio grado batería⁹⁷. La misma proyecta instalar en Chile una planta para producción de cátodos en la región de Antofagasta que tendría una capacidad de producción de 50.000 toneladas de material catódico LFP al año. La inversión sería de USD 290 millones y emplearía a 500 personas. Está previsto que la planta entre en operaciones en 2025.

92. Fuente: USGS.

93. Para un análisis más integral de los nuevos contratos, véase Poveda (2020).

94. Más información sobre las empresas seleccionadas puede encontrarse en la siguiente presentación realizada por CORFO, véase <https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2019/06/Corfo.-2018.-Corfo-y-los-contratos-en-el-Salar-de-Atacama.pdf>.

95. Fuente: <https://www.mch.cl/2019/07/18/como-chile-desperdicio-un-plan-para-fomentar-una-industria-de-valor-agregado-en-litio/#>

96. Para más información sobre la convocatoria, véase https://www.corfo.cl/sites/cpp/landing_litio.

97. Para más información, véase https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/18_04_2023_byd_litio

Ese mismo año, CORFO asignó una cuota del mismo volumen hasta 20230 a la empresa china Yongqing Technology Co. Ltd acordaron⁹⁸. Yongqing Technology proyecta instalar una planta con una capacidad de producción de 120.000 toneladas de material catódico LFP anuales comenzaría a operar en 2025. Se estima una inversión de U\$S 233 millones y el empleo de 688 personas al alcanzar su capacidad máxima de producción. Para alcanzar los niveles de producción anunciados, que duplican a los de BTM, el proyecto complementaría la cuota asignada por CORFO con la importación de carbonato de litio proveniente del proyecto Centenario, ubicado en el salar Centenario Ratones, en la provincia de Salta (Argentina). Este proyecto estaba operado por el principal accionista de la empresa, el grupo chino Tsingshan, en asociación con la empresa francesa Eramet. Sin embargo, en octubre de 2024, la empresa china vendió a esta última su participación en el proyecto⁹⁹, lo que plantea un interrogante respecto al formato que asumirá el proyecto de producción de cátodos en Chile.

Los nuevos contratos también incluyeron un mecanismo de financiamiento a centros de investigación y desarrollo en temas vinculados a la transición energética. En el contrato con Albemarle se estableció una cuota que aumenta progresivamente desde USD 6 millones a USD 12,4 millones anuales. En el caso de SQM, la cuota parte de USD 10,7 millones y crece hasta los USD 18,9 millones anuales. La creación de los centros se realizó mediante licitaciones internacionales. En este marco, se crearon el Centro Tecnológico de Economía Circular y el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad, cuyas principales características se describen en el Cuadro 9. En abril de 2023, CORFO seleccionó a un consorcio liderado por la Corporación Alta Ley e integrado por 11 universidades chilenas para establecer el Instituto de Tecnologías Limpias, con un aporte de USD 193 millones¹⁰⁰.

Cuadro 9.
Centros de investigación y desarrollo creados con aportes de los contratos de CORFO

AÑO DE ADJUDICACIÓN	NOMBRE DEL CENTRO	LÍDER Y MIEMBROS CONCESIONARIOS	FINANCIAMIENTO	OBJETIVOS
2019	Centro Tecnológico de Economía Circular (CTEC)	Centro de Innovación para la Economía Circular de Iquique Miembros: Universidad Arturo Prat, Universidad Antofagasta, Universidad de Atacama, Universidad Católica del Norte, Universidad de Chile, Universidad de Santiago, Universidad de Tarapacá, Pontificia Universidad Católica, HUB APTA y KNOW HUB.	US\$ 21,5 millones por un período de 10 años, con fondos provenientes del contrato con Albemarle (US\$ 10 millones), el gobierno regional de Tarapacá (US\$ 4,9 millones), el sector privado, universidades y centros de estudio (US\$ 6,6 millones).	Crear una institucionalidad que facilite la innovación y el escalamiento comercial de empresas y emprendimientos orientados a la economía circular. Focos: energía solar, sales de litio, baterías de litio y almacenamiento de energía y la minería metálica y no metálica.

98. Para más información sobre la convocatoria, véase https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/16_10_23_productores_especializados_de_litio
99. Para más información, véase <https://www.eramet.com/es/news/2024/10/eramet-recupera-la-plena-propiedad-de-su-emblematico-negocio-de-litio-en-argentina/>.
100. El proceso de licitación había concluido en 2021 con la adjudicación del proyecto al consorcio Associated Universities Inc. Sin embargo, el mismo fue denunciado por irregularidades. La Corte Suprema decidió anular la adjudicación en julio de 2022 e instó a CORFO a resolver la adjudicación. La resolución final fue tomada en abril de 2023.

2020	Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE)	Universidad de Chile Miembros: Agencia de Sostenibilidad Energética, el Centro Mario Molina, las Universidades de Santiago, Tecnológica Metropolitana y la Austral de Chile, y Ernst & Young	US\$ 7 millones por un período de 5 años, con fondos provenientes del contrato con Albemarle (pero con tope del 80% del costo total de la propuesta), y con aportes del adjudicado (hasta un 20%). Cuenta con el apoyo de los ministerios de Energía y de Transportes y Telecomunicaciones.	Crear y escalar proveedores tecnológicos y usuarios de servicios vinculados a la electromovilidad. Aumentar los sistemas de distribución de carga eléctrica; la autogeneración de energía eléctrica más sustentable; el desarrollo de capacidades técnicas y profesionales y contribuir al incremento de la demanda nacional de desarrollos tecnológicos que utilizan cobre y litio.
2023	Instituto de Tecnologías Limpias (ITL)	Asociación para el Desarrollo del Instituto de Tecnologías Limpias (ASDIT). Miembros: Asociación Industriales de Antofagasta AG, Antofagasta Minerals S.A., Colbún S.A., Corporación Alta Ley, Corporación Atamos Tec, CODELCO, Enérgica City SpA, Fundación Fraunhofer Chile Research, Fundación Leitat Chile, Fundación The University of Nottingham Chile, Hydrox SpA, Minera Escondida, Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Psinet Chile SpA, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Católica del Norte, Universidad de Antofagasta, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Santiago de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Tarapacá, Universidad Técnica Federico Santa María	US\$ 125 millones provenientes de los aportes a la I+D del contrato entre CORFO y SQM por la explotación del Salar de Atacama	Promover un portafolio de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (I+DT), bienes públicos, acciones de capacitación, atracción, desarrollo y escalamiento de nuevas empresas, iniciativas de innovación abierta y alianzas con otras empresas nacionales y globales.

Fuente: elaboración propia.

7.3.2

Lineamientos de la nueva Estrategia Nacional del Litio

La Estrategia Nacional del Litio presentada en abril de 2023 define los principales lineamientos para la política litífera de los próximos años¹⁰¹. Se retoman allí algunas recomendaciones que habían sido realizadas por la Comisión Nacional del Litio en 2015, pero que no habían sido implementadas. Desde una perspectiva de gobernanza, la estrategia propone la creación del Comité Estratégico de Litio y Salares, liderado por CORFO, con la participación de los Ministerios de Minería, Economía, Fomento y Turismo, Hacienda, Relaciones Exteriores, Medio Ambiente, y Ciencia, Tecnología e Innovación.

La Estrategia contempla la creación de la Empresa Nacional del Litio, una entidad de propiedad estatal que deberá ser aprobada por el Congreso. Esta empresa estatal se involucraría en la producción de compuestos de litio en asociación con empresas privadas y tendría la responsabilidad de desarrollar cadenas de valor relacionadas con el litio. En este esquema de colaboración, el sector privado contribuiría con capital, capacidades de innovación tecnológica y redes de mercado. Mientras se concreta la creación de esta nueva entidad pública, CODELCO se encargará de implementar los aspectos productivos de la estrategia.

En este marco, CODELCO, a través de su subsidiaria Minera Talar, ha firmado un Acuerdo de Asociación con SQM para operar conjuntamente en el Salar de Atacama. Este acuerdo establece las etapas de trabajo conjunto, define los roles y responsabilidades de ambas partes, y detalla las condiciones de la asociación público-privada para la producción de litio refinado hasta 2060¹⁰².

El acuerdo contempla la creación de una empresa conjunta en la cual CODELCO, en representación del Estado, tendrá una participación mayoritaria con la mitad más una de las acciones. La implementación se realizará en dos fases. La primera fase, que abarcará el período de 2025 a 2030, estará bajo la administración de SQM, con una producción estimada de 300.000 toneladas de carbonato de litio equivalente, es decir, 60.000 toneladas anuales. La segunda fase se extenderá desde 2031 hasta 2060, y estará bajo la administración de CODELCO. En esta etapa, la producción anual se incrementará a entre 280,000 y 300,000 toneladas de LCE, gracias a mejoras en el proceso de producción y la adopción de nuevas tecnologías, sin requerir un aumento en la extracción de salmuera ni en el uso de agua continental.

La Estrategia también tiene como objetivo expandir la frontera litífera de Chile, históricamente limitada al salar de Atacama, hacia otros salares del territorio nacional. No obstante, como medida de límite y protección, se propone la creación de la Red de Salares Protegidos, cumpliendo el compromiso de proteger al menos un 30% de los ecosistemas para 2030.

Para la estrategia de expansión, se han establecido criterios específicos para la participación estatal. A través de CODELCO, el Estado mantendrá una participación mayoritaria en las alianzas público-privadas de los proyectos ubicados en el salar de Atacama y el salar de Maricunga. Además, CODELCO liderará proyectos en el salar de Pedernales, mientras que ENAMI estará a cargo de los proyectos en los salares Grande,

101. Para más información, véase <https://www.gob.cl/litioporchile/>

102. Para más información, véase <https://acuerdocodelcosqm.cl/asociacion-codelco-sqm/>

Los Infieles, La Isla y Aguilar. Por otro lado, las empresas privadas que participen en proyectos deberán suscribir un Contrato Especial de Operación para la Exploración, Explotación y Beneficio de Yacimientos de Litio (CEOL).

En cuanto al desarrollo de capacidades tecnológicas, la estrategia incluye la creación de un Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares. Este instituto tiene como misión fortalecer las capacidades locales relacionadas con la actividad litífera e industrias afines. Las áreas de enfoque incluyen la mejora de los procesos de extracción y producción, la agregación de valor, el desarrollo de nuevas aplicaciones y tecnologías de reciclaje, y el avance en la comprensión de los ecosistemas de salares mediante modelos robustos que minimicen el impacto ambiental. Para ello, se prevé la construcción de líneas de base ecosistémicas públicas.

7.4 MÉXICO

A pesar de su estructura de gobierno federal, en México la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que los recursos mineros son propiedad de la nación. El marco regulatorio minero, encabezado por la Ley Minera, asigna la responsabilidad de otorgar concesiones y supervisar la actividad al nivel federal, específicamente a la Secretaría de Economía (Cervantes & Garduño-Rivera, 2022).

En este contexto, el litio adquirió un estatus especial en abril de 2022, cuando el Congreso mexicano reformó la Ley Minera para declarar este mineral de utilidad pública y establecer un régimen diferenciado frente a otros minerales. Con el fin de “garantizar la autodeterminación y soberanía energética sobre el litio”, la nueva legislación dispone que “no se otorgarán concesiones, licencias, contratos, permisos o autorizaciones” relacionados con su explotación. Desde entonces, la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio está a cargo de un organismo descentralizado creado por el Poder Ejecutivo federal.

La creación de este organismo, denominado “Litio para México” (LitioMx), tuvo lugar en agosto de 2022, mediante un decreto promulgado por el presidente Manuel López Obrador¹⁰³. LitioMx contará con autonomía técnica, operativa y de gestión, y operará bajo la órbita de la Secretaría de Energía y de un consejo de administración al que se sumarán otros ministerios (Hacienda, Economía, Gobernación y Medio Ambiente y Recursos Naturales). En marzo de 2023, se publicó el Estatuto Orgánico, que define su organización, estructura, modalidades de funcionamiento y las atribuciones de la estructura organizacional¹⁰⁴. LitioMx tiene amplias competencias que incluyen el desarrollo de programas estratégicos y de proyectos de ingeniería, investigación, exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio.

LitioMx se encuentra en proceso de definición de su estrategia. Uno de los objetivos es retener las actividades de procesamiento de litio dentro del territorio mexicano, promoviendo, al mismo tiempo, la transferencia de tecnología y la contratación de personal local. Existen, desde el punto de vista operativo, distintas alternativas. Una

103. El decreto está disponible aquí: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5662345&fecha=23/08/2022#gsc.tab=0

104. El texto del estatuto se encuentra disponible aquí <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/807990/EOLitioMx.pdf>

de ellas es que LitoMx avance de manera independiente. Sin embargo, sus directivos han reconocido que la empresa carece de capacidades y tecnología para explotar yacimientos de arcilla, que son un tipo de depósito que aún no es explotado a escala comercial en ningún lugar del mundo. Por ello considera más viable, la alternativa de asociarse con empresas privadas¹⁰⁵.

El principal proyecto de litio en México se denomina Sonora Lithium. Pertenece a la corporación china Gangfeng Lithium. Este proyecto explica actualmente más del 90% de los recursos de litio mexicanos informados por USGS (Ballesteros, 2022; Vivoda, Bazilian, et al., 2024). Por tratarse de una concesión otorgada con antelación a la promulgación de la reforma a la Ley Minera, quedó fuera de los recursos controlados por LitoMx. Sin embargo, en 2023, el gobierno mexicano revocó la concesión al proyecto argumentando el incumplimiento de los requisitos mínimos de inversión¹⁰⁶. En junio de 2024, Gangfeng, en colaboración con Bacanora Lithium –la empresa británica que originalmente gestionaba las concesiones–, presentó una demanda contra el gobierno mexicano ante el Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones (CIADI). La acción legal se basa en el presunto incumplimiento del Tratado Bilateral de Inversiones entre China y México (2008) y del Tratado entre el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y México (2006)¹⁰⁷.

7.5 BRASIL

En Brasil, aunque el país opera bajo un sistema federal de gobierno, la Constitución establece que los recursos minerales son propiedad exclusiva de la Unión (es decir, del gobierno federal). Asimismo, el Código de Minería clasifica al litio bajo el mismo marco normativo que se aplica a otros minerales metálicos. La definición de las políticas mineras está a cargo del Ministerio de Minas y Energía, mientras que la implementación de dichas políticas y, en particular, el otorgamiento de las concesiones mineras recae en la *Agência Nacional de Mineração* (ANM). La distribución de la renta económica capturada a través del sistema impositivo contempla, además de gobierno nacional, a los estados y municipios mineros.

Dentro de este esquema, desde la década de 1960, el litio se encontraba bajo control de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), por ser un elemento de interés en la generación de este tipo de energía. La CNEN tenía atribuciones en el procesamiento, importación y exportación del litio y sus derivados. Este modelo de gobernanza fue modificado en 2022 a partir de una serie de cambios regulatorios. En particular, se destaca el Decreto 11.120/2022, autoriza el comercio exterior de litio y productos a base del litio, metálico, aleaciones de litio y sus derivados¹⁰⁸. La norma elimina así cualquier criterio, restricción o límites a las actividades de exportación e importación, más allá de aquellas que pudieran ser dictadas por la Cámara de Comercio Exterior.

Actualmente, la exploración y producción de litio en Brasil están a cargo de dos

105. Para más información, véase <https://www.bloomberglinea.com/2023/02/09/exclusiva-ceo-de-litiomx-negocia-asociaciones-con-empresas-privadas/>

106. Para más información, véase <https://elpais.com/mexico/economia/2023-09-26/lopez-obrador-avanza-en-su-cruzada-por-el-litio-cancela-nueve-concesiones-de-la-china-ganfeng-lithium.html>

107. Para más información, véase <https://ciarglobal.com/china-ganfeng-a-arbitraje-contra-mexico-por-yacimiento-de-litio-de-sonora/>

108. Fuente: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11120.htm

empresas: Companhia Brasileira de Lítio (CBL) y AMG Brasil. Sin embargo, se espera que la reciente reforma normativa estimule un incremento en la inversión privada, particularmente en el Vale do Jequitinhonha, en el estado de Minas Gerais, donde se concentra la mayoría de los recursos de litio en depósitos de pegmatitas graníticas. Actualmente, en Minas Gerais están en curso 11 proyectos de litio, aunque solo el 27% del potencial geológico del país ha sido mapeado (Vásquez, 2024).

En 2021, bajo la administración de Jair Bolsonaro, se lanzó la política *Pró-Minerais Estratégicos*, que, a través de un Comité Interministerial para el *Análisis de Proyectos Mineros Estratégicos*, buscaba acelerar el proceso de licenciamiento minero y reducir los tiempos de revisión de permisos y estudios ambientales (Vásquez, 2024). Sin embargo, esta política enfrentó críticas por la falta de transparencia y por omitir etapas clave en la revisión de licencias.

En 2023, bajo el gobierno de Luiz Inácio Lula da Silva, se lanzó el *Novo Programa de Aceleração do Crescimento*, que incluye un financiamiento de USD 55 millones anuales entre 2023 y 2026 para exploración minera y estudios geológicos. Asimismo, en 2024 se implementaron políticas que directa o indirectamente pueden beneficiar el desarrollo de la industria brasileña del litio. Entre estas iniciativas destaca la política *Nova Indústria Brasil*, que prioriza la transición energética, la innovación y la bioeconomía, y asigna un paquete de apoyo de USD 125 millones entre 2024 y 2026. Además, el Banco Nacional de *Desenvolvimento Econômico e Social* (BNDES) lanzó un fondo de USD 200 millones para apoyar proyectos mineros estratégicos (Vásquez, 2024).

En junio de 2024, Brasil promulgó la Ley que instituye el *Programa Mobilidade Verde e Inovação* (Programa Mover), que incluye un régimen de fomento a la investigación y desarrollo para industrias de movilidad y logística y al *Fundo Nacional de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico* (FNDIT). A partir de 2024, se movilizarán R\$ 3.500 millones (USD 600 millones aproximadamente) en créditos financieros, que aumentarán anualmente hasta llegar a R\$ 4.100 millones (USD 705 millones) en 2028¹⁰⁹. Asimismo, el BNDES será responsable de instituir el FNDIT para apoyar proyectos prioritarios para el desarrollo industrial, científico y tecnológico, cuya inversión se estima en R\$ 1.000 millones (USD 170 millones) en los próximos cuatro años¹¹⁰.

Finalmente, aunque Brasil no participa actualmente en iniciativas internacionales específicas sobre suministro de materias primas, el gobierno ha mostrado interés en unirse a la *Minerals Security Partnership*, liderada por Estados Unidos, y en establecer acuerdos sobre minerales críticos con la Unión Europea (Vásquez, 2024).

7.6 POLÍTICAS LATINOAMERICANAS EN PERSPECTIVA COMPARADA

El Cuadro 10 sintetiza algunos rasgos de las estrategias nacionales con relación al litio y su cadena de valor analizadas en esta sección. A pesar de que prevalece una gran heterogeneidad, es posible identificar algunas tendencias y patrones.

109. Fuente: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14902.htm

110. Para más información, véase <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/notaaimprensa/736df5ef-aa47-11ee-86b8-0242ac11002b/>

Cuadro 10.

Marco normativo y principales políticas para el desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en Argentina, Bolivia, Chile y México

DIMENSIÓN	ARGENTINA	CHILE	BOLIVIA	MÉXICO	BRASIL
Litio regulado por normativa específica o general para la minería	General (con legislación específica en provincia de Jujuy)	Específica	Específica	Específica (excepto para concesiones otorgadas antes de la reforma de la Ley Minera de 2022)	General
Régimen de gobernanza del litio (centralizado o federal)	Federal	Centralizado	Centralizado	Centralizado	Centralizado
Cobertura de la normativa	Restringida a la explotación del recurso	Explotación del recurso Contratos con SQM y Albemarle: reserva de cuota de compuestos de litio a precio preferencial para licitar a proyectos de procesamiento local	Explotación e industrialización del recurso	Explotación e industrialización del recurso	Restringida a la explotación del recurso
Modalidades de explotación del recurso	Concesión a empresas privadas Jujuy: participación accionaria de empresa del Estado provincial	Convenio entre CORFO y privados Nueva Estrategia Nacional del Litio: empresas públicas, con posibilidad de asociación con privados; privados de manera independiente en ciertos salares.	Empresa pública Empresa pública en asociación con empresas privadas para la implementación de métodos de extracción directa	Privado (concesiones otorgadas antes de la reforma de la Ley Minera) Empresa Pública (con posibilidad de participación de empresas privadas)	Concesión a empresas privadas
Disposición del producto	Libre para las empresas operadoras	Libre para empresas operadoras con reserva de cuota del 25 % a precio preferencial	Controlada por YLB	Concesiones otorgadas antes de la reforma de la Ley Minera: libre para las empresas operadoras Controlada por LitioMx	Libre para las empresas operadoras

Política de industrialización local del litio	Posibilidad de utilizar cuota de JEMSE	Licitación de cuota a precio preferencial	Mayoría estatal, con posibilidad de asociación con empresas privadas	Posibilidad de asociación con empresas privadas	No está prevista de manera directa. Potencialmente, de forma indirecta a través de programas de desarrollo de sectores industriales demandantes de litio.
Ciencia, tecnología e innovación	Financiamiento público. Agencia I+D+i Financiamiento público de investigadores y becarios CONICET Proyecto UniLIB	Consortios de investigación financiados por contratos con operadoras de litio	Plantas piloto CICYT MAT-REB. CIDYP	En desarrollo	Programa Nova Indústria Brasil Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover) Fundo Nacional de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico (FNDIT)

Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, se identifican dos enfoques principales respecto al papel del Estado en el control de los recursos de litio. Por un lado, existe un grupo de países con políticas más liberales, donde el Estado asume un rol regulador y delega las actividades productivas al sector privado. En estos casos, no hay planes estratégicos integrales para el litio, y las políticas de promoción se concentran principalmente en el sector minero.

Argentina ejemplifica este enfoque. A pesar de un debate público que por momentos sube en intensidad, respecto a la necesidad de un mayor peso del estado en la política litífera, prácticamente no se han registrado avances en el control estatal sobre la minería de litio, que continúa operando bajo el marco normativo general del sector minero. Dentro de la estructura de gobernanza federal, solo la provincia de Jujuy ha adoptado medidas diferenciadas, declarando el litio como recurso estratégico y creando una empresa pública provincial con participación en las operaciones actuales.

Brasil avanza en una dirección similar, habiendo eliminado restricciones previas sobre la minería de litio y el uso del recurso. Sin embargo, en este caso se han implementado políticas industriales que podrían fomentar el procesamiento local del mineral. La amplia dimensión del mercado brasileño, especialmente en el sector automotriz, ofrece condiciones comparativamente más favorables para estas estrategias de desarrollo.

Por otro lado, un segundo grupo de países busca establecer un mayor control estatal sobre sus recursos de litio y promover un desarrollo más integral, que abarque etapas aguas abajo de la cadena de valor. Bolivia es un ejemplo notable en este sentido. Desde una etapa temprana y antes del actual ciclo de demanda, estableció un marco normativo que otorga al Estado control exclusivo sobre el litio y las operaciones en los salares, aunque los desafíos en la implementación de su estrategia han limitado parcialmente el rol estatal en la práctica.

Chile representa un caso de avance incremental en el rol del Estado. Hasta 2016, la gobernanza se basaba en acuerdos con empresas privadas en un régimen con pocos condicionamientos y baja intervención estatal, sustentado en derechos adquiridos bajo la normativa previa a 1979. A medida que el litio ha aumentado su importancia como mineral estratégico en la transición energética, Chile comenzó a reforzar su control mediante la renegociación de contratos con operadores privados entre 2016 y 2018, y más recientemente a través de su Estrategia Nacional del Litio. México ha comenzado a orientarse en una dirección similar, aunque todavía está en proceso de definir su estrategia, en particular en cuanto a la interacción entre el sector estatal y privado en la gestión y desarrollo de los recursos de litio.

En segundo lugar, se observa una transición progresiva en las políticas productivas y tecnológicas, que han pasado de enfocarse en los segmentos aguas abajo hacia los segmentos intermedios y aguas arriba, es decir, hacia la promoción de capacidades cada vez más relacionadas con la actividad minera. Esta tendencia se alinea con la visión de Hirschman (1981) sobre la creación de eslabonamientos a partir de la explotación de recursos naturales, resumida en su expresión “una cosa lleva a la otra” (one thing leads to another). En la práctica, esta visión sugiere el desarrollo de un camino evolutivo que, mediante la acumulación gradual de capacidades inicialmente ligadas a la explotación del recurso natural, permita una expansión hacia otras actividades productivas.

Bolivia fue pionera en lanzar una estrategia integral orientada a la industrialización del litio, desde la extracción en el salar hasta la producción de baterías. La provincia de Jujuy, en Argentina, también buscó atraer empresas privadas para la producción de baterías, mientras que, a nivel nacional, se avanzó en el establecimiento de una pequeña fábrica de baterías. Sin embargo, estos intentos han enfrentado dificultades y no lograron consolidarse más allá de actividades de capacitación de recursos y de investigación y desarrollo.

Más cerca en el tiempo, Chile, a partir de la renegociación de contratos con empresas productoras, estableció un régimen de promoción enfocado en la producción de material catódico, financiado en su mayoría por el sector privado. En virtud de esta estrategia, las empresas productoras deben ofrecer una cuota de compuestos de litio a precios preferenciales a empresas interesadas en procesarlos localmente. Además, la Estrategia Nacional del Litio prevé la creación del Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares, cuyo foco de investigación se centra en actividades aguas arriba, como el estudio de salares, tecnologías de extracción y procesamiento, y el impacto social de la industria del litio.

El enfoque hacia el desarrollo de capacidades en los segmentos intermedios y aguas arriba responde, en parte, a las dificultades experimentadas en los intentos de promover una industria de baterías en la región. La experiencia de los países líderes en la transición (ver Sección 5) muestra que la demanda de vehículos eléctricos es el principal motor para el desarrollo de la industria de baterías, especialmente cuando existe un mercado cercano, dada la tendencia a la regionalización de las cadenas de valor. Es poco probable que los países latinoamericanos logren abastecer a los grandes mercados de producción de vehículos eléctricos y energías renovables, especialmente en el caso de las baterías. Esto no se debe solo a factores de competitividad, sino también a la tendencia de los países líderes en electromovilidad a reubicar sus cadenas de valor en sus propios territorios. La única excepción en la región, corresponde al caso de México, que pertenece al “espacio automotriz” de América del Norte y se considera un posible productor con alta competitividad internacional (Chung et al., 2015).

Por lo tanto, es difícil concebir políticas de promoción efectivas enfocadas en la oferta de baterías y sus componentes sin un acompañamiento de políticas orientadas al desarrollo de un mercado de electromovilidad. Dada la extensión geográfica de América Latina y el Caribe, estas políticas deberían estructurarse en torno a subregiones.

Asimismo, debe señalarse que el impulso a la producción y a la investigación y desarrollo en los segmentos intermedios y aguas abajo requiere niveles de financiamiento que superan los presupuestos nacionales. Por ejemplo, el IRA de Estados Unidos destinó USD 370,000 millones para la promoción de estas actividades, mientras que Europa flexibilizó sus restricciones para permitir a los Estados Miembros ofrecer importantes ayudas estatales al sector privado y a los actores del sistema de innovación regional. En este contexto, el desafío para los países latinoamericanos es crear condiciones para que el capital privado dirija sus inversiones hacia la región y se integre progresivamente en las actividades productivas en los segmentos aguas arriba. Entre las estrategias posibles figuran la creación de un mercado regional de productos de electromovilidad y el desarrollo de capacidades locales que permitan viabilizar estas operaciones.



PARTE III

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA PROMOVER OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LITIO Y LA CADENA DE VALOR DE LA ELECTROMOVILIDAD

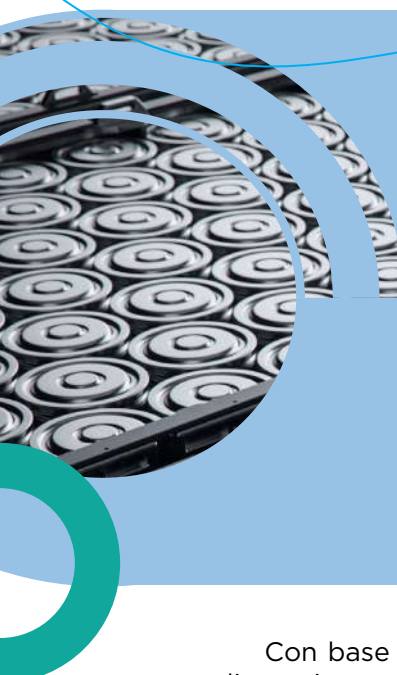
Con base en el análisis realizado en el estudio, esta sección propone una serie de lineamientos de política enfocados, en primer lugar, en promover oportunidades de inversión en la minería de litio y, en segundo lugar, en la cadena de valor de las baterías. Cabe aclarar que esta división tiene un propósito meramente expositivo, ya que, como se ha destacado a lo largo del documento, las cadenas globales de valor requieren un enfoque sistémico en lugar de medidas aisladas.

Antes de presentar los lineamientos, es importante señalar los límites dentro de los cuales se desarrollan. Las recomendaciones no incluyen medidas dirigidas a modificar los regímenes normativos que regulan la minería del litio en los países latinoamericanos. Esta decisión se fundamenta en dos razones principales. En primer lugar, la naturaleza profundamente política de tales medidas, que requieren amplios consensos y, en algunos casos, reformas de alcance constitucional. En segundo lugar, debido a lo anterior, estas reformas implicarían procesos prolongados que podrían dificultar la implementación de otras medidas más inmediatas.

Por otro lado, los lineamientos propuestos son de carácter general y buscan abordar desafíos y oportunidades comunes a los países de la región ricos en recursos de litio. Sin embargo, como se ha destacado, los enfoques de política adoptados, las trayectorias históricas y las condiciones estructurales vigentes en cada uno de estos países presentan diferencias significativas. Por esta razón, un análisis en profundidad de estas particularidades requeriría un informe específico para cada caso.

Finalmente, se consideran aquí aspectos de la minería de litio relacionados con cuestiones comerciales y productivas. No se incluyen lineamientos referidos, por ejemplo, a la política impositiva o la política social y ambiental.

La sección se divide en dos partes. La primera de ellas concierne al desarrollo de la minería de litio. Aquí, se identifican iniciativas para el aumento del volumen de producción, el desarrollo de capacidades tecnológicas y productivas y el fortalecimiento de la cooperación regional. La segunda parte corresponde al desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en los segmentos aguas abajo de la cadena de valor de baterías y el desarrollo de un mercado de electromovilidad regional.



8. EL DESARROLLO DE LA MINERÍA DE LITIO



Con base en el análisis realizado en el estudio, esta sección propone una serie de lineamientos de política enfocados, en primer lugar, en promover oportunidades de inversión en la minería de litio y, en segundo lugar, en la cadena de valor de las baterías. Cabe aclarar que esta división tiene un propósito meramente expositivo, ya que, como se ha destacado a lo largo del documento, las cadenas globales de valor requieren un enfoque sistémico en lugar de medidas aisladas.

Antes de presentar los lineamientos, es importante señalar los límites dentro de los cuales se desarrollan. Las recomendaciones no incluyen medidas dirigidas a modificar los regímenes normativos que regulan la minería del litio en los países latinoamericanos. Esta decisión se fundamenta en dos razones principales. En primer lugar, la naturaleza profundamente política de tales medidas, que requieren amplios consensos y, en algunos casos, reformas de alcance constitucional. En segundo lugar, debido a lo anterior, estas reformas implicarían procesos prolongados que podrían dificultar la implementación de otras medidas más inmediatas.

Por otro lado, los lineamientos propuestos son de carácter general y buscan abordar desafíos y oportunidades comunes a los países de la región ricos en recursos de litio. Sin embargo, como se ha destacado, los enfoques de política adoptados, las trayectorias históricas y las condiciones estructurales vigentes en cada uno de estos países presentan diferencias significativas. Por esta razón, un análisis en profundidad de estas particularidades requeriría un informe específico para cada caso.

Finalmente, se consideran aquí aspectos de la minería de litio relacionados con cuestiones comerciales y productivas. No se incluyen lineamientos referidos, por ejemplo, a la política impositiva o la política social y ambiental.

La sección se divide en dos partes. La primera de ellas concierne al desarrollo de la minería de litio. Aquí, se identifican iniciativas para el aumento del volumen de producción, el desarrollo de capacidades tecnológicas y productivas y el fortalecimiento de la cooperación regional. La segunda parte corresponde al desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en los segmentos aguas abajo de la cadena de valor de baterías y el desarrollo de un mercado de electromovilidad regional.

8.1

CAPACIDADES ESTATALES PARA GESTIÓN DE LA MINERÍA

Como se ha visto, la región latinoamericana cuenta con un volumen de recursos de litio que la posicionan en un sitio privilegiado en el actual contexto mundial. Además, en el caso de la Argentina y Chile, únicos países con operaciones a escala comercial, los costos de producción son significativamente más bajos que aquellos alcanzados a partir de roca, en particular para el carbonato de litio. Esta situación difícilmente cambiará en el corto y mediano plazo, ya que el litio proveniente de nuevos depósitos, así como de la recuperación de litio a partir del reciclaje de baterías, tendrá un costo de producción mayor. Una fuente potencial de amenaza a esta posición podría provenir del desarrollo de proyectos subsidiados en Estados Unidos, que se verían beneficiados por sensibles reducciones en el costo de la inversión en aquellas regiones. Sin embargo, aún existen dudas sobre la concreción de estos proyectos y sobre los plazos que requerirán estas regiones para aumentar el aprovisionamiento local.

A pesar de estas condiciones promisorias, los países de la región han tenido dificultades para traducir su potencial en producción efectiva (Parés Olguín & Busch, 2024). Ello se refleja en una declinación de la participación en el mercado mundial frente al dinamismo de Australia durante los últimos años. También se revela en las dificultades para la concreción de nuevos proyectos. Chile no ha logrado desarrollar proyectos productivos en sus otros salares, a pesar de numerosos intentos. Este desafío es, justamente, uno de los principales aspectos que busca abordar la Estrategia Nacional del Litio (Poveda, 2020). Bolivia muestra un retraso de varios años respecto a los plazos fijados en su estrategia productiva. La Argentina, con más de 40 proyectos en exploración, demoró 8 años en poner en operaciones un nuevo proyecto, desde la entrada en funcionamiento de Sales de Jujuy en 2015.

Los factores que explican este rezago son distintos en cada caso. Sin ánimo de exhaustividad, se observa que en Chile las características del marco normativo han generado incertidumbre sobre el tipo de instrumento que permitiría aumentar la producción. Asimismo, la gestión de aspectos vinculados a la sostenibilidad ambiental y social se han vuelto determinantes para definir el futuro de la industria. En Bolivia, se conjugan elementos técnicos con otros de tipo político y de gestión del proyecto estatal. En la Argentina, las consecuencias de la situación macroeconómica han tenido un papel importante en la falta de concreción de proyectos.

A pesar de las diferencias, todos los casos analizados comparten la necesidad de fortalecer las capacidades estatales para fomentar la inversión en nuevos proyectos que cumplan con altos estándares de sostenibilidad ambiental y social. A continuación, se destacan algunas capacidades estatales cuyo desarrollo es prioritario en los países estudiados.

- Capacidades para mejorar los mecanismos de aprobación y gestión de proyectos a lo largo de todo su ciclo de desarrollo. Los tiempos de tramitación, según se releva en diálogo con actores (públicos y privados), son demasiado extensos. Asimismo, deben mejorarse los sistemas de información y transparencia, de modo que los actores involucrados puedan acceder a ella con facilidad. Asimismo, resulta deseable que estos procesos contemplen mecanismos participativos más efectivos que favorezcan la sostenibilidad de los proyectos.

- Capacidades de monitoreo y fiscalización de la sostenibilidad ambiental de los proyectos, en particular en temas vinculados con el balance hídrico y el impacto sobre la biodiversidad. Las motivaciones para abordar estos temas ya no son solo de naturaleza política, ambiental o ética, sino también (y de manera creciente) de tipo económico. A pesar de que este no ha sido el foco del estudio, la producción sostenible de minerales en términos ambientales y sociales se ha convertido en una condición necesaria para abastecer cadenas globales de valor. El caso de la Regulación Europea sobre Baterías y los mecanismos voluntarios privados de gobernanza (como, por ejemplo, IRMA) están en el proceso de consolidar estándares y prácticas que requieren capacidades estatales más complejas.
- Modernización y profesionalización de las áreas del sector público involucradas en el diseño e implementación de regulaciones y políticas en la industria de litio. Esta es una condición necesaria para dialogar y negociar con países y empresas multinacionales que operan a lo largo de toda la cadena de valor. El déficit de capacidades es más notorio aún en la administración pública de los gobiernos regionales. En el caso de la Argentina, este es un punto especialmente sensible, puesto que son justamente estas jurisdicciones las que están a cargo de la gestión de las concesiones mineras.

8.2

DESARROLLO DE CAPACIDADES PRODUCTIVAS Y TECNOLÓGICAS EN TORNO A LA MINERÍA DE LITIO

Los ciclos de alta demanda de los recursos naturales, como el que experimenta actualmente la minería de litio, vienen acompañados por aumentos en los gastos de investigación y desarrollo (Katz, 2020). Esta coyuntura debería ser aprovechada para promover la acumulación de capacidades productivas y tecnológicas que fomenten el desarrollo de actividades más intensivas en conocimiento y promuevan procesos de crecimiento de la productividad. Incluso, se debe considerar que la situación actual de relativa escasez de compuestos de litio a nivel mundial, así como el interés de los países que lideran el proceso de la electromovilidad para asegurarse un abastecimiento estable y seguro del recurso, ponen a los países de la región en una situación de relativa fortaleza para negociar mecanismos de cooperación internacional que promueva el desarrollo de este tipo de procesos.

Esta idea se asocia con el imaginario sociotécnico elaborado por algunos grupos en torno al litio. De acuerdo con este enfoque, el sector productivo, el estado y el sistema científico-tecnológico participan de un proceso de aprendizaje tecnológico que promueve el cambio estructural (Barandiarán, 2019). En gran medida, esta dinámica se corresponde también con las experiencias de aquellos países que lograron desarrollarse a partir de una dotación abundante de recursos naturales (Andersen et al., 2015; David & Wright, 1997; Ramos, 1998; Smith, 2007).

Los eslabonamientos productivos en los segmentos aguas abajo de la cadena de valor de las baterías han concentrado gran parte de la atención de las políticas públicas en los países ricos en recursos de litio, especialmente durante los primeros años del incremento en la demanda de este recurso. Sin embargo, es fundamental identificar y priorizar actividades que mejoren las condiciones para el desarrollo de capacidades

productivas y tecnológicas en torno a la actividad minera. Aunque este segmento de la cadena de valor no haya recibido una atención prioritaria, merece ser analizado con detenimiento, ya que se trata del conjunto de actividades directamente relacionadas con el recurso presente en los países de la región. Siguiendo el razonamiento propuesto por Hirschman (1981) sobre los eslabonamientos productivos en países ricos en recursos, el salar constituye el punto de partida para construir una red de capacidades que fortalezca la complejidad y densidad del tejido productivo.

La cadena de valor de la minería de litio involucra a diversos actores, los cuales pueden clasificarse según la intensidad de conocimiento requerida para la producción de los bienes y servicios que ofrecen. Por un lado, se encuentra un grupo de proveedores cuya actividad exige capacidades tecnológicas complejas, como servicios de ingeniería o investigación y desarrollo. Por otro lado, existe un grupo que opera con capacidades más básicas, como servicios de alimentación y logística. Mientras que el primer grupo está compuesto mayoritariamente por proveedores internacionales, en el segundo predominan proveedores nacionales y, en muchos casos, locales.

Cada uno de estos grupos requiere instrumentos de desarrollo específicos. En el caso del segundo grupo, al tratarse, en muchos casos, de pequeñas o incluso microempresas, es necesario desarrollar capacidades básicas para la gestión administrativa y comercial. En ocasiones, se trata de capacidades que les permitan alcanzar umbrales mínimos para vincularse con empresas de gran tamaño. En este caso, las agencias públicas de desarrollo industrial, por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, en el caso de la Argentina, o CORFO en el de Chile, pueden cumplir un papel importante a través de sus programas de desarrollo de proveedores, en conjunto con las empresas mineras.

En el caso de las empresas intensivas en conocimiento, se requieren instrumentos específicos para fomentar su desarrollo. Es crucial fortalecer los mecanismos de vinculación entre el sector privado y el sistema científico-tecnológico. En este ámbito, existen áreas de gran relevancia para impulsar la competitividad de las operaciones locales y, simultáneamente, mejorar su sostenibilidad, tales como la eficiencia de los procesos productivos, la calidad de los compuestos de litio, el uso eficiente del agua y los avances en procesos de extracción directa de litio. Promover esta colaboración implica crear espacios que faciliten la interacción entre los actores involucrados, desarrollar mecanismos más ágiles dentro del sistema científico-tecnológico público que favorezcan la vinculación, y alinear los incentivos de los investigadores con los beneficios potenciales derivados de su trabajo conjunto con el sector privado.

8.3 PROFUNDIZACIÓN DE LA COOPERACIÓN REGIONAL

La heterogeneidad de marcos normativos y, sobre todo, visiones estratégicas respecto a los objetivos que se deberían promover ha limitado la posibilidad de adoptar políticas comunes o coordinadas entre los países ricos en recursos de litio. Sin embargo, existe un amplio abanico de temas en los que sería posible y deseable profundizar la cooperación y el mutuo aprendizaje a partir de un intercambio sistemático de experiencias. A continuación, se enumeran algunas de las áreas donde se podrían promover estas prácticas:

- **Transparencia de mercado**

Uno de los principales desafíos que enfrentan Chile y Argentina, los únicos países productores de litio a gran escala en la región, se refiere a la determinación del precio de los compuestos exportados (OECD & IGF, 2024). Se trata de una variable importante ya que determina el volumen de exportaciones y la base imponible de la actividad minera. En la actualidad, la información sobre precios de mercado es publicada por consultoras privadas, obtenidos a partir de consultas a informantes clave.

Más allá de los precios de referencia de mercado, resulta difícil determinar si el precio que perciben las empresas privadas responde a una valuación real o a maniobras orientadas a reducir la carga impositiva. El precio varía en función de las características de los contratos de suministro y las especificaciones técnicas de los distintos tipos de producto. Muchas de las empresas que operan en la región tienen casas matrices, subsidiarias o socios estratégicos en el extranjero, donde se realiza un procesamiento adicional del carbonato de litio. Como resultado de ello, una parte sustancial de las exportaciones desde Sudamérica corresponde a intercambios intra-firma a precios de transferencia que podrían estar subvaluados. La falta de transparencia en el mercado del litio dificulta la determinación de una base confiable para el cobro de regalías e impuestos. Ello ha sido objeto de preocupación tanto en Chile como en la Argentina (Obaya y Céspedes, 2021).

Una de las áreas de cooperación prioritarias para los países de la región sería el desarrollo de prácticas que fomenten un mercado más transparente. Por ejemplo, podría promoverse la publicación de información y la colaboración con actores del mercado que estén trabajando en contratos de futuro para materiales utilizados en baterías.

En Chile, la oficina de Aduanas, CORFO y la Comisión Chilena de Energía Nuclear han firmado un convenio tripartito de colaboración técnica que tiene como el intercambio de información y la realización de fiscalizaciones conjuntas. Hasta 2015 los controles sobre las exportaciones de derivados de litio eran genéricos y no consideraban las características específicas de estos productos. Ello, según se estima, tuvo un impacto negativo sobre la capacidad recaudatoria del estado¹¹¹. En 2016, como parte del programa de control minero, se tomaron medidas para solucionar esta deficiencia. Se implementó una reforma en el Arancel Aduanero, lo que permitió un mejor control sobre los distintos tipos de productos y calidades comerciales. Además, se modernizó el laboratorio químico de Aduanas y se validaron técnicas analíticas para determinar el valor de las muestras de compuestos de litio destinados a la exportación¹¹².

Este tipo de acciones se alinean con las recomendaciones realizadas por el Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible (FIG) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para abordar el problema de la erosión de bases imponibles y el traslado de beneficios (BEPS) en el sector minero. Los países de la región podrían compartir la infraestructura de laboratorios, además de fomentar la cooperación regional para intercambiar buenas prácticas y capacitar a los funcionarios gubernamentales en estos temas.

111. Para más información, véase <http://cadch.cl/aduanas-da-cuenta-de-escasa-fiscalizacion-a-exportacion-de-litio-previo-al-2015/>

112. Para más información, véase <https://www.aduana.cl/cochilco-verifico-detalles-del-trabajo-del-laboratorio-quimico-de-aduana/2021-09-30/123405.html>



9. DESARROLLO DE LOS SEGMENTOS INTERMEDIO Y AGUAS DEBAJO DE LA CADENA DE VALOR DE BATERÍAS



- **Cooperación científico-tecnológica en áreas críticas de la minería de litio**

Es posible identificar un amplio abanico de temas que se beneficiaría de una mayor cooperación regional en el ámbito científico-tecnológico (Parés Olguín & Busch, 2024). En el caso de la minería de litio en salares, se incluyen, por ejemplo: el estudio, modelización y monitoreo de la hidrogeología de las cuencas; la eficiencia de los procesos productivos; y el diseño de procesos para el aprovechamiento económico de otros recursos presentes en los salares.

Los proyectos pueden basarse en el fortalecimiento de redes ya existentes. En este ámbito, por ejemplo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) opera como coordinadora del Foro Permanente de Diálogo Técnico sobre Innovación, Desarrollo Tecnológico y Agregación de Valor al Litio¹¹³. Esta iniciativa tiene como objetivo trazar un plan de acción que contribuya articular una visión de integración regional tecnológica y productiva alrededor del litio; identificar mecanismos de coordinación y opciones de cooperación horizontal e intercambio de experiencias y conocimiento; promover investigaciones cooperativas y complementarias entre las partes; y analizar las posibilidades de agregación de valor y de cadenas de valor regionales¹¹⁴.

- **Formulación de reglas y estándares ambientales y sociales**

Otro ámbito fértil para la cooperación concierne a la creación de procesos que contribuyan a la sostenibilidad social y ambiental de la minería de litio. Este tema excede los límites del informe y no ha sido abordado en profundidad. Sin embargo, se trata de una cuestión cuya relevancia crece a medida que aumenta la presión sobre los territorios de extracción. Al mismo tiempo, los países demandantes de litio comienzan a establecer reglas sobre las condiciones de sostenibilidad de la producción de minerales (Obaya, Murguía, et al., 2024a).

Se incluyen aquí, por ejemplo, mecanismos para abordar las condiciones de generación y difusión de información sobre los impactos ambientales asociados con

113. Para más información, véase <https://www.cepal.org/es/proyectos/foro-permanente-dialogo-tecnico-litio>

114. Véase <https://www.cepal.org/es/notas/primer-reunion-trabajo-foro-permanente-dialogo-tecnico-innovacion-desarrollo-tecnologico>.

la explotación de los recursos, la toma de decisiones en relación con la gestión de los recursos y los procedimientos para resolución de conflictos. La cooperación en este ámbito debería ser de naturaleza participativa y multi-actor. Es importante diseñar mecanismos transparentes de gobernanza que involucren a empresas, comunidades, gobiernos y actores de la sociedad civil y que sean aceptados por todas las partes.

Como se ha examinado en el informe, las políticas de desarrollo productivo y tecnológico de los países latinoamericanos ricos en recursos de litio tienen componentes orientados a la promoción de actividades de producción en segmentos aguas debajo de la cadena de valor. En esencia, el objetivo último de estas políticas es que una porción significativa del litio producido sea procesada dentro del país hasta alcanzar la producción de celdas, aumentando de este modo la creación y la captura de valor al interior del territorio nacional.

Para garantizar que una proporción significativa del litio sea procesada localmente, es fundamental que la capacidad de producción de celdas de baterías alcance una escala equivalente a la de una “gigafactory”. Este nivel de escala no solo es esencial para procesar el litio localmente, sino que, como se ha visto, también constituye una condición indispensable para que la producción de celdas resulte competitiva, dado que, como se ha señalado, la escala es un factor clave en la competitividad.

Esta meta enfrenta distintos tipos de desafío. Desde el punto de vista económico, el volumen de inversiones que requiere la instalación de gigafactories es sumamente elevado. Desde la perspectiva técnica, son necesarias complejas capacidades tecnológicas y no tecnológicas para gestionar los procesos productivos y la participación en cadenas globales de valor jerárquicas y de alta complejidad.

Existen otros desafíos relacionados con la estructura y dinámica de las cadenas globales de valor. En este contexto, dos tendencias analizadas en el informe adquieren particular relevancia. En primer lugar, el principal motor de la demanda de baterías proviene, de forma creciente, del mercado de la electromovilidad. En segundo lugar, los países líderes en este sector están implementando políticas agresivas para concentrar la mayor proporción posible de la cadena de valor de la electromovilidad –desde la producción de vehículos hasta el suministro de materias primas– dentro de sus fronteras. Estas políticas, de naturaleza sistémica, se apoyan en un amplio espectro de instrumentos y un significativo financiamiento público. Incluyen subsidios, regulaciones, políticas de ciencia y tecnología, así como la promoción de asociaciones público-privadas, con el objetivo de crear y consolidar un nuevo mercado.

Cuando estas dinámicas se ponen en perspectiva para analizar la situación de los países latinoamericanos ricos en litio, resulta evidente que las políticas de oferta, orientadas a promover la producción de celdas de baterías para su exportación a los mercados líderes de la electromovilidad no es un vector adecuado para promover el procesamiento a gran escala del litio local. Una política más potente para el desarrollo de una industria de celdas de baterías sería el desarrollo de un mercado de electromovilidad. Sin embargo, dado que este mercado se encuentra en un estadio de desarrollo muy incipiente, resulta difícil concebir un mercado de grandes dimensiones dentro de los estrechos márgenes que ofrecen los Estados nacionales. El tamaño del mercado, además, se ve limitado por el precio actual de los vehículos eléctricos, que no ha alcanzado aún la paridad con los vehículos de combustión interna.

De acuerdo con las estimaciones presentadas por Jones et al. (2021), una tasa de penetración del 5% de los vehículos eléctricos en el mercado sudamericano requeriría

celdas de baterías por un total de 15 GWh (Cuadro 11). Este escenario de mínima, que permitiría procesar solo 8.800 toneladas del litio aproximadamente, requeriría un gran esfuerzo. El costo de la inversión de las plantas productoras de celdas de baterías varía ampliamente, en función de los costos locales y los subsidios recibidos. Asumiendo un costo de USD 60 millones por GWh, Jones et al. (2021) estiman que una planta de este tamaño en América del Sur costaría alrededor de USD 900 millones.

Como demuestra la experiencia de otras regiones, la creación de un nuevo espacio automotriz exige un esfuerzo sistémico, que involucra un amplio rango de agencias públicas y áreas de gobierno, así como también de grupos de interés y de consumidores. La construcción del mercado a escala regional no consiste solo en la eliminación de los aranceles al comercio intra-regional. Es también necesario el establecimiento de un marco normativo común que facilite la integración y el escalado de las tecnologías.

Si bien en los países latinoamericanos el transporte ha sido identificado como un vector central para la transición energética, la mayor parte de los países no han adoptado una estrategia integral (PNUMA, 2021; Sanin et al., 2023). En el caso de los mercados latinoamericanos, Costa Rica, Colombia y Chile han avanzado en la electrificación de su flota y establecido algunas metas de largo plazo con relación al mercado de vehículos eléctricos (Sanin et al., 2023). Para 2050, la electrificación de la flota de taxis y vehículos de transporte urbano sería del 100%, mientras que la de vehículos privados y comerciales alcanzaría el 58%. Brasil y Argentina –primer y segundo mercado sudamericano, respectivamente– han adoptado algunas iniciativas aisladas, como, por ejemplo, preferencias arancelarias para la importación de vehículos híbridos y eléctricos. En el área de transporte público, se han adoptado medidas en algunos países. Santiago de Chile y Ciudad de México, por ejemplo, son las ciudades con avances más significativos en la electrificación del transporte público. Argentina y Brasil, por su parte, cuentan con algunos programas piloto (PNUMA, 2021).

Las estrategias más efectivas de promoción de la electromovilidad también han incluido la creación de una infraestructura adecuada para la recarga de las baterías, atendiendo la distribución de estaciones, la estandarización y la interoperabilidad de equipos. Por su parte, en el caso de los países de la región latinoamericana –mucho más que en los países de ingresos más elevados– resulta especialmente sensible la cuestión del precio de los vehículos, hasta tanto se alcance la paridad con aquellos que funcionan a combustión interna. Por ello, serían necesarios subsidios directos o exenciones impositivas que promuevan dicha paridad hasta tanto la misma se alcance mediante la vía de las mejoras tecnológicas. Son también muy importantes los instrumentos financieros destinados a fomentar la adopción a gran escala de los vehículos eléctricos, tanto a nivel privado como público.

La creación del mercado requiere también ser complementado con políticas de “oferta” que promuevan el desarrollo de capacidades en los actores de la cadena de valor local. En este marco, son necesarios instrumentos de reducción del riesgo para las inversiones, tanto en la producción, el consumo, como la infraestructura de carga. Aquí, pueden jugar un papel muy importante los bancos nacionales y regionales de desarrollo (Parés Olguín & Busch, 2024). Algunos bancos, como el BANOBRAS (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos) y NAFIN (Nacional Financiera), en México, o el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES), en Brasil, ofrecen financiamiento en condiciones favorables para este sector (PNUMA, 2021).

Sería deseable, asimismo, que el mercado regional se extienda más allá del mercado automotriz, de modo de generar condiciones favorables a la producción de celdas

de baterías. En lo que se refiere a los minerales, debe destacarse que, aunque existen recursos en la región, en la actualidad, la región no produce cobalto, manganeso o níquel clase 1, que son otros de los minerales críticos utilizados en algunas tecnológicas de baterías que utilizan hidróxido de litio (Jones et al., 2021; Parés Olguín & Busch, 2024). La opción por tecnologías de baterías LFP sería más factible, aún más considerando que la región produce principalmente carbonato de litio, que es el compuesto que utilizan estas baterías como insumo.

Merece aquí destacarse que el caso mexicano presenta características singulares que pueden facilitar el desarrollo de una cadena de valor de baterías integrada, prescindiendo de la creación de un mercado masivo de electromovilidad a escala nacional. Aunque la construcción de dicho mercado sería un objetivo deseable, en términos del desarrollo de una cadena de valor local, México es el único país de la región que podría avanzar en esa dirección sin esa precondition. Este país pertenece desde hace años al espacio automotriz norteamericano, por lo que ha tenido acceso durante décadas al mercado norteamericano a través del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y, actualmente, a través del T-MEC. Como consecuencia de ello, se ha convertido en un importante productor de vehículos: en 2023, fue el séptimo a nivel mundial, dando cuenta del 4,2% de la producción¹¹⁵. Asimismo, cuenta con un gran número de empresas autopartistas que abastecen a los productores de vehículos. Desde 2019, diversas automotrices han iniciado o anunciado inversiones destinadas a la producción local de vehículos eléctricos¹¹⁶. En 2023, se ensamblaron 106 mil unidades –casi todas a cargo de Ford y, en menor medida, General Motors. Se espera un crecimiento del 96% para 2024¹¹⁷. Hasta la fecha, no se han producido baterías ni materiales catódicos o compuestos de litio a nivel local, mientras que las minas de litio, como se ha mencionado, continúan en fase de desarrollo.

115. Fuente: OICA.

116. Entre los anuncios registrados hasta el momento se incluyen los siguientes: ; General Motors (2021) había anunciado una inversión de USD 1.000 millones para producción SUV eléctricas y en 2024 anunció, junto a Tesla, una inversión para añadir 1.000 puntos de carga en la infraestructura eléctrica; Volkswagen (2022) anunció una inversión de USD 763 millones para ensamblar SUV eléctricas, en 2024 una segunda fase de USD 1.000 millones fue anunciada y se espera que en 2025 entre en producción; BMW comenzó en mayo de 2024 la construcción de un Centro de Producción de Módulos de Baterías con una inversión de USD 872 millones ; Tesla (2023) anunció una inversión de USD 5000 para producir un vehículo eléctrico de nueva generación, aunque de momento se encuentra pausada; Toyota (2023) destinará 328 millones en una planta que producirá modelos híbridos; Jetour (2023) planea invertir USD 3.000 millones en una planta de ensamblaje de vehículos; Ford (2024) anunció inversiones de USD 273 millones para ensamblar la SUV eléctrica Mustang Mach-E en el Irapuato Electric Powertrain Center (IEPC); Stellantis (2024) anunció una inversión de USD 1.600 millones al iniciar la producción de autos eléctricos en Toluca
Fuentes:<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Ensamble-de-autos-electricos-en-Mexico-casi-se-triplicara-este-ano-20230409-0076.html>,<https://indumex.blog/industria-automotriz/la-electromovilidad-impulsa-inversiones-automotrices-en-mexico-por-mas-de-5000-millones-de-dolares-en-2023/><https://www.press.bmwgroup.com/mexico/article/detail/T0441595ES/bmw-group-planta-san-luis-potos%C3%AD-revoluciona-la-electromovilidad-en-m%C3%A9xico-con-la-construcci%C3%B3n-de-su-nuevo-centro-de-producci%C3%B3n-de-m%C3%B3dulos-de-bater%C3%ADas?language=es,https://www.eleconomista.com.mx/autos/Crece-produccion-de-autos-hibridos-y-electricos-en-Mexico-20240122-0046.html>,<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Ford-anuncia-inversion-de-273-millones-de-dolares-para-planta-de-Irapuato-20240902-0005.html>,<https://globalenergy.mx/noticias/gm-anuncia-inversion-millonaria-en-infraestructura-de-carga-electrica-en-mexico/>,<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/volkswagen-announces-second-phase-mexico-investment-around-1-bln-2024-02-16/>,<https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/8002/stellantis-invierte-1-600-mdd-en-el-estado-de-mexico-para-producir-vehiculos-electricosyhttps://es-us.finanzas.yahoo.com/noticias/tesla-byd-pausan-inversiones-m%C3%A9xico-164003879.html>

117. Fuente: <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/7437/mexico-producira-214-mil-vehiculos-electricos-en-el-2024>



10. BIBLIOGRAFÍA



- ACEA. (2022). Electric Vehicles: Tax Benefits & Purchase Incentives in the 27 member states of the European Union (2022). European Automobile Manufacturers' Association. <https://www.acea.auto/fact/overview-electric-vehicles-tax-benefits-purchase-incentives-in-the-european-union-2022/>
- Alonso, R. (2018). Litio. El metal de los salares andinos. Mundo Gráfico Salta Editorial.
- Andersen, A. D., Johnson, B. H., Marín, A., Kaplan, D., Stubrin, L., Lundvall, B.-Å., & Kaplinsky, R. (2015). Natural resources, innovation and development. Aalborg Universitetsforlag. 10.5278/VBN/MISC/NRID.
- Ballesteros, F. (2022). Perspectivas para el litio en México después de las reformas a la Ley Minera (Issue Documento de análisis). Natural Resource Governance Institute.
- Barandiarán, J. (2019). Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. *World Development*, 113, 381-391. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.019>
- Bird, R., Baum, Z. J., Yu, X., & Ma, J. (2022). The Regulatory Environment for Lithium-Ion Battery Recycling. *ACS Energy Letters*, 7(2), 736-740. <https://doi.org/10.1021/acsenenergylett.1c02724>
- BNEF. (2021). Hitting the EV Inflection Point. Electric vehicle price parity phasing out combustion vehicle sales in Europe. Bloomberg NEF; Transport & Environment. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/08/2021_05_05_Electric_vehicle_price_parity_and_adoption_in_Europe_Final.pdf
- Bridge, G., & Faigen, E. (2022). Towards the lithium-ion battery production network: Thinking beyond mineral supply chains. *Energy Research & Social Science*, 89, 102659. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102659>
- Broadbent, G. H., Drozdowski, D., & Metternicht, G. (2018). Electric vehicle adoption: An analysis of best practice and pitfalls for policy making from experiences of Europe and the US. *Geography Compass*, 12(2), e12358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gec3.12358>

- Calla Ortega, R. (2014). Impactos de la producción industrial del carbonato de litio y del cloruro de potasio en el salar de Uyuni. In J. C. Guzmán (Ed.), *Un presente sin futuro: el proyecto estatal del litio en Bolivia*. CEDLA.
- Capuder, T., Miloš Sprčić, D., Zoričić, D., & Pandžić, H. (2020). Review of challenges and assessment of electric vehicles integration policy goals: Integrated risk analysis approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.105894>
- Cervantes, M. Á. M., & Garduño-Rivera, R. (2022). Mining-energy public policy of lithium in Mexico: Tension between nationalism and globalism. *Resources Policy*, 77, 102686.
- Christmann, P., Gloaguen, E., Labbé, J.-F., Melleton, J., & Piantone, P. (2015). Global lithium resources and sustainability issues. In A. Chagnes & J. Swiatowska (Eds.), *Lithium Process Chemistry. Resources, Extraction, Batteries, and Recycling* (pp. 1-40). Elsevier.
- Chung, D., Elgqvist, E., & Santhanagopalan, S. (2015). Automotive Lithium-ion Battery Supply Chain and U.S. Competitiveness Considerations. *Clean Energy Manufacturing Analysis Center (CEMAC)*. <https://www.osti.gov/servlets/purl/1215068>
- COCHILCO. (2023). El mercado de litio. Desarrollo reciente y proyecciones al 2035. Actualización a mayo 2023. <https://www.cochilco.cl/web/download/367/2023/12428/el-mercado-de-litio-desarrollo-reciente-y-proyecciones-al-2035-actualizacion-a-mayo-2023.pdf>
- Coe, N. M., & Yeung, H. W. (2015). *Global Production Networks: Theorizing Economic Development in an Interconnected World*. Oxford University Press.
- Comisión Europea. (2019). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al Banco Europeo de Inversiones sobre la ejecución del Plan de Acción Estratégico para las Baterías: Creación de una Cadena de Valor Estratégica para las Baterías en Europa (Issue COM (2019) 176 final). COM (2019) 176 final- Comisión Europea.
- Comisión Nacional del Litio. (2015). Litio: una fuente de energía, una oportunidad para Chile. Informe final. Ministerio de Minería. http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/01/Informe-Final_Comision_Litio.pdf
- Corti, H. R. (2017). El litio en la tecnología nuclear. In E. Baran (Ed.), *Litio: un recurso natural estratégico desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- CRIRSCO. (2019). International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. International Council of Mining and Metals. <https://crirSCO.com/wp-content/uploads/2023/10/The-CRIRSCO-International-Reporting-Template.pdf>
- David, A. P., & Wright, G. (1997). Increasing returns and the genesis of American resource abundance. *Industrial and Corporate Change*, 6(2), 203-245.
- Deaux, J., Coppola, G., & Natter, A. (2023, December 1). US Sets Limits on Chinese Content to Receive EV Tax Credits. *Bloomberg News*.
- Fact.MR. (2019). Lithium-ion Battery Cathode Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking - Global Market Insights 2019 to 2029.
- Fundación Solón. (2019). Litio boliviano ¿Industrialización o extractivismo? In TUNUPA No 108. Fundación Solón.
- GNRE. (2010). Memoria Institucional 2010 (G. N. de R. Evaporíticos, Ed.). COMIBOL. <https://www.cedib.org/wp-content/uploads/2021/08/Memoria-gnre-2010.pdf>

- GNRE. (2011). Memoria Institucional 2011 (G. N. de R. Evaporíticos, Ed.). COMIBOL. <https://www.cedib.org/wp-content/uploads/2021/08/memoria-gnre-2011.pdf>
- Government of Western Australia. (2022). Western Australia Battery Minerals Profile. Department of Jobs, Tourism, Science and Innovation - Government of Western Australia.
- Graedel, T. E., Barr, R., Chandler, C., Chase, T., Choi, J., Christoffersen, L., Friedlander, E., Henry, C., Jun, C., Nassar, N. T., Schechner, D., Warren, S., Yang, M., & Zhu, C. (2012). Methodology of Metal Criticality Determination. *Environ Sci Technol*, 46(2), 1063-1070. <https://doi.org/10.1021/es203534z>
- Grageda, M., Gonzalez, A., Quispe, A., & Ushak, S. (2020). Analysis of a Process for Producing Battery Grade Lithium Hydroxide by Membrane Electrodialysis. *Membranes*, 10(9), 198.
- Hammond, D. R., & Brady, T. F. (2022). Critical minerals for green energy transition: A United States perspective. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 36(9), 624-641.
- Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., Walton, A., Christensen, P., Heidrich, O., Lambert, S., Abbott, A., Ryder, K., Gaines, L., & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575(7781), 75-86. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>
- Hernández, V. L., Hilbert, I., Gascón Castillero, L., Manhart, A., García, D., Nkongdem, B., Dumitrescu, R., Sucre, C., & Ferreira Herrera, C. (2024). Recycling and Reuse of Lithium Batteries in Latin America and the Caribbean. *Analytical Review of Global and Regional Practices*.
- Hirschman, A. O. (1981). A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. In A. O. Hirschman (Ed.), *Essays in Trespassing*. Cambridge University Press.
- Huisman, J., Ciuta, T., Mathieux, F., Bobba, S., Georgitzikis, K., & Pennington, D. (2020). RMIS, raw materials in the battery value chain: final content for the Raw Materials Information System: strategic value chains: batteries section. Joint Research Centre (European Commission).
- ICCT. (2021). China's New Energy Vehicle Industrial Development Plan for 2021 to 2035. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/sites/default/files/publications/China-new-vehicle-industrial-dev-plan-jun2021.pdf>
- IEA. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Association. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- IEA. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4eb8c252-76b1-4710-8f5e-867e751c8dda/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf>
- IEA. (2023). Global EV Outlook 2022. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>
- IEA. (2024). Global EV Outlook 2024. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In IPCC (Ed.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Irarrazaval, F., & Carrasco, S. (2023). One step forward, two steps back? Shifting accumulation strategies in the lithium production network in Chile. *The Extractive Industries and Society*, 15, 101327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101327>

- Jain, A., & Kroenig, M. (2023). Ally Shoring: A New Tool of Economic Statecraft. *Orbis*, 67(1), 21–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orbis.2022.12.005>
- Jiménez, D., & Sáez, M. (2022). Agregación de valor en la producción de compuestos de litio en la región del triángulo del litio (Issue LC/TS.2022/87). CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48055-agregacion-valor-la-produccion-compuestos-litio-la-region-triangu-lo-litio>
- Jones, B., Acuña, F., & Rodríguez, V. (2021). Cadena de valor del litio: análisis de la cadena global de valor de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos (Issue Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/86)). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47108-cadena-valor-litio-analisis-la-cadena-glob-al-valor-baterias-iones-litio>
- Kalantzakos, S. (2020). The Race for Critical Minerals in an Era of Geopolitical Realignment. *The International Spectator*, 55(3), 1–16. <https://doi.org/10.1080/03932729.2020.1786926>
- Lagos, G. (2018). *El Desarrollo del Litio en Chile: 1984-2017*. EDITEC.
- LaRocca, G. M. (2020). Global Value Chains: Lithium in Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles. 39.
- Lèbre, É., Owen, J. R., Corder, G. D., Kemp, D., Stringer, M., & Valenta, R. K. (2019). Source Risks as Constraints to Future Metal Supply. *Environ Sci Technol*, 53(18), 10571–10579. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02808>
- Lebrouhi, B. E., Baghi, S., Lamrani, B., Schall, E., & Kousksou, T. (2022). Critical materials for electrical energy storage: Li-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 55, 105471. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105471>
- Maihold, G. (2022). A new geopolitics of supply chains: The rise of friend-shoring.
- Maxwell, P. (2015). Transparent and opaque pricing: The interesting case of lithium. *Resources Policy*, 45, 92–97.
- Melin, H. E., Rajaeifar, M. A., Ku, A. Y., Kendall, A., Harper, G., & Heidrich, O. (2021). Global implications of the EU battery regulation. *Science*, 373(6553), 384–387. <https://doi.org/doi:10.1126/science.abh1416>
- MHE. (2024). Informe de Rendición Públicas de Cuentas del 2023. <https://www.mhe.gob.bo/wp-content/uploads/2024/03/MEMORIA-9-FEB-FINAL-PAG-ABIERTA-1.pdf>
- Montenegro Bravo, J. C. (2018). El modelo de industrialización del litio en Bolivia. *Revista de Ciencias Sociales. Segunda Época*, 10(34), 69–82.
- Moreno-Brieva, F., & Marín, R. (2019). Technology generation and international collaboration in the Global Value Chain of Lithium Batteries. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 232–243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.026>
- Nacif, F. (2012). Bolivia y el plan de industrialización del litio: un reclamo histórico. *Revista Del Centro Cultural de La Cooperación*, 300, 14–15.
- Nor Nickel. (2024). *Anual Report 2023*.
- Obaya, M. (2019). Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en el Estado Plurinacional de Bolivia. In *Documento de proyecto - 2019/49*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Obaya, M. (2021). The evolution of resource nationalism: The case of Bolivian lithium. *The Extractive Industries and Society*, 8(3), 100932. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100932>
- Obaya, M. (2022). El triángulo escaleno. Litio y políticas de desarrollo productivo en Argentina, Bolivia y Chile. *Cahiers Des Amériques Latines*, 99, 33–58.

- Obaya, M., & Céspedes, M. (2021). Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio. Implicaciones para los países del triángulo del litio (Issue LC/TS.2021/58). Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/58) CEPAL.
- Obaya, M., Freytes, C., & Delbuono, V. (2024). Driving regional development through critical minerals: a case study of the lithium policy mix in Argentina. *Mineral Economics*.
- Obaya, M., López, A., & Pascuini, P. (2021). Curb your enthusiasm. Challenges to the development of lithium-based linkages in Argentina. *Resources Policy*, 70, 101912. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101912>
- Obaya, M., Murguía, D. I., & Sánchez-López, D. (2024a). From local priorities to global responses: Assessing sustainability initiatives in South American lithium mining. *The Extractive Industries and Society*, 19, 101509. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101509>
- Obaya, M., Murguía, D., & Sánchez-López, D. (2024b). Lithium in the new agenda of the European Union and Latin America and the Caribbean: action guidelines for a just and sustainable bi-regional lithium battery chain.
- OECD, & IGF. (2024). Determining the Price of Minerals: A Transfer Pricing Framework for Lithium. <https://doi.org/10.1787/a607ff0a-en>
- OLADE. (2024). Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe. Monitoreando la Electromovilidad.
- Olivera, M. (2017). La industrialización del litio en Bolivia: un proyecto estatal y los retos de la gobernanza, el extractivismo histórico y el capital internacional. CIDES-UMSA.
- Orihuela, J. C., & Serrano, S. (2024). Rules, institutions and policy capacity: A comparative analysis of lithium-based development in Argentina, Bolivia and Chile. *Energy Research & Social Science*, 118, 103761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103761>
- Parés Olguín, F., & Busch, P. (2024). Cadenas de valor de energías renovables y almacenamiento de energía en América Latina y el Caribe.
- Pillot, C. (2019). The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018-2030. In *Annual International Battery Seminar & Exhibit*. Avicenne Energy.
- PNUMA. (2021). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá.
- Poveda, R. (2020). La gobernanza del litio en Chile. In *Recursos Naturales y Desarrollo No195* (Issue LC/TS.2020/40). CEPAL.
- Ramos, J. (1998). Una estrategia de desarrollo a partir de los complejos productivos en torno a los recursos naturales. *Revista de La CEPAL*.
- Retzer, S., Huber, M., & Wagner, M. (2018). The E-Mobility Race and China's Determination to Win. Measures by the Chinese government to accelerate e-mobility development. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Sanin, M. E., Snyder, V., Walter, M., & Balza, L. (2023). Del litio al vehículo eléctrico en América Latina y el Caribe.
- Schade, W., Haug, I., & Berthold, D. (2022). The future of the automotive sector. Emerging battery value chains in Europe. European Trade Union Institute.
- Secretaría de Minería. (2023). Portfolio of Advanced Projects. Lithium. Secretaría de Minería - Ministerio de Economía.
- Sharova, V., Wolff, P., Konersmann, B., Ferstl, F., Stanek, R., & Hackmann, M. (2020). Evaluation of Lithium-Ion Battery Cell Value Chain PDF.
- Smith, K. H. (2007). Innovation and growth in resource-based economies. In CEDA (Ed.), *Competing from Australia*. Committee for Economic Development of Australia.

- Ströbele-Gregor, J., & Birk, G. (2012). Litio en Bolivia: El plan gubernamental de producción e industrialización del litio, escenarios de conflictos sociales y ecológicos, y dimensiones de desigualdad social. *DesiguALdades. net*, Research Network on Interdependent Inequalities in Latin America.
- Sturgeon, T. J., Memedovic, O., Van Biesebroeck, J., & Gereffi, G. (2009). Globalisation of the automotive industry: main features and trends. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 2(1), 7-24. <https://doi.org/10.1504/ijtli.2009.021954>
- Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1985). *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Scientific Pub.
- Tran, T., & Luong, V. T. (2015). Lithium production processes. In A. Chagnes & J. Światowska (Eds.), *Lithium Process Chemistry* (pp. 81-124). Elsevier.
- Transport & Environment. (2023). *A European Response to USA IRA*. Transport & Environment.
- UNIDO. (2024). *Industrial Development Report 2024. Turning Challenges into Sustainable Solutions. The New Era of Industrial Policy*.
- United Nations. (2021). *Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second Global Sustainable Transport Conference*.
- USGS. (2024). *Mineral commodity summaries 2023*.
- van Tulder, R. (2004). Peripheral Regionalism: The Consequences of Integrating Central and Eastern Europe in the European Automobile Space. In J. Carrillo, Y. Lung, & R. van Tulder (Eds.), *Cars, Carriers of Regionalism?* (pp. 75-90). Palgrave MacMillan.
- Vásquez, P. (2024). *Brazil's Critical Minerals and the Global Clean Energy Revolution*.
- Vivoda, V., Bazilian, M. D., Khadim, A., Ralph, N., & Krame, G. (2024). Lithium nexus: Energy, geopolitics, and socio-environmental impacts in Mexico's Sonora project. *Energy Research & Social Science*, 108, 103393. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103393>
- Vivoda, V., & Matthews, R. (2024). "Friend-shoring" as a panacea to Western critical mineral supply chain vulnerabilities. *Mineral Economics*, 37(3), 463-476. <https://doi.org/10.1007/s13563-023-00402-1>
- Vivoda, V., Matthews, R., & McGregor, N. (2024). A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs. *Resources Policy*, 89, 104587. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104587>
- Volta Foundation. (2021). *The Battery Report 2020*. Volta Foundation.
- Volta Foundation. (2022). *The Battery Report 2021*. Volta Foundation.
- Volta Foundation. (2023). *The Battery Report 2022*. Volta Foundation.
- Wentker, M., Greenwood, M., & Leker, J. (2019). A bottom-up approach to lithium-ion battery cost modeling with a focus on cathode active materials. *Energies*, 12(3), 504.
- World Bank. (2020). *Reuse and Recycling: Environmental Sustainability of Lithium-Ion Battery Energy Storage Systems*. World Bank.
- Yeung, G. (2019). 'Made in China 2025': the development of a new energy vehicle industry in China. *Area Development and Policy*, 4(1), 39-59. <https://doi.org/10.1080/23792949.2018.1505433>
- Zeng, X., Li, M., Abd El-Hady, D., Alshitari, W., Al-Bogami, A. S., Lu, J., & Amine, K. (2019). Commercialization of Lithium Battery Technologies for Electric Vehicles. *Advanced Energy Materials*, 9(27), 1900161. <https://doi.org/10.1002/aenm.201900161>
- Zimm, C. (2021). Improving the understanding of electric vehicle technology and policy diffusion across countries. *Transport Policy*, 105, 54-66. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.12.012>

