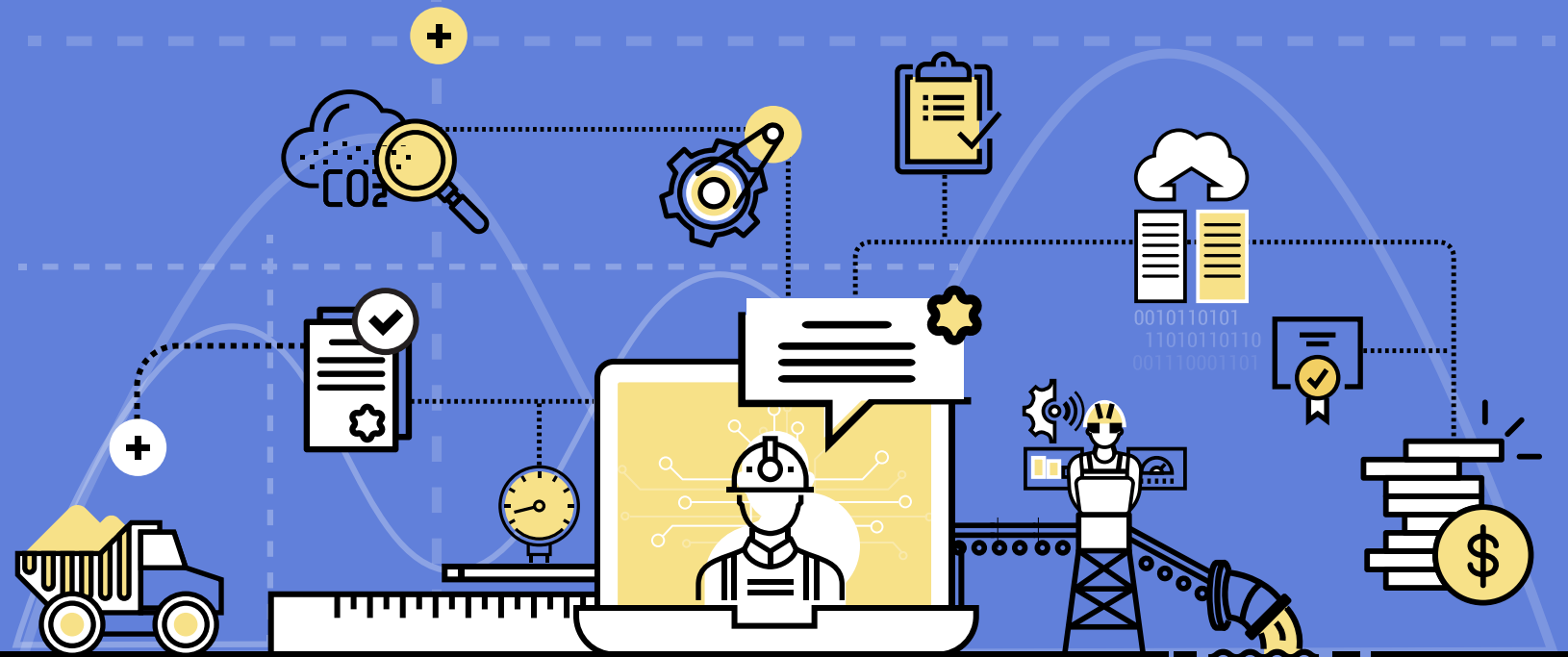


# Cadena de valor del litio

Análisis de la cadena global de valor de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos

Benjamin Jones  
Francisco Acuña  
Víctor Rodríguez



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 [www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)

 [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

## Cadena de valor del litio

### Análisis de la cadena global de valor de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos

Benjamin Jones  
Francisco Acuña  
Víctor Rodríguez



Este documento fue preparado por Benjamin Jones, Francisco Acuña y Víctor Rodríguez, con la colaboración sustantiva de Juan Esteban Fuentes, Álvaro Acosta, Marcelo Bolton, George Heppel y Nicolás Robles, todos de la empresa CRU Consulting, bajo la supervisión de Jeannette Sánchez, Directora de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del programa Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Los autores agradecen los comentarios de Pablo Chauvet, Mauricio León, José Luis Lewinsohn y Orlando Reyes, funcionarios de la División de Recursos Naturales de la CEPAL, y de Víctor Andrés Garzón, Nicolas Maennling y Cristina Muñoz, de la GIZ.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas incluidos en este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2021/86  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2021  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.21-00357

Esta publicación debe citarse como: B. Jones, F. Acuña y V. Rodríguez, "Cadena de valor del litio: análisis de la cadena global de valor de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/86), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>I. Estudio de la cadena de valor de las baterías de iones de litio</b> .....  | <b>9</b>  |
| A. Análisis cuantitativo y proyecciones de la cadena de valor de baterías .....  | 10        |
| 1. Mercado de montaje de baterías .....  | 11        |
| 2. El mercado de fabricación de celdas .....   | 12        |
| 3. Producción de materiales de cátodo .....  | 21        |
| 4. El mercado de los precursores .....   | 29        |
| 5. Beneficios económicos de la industria a nivel global .....  | 29        |
| 6. Aspectos relevantes derivados del análisis de la cadena de valor .....  | 30        |
| <b>II. Análisis cualitativo sobre la gobernanza y el marco regulatorio asociado a la cadena de valor de las baterías de litio</b> .....                  | <b>37</b> |
| A. Descripción histórica y factores de éxito para el desarrollo de la industria de baterías de litio a nivel global .....                                | 39        |
| 1. Introducción .....  | 39        |
| 2. Ejes estratégicos detrás del impulso en el consumo de baterías de litio - Arena decisional .....  | 40        |
| 3. Políticas, I+D, financiamiento e interacción entre los principales actores .....  | 42        |
| 4. Incentivos orientados al desarrollo de la cadena de valor de baterías (precursores, cátodos, celdas y producción de baterías de litio) .....          | 44        |
| 5. Acceso a capital y financiamiento .....   | 46        |
| 6. Principales actores y formas de vinculación en la cadena de valor de litio .....  | 47        |
| 7. Principales modos de gobernanzas aplicados por los países líderes de la industria .....   | 51        |
| 8. Análisis del contexto o entorno decisional .....  | 53        |
| <b>III. Discusión sobre la realidad de la subregión y oportunidades de desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio</b> .....                   | <b>55</b> |
| A. Análisis de mercado de vehículos eléctricos en América del Sur y sus proyecciones para el desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio ..... | 56        |
| B. Celdas y <i>packs</i> de baterías .....   | 56        |

|    |   |    |
|----|---|----|
| C. | Fabricación de precursores y cátodos .....  | 58 |
| D. | Brechas en base a políticas públicas y gobernanza para los países del bloque del triángulo del litio.....   | 59 |
| E. | Aspectos regulatorios de la extracción de litio en los países del triángulo del litio .....   | 60 |
| F. | Aspectos regulatorios y de gobernanza al impulso del mercado de EVs y el desarrollo de la cadena de valor de baterías en los países del bloque del triángulo del litio..... | 62 |
| G. | Ejes estratégicos para la descarbonización a través de la industria de vehículos eléctricos.....  | 62 |
| H. | Políticas implementadas, desarrollo de I+D, e interacción entre los principales actores.....  | 63 |
|    | 1. Análisis del contexto económico y de riesgo país en la región .....  | 64 |
|    | 2. Accesos a materias primas refinadas y principales <i>commodities</i> .....   | 65 |
|    | 3. Oportunidades y recomendaciones en base a políticas públicas y gobernanza para los países del bloque del triángulo del litio .....                                       | 66 |
| I. | Mirando hacia adelante .....  | 69 |
|    | Bibliografía.....   | 73 |

## Cuadros

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Cuadro 1  | Productores de baterías chinos: capacidades de la planta, 2020.....   | 14 |
| Cuadro 2  | Cálculo de la demanda de litio, en términos de LCE, para producción de cátodos.....                         | 21 |
| Cuadro 3  | Demanda de plantas chinas que operan a plena capacidad, 2019.....   | 23 |
| Cuadro 4  | Demanda de plantas del resto del mundo en operación, 2019.....  | 24 |
| Cuadro 5  | Demanda de plantas chinas operando a capacidad plena, 2025.....   | 27 |
| Cuadro 6  | Demanda desde plantas del resto del mundo operando a completa capacidad, 2025.....                          | 28 |
| Cuadro 7  | Expansiones de la capacidad de cátodos fuera de China por país.....   | 33 |
| Cuadro 8  | Arenas decisionales asociadas a la cadena de valor de litio.....  | 42 |
| Cuadro 9  | Políticas y subsidios para el desarrollo <i>downstream</i> de la cadena de valor de baterías de litio ..... | 44 |
| Cuadro 10 | Contexto y entorno decisional .....   | 50 |
| Cuadro 11 | Barreras para el desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio en la región.....                    | 59 |

## Gráficos

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gráfico 1  | Desglose de la capacidad global de la <i>gigafactories</i> (izquierda) y desglose fuera de China (derecha), 2020..... | 13 |
| Gráfico 2  | Participación de mercado chino de <i>gigafactories</i> en 2020, agrupada por empresa.....                             | 14 |
| Gráfico 3  | Desglose de la capacidad de <i>gigafactories</i> global (izquierda) y ex-China (derecha) proyectada a 2026.....       | 16 |
| Gráfico 4  | Proyección de capacidad instalada de <i>gigafactories</i> global, por etapa de desarrollo .....                       | 17 |
| Gráfico 5  | Utilización de la capacidad de fabricación de baterías.....   | 17 |
| Gráfico 6  | Capacidad mundial de fabricación de celdas de batería por país, 2015-2026.....  | 18 |
| Gráfico 7  | Participación de mercado de producción de cátodos de China frente al resto del mundo, 2019 .....                      | 22 |
| Gráfico 8  | Cuota de producción de China por cada química de cátodo y participación en la producción de cátodo, 2019 .....        | 24 |
| Gráfico 9  | Participación de producción de RoW en 2019 de cada química de cátodo y participación de producción de cátodos .....   | 25 |
| Gráfico 10 | Participación de mercado de producción de cátodos de China frente al resto del mundo, 2025.....                       | 26 |
| Gráfico 11 | Evaluación de la CRU de la demanda de materiales catódicos (= producción), 2025.....                                  | 26 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gráfico 12 | La fabricación de precursores seguirá estando dominada por países con producción integrada .....      | 29 |
| Gráfico 13 | Tamaño del mercado de batería de litio .....  | 30 |
| Gráfico 14 | Capacidad de cátodo y demanda por región .....  | 33 |
| Gráfico 15 | Distribución del mercado automotriz en América del Sur, por país, 2021 .....                          | 56 |
| Gráfico 16 | Proyección de ventas de vehículos en América del Sur, por país .....                                  | 57 |
| Gráfico 17 | Participación en ventas de BEV en América del Sur para 2030 y la demanda de baterías resultante ..... | 57 |

## Recuadros

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Recuadro 1  | Caso de Unión Europea: objetivos de reducción de emisiones y electromovilidad .....             | 41 |
| Recuadro 2  | Caso de la República de Corea: dependencia de combustibles fósiles y transición energética..... | 41 |
| Recuadro 3  | Esfuerzos y políticas internacionales para el desarrollo de infraestructura.....                | 43 |
| Recuadro 4  | Caso de la Unión Europea: EBA, una alianza para el desarrollo de las baterías.....              | 45 |
| Recuadro 5  | Caso de la República de Corea: el impacto de una estrategia energética nacional .....           | 46 |
| Recuadro 6  | Política industrial en la Unión Europea y rol del Banco Europeo de Inversiones .....            | 47 |
| Recuadro 7  | Caso de la Unión Europea: dinamismo constante a la política industrial .....                    | 52 |
| Recuadro 8  | Políticas públicas en la región (Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de) y Chile).....     | 63 |
| Recuadro 9  | Electromovilidad en el transporte público dentro de la región.....                              | 64 |
| Recuadro 10 | ¿Por qué las políticas comerciales son importantes? .....                                       | 66 |
| Recuadro 11 | Tarifas arancelarias a nivel internacional .....  | 66 |
| Recuadro 12 | Industria automotriz argentina .....  | 68 |
| Recuadro 13 | Limitaciones a la política industrial de la Unión Europea .....                                 | 71 |

## Diagramas

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Diagrama 1 | La cadena de valor de la batería consta de cuatro pasos principales: precursor, cátodo, celda y batería ..... | 11 |
| Diagrama 2 | Los principales actores de la cadena de valor de las baterías se están integrando cada vez más.....           | 12 |
| Diagrama 3 | Principales herramientas en la cadena de valor de litio baterías y casos aplicados .....                      | 48 |
| Diagrama 4 | Modalidad de interacción y modos de gobernanza .....  | 52 |
| Diagrama 5 | Estructura de análisis para la formulación de recomendaciones .....   | 55 |
| Diagrama 6 | Modalidad de interacción y modo de gobernanza en la región .....  | 69 |
| Diagrama 7 | Ejes principales de ventajas y oportunidades en el triángulo del litio .....                                  | 71 |

## Mapas

|        |  |    |
|--------|--|----|
| Mapa 1 | Proyección de capacidad de <i>gigafactories</i> en Europa Occidental, 2026 .....   | 19 |
| Mapa 2 | Proyección de capacidad de <i>gigafactories</i> en Estados Unidos, 2026.....   | 20 |
| Mapa 3 | Capacidad <i>gigafactories</i> por país, 2026.....   | 20 |
| Mapa 4 | Flujos de material de conversión química de espodumeno/salmuera .....  | 31 |
| Mapa 5 | Flujos de productos químicos de litio de grado de batería .....  | 32 |
| Mapa 6 | Flujo comercial de precursores, cátodos y celdas en la cadena de suministro .....  | 32 |
| Mapa 7 | Penetración de xEVs (vehículos a batería e híbridos) y capacidad de <i>gigafactories</i> por región, 2025, flujo comercial de precursores, cátodos y celdas en la cadena de suministro ..... | 35 |
| Mapa 8 | La refinera Sao Miguel Paulista en Brasil podría ser la base de un centro de cátodos de baterías, flujos potenciales de importación y exportación.....                                       | 59 |





## Introducción

El presente estudio ha sido mandatado por la División de Recursos Naturales (DRN) de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del Programa Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los países Andinos (MinSus), financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, e implementado juntamente con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto, **este estudio se estructura en dos reportes**, los cuales apuntan a documentar un análisis cuantitativo de los cambios en los patrones de demanda y uso de minerales a nivel mundial y de los países de la región andina, así como las implicaciones asociadas al despliegue global de tecnologías para la transición energética. Asimismo, se presenta un análisis cuantitativo y cualitativo de las cadenas globales de valor del litio para la producción de baterías de iones de litio para vehículos eléctricos, haciendo foco en las potencialidades para escalamiento de los países andinos<sup>1</sup>.

En este segundo reporte se presenta un análisis detallado, cuantitativo y cualitativo, de la cadena de valor de las baterías de iones de litio. Esto desde una perspectiva del mercado, identificando principales actores, áreas de desarrollo, proyecciones y principales *drivers* del mercado de precursores, cátodos, celdas y baterías. Contrastando con la realidad de los países andinos (incluyendo Argentina), se revisan las brechas y oportunidades para el desarrollo de la industria de la región recogiendo las mejores prácticas de gobernanza y recomendaciones de políticas públicas para este objetivo.

El reporte está dividido en dos capítulos. El primer capítulo contiene el análisis cuantitativo, enfocado en entregar una visión detallada del mercado de las diferentes etapas de la cadena de valor de las baterías de iones de litio. También, se entregan proyecciones de oferta, demanda, capacidad instalada y flujos comerciales por cada etapa, con especial énfasis en la regionalización de la industria y los principales *drivers* que han permitido su desarrollo.

El segundo capítulo, por su parte, desarrolla el análisis cualitativo, revisando en primera instancia el marco de gobernanza bajo el cual los países han podido desarrollar de manera exitosa la industria de los vehículos eléctricos y la cadena de valor de las baterías de litio. En particular, el análisis se enfoca

---

<sup>1</sup> Véase el primer informe de este estudio, B. Jones, F. Acuña y V. Rodríguez, "Cambios en la demanda de minerales: análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la región andina", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/89), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

en la República de Corea y en la Unión Europea como casos de estudio, y se utilizó el marco conceptual de gobernanza de León y Muñoz (2019) como referencia metodológica. En esta línea, las regulaciones y políticas públicas implementadas por dichos países, como también la identificación e interacción de los diferentes actores necesarios en este proceso de desarrollo industrial. Finalmente, se establecen las brechas y oportunidades de mercado para la región andina y, en base al estado actual en términos de desarrollo de gobernanza y políticas orientadas al desarrollo de esta industria, se entrega una serie de recomendaciones que permitirían un desarrollo de esta industria en los países analizados haciendo foco en la integración regional.

## I. Estudio de la cadena de valor de las baterías de iones de litio

### Puntos clave:

- La cadena de valor de la batería de iones de litio (LIB) abarca 5 etapas desde la materia prima hasta la batería. Aunque hay una clara distinción entre estos 5 pasos de fabricación, la cadena de valor de esta industria a nivel global ha exhibido una tendencia marcada hacia la integración vertical y consolidación en los últimos años, ya que los fabricantes buscan reducir sus costos y agregar valor a sus líneas de productos.
- La fabricación del precursor consiste en utilizar cobalto, níquel y manganeso en forma de sulfato (u ocasionalmente cloruro), mezclarlos en las cantidades correctas, purificar la mezcla, convertirla en forma de hidróxido y luego, cristalizarla en una forma sólida. Aunque requiere cierto grado de experiencia en la industria química, no es un paso particularmente complejo en comparación con los procesos más sofisticados de fabricación de cátodos o montaje de celdas.
- En 2019, China representó el 70% de la capacidad de producción de material de cátodos a nivel global y ha sido extremadamente agresiva en sus planes de expansión, como muchos de los mayores productores mundiales en la actualidad que buscan duplicar su tamaño de manera inminente. Por el contrario, se espera que el resto del mundo pierda participación de mercado, hasta sólo el 26% en los próximos años, a pesar de los crecientes temores sobre la dependencia de China en la cadena de suministro.
- La capacidad de fabricación de celdas ha crecido explosivamente en respuesta al aumento de la demanda del sector de los vehículos eléctricos, tanto en términos de inversión como de tamaño de las *gigafactories*. Con base en la información recolectada por CRU, se identificaron 33 *gigafactories* a 2015 con un tamaño promedio de 1,8 GWh; en 2020, se monitorean 77 instalaciones activas con una capacidad media de 6 GWh. Para 2026, CRU espera que el número de operaciones activas crezcan a 107 operaciones y que la capacidad media alcance los 13,8 GWh.

- El proceso de ensamblaje de batería es la parte más especializada de la cadena de valor, con baterías que suelen tener diferentes formas para cada dispositivo individual o uso final. Aunque tradicionalmente ha habido un pequeño número de empresas independientes que compran celdas de terceros y las vuelven a ensamblar, la gran mayoría de los *packs* de baterías son fabricados por: a) los propios fabricantes de celdas; o b) los fabricantes finales (OEMs) que utilizan las baterías.
- El flujo comercial de la cadena de suministro de la fabricación de baterías comienza con un comercio internacional muy relevante de las materias primas. Sin embargo, a medida que se avanza en la cadena, estos mercados se integran más regionalmente y el comercio se produce a nivel intrarregional dentro de Europa, Asia y China, así como entre Canadá y los Estados Unidos.
- La cadena de suministro de baterías está extremadamente regionalizada y, en consecuencia, las oportunidades para la inversión en fabricación de celdas en América del Sur van a depender del mercado de vehículos eléctricos local. Otra opción potencial para desarrollar una cadena de valor en la región podría consistir en la fabricación de cátodos o materiales precursores para su exportación a Europa o América del Norte. Sin embargo, surgen desafíos debido a la falta de producción de cobalto y níquel en el continente, así como también aspectos logísticos. Esto requeriría el desarrollo de nuevos proyectos que hoy en día no se ven en la región.

## A. Análisis cuantitativo y proyecciones de la cadena de valor de baterías

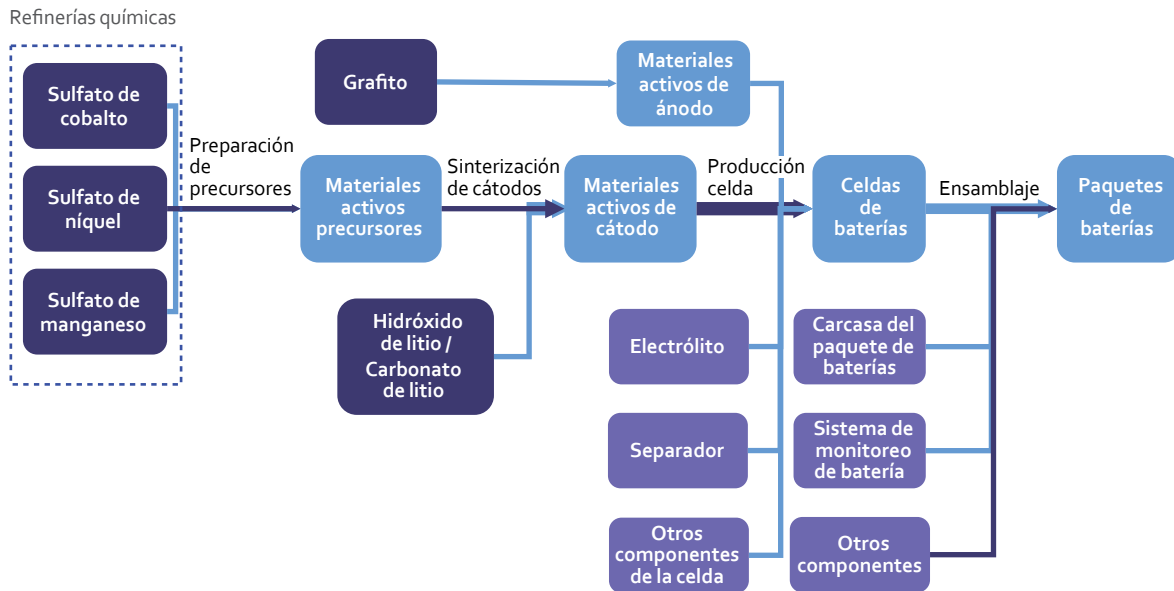
La cadena de valor de la batería de iones de litio abarca 5 etapas principales desde la materia prima hasta la batería. Para efectos ilustrativos, a continuación, se explica el alcance de cada una de estas etapas para las baterías NMC<sup>2</sup>, ya que son generalmente la química de batería más compleja y difundida en la actualidad. Otras químicas de baterías (como NCA y LFP) tendrán pequeñas variaciones en su cadena de valor, por ejemplo, la fabricación de precursores más simple, pero seguirán basándose en el siguiente proceso de cuatro etapas:

- i) Preparación de precursores:** el sulfato de cobalto, níquel y manganeso se mezclan en cantidades iguales y se convierten en forma de hidróxido.
- ii) Proceso de sinterización de cátodo:** los materiales precursores activos y el litio (ya sea en forma de carbonato de litio o hidróxido de litio) se sinterizan juntos a alta temperatura y presión para crear materiales activos de cátodo.
- iii) Fabricación de celdas:** las celdas pequeñas se ensamblan a partir del material activo del cátodo, material activo del ánodo, electrolito, separador, colectores de corriente, carcasas y otros componentes. Las celdas pueden tener una variedad de formas, incluidas cilíndricas (similares en tamaño y forma a una típica batería AA), botón / moneda (por ejemplo, una batería de reloj), prismáticas (que tienen la apariencia de un frasco de whisky y se pueden apilar bien) o en forma de bolsa.
- iv) Montaje de empaques de baterías:** las celdas individuales se ensamblan en módulos de batería que luego se ensamblan en un paquete con un sistema de monitoreo de baterías (BMS, por sus siglas en inglés), aislamiento, sistemas de calefacción (si es necesario) y otros equipos electrónicos. Este empaque ya está listo para ser puesto directamente en su uso final, ya sea un vehículo eléctrico, un teléfono móvil u otro dispositivo.

<sup>2</sup> Con respecto a la etapa de extracción y procesamiento de litio, ver el primer reporte: "Análisis de mercado del cobre y litio, y sus implicancias para los países de la región andina".

Diagrama 1

La cadena de valor de la batería consta de cuatro pasos principales: precursor, cátodo, celda y batería



Fuente: Elaboración propia.

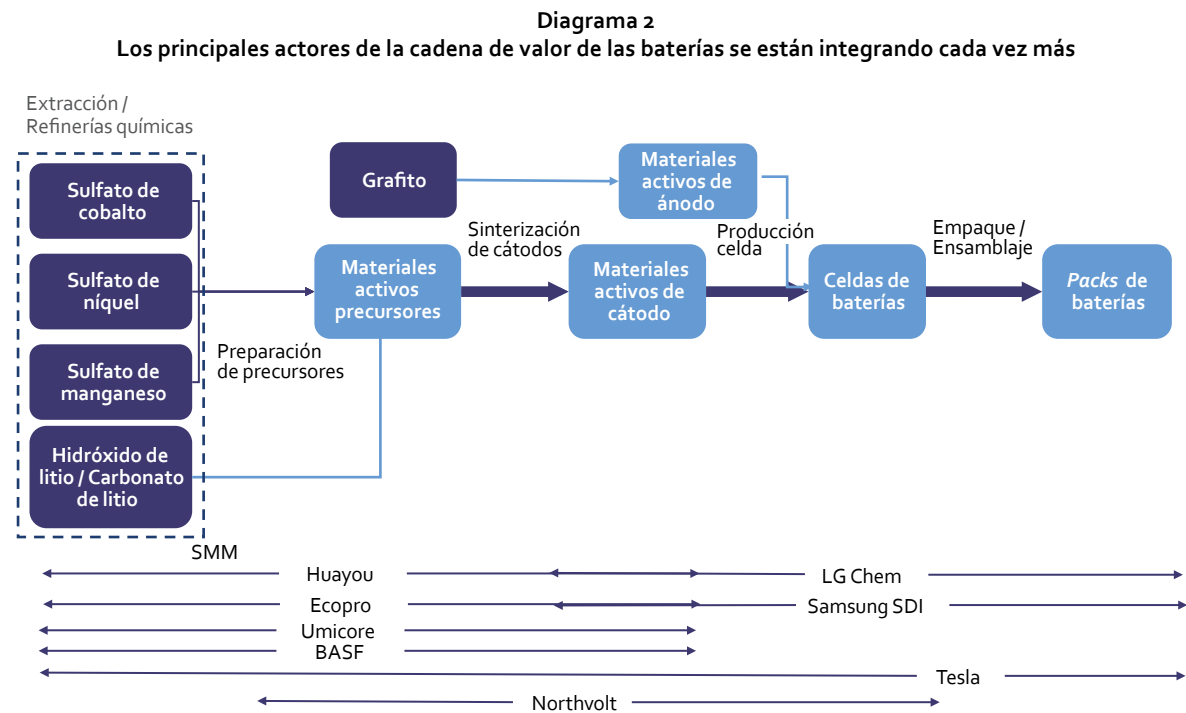
Aunque hay una clara distinción entre estos 4 pasos de fabricación, la cadena de valor de esta industria a nivel global ha exhibido una tendencia marcada hacia la integración vertical y consolidación en los últimos años, ya que los fabricantes buscan reducir sus costos y agregar valor a sus líneas de productos. Este efecto ha sido particularmente evidente en los extremos de la cadena de valor. Por ejemplo, históricamente, los precursores fueron fabricados por empresas independientes que compraban productos químicos para baterías en el mercado abierto y vendían materiales precursores activos a productores de cátodos. Ahora, sin embargo, la gran mayoría de los materiales precursores se fabrican directamente en plantas químicas de baterías como Huayou, SMM, BASF y muchas más. Mirando el otro extremo de la cadena de valor, mientras que durante años algunas empresas tenían como negocio tomar celdas prefabricadas y convertirlas en baterías, ahora las automotrices (OEMs, por sus siglas en inglés) están asumiendo mucho más la responsabilidad de hacer *packs* a medida, dado que cada vez más las baterías se convierten en una parte más integrada del chasis. Estos temas se comentan con más detalle en cada una de las siguientes secciones.

### 1. Mercado de montaje de baterías

El proceso del empaque de baterías es la parte más especializada de la cadena de valor, y los *packs* de baterías suelen tener diferentes formas para cada dispositivo individual o de uso final. Aunque tradicionalmente ha habido un pequeño número de empresas independientes que compran celdas de terceros y las empaquetan/ensamblan, la gran mayoría de los *packs* de baterías son fabricados por: a) los propios fabricantes de celdas; o b) los fabricantes finales (OEMs) que utilizan las baterías.

Desde 2018, la tendencia ha sido cada vez más que los OEMs fabriquen sus propios *packs* de baterías con celdas suministradas por sus fabricantes de celdas asociados.

Los diseños de los *packs* dependen en gran medida de la marca y el modelo del vehículo para el que se utilizan, y esto les da a los OEMs mucha más libertad de fabricación en lo que respecta al chasis del vehículo si pueden diseñar sus propios paquetes. Un ejemplo histórico es Tesla: en la *gigafactory* de Nevada, las celdas, actualmente, son fabricadas por Panasonic, pero luego, Tesla las ensambla en módulos y *packs* antes de colocarlas en automóviles en la fábrica de la empresa en Fremont.



Fuente: Elaboración propia.

CRU no espera cambios importantes en el sector de *packs* de baterías en las próximas décadas. Se cree que los OEM seguirán integrándose verticalmente, especialmente a medida que construyan cada vez más sus líneas de vehículos eléctricos en torno a plataformas universales (como la plataforma de MEB de VW Group). Algunas innovaciones en el sector provendrán de empresas que desarrollan sistemas “celdas a paquete”, donde los fabricantes se saltan la etapa de fabricación del “módulo” y en su lugar integran las celdas directamente en el *pack* de baterías. Tesla, CATL y BYD han anunciado planes en este espacio desde 2019. Otra innovación potencial postulada en la industria es la idea de la fabricación “de celda a chasis”, donde el concepto de una etapa independiente de “batería” se elimina por completo, y las celdas se integran directamente en el chasis del automóvil para ahorrar en costos de fabricación.

En conclusión, la etapa de fabricación de *packs* de baterías es un paso altamente especializado e integrado de la cadena de valor que inevitablemente se ubicará en las cercanías de la fabricación de vehículos eléctricos. Es poco probable que sea un cuello de botella en la cadena de suministro por sí mismo ya que está estrechamente ligado a la fabricación de vehículos eléctricos y no depende de un paso de valor independiente.

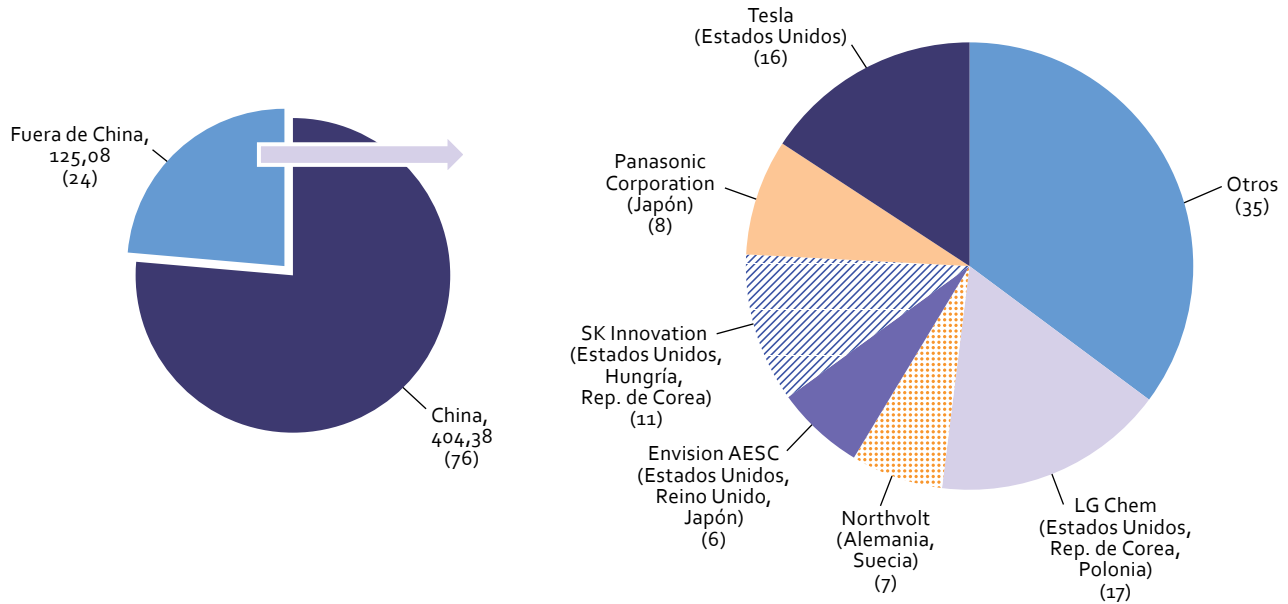
## 2. El mercado de fabricación de celdas

CRU realiza un seguimiento detallado de la capacidad de producción de celdas, combinando información pública con datos recopilados de las extensas redes de contactos de CRU dentro de la industria de la cadena de suministro de baterías. A diciembre de 2020, se proyecta la capacidad de celdas hasta 2026. Dado que el plazo entre los anuncios y la construcción varía generalmente de 3 a 5 años, es muy difícil pronosticar más allá de este punto. Sin embargo, existe un valor analítico en la proyección de la utilización de la capacidad hasta 2030 combinando la proyección de capacidad con las estimaciones de demanda de baterías para 2030, como se ilustra más adelante en este capítulo.

La capacidad de fabricación de celdas ha crecido explosivamente en respuesta al aumento de la demanda del sector de los vehículos eléctricos, tanto en términos de inversión como de tamaño de las *gigafactories*. En 2015, CRU identificaba 33 fábricas en la base de datos de *gigafactory* de CRU con un tamaño promedio de 1,8 GWh; en 2020, se monitorean 77 instalaciones activas con una capacidad media de 6 GWh. Para 2026, se espera que estas cifras crezcan a 107 y 13,8 GWh, respectivamente.

Hasta la fecha, la capacidad de fabricación de celdas sigue estando fuertemente dominada por China, con el 76% de la capacidad mundial en 2020, estimada en 529 GWh. La capacidad fuera de China es de 125 GWh dominada por un pequeño número de fabricantes de celdas en República de Corea y Japón, así como por Tesla.

**Gráfico 1**  
**Desglose de la capacidad global de la *gigafactories* (izquierda) y desglose fuera de China (derecha), 2020**  
 (En GWh y porcentajes)



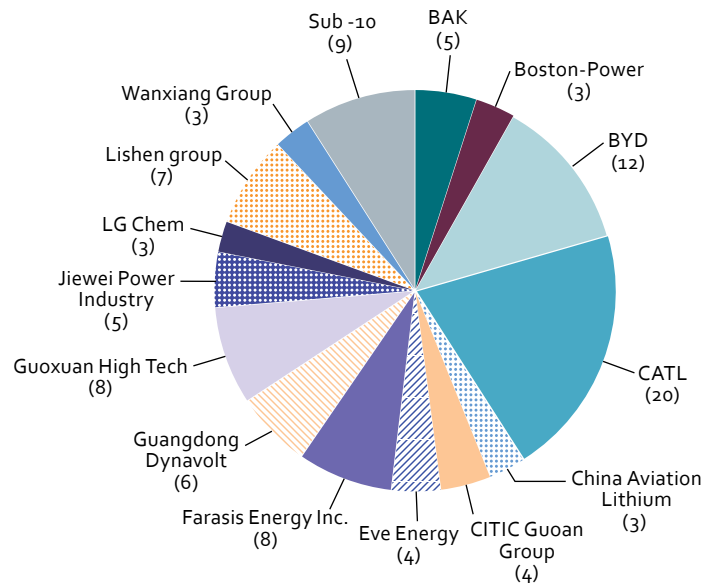
Fuente: Elaboración propia

**a) Producción de celdas en China, 2020**

CRU conoce 46 instalaciones operativas en China, operadas por 23 empresas, con capacidad para producir 404 GWh de celdas. El mayor operador del país es CATL, cuyas cuatro plantas (en Jiangsu, Qinghai, Ningde y Liyang) pueden producir un total combinado de 82,5 GWh. La instalación de Ningde, denominada "Proyecto de producción de baterías de energía de iones de litio de Ningdehu West" es la instalación más grande del mundo (junto con la *gigafactory* de Tesla en Nevada), con capacidad para 30 GWh.

Esta concentración de instalaciones no es sorprendente si se tiene en cuenta que China representó el 48% de la demanda mundial de baterías de litio en 2020, y se espera que aumente la participación de mercado en el mediano plazo.

**Gráfico 2**  
Participación de mercado chino de *gigafactories* en 2020, agrupada por empresa  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle, se proporciona a continuación una lista de las empresas que producen baterías en China:

**Cuadro 1**  
Productores de baterías chinos: capacidades de la planta, 2020

| Empresa                                  | Ubicación                       | Capacidad (en GWh) |
|--|---------------------------------|--------------------|
| BAK                                      | Zhengzhou                       | 17                 |
| BAK                                      | Shenzhen                        | 3                  |
| Boston-Power                             | Tianjin                         | 8                  |
| Boston-Power                             | Liyang                          | 5                  |
| BYD                                      | Qinghai                         | 24                 |
| BYD                                      | Shenzhen                        | 14                 |
| BYD                                      | Chongqing                       | 10                 |
| BYD                                      | Huizhou                         | 2                  |
| CATL                                     | Liyang                          | 36                 |
| CATL                                     | Ningde                          | 30                 |
| CATL                                     | Jiangsu                         | 10                 |
| CATL                                     | Xining                          | 6,5                |
| China Aviation Lithium Battery Co., Ltd. | Changzhou, provincia de Jiangsu | 12                 |
| CITIC Guoan Group                        | Tianjin                         | 6                  |
| CITIC Guoan Group                        | Tianjin                         | 6                  |
| CITIC Guoan Group                        | Tianjin                         | 3                  |
| CITIC Guoan Group                        | Beijing                         | 1,38               |
| Envision AESC                            | Jiangsu                         | 5                  |
| Eve Energy                               | Huizhou                         | 6                  |
| Eve Energy                               | Huizhou                         | 3                  |
| Eve Energy                               | Jinmen                          | 2,5                |
| Eve Energy                               | Jinmen                          | 2,5                |
| Eve Energy                               | Huizhou                         | 1                  |



| Empresa   | Ubicación   | Capacidad<br>(en GWh) |
|---|---|-----------------------|
| Eve Energy  | Jinmen  | 1                     |
| Farasis Energy Inc.   | Zhenjiang   | 16                    |
| Farasis Energy Inc.   | Ganzhou   | 10                    |
| Farasis Energy Inc.   | Ganzhou   | 5                     |
| Geely Group (formerly LG Chem)                              | Nanjing   | 2,5                   |
| Guangdong Dynavolt New Energy Science & Technology Co.,Ltd. | Fujian  | 25                    |
| Guangzhou Great Power Energy and Technology Co.,            | Guangzhou, China  | 2                     |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | No. 19, Huyue Road, Liuhe Economic Development Zone, Nanjing              | 10                    |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | Hefei, Anhui  | 8                     |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | Suzhou  | 5                     |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | Qingdao   | 4                     |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | Hancheng Xinxing Manufacturing Park, Lubei District, , ciudad de Tangshan | 3                     |
| Guoxuan High-Tech Co., Ltd.                                 | Minjiang base   | 2                     |
| Jiewei Power Industry Co.                                   | Jiaxing   | 14                    |
| Jiewei Power Industry Co.                                   | Yancheng  | 2,5                   |
| Jiewei Power Industry Co.                                   | Tianjin   | 1,5                   |
| LG Chem   | Nanjing   | 10                    |
| Lishen group  | Various Locations   | 30                    |
| Panasonic Corporation                                       | Dalian Free Trade Zone, Liaoning Province,                                | 7,5                   |
| SK Innovation   | Changzhou   | 7,5                   |
| Sunwoda Electric Vehicle Battery Co., Ltd.                  | Huizhou   | 4                     |
| Suzhou Yuliang Battery Co. Ltd.                             | Suzhou  | 8                     |
| Wanxiang Group  | Hangzhou  | 12                    |
| <b>Total</b>  |   | <b>404,38</b>         |

Fuente: Elaboración propia.

## b) Producción de celdas fuera de China – 2020

Fuera de China, la producción de celdas está actualmente dominada por un pequeño número de fabricantes. Por ahora, gran parte de esta producción se basa en República de Corea y Japón. Sin embargo, muchos de los principales actores tienen grandes ambiciones de construir una capacidad de *gigafactories* a gran escala en regiones clave de demanda de vehículos eléctricos, principalmente Europa y los EE.UU.

A continuación, se proporciona una descripción de los principales participantes fuera de China:

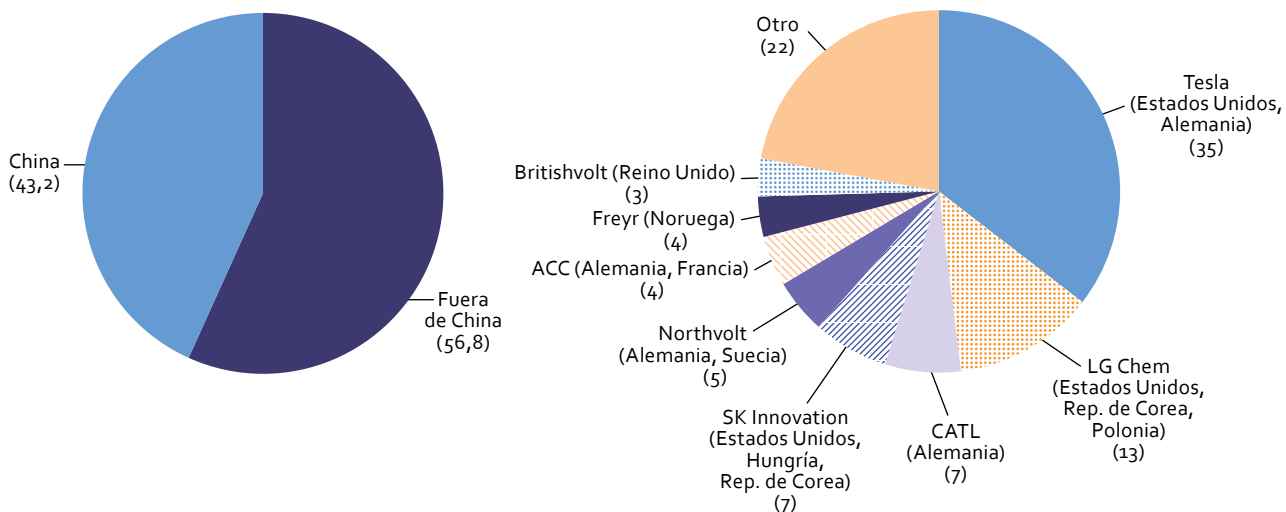
- **Tesla (Estados Unidos):** opera actualmente la *gigafactory* más grande fuera de China en asociación con Panasonic en Nevada en los EE. UU., que a 2020 tuvo una producción equivalente a 40 GWh. Fuera de la fábrica de Nevada, Tesla ha anunciado la construcción de una nueva *gigafactory* en Shanghái, con una capacidad de 33 GWh, junto con la construcción de "Giga Texas" y "Giga Berlin", ambas con una capacidad productiva de 250 GWh. Tesla también está en proceso de producir celdas y baterías en sus instalaciones de Fremont, California, y se espera que alcance los 10 GWh en los próximos años.
- **Samsung SDI (República de Corea):** opera dos plantas de producción de celdas en Hungría con una capacidad de 3,7 GWh en 2020. La segunda de estas plantas de baterías, GOED 2, abrió sus puertas en 2020, y se espera que expanda su capacidad hasta los 15 GWh para 2026. Las baterías de iones de litio se ensamblarán en las nuevas plantas con celdas fabricadas en Japón. Estas baterías se utilizarán para aplicaciones SLI (Inicio, Iluminación e Ignición por sus siglas en inglés), y se espera tengan una importante adopción en el mercado europeo.

- LG Chem (República de Corea):** el grupo opera tres plantas de producción de celdas fuera de China: en su base original en Corea (aproximadamente 6 GWh); en Wroclaw en Polonia (aumentando; estimación actual: 15 GWh); y en Holland, Michigan (6 GWh), donde proporciona celdas para el Chevrolet Bolt. Actualmente, la empresa parece estar reenfocando sus esfuerzos hacia Polonia y China. LG Chem también está en asociación con General Motors en los EE.UU. para abrir una nueva fábrica en las instalaciones recientemente cerradas en Lordstown, Ohio, que se estima tendrá una capacidad de 30 GWh para 2026.
- Envision AESC (Japón):** Establecida como una empresa conjunta entre Nissan, NEC y Tokin con el fin de producir específicamente baterías y celdas para automóviles, la empresa es una de las más diversificadas geográficamente a nivel global. La instalación inicial de Envision AESC estaba en Kanagawa, Japón (2,6 GWh de capacidad), pero desde entonces se ha expandido a Sunderland en el Reino Unido (1,9 GWh) y Tennessee (3 GWh). Sin embargo, estas instalaciones se ven eclipsadas por su planta de 20 GWh en Wuxi, China.
- SK Innovation (República de Corea):** en la actualidad, el fabricante coreano de baterías sólo tiene una planta fuera de China, en su tierra natal - Seosan, Corea -, produciendo 4,7 GWh. Sin embargo, la empresa ha anunciado otras tres instalaciones, dos en Komarom, Hungría, y una en Georgia, EE.UU., con objetivos de producción sustancialmente más altos.
- GS Yuasa (Japón):** en la actualidad, la empresa produce todas sus celdas en Japón, pero muchas son enviadas a su planta de baterías en Hungría para su montaje. La empresa ha declarado que ha comenzado una investigación sobre la mejor manera de llevar su producción de celdas también a Hungría.

**c) La proyección global de celdas y la utilización de la capacidad para 2026**

El análisis de CRU sugiere que la demanda global de baterías de litio en 2020 fue de 261,0 GWh, de las que el 72,3% de esta demanda se destinó al sector de la electromovilidad, el 15,5% en electrónica portátil y el resto en otras aplicaciones. CRU espera que la demanda mundial de baterías crezca más de 8 veces en 2030, a 2.435,3 GWh, con un 86,7% para la electromovilidad. Sin embargo, también se abarcan otros sectores, como artículos electrónicos portables, las herramientas eléctricas y el almacenamiento de energía residencial / de red.

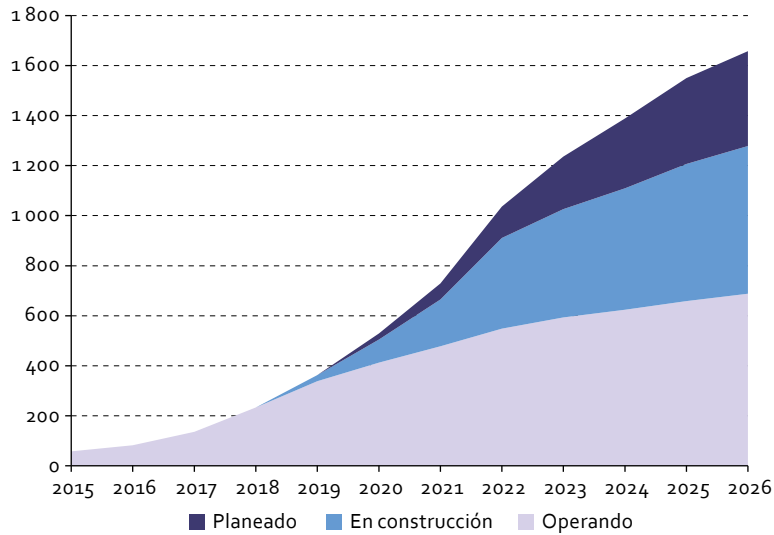
**Gráfico 3**  
**Desglose de la capacidad de *gigafactorías* global (izquierda) y ex-China (derecha) proyectada a 2026**  
*(En GWh y porcentajes)*



Fuente: Elaboración propia.

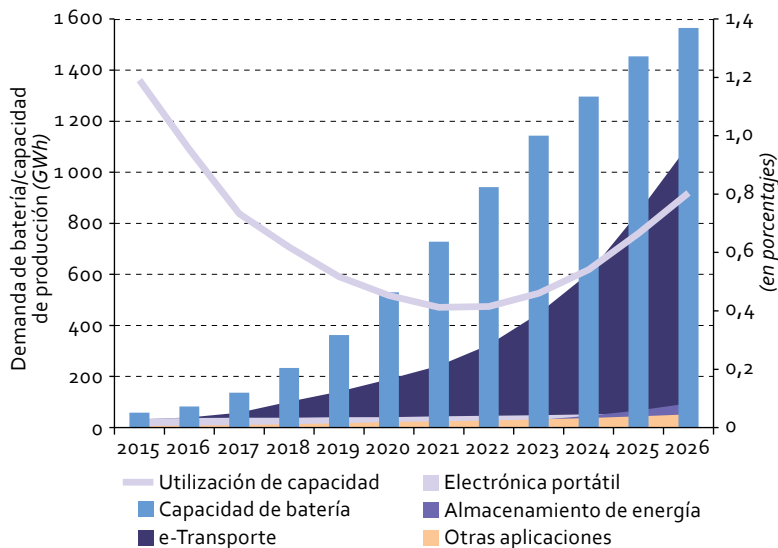
A pesar de este enorme aumento en la demanda de baterías pronosticado para la próxima década, no se espera un cuello de botella en la capacidad de fabricación de baterías a mediano plazo. Al analizar la capacidad de las *gigafactories*, con base en las expansiones anunciadas por las empresas de baterías, se espera que la capacidad de producción global alcance los 1.565 GWh para 2026, lo que equivaldría a una tasa de utilización de la capacidad de ~ 80%. De esta capacidad total esperada a 2026, sólo 291 GWh no están actualmente confirmados o en construcción.

**Gráfico 4**  
Proyección de capacidad instalada de *gigafactories* global, por etapa de desarrollo  
(En Gwh)



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 5**  
Utilización de la capacidad de fabricación de baterías



Fuente: Elaboración propia. El déficit de 2015 probablemente lo compensen los jugadores más pequeños que CRU no ha identificado, pero que rápidamente se desvanecen hasta convertirse en irrelevantes en el pronóstico.

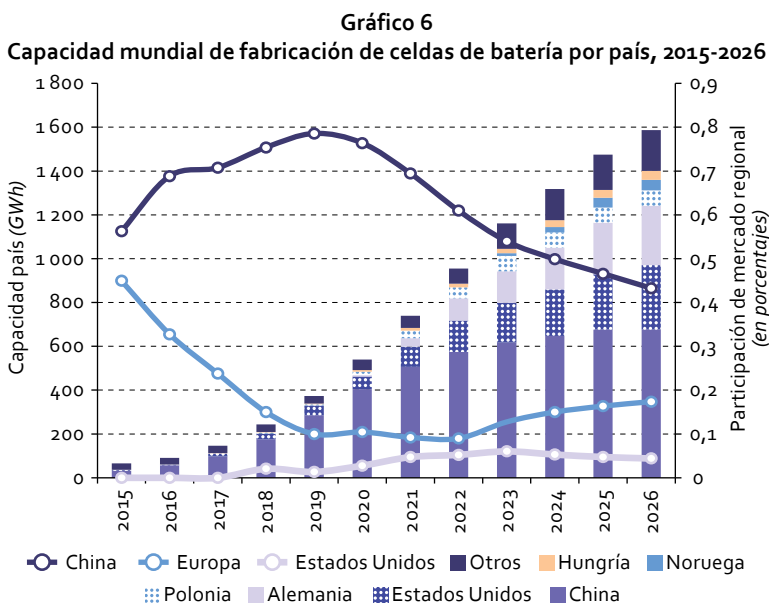
Proyectar la capacidad de producción de baterías en el largo plazo es un desafío, ya que el modelo de CRU se basa en planes de construcción ya anunciados. Sin embargo, el análisis de la industria de baterías a 2025 sugiere que este sector se encuentra sobre invertido. A pesar del fuerte aumento previsto en la demanda de baterías, la utilización de la capacidad global en el sector de las baterías se mantendrá en el rango del 40-50% a principios de la década de 2020 según los planes de producción actuales. Visto desde esta perspectiva, el sector de fabricación de baterías está muy lejos de ser una fiebre del oro. Los márgenes de fabricación de baterías ya son extremadamente delgados, y muchas empresas incluso venden celdas de batería con una pérdida con el fin de cosechar márgenes más abajo en la cadena de suministro. Las grandes *gigafactories* planificadas en el futuro deberán operar a una tasa de utilización de su capacidad muy alta para proteger los frágiles márgenes en un panorama cada vez más competitivo. Esto, sin duda, sacará parte importante de la capacidad planificada ya que habrá productores que no podrán competir.

#### d) La proyección regional de celdas y la utilización de la capacidad para 2026

En comparación con otros productos y bienes, las baterías de litio para vehículos eléctricos (EVs, por sus siglas en inglés) son mucho más caras y difíciles de transportar entre diferentes regiones debido a riesgos inherentes de seguridad. Aunque es relativamente sencillo enviar dispositivos con baterías pequeñas de menos de 100 Wh (como teléfonos, *tablets* y otros dispositivos electrónicos portátiles), las directrices de envío internacional para baterías de iones de litio exigen que para las baterías de más de 100 Wh de tamaño (es decir, baterías de vehículos eléctricos), tengan un límite de peso de 333 kg por unidad de transporte. Dado que las baterías para EV suelen pesar más de 500 kg, esto significa en la práctica que estas baterías deben embalarse en contenedores separados. Además de esto, los peligros asociados con el envío de baterías de iones de litio significan que el seguro de flete puede ser extremadamente alto.

Por esta razón, las *gigafactories* son una etapa extremadamente regionalizada dentro de la cadena de suministro de baterías. Los fabricantes de celdas se han apresurado en invertir en la construcción de *gigafactories* cercana a su base de clientes y en aquellos lugares donde esperan un crecimiento significativo en las ventas de vehículos eléctricos. Como se discutió en el capítulo 1, CRU espera que la demanda de EVs continúe siendo dominada en tres regiones clave: América del Norte, Europa y China (y en menor medida, Asia fuera de China). Por lo tanto, no sorprende que la gran mayoría de la capacidad de *gigafactories* en las proyecciones de CRU se encuentren en dichas regiones.

Al proyectar la capacidad de producción de celdas por país, se observa que China alcanzó su participación de mercado máxima (81%) en 2019, gracias a una expansión significativa en los años previos.

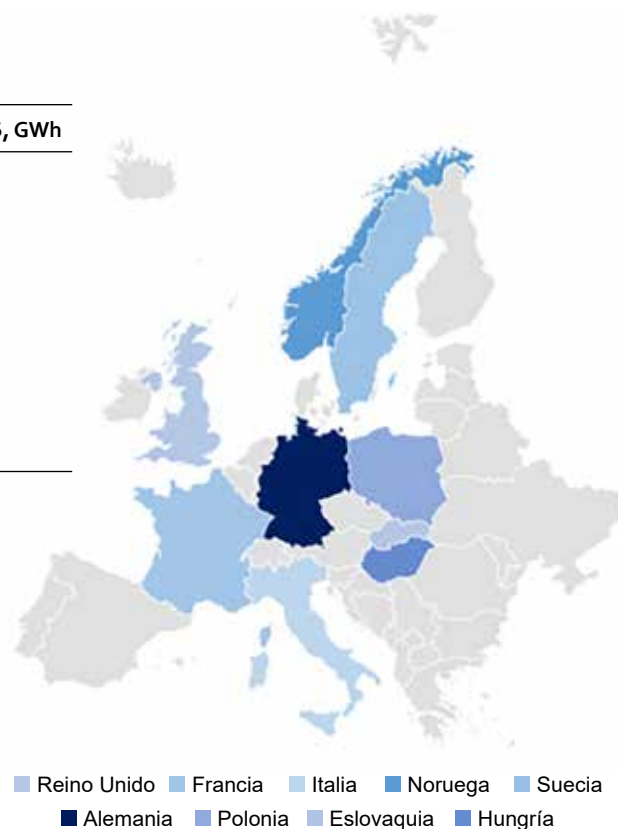


Fuente: Elaboración propia.

En **Europa**, la gran mayoría de la capacidad de *gigafactories* planificada se centra en los principales centros de fabricación de automóviles de Europa central, especialmente Alemania. Varios fabricantes de celdas tienen acuerdos de suministro existentes con OEMs que han impulsado la inversión, proyectando una mayor demanda en el futuro. Por ejemplo, VW Group anunció en mayo de 2020 que tiene la intención de comprar baterías para su plataforma de EV. Hasta ahora, VW ha comprado baterías para sus vehículos eléctricos de LG Chem en Polonia, así como de Samsung SDI en Hungría. Curiosamente, el Reino Unido también es el hogar de varias *gigafactories* independientes, como Northvolt y Britishvolt. A diferencia de los fabricantes como LG Chem o Samsung, que tienen años de desarrollo y experiencia en la fabricación de baterías, estas empresas no tienen experiencia previa en la construcción de celdas, pero han sido muy rápidas en construir relaciones y asegurar contratos con OEMs, y proveedores en la cadena de suministro.

**Mapa 1**  
Proyección de capacidad de *gigafactories* en Europa Occidental, 2026

| País         | Capacidad <i>Gigafactory</i> en 2026, GWh |
|--------------|---|
| Francia      | 36  |
| Alemania     | 271                                       |
| Hungría      | 41  |
| Italia       | 1   |
| Noruega      | 48  |
| Polonia      | 70  |
| Eslovaquia   | 10  |
| Suecia       | 32  |
| Reino Unido  | 32  |
| <b>Total</b> | <b>542</b>                                |



Fuente: Elaboración propia.

CRU espera que la capacidad de fabricación de celdas planificada en la actualidad sea más que suficiente para suplir el aumento esperado en la demanda de vehículos eléctricos. La proyección actual de CRU es que la demanda de baterías europeas para el sector de EV alcance los 194 GWh en 2026, lo que equivale a una tasa de utilización aparente de sólo el 36%. Dada la naturaleza competitiva del mercado de celdas, las *gigafactories* necesitan operar a tasas de utilización extremadamente altas para seguir siendo rentables. CRU espera que exista una consolidación del mercado en Europa con algunos de estos proyectos finalmente no materializándose o, alternativamente, se generará alguna actividad de exportación, aunque de menor nivel, a regiones cercanas dependiendo de la demanda (específicamente Rusia, Medio Oriente y África del Norte).

Mirando a **América del Norte** (o simplemente los **EE.UU.**), la cartera de proyectos para fabricación de celdas seguirá siendo dominado por un actor importante: Tesla. La empresa se está embarcando en un cronograma extremadamente ambicioso y tiene la intención de lograr una capacidad de *gigafactories* de >170 GWh para 2025, con gran parte de este crecimiento proveniente de la puesta en marcha de su Texas *Gigafactory 5*.

**Mapa 2**  
Proyección de capacidad de *gigafactories* en Estados Unidos, 2026

| Compañía      | Ubicación  | Nombre planta      | Capacidad en 2025, GWh |
|---------------|------------|--------------------|------------------------|
| BEI           | Nueva York | BEI Huron Campus   | 7                      |
| Envision AESC | Tennessee  | Tennessee Plant    | 5                      |
| LG Chem       | Michigan   | LG Chem Michigan   | 6                      |
| LG Chem/GM    | Ohio       | Ultium             | 30                     |
| SK Innovation | Georgia    | EV Battery Plant 1 | 20                     |
|               | Georgia    | EV Battery Plant 2 | 10                     |
| Tesla         | California | Tesla Factory      | 10                     |
|               | Nevada     | Gigafactory 1      | 70                     |
|               | Texas      | Gigafactory 5      | 93                     |



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en Europa, CRU espera que la utilización de la capacidad aparente sea muy baja en EE.UU., de solo el 42% hacia 2026. Una vez más, se necesitará consolidación del mercado o cancelaciones de capacidad.

Parte de este exceso de capacidad se puede aliviar construyendo un mercado de exportación sólido para vehículos eléctricos, aunque es difícil determinar dónde: los mercados de exportación de vehículos tradicionales más grandes de EE.UU. son típicamente Europa y China, los cuales están igualmente saturados de capacidad de producción de celdas, y donde es probable que la producción de vehículos eléctricos regionalizada tenga mucho más sentido.

Fuera de China, América del Norte y Europa, la inversión en capacidad de *gigafactories* es escasa. Los fabricantes de celdas con mayor experiencia, como LG Chem, Panasonic, Samsung y SK Innovation, continuarán invirtiendo en incrementos graduales de su capacidad de fabricación en República de Corea y Japón para abastecer los mercados nacionales. Pero aparte de esto (y un par de pequeños proyectos en Australia e India), la inversión en capacidad de *gigafactories* en el resto del mundo es esencialmente cero. Dada la regionalidad inherente del sector de las *gigafactories* por las razones discutidas anteriormente, esto tendrá implicaciones significativas para la adopción de vehículos eléctricos fuera de las 3 regiones clave (EE. UU., Europa y Asia) en el mediano plazo. A la fecha, CRU no tiene conocimiento de capacidad instalada o proyectos dentro del período proyectado en América Latina y el Caribe.

**Mapa 3**  
Capacidad *gigafactories* por país, 2026

| País               | Total        |
|--------------------|--------------|
| Australia          | 18           |
| China              | 677          |
| Francia            | 36           |
| Alemania           | 271          |
| Hungría            | 41           |
| India              | 2            |
| Italia             | 1            |
| Japón              | 22           |
| República de Corea | 11           |
| Noruega            | 48           |
| Polonia            | 70           |
| Eslovaquia         | 10           |
| Suecia             | 32           |
| Reino Unido        | 32           |
| Estados Unidos     | 386          |
| <b>Total</b>       | <b>1 657</b> |



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Producción de materiales de cátodo

A medida que se avanza aguas arriba en la cadena, tanto a) la claridad sobre las cifras de producción, como b) la justificación para la elección de ubicaciones futuras, se vuelven más opacas. CRU monitorea el sector de producción de cátodos sobre la base de la "capacidad declarada" siempre que sea posible, sin perjuicio de cómo CRU cree que cada instalación podría funcionar en la práctica; y se toman estos anuncios al pie de la letra.

CRU ha examinado las capacidades reales de 2020 de todas las plantas de cátodos en kilotoneladas de material activo, y ha realizado una evaluación de las expansiones de capacidad hasta 2025, basándose en anuncios de las empresas y la opinión experta de CRU dadas las tasas de expansión históricas. Al igual que con la producción de celdas, el paso de materiales catódicos de la cadena de valor está lleno de participantes y las cifras de producción o incluso de capacidad son opacas. Para derivar la demanda de productos químicos de litio, CRU ha tratado de establecer qué químicas de cátodos (LFP, LCO, LMO, NMC y / o NCA) cada planta de fabricación de cátodos es capaz de producir.

Como cada tonelada de material cátodo se compone de mezclas muy precisas de elementos, es posible medir la cuota porcentual a través del peso molecular.

Dado que el cobalto, el manganeso y el níquel tienen una masa muy similar y estos metales constituyen la mayor parte del peso en las químicas NCA, NMC y LCO, el porcentaje de litio es consistente a un 7,2% del cátodo. Sin embargo, para las baterías LFP esto cae significativamente, hasta el 4,4%; y en LMO, el contenido de litio en peso es de sólo 3,8% (sin embargo, esta diferencia se equilibra por el hecho de que LFP y LMO tienen densidades de carga mucho más bajas y necesitan baterías de mayor tamaño).

Para calcular las toneladas de LCE a partir de toneladas de litio, se debe utilizar el factor de conversión de 5,323.

Como se ve en la siguiente tabla, esto nos da una parte de masa LCE de material cátodo de 38% para la mayoría de las químicas, pero esto cae a 20% y 23% para LMO y LFP, respectivamente.

**Cuadro 2**  
Cálculo de la demanda de litio, en términos de LCE, para producción de cátodos

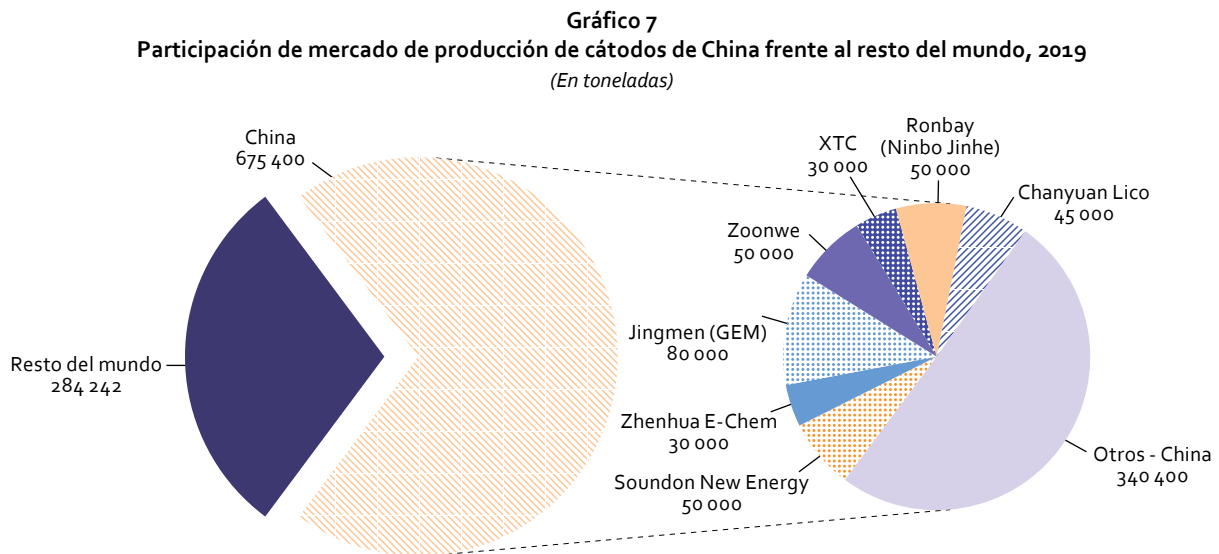
| Tipo de cátodo     | Fórmula   | Litio<br>(en porcentajes<br>en peso de cátodo) | Li-LCE conversión | LCE<br>(en porcentajes<br>en peso de cátodo) |
|--------------------|---|--|-------------------|--|
| NCA(8: 1.5: 0.5)   | LiNi <sub>0.8</sub> Co <sub>0.15</sub> Al <sub>0.05</sub> O <sub>2</sub>    | 7,2  | 5,323             | 38   |
| NCA(8.4: 1.2: 0.4) | LiNi <sub>0.84</sub> Co <sub>0.12</sub> Al <sub>0.04</sub> O <sub>2</sub>   | 7,2  |                   | 39   |
| NMC <sub>111</sub> | Li(Ni <sub>0.33</sub> Mn <sub>0.33</sub> Co <sub>0.33</sub> )O <sub>2</sub> | 7,2  |                   | 39   |
| NMC <sub>442</sub> | Li(Ni <sub>0.4</sub> Mn <sub>0.4</sub> Co <sub>0.2</sub> )O <sub>2</sub>    | 7,2  |                   | 38   |
| NMC <sub>532</sub> | Li(Ni <sub>0.5</sub> Mn <sub>0.3</sub> Co <sub>0.2</sub> )O <sub>2</sub>    | 7,2  |                   | 38   |
| NMC <sub>622</sub> | Li(Ni <sub>0.6</sub> Mn <sub>0.2</sub> Co <sub>0.2</sub> )O <sub>2</sub>    | 7,2  |                   | 38   |
| NMC <sub>811</sub> | Li(Ni <sub>0.8</sub> Mn <sub>0.1</sub> Co <sub>0.1</sub> )O <sub>2</sub>    | 7,1  |                   | 38   |
| LCO                | LiCoO <sub>2</sub>  | 7,1  |                   | 38   |
| LMO                | LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>  | 3,8  |                   | 20   |
| LFP                | LiFePO <sub>4</sub>   | 4,4  |                   | 23   |

Fuente: Elaboración propia.

### a) Capacidad de producción de cátodos en China

La producción total de cátodos en 2019 fue de 960 miles de toneladas, siendo China el principal productor con el 70,4% de la producción mundial, dejando sólo 29,6% para todos los países restantes.

No sólo que China tiene los operadores más grandes (reflejado en el hecho que, dejando fuera la planta de Sumitomo Metals & Mining (SMM) en Tokio, cuya producción es principalmente de baterías de níquel- hidruro metálico (NiMH), China sería el hogar de las 5 mayores instalaciones de fabricación de celdas), también es un mercado extremadamente numeroso, con 37 de las 57 plantas operativas en el mundo. Excluyendo las 7 plantas con una capacidad de 30 mil toneladas o más (como se muestra a continuación), se observa que los 30 productores más pequeños restantes representan poco más del 50% de la capacidad nacional.



Fuente: Elaboración propia.

Basado en una combinación de investigación primaria y análisis, CRU ha estimado la participación de capacidad de cada química de cátodo en cada planta china. Sin embargo, se observa que estas divisiones se informan de manera deficiente, por lo que se introduce un elemento (+/- 10%) de incertidumbre en las cifras finales de demanda de LCE por planta, que se calcula siguiendo la metodología descrita anteriormente. Las estimaciones de 2019 por planta se resumen en el cuadro a continuación, y los resultados agregados se muestran en el gráfico 8. Como se esperaba, sumando estas estimaciones totales para cada química de cátodo, las cuotas de producción de cátodos de China en 2019 por tipo de química están en línea con la demanda modelada de CRU para cada tipo de celda. Como China ha sido el pionero mundial de los vehículos eléctricos más pequeños y asequibles que utilizan baterías LFP con un rango más bajo, no es sorprendente encontrar un excedente de capacidad de producción de LFP; especialmente porque tampoco se produce en otras partes del mundo. En todas las otras configuraciones, se obtiene una aproximación razonable de la oferta a la demanda.

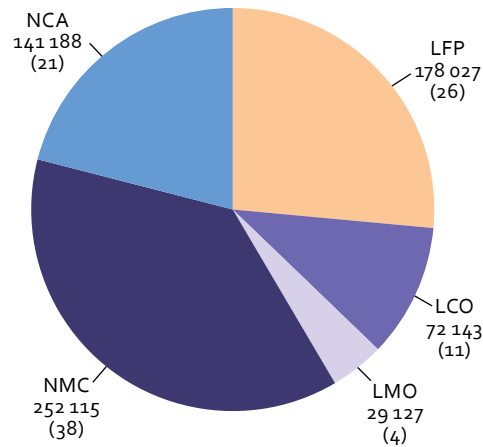


**Cuadro 3**  
**Demanda de plantas chinas que operan a plena capacidad, 2019**  
*(En toneladas de LCE)*

| Contraparte                   | Química                 | Capacidad de cátodo | LFP  | LCO | LMO | NMC  | NCA | Demanda de LCE |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|------|-----|-----|------|-----|----------------|
| Jingmen (GEM)                 | NCA, NMC                | 80 000              | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 30 400         |
| Ronbay (Ningbo Jinhe)         | NCA, NMC                | 50 000              | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 19 000         |
| Soundon New Energy            | LFP, NMC, LMO           | 50 000              | 20%  | -   | 13% | 47%  | 20% | 16 330         |
| Zoomwe                        | NCA, NMC                | 50 000              | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 19 000         |
| Changyuan Lico                | LCO, NCA, NMC           | 45 000              | -    | 33% | -   | 34%  | 33% | 17 100         |
| Zhenhua E-Chem                | LCO, NMC, LMO           | 30 000              | -    | 33% | 33% | 34%  | -   | 9 618          |
| XTC                           | LFP, LCO, NCA, NMC, LMO | 30 000              | 2%   | 48% | 2%  | 34%  | 14% | 11 229         |
| Hunan Shanshan Energy         | LFP, LTO, LCO, NMC, LMO | 28 800              | 70%  | 10% | 10% | 10%  | -   | 7 402          |
| Yantai Zhuoneng (Yantai Cash) | LFP, NMC                | 25 000              | 75%  | -   | -   | 25%  | -   | 6 688          |
| Chongqing Terry               | LFP, NMC                | 20 000              | 90%  | -   | -   | 10%  | -   | 4 900          |
| Hunan Shenghua                | LFP, NMC, LMO           | 20 000              | 80%  | -   | 10% | 10%  | -   | 4 840          |
| Pulead                        | LFP, LCO, NMC           | 20 000              | 80%  | 15% | -   | 5%   | 0%  | 5 200          |
| Umicore                       | LFP, LCO, NCA, NMC      | 20 000              | 70%  | 10% | -   | 10%  | 10% | 5 500          |
| Johnson Matthey               | LFP                     | 20 000              | 100% | -   | -   | -    | -   | 4 600          |
| Haichuang                     | NMC                     | 18 000              | -    | -   | -   | 100% | -   | 6 840          |
| Easpring (Dangsheng)          | LCO, NCA, NMC           | 16 000              | -    | 60% | -   | 20%  | 20% | 6 080          |
| BTR New Energy Materials      | LFP, NCA, NMC           | 15 000              | 60%  | -   | -   | 20%  | 20% | 4 350          |
| Hunan Reshine New Materials   | LFP, LCO, NMC, LMO      | 15 000              | 70%  | 10% | 10% | 10%  | -   | 3 855          |
| Shandong Fengyuan Chemical    | LFP, NMC                | 15 000              | 67%  | -   | -   | 33%  | -   | 4 193          |
| Henan Kelong                  | NCA, NMC, NiMH          | 14 000              | -    | -   | -   | 30%  | 50% | 4 256          |
| CITIC Dameng                  | LCO, NMC, LMO           | 11 000              | -    | 33% | 33% | 34%  | -   | 3 527          |
| Jiangmen Kanhoo               | LCO, NMC                | 10 000              | -    | 50% | -   | 50%  | -   | 3 800          |
| Lanzhou Jintong               | NMC                     | 10 000              | -    | -   | -   | 100% | -   | 3 800          |
| LG Chem / Zhejiang Huayou JV  | NMC                     | 10 000              | -    | -   | -   | 100% | -   | 3 800          |
| Shenzhen Tianjiao             | LTO, LCO, NMC,          | 10 000              | -    | 50% | -   | 50%  | -   | 3 800          |
| Hunan Shenghua                | LFP, NMC, LMO           | 8 000               | 80%  | -   | 10% | 10%  | -   | 1 936          |
| Xinxiang Tianli               | NCA, NMC                | 8 000               | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 3 040          |
| Citic Guoan Mengguli Corp     | NMC                     | 6 000               | -    | -   | -   | 100% | -   | 2 280          |
| Hefei Guoxuan Hi-Tech Power   | LFP, LTO, NMC           | 6 000               | 75%  | -   | -   | 25%  | -   | 1 605          |
| Posco - Huayou Cobalt         | NCA, NMC                | 5 000               | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 1 900          |
| Zhejiang WELLY Energy         | LFP, LTO, NMC, LMO      | 3 000               | 65%  | -   | 25% | 10%  | -   | 713            |
| Chengdu Jingyuan              | NMC                     | 1 500               | -    | -   | -   | 100% | -   | 570            |
| Hebei Shanxin Terui           | LFP, NMC, LMO           | 1 500               | 80%  | -   | 10% | 10%  | -   | 363            |
| Dalian Ruiyuan                | NCA, NMC                | 1 000               | -    | -   | -   | 50%  | 50% | 380            |
| Qingdao LNCM Co               | NMC, LMO                | 1 000               | -    | -   | 50% | 50%  | -   | 290            |
| Guangdong Guanghua Sci-Tech   | LFP                     | 1 000               | 100% | -   | -   | -    | -   | 230            |
| Changzhou PowerGenie          | LCO, NMC                | 600                 | -    | 50% | -   | 50%  | -   | 228            |
| Brunp - CATL subsidiary       | NMC                     | 0                   | -    | -   | -   | 100% | -   | -              |
| <b>Total</b>                  |                         | <b>675 400</b>      |      |     |     |      |     | <b>223 641</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 8**  
Cuota de producción de China por cada química de cátodo y participación en la producción de cátodo, 2019  
(En toneladas y porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

#### b) Capacidad de producción de cátodos fuera de China

Todos los demás países del mundo poseen ~30% de la participación en la producción de materiales de cátodos, lo que muestra cuán fuertemente apalancada está la cadena de suministro global de baterías para China. Tomando el mismo enfoque que en la subsección anterior, se calcula tanto la capacidad total de producción de materiales cátodos, como posteriormente la demanda de LCE, en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4**  
Demanda de plantas del resto del mundo en operación, 2019  
(En toneladas de LCE)

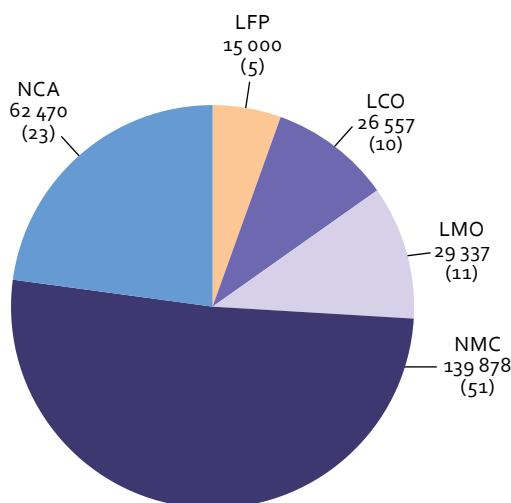
| Contraparte                          | País               | Química            | Capacidad de cátodo | Demanda de LCE |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Sumitomo Metals & Mining             | Japón              | NCA, NiMH          | 55 000              | 16 720         |
| Umicore                              | Finlandia          | NMC                | 32 500              | 12 350         |
| LG Chem                              | República de Corea | NMC                | 25 000              | 9 500          |
| Umicore                              | República de Corea | LFP, LCO, NCA, NMC | 20 000              | 6 100          |
| Umicore                              | Bélgica            | LCO, NMC, NiMH     | 20 000              | 7 600          |
| LG Chem                              | República de Corea | NMC, LMO           | 19 500              | 5 655          |
| Nichia Corp                          | Japón              | LCO, NMC, LMO      | 15 000              | 4 809          |
| Posco                                | República de Corea | NMC, LMO           | 15 000              | 4 080          |
| SK Innovation                        | República de Corea | NMC                | 10 889              | 4 138          |
| Tanaka Chemical                      | Japón              | NMC                | 10 000              | 3 800          |
| Umicore                              | Polonia            | LCO, NMC, NiMH     | 10 000              | 3 800          |
| BASF Toda (Onoda)                    | Japón              | NCA, NMC, LMO      | 9 000               | 2 885          |
| BASF Toda (Kitakyushu)               | Japón              | NCA, NMC           | 9 000               | 3 420          |
| Nihon Kagaku Sangyo                  | Japón              | NCA                | 9 000               | 3 420          |
| SK Innovation                        | República de Corea | NMC                | 8 333               | 3 167          |
| L&F                                  | República de Corea | LCO, NMC, LMO      | 5 900               | 1 892          |
| Aleees                               | Taiwán             | LFP                | 5 000               | 1 150          |
| Samsung Technological Material (STM) | República de Corea | NMC                | 3 000               | 1 140          |
| Toshima Manufacturing Co Ltd.        | Japón              | LCO, NMC, LMO      | 2 000               | 641            |
| Mitsui Kinzoku                       | Japón              | NMC, LMO           | 120                 | 35             |
| <b>Total</b>                         |                    |                    | <b>284 242</b>      | <b>96 301</b>  |

Fuente: Elaboración propia.

Sumitomo Metals & Mining (SMM), con sede en Japón, tiene la mayor capacidad de producción de materiales catódicos declarada, pero se advierte que no se distingue entre la capacidad de baterías de níquel-hidruro metálico (NiMH) – que no consume litio – y la de NMC. CRU ha estimado para esta última un 80% de capacidad, pero esto agrega una incertidumbre moderada en la estimación global de la demanda de LCE (+/- 5.000 t).

Como se ha hecho para China, sumando las estimaciones totales para la demanda de LCE de cada química de cátodo, se encuentra que el resto de la producción mundial de 2019 comparte características muy similares a la demanda modelada de CRU para cada tipo de celda.

**Gráfico 9**  
Participación de producción de RoW en 2019 de cada química de cátodo y participación de producción de cátodos  
(En toneladas y porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

En contraste con las opciones de bajo costo y bajo rango de China, las empresas automotrices en la mayoría de los demás países desarrollados han estado buscando baterías de densidades de energía más altas que puedan extender el rango del vehículo. En consecuencia, las presiones locales de la cadena de suministro aguas abajo han provocado la aparición de numerosos productores de NMC y NCA, lo que significa que estas cadenas están bien abastecidas. Sin embargo, las baterías LFP han quedado orientadas casi exclusivamente en el mercado interno chino y LCO (comúnmente utilizado en productos electrónicos portátiles) está potencialmente sub-abastecido en relación con su demanda.

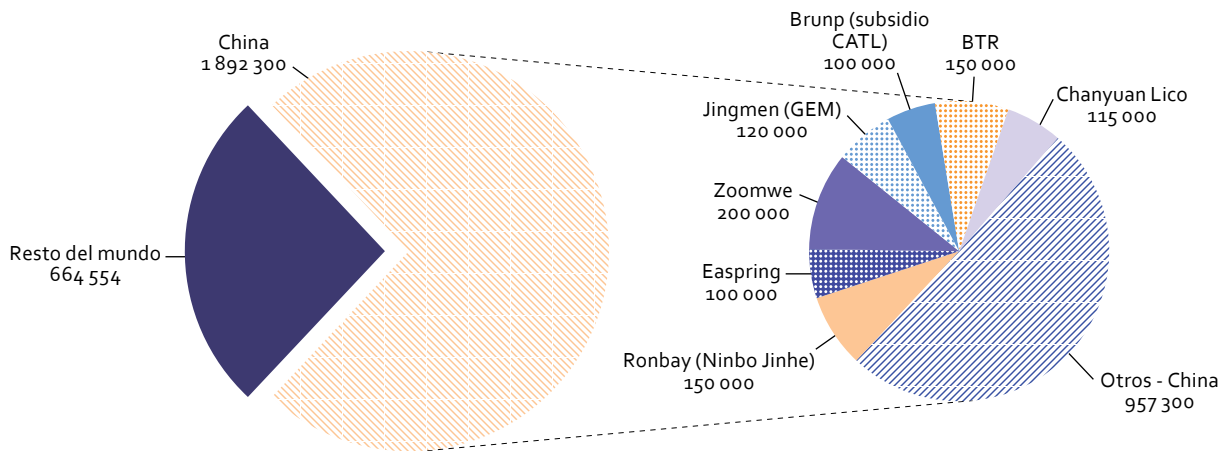
### c) Proyección de la capacidad de producción de cátodos en China a 2025

A diferencia de los cambios en la oferta de operaciones mineras, en un extremo de la cadena, o de la producción automotriz en la otra, pronosticar cambios de capacidad en el sector del cátodo con un horizonte de 5 años es un desafío. Esto debido a la velocidad a la que se pueden hacer adiciones significativas de capacidad, desde el anuncio hasta la operación comercial, lo significa que cualquier proyección debe basarse en parte en “anuncios actuales” y en parte en “anuncios futuros previstos”. CRU ha utilizado la investigación primaria y análisis para dar cuenta de la primera; y la última se estima utilizando el juicio de los analistas, basado en el deseo de los grandes actores de mantener la participación de mercado y la capacidad anticipada de hacerlo en el futuro.

Los productores en China han anunciado planes extremadamente agresivos de expansión, con muchos de los mayores productores mundiales en la actualidad tratando de duplicar su tamaño de manera inminente. Por ejemplo, Zoomwe (CNGR) está realizando actualmente una serie de inversiones para

expandir su capacidad desde 50 mil toneladas (2019) a 120 mil toneladas (2020-21) y 200 mil toneladas en 2024. Frente a este nivel de expansión agresiva, no sorprendentemente, se espera que el resto del mundo pierda participación de mercado, hasta solo un 26%, a pesar de los crecientes temores sobre la dependencia de la cadena de suministro en China.

**Gráfico 10**  
Participación de mercado de producción de cátodos de China frente al resto del mundo, 2025  
(En toneladas)



Fuente: Elaboración propia.

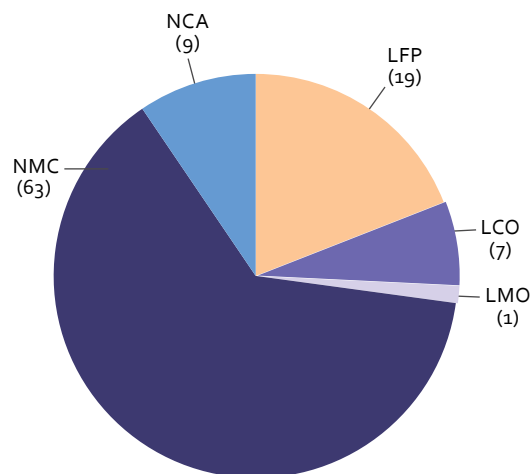
Donde la metodología de proyecciones de CRU difiere por necesidad de las estimaciones actuales, es que CRU ya no puede estimar el tipo de química planta por planta:

La gran mayoría de la información anunciada no es lo suficientemente granular para evaluar el tipo de celda que producirá la nueva capacidad o expansión.

Muchas plantas harán y completarán nuevos anuncios dentro del horizonte de tiempo evaluado.

Como tal, se asume que la suma de todas las plantas en 2025 iguala exactamente la proyección de CRU de demanda global de cada producto químico (señalando que China, en particular, mostró una muy buena alineación en 2019).

**Gráfico 11**  
Evaluación de la CRU de la demanda de materiales catódicos (= producción), 2025  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la precisión de la información se sacrifica un poco a nivel de planta por planta, pero es posible estar razonablemente seguros de que los totales globales proyectados tendrán un grado de precisión mayor.

**Cuadro 5**  
**Demanda de plantas chinas operando a capacidad plena, 2025**

| <b>Contraparte</b>   | <b>Capacida de cátodo<br/>(en toneladas)</b> | <b>Demanda de litio equivalente<br/>(en toneladas de LCE)</b> |
|--|--|---|
| Zoomwe   | 200 000                                      | 69 786  |
| BTR New Energy Materials Inc.                                  | 150 000                                      | 52 340  |
| Ronbay (Ningbo Jinhe)  | 150 000                                      | 52 340  |
| Jingmen (GEM)  | 120 000                                      | 41 872  |
| Changyuan Lico   | 115 000                                      | 40 127  |
| Beijing Easpring Material Technology -<br>Dangsheng technology | 100 000                                      | 34 893  |
| Brunp - CATL subsidiary  | 100 000                                      | 34 893  |
| Chongqing Terry  | 80 000                                       | 27 914  |
| Soundon New Energy   | 75 000                                       | 26 170  |
| XTC  | 70 000                                       | 24 425  |
| Haichuang  | 54 000                                       | 18 842  |
| Henan Kelong   | 50 000                                       | 17 447  |
| Hunan Shenghua   | 50 000                                       | 17 447  |
| Jiangmen Kanhoo  | 50 000                                       | 17 447  |
| Lanzhou Jintong  | 50 000                                       | 17 447  |
| Pulead   | 50 000                                       | 17 447  |
| Xinxiang Tianli  | 50 000                                       | 17 447  |
| Yantai Zhuoneng Battery Materials<br>(Yantai Cash)             | 50 000                                       | 17 447  |
| Hunan Shanshan Energy  | 43 200                                       | 15 074  |
| LG Chem/Zhejiang Huayou Cobalt JV                              | 40 000                                       | 13 957  |
| Zhenhua E-Chem   | 40 000                                       | 13 957  |
| Umicore  | 35 000                                       | 12 213  |
| Hunan Reshine New Materials                                    | 30 000                                       | 10 468  |
| Shenzhen Tianjiao  | 20 000                                       | 6 979   |
| Johnson Matthey  | 20 000                                       | 6 979   |
| Hefei Guoxuan Hi-Tech Power                                    | 16 000                                       | 5 583   |
| CITIC Dameng   | 15 000                                       | 5 234   |
| Shandong Fengyuan Chemical                                     | 15 000                                       | 5 234   |
| Guangdong Guanghua Sci-Tech                                    | 14 000                                       | 4 885   |
| Posco - Huayou Cobalt  | 10 000                                       | 3 489   |
| Hunan Shenghua   | 8 000  | 2 791   |
| Chengdu Jingyuan New Materials                                 | 6 000  | 2 094   |
| Citic Guoan Mengguli Corp                                      | 6 000  | 2 094   |
| Zhejiang WELLY Energy  | 6 000  | 2 094   |
| Hebei Shanxin Terui Battery Tech                               | 1 500  | 523   |
| Dalian Ruiyuan   | 1 000  | 349   |
| Qingdao LNCM Co  | 1 000  | 349   |
| Changzhou PowerGenie Materials                                 | 600  | 209   |
| <b>Total</b>   | <b>1 892 300</b>                             | <b>660 282</b>  |

Fuente: Elaboración propia.

**d) Proyección de la capacidad de producción de cátodos en el resto del mundo a 2025**

Alguno de los principales desarrollos en el resto del mundo, incluyen:

- POSCO está experimentando un crecimiento transformador en los próximos años, aumentando de 15.000 a 80.000 toneladas de NMC.
- SMM se duplica con creces de 55.000 a 120.000 toneladas en Japón.
- Umicore se ha comprometido a casi duplicar su capacidad en todas sus operaciones fuera de China (Bélgica, Finlandia y Japón), de 72.500 a 135.000 toneladas.
- Northvolt espera producir 60.000 toneladas (NMC) en su sitio sueco (N.B. CRU no ha tenido en cuenta la producción de cátodos en su segundo sitio anticipado en Alemania, pero esto podría crear un potencial de mejora para la proyección si se anuncia en un futuro próximo).
- Cosmo AM&T, un nuevo participante coreano en el mercado, tiene planes en marcha para 12.000 toneladas, que se apoyarán en su reciente<sup>3</sup> anuncio de la compra de la cercana instalación de precursores de NMC y LCO de Samsung SDI de 2.400 toneladas<sup>4</sup>.

CRU anticipa que los planes de expansión fuera de China pueden inclinarse hacia un mayor exceso de oferta de NMC y que el mercado de LFP continuará entregado a China. Sin embargo, como se señaló anteriormente, y en ausencia de estimaciones granulares más claras, se ha estimado la demanda de LCE planta por planta sobre la base de las preferencias químicas globales.

**Cuadro 6**  
**Demanda desde plantas del resto del mundo operando a completa capacidad, 2025**  
(En toneladas de LCE)

| Contraparte                              | País               | Capacidad de cátodos | Demanda de LCE |
|--|--------------------|----------------------|----------------|
| Sumitomo Metals & Mining                 | Japón              | 120 000              | 41 872         |
| Posco                                    | República de Corea | 80 000               | 27 914         |
| Umicore                                  | Finlandia          | 65 000               | 22 680         |
| Northvolt                                | Suecia             | 60 000               | 20 936         |
| LG Chem                                  | República de Corea | 50 000               | 17 447         |
| LG Chem                                  | República de Corea | 50 000               | 17 447         |
| SK Innovation                            | Estados Unidos     | 36 111               | 12 600         |
| Umicore                                  | Bélgica            | 35 000               | 12 213         |
| Umicore                                  | Japón              | 35 000               | 12 213         |
| Nichia Corp                              | Japón              | 30 000               | 10 468         |
| Tanaka Chemical                          | Japón              | 20 000               | 6 979          |
| Nihon Kagaku Sangyo                      | Japón              | 18 000               | 6 281          |
| Cosmo AM&T                               | República de Corea | 12 000               | 4 187          |
| Umicore                                  | Japón              | 10 000               | 3 489          |
| BASF Toda Battery Materials (Onoda)      | Japón              | 9 000                | 3 140          |
| BASF Toda Battery Materials (Kitakyushu) | Japón              | 9 000                | 3 140          |
| SK Innovation                            | Hungría            | 8 333                | 2 908          |
| L&F                                      | República de Corea | 5 900                | 2 059          |
| Aleees                                   | Taiwán             | 5 000                | 1 745          |
| Samsung Technological Material (STM)     | República de Corea | 3 000                | 1 047          |
| Toshima Manufacturing Co Ltd.            | Japón              | 2 000                | 698            |
| Mitsui Kinzoku                           | Japón              | 1 200                | 419            |
| <b>Total</b>                             |                    | <b>664 544</b>       | <b>231 882</b> |

Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup> 22 de marzo de 2020.

<sup>4</sup> Nota. No es un litio por lo que no afecta la demanda de LCE.

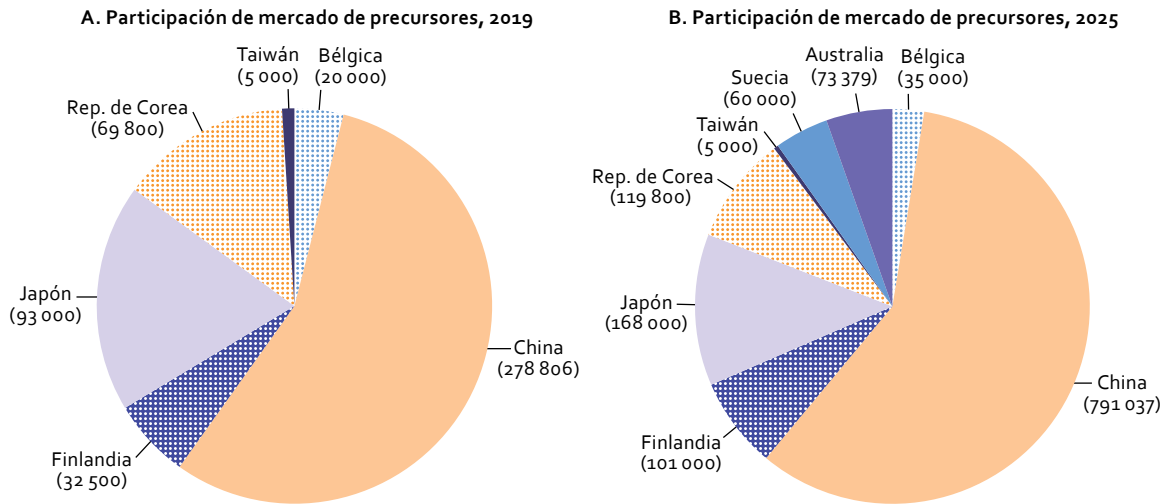
#### 4. El mercado de los precursores

La fabricación de precursores implica utilizar cobalto, níquel y manganeso en forma de sulfato (u ocasionalmente cloruro), mezclarlos en las cantidades correctas (dependiendo del tipo de precursor que se esté haciendo), purificar la mezcla, convertirla en forma de hidróxido y luego, cristalizarla en una forma sólida. Aunque requiere cierto grado de experiencia en la industria química, no es un paso particularmente arduo en la cadena en comparación con los pasos más complejos de fabricación de cátodos o ensamblaje de celdas.

Como se discutió anteriormente, históricamente (antes de 2016), la cadena de suministro de baterías estaba muy desarticulada, con muchas empresas independientes que manejaban diferentes pasos individuales en el proceso de fabricación. Con el tiempo, sin embargo, la cadena de suministro se ha ido integrando, y en ninguna parte es esto más cierto que para el paso de precursores. Mientras que antes había una serie de empresas independientes que compraban materias primas y las convertían en precursores para la venta, hoy en día la gran mayoría de la fabricación de precursores es realizada por a) las refinerías químicas que fabrican los productos químicos de la batería Co/Ni/Mn (como Huayou, SMM o BASF) o b) los propios fabricantes de cátodos (como Umicore o BASF). De hecho, CRU sólo tiene conocimiento de un único fabricante de precursores independiente que no fabrica productos químicos para baterías o cátodos: una pequeña instalación llamada Hina Advanced Material, con sede en China.

Dado que el mercado de precursores está casi totalmente integrado a la etapa de refinería de químicos para cátodos y baterías (Co, Ni y Mn), la producción de precursores se sitúa completamente dentro de las regiones responsables de estos pasos en la cadena de valor. Sin embargo, y como se observa en el gráfico 12, nuevos proyectos como BHP Nickel West y Northvolt permite prever que países como Australia y Suecia tomen parte del mercado de precursores para el 2025.

**Gráfico 12**  
**La fabricación de precursores seguirá estando dominada por países con producción integrada**  
 (En toneladas)



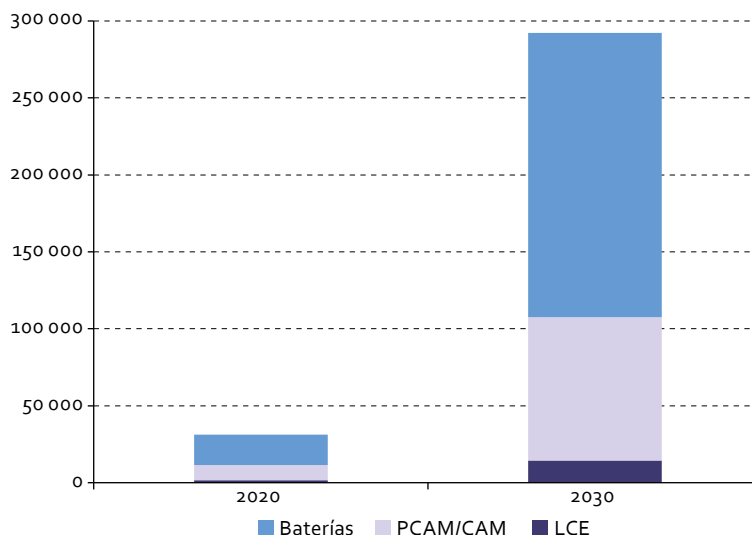
Fuente: Elaboración propia.

#### 5. Beneficios económicos de la industria a nivel global

El gran crecimiento provisto para la cadena de valor de las baterías de litio traerá consigo un mercado significativo en términos económicos. Bajo el actual escenario proyectado por CRU, la demanda de GWh a 2030 se estima en 2.453 GWh (donde un 86,7% corresponde a electromovilidad), lo que se traduce en un aumento de más de 8 veces respecto a la demanda correspondiente a 2020, que alcanzó los 261 GWh.

En términos económicos, se espera que el mercado global de baterías alcance un valor aproximado de 300 mil millones de dólares durante 2030, desde los casi 31 mil millones estimados para 2020.

**Gráfico 13**  
**Tamaño del mercado de batería de litio**  
 (En millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para las estimaciones se utilizó como referencia baterías del tipo NMC.

Se puede observar que, a pesar de que tanto el carbonato de litio como los materiales activos de cátodos y sus precursores, y las baterías de iones litio responden a una misma demanda de mercado en términos de GWh, la diferencia de los ingresos por la comercialización de estos productos varía en órdenes de magnitud dependiendo del lugar que ocupen dentro de la cadena de valor. Si bien América del Sur produce un gran porcentaje del litio que se comercializa a nivel global, entregarle un valor agregado a dicho metal representa un salto significativo en tamaño de mercado, pero presenta también desafíos en términos de inversiones a lo largo de su cadena de valor, no sólo en lo referente a la implementación de *gigafactories* para la producción de baterías, sino que también en la producción de precursores y materiales activos de cátodo.

## 6. Aspectos relevantes derivados del análisis de la cadena de valor

Al estudiar de cerca la cadena de valor de las baterías, hay varios puntos clave a considerar:

- **La fabricación de celdas y packs de batería está intrínsecamente regionalizada.** Las baterías de los vehículos eléctricos no son particularmente aptas para ser trasladadas debido a su fragilidad y alto riesgo de combustión bajo estrés (lo que aumenta significativamente los costos del seguro y ha dado lugar a estrictas directrices de embarque) – y son un riesgo de suministro clave para los OEM. Como resultado, las plantas de baterías generalmente se instalan lo más cerca posible de las fábricas de automóviles, mientras que los costos laborales y los incentivos del gobierno local (recortes de impuestos, etc.) pueden agregar una dimensión adicional a la selección del sitio.
- **La consolidación de la cadena de valor y la integración vertical es un tema clave del sector de las baterías.** Si bien en el pasado había una gran cantidad de empresas independientes que manejaban diferentes partes de la cadena de valor, hoy la tendencia es hacia una integración vertical extendida, con empresas individuales que manejan muchas etapas del proceso de producción. En el caso más extremo, esto puede implicar que una empresa (o una *joint venture*) sea responsable de cada paso de la fabricación, desde el producto químico de la batería hasta el vehículo terminado, como con Tesla o VW Group / Northvolt JV.
- Lógicamente, se desprende de los 2 puntos anteriores que **la cadena de suministro de baterías se desarrollará naturalmente dentro de regiones de alta demanda de vehículos eléctricos.** Si bien hay algunos ejemplos de comercio y envío de vehículos eléctricos de



una región a otra (por ejemplo, Tesla envía vehículos desde su planta de Fremont a Europa, o el Dacia Spring que se fabrica en China y se envía a Europa) estos ejemplos son muy minoritarios y es poco probable que sigan siendo comunes en el futuro (con la excepción de los vehículos de alta gama). La gran mayoría de los vehículos eléctricos se fabricarán en la región en la que finalmente se venden, y lo más probable es que sus celdas (así como el cátodo y el material precursor) también se hagan en la misma región.

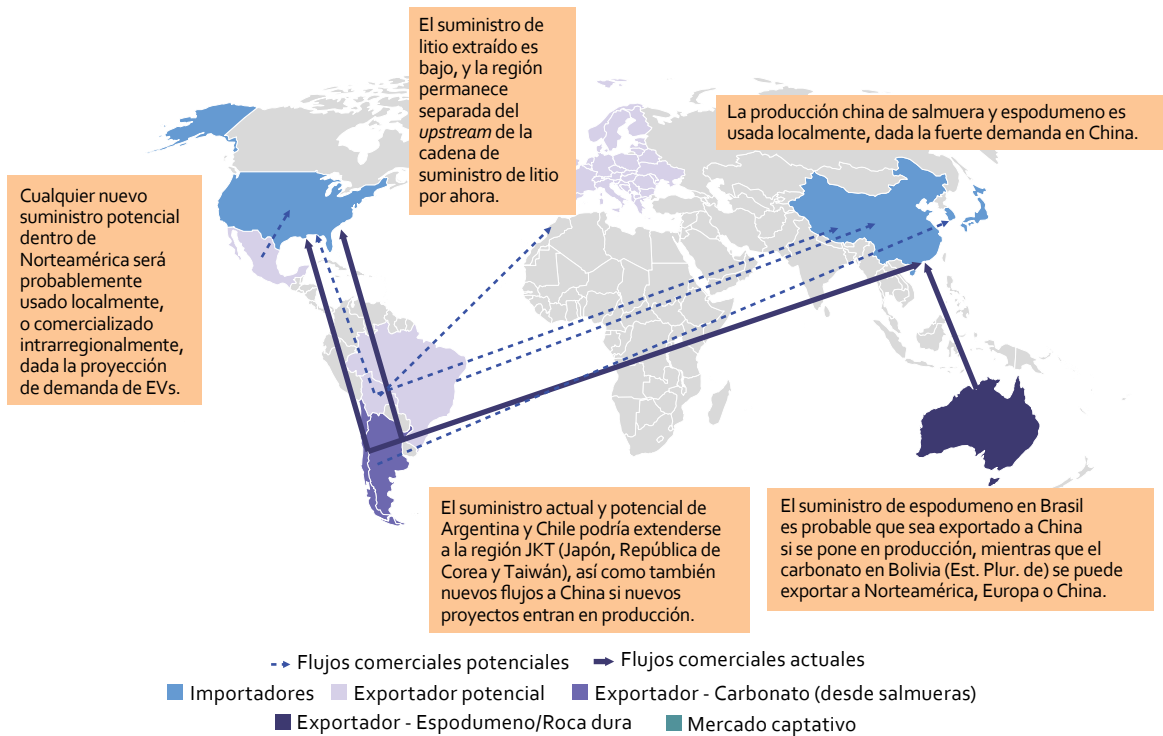
- Si la producción de celdas sigue la tendencia de ser ubicada junto con el ensamblaje de la batería (y así, por extensión, la fabricación automotriz), entonces ya no habría una razón convincente para consolidar todas las plantas de materiales precursores y cátodos en China o Asia Oriental. **Más bien, habría un incentivo para instalar la capacidad cerca de los clientes y establecer una cadena de suministro local para los componentes más caros del cátodo.**

Una forma de ilustrar esto es mirando los flujos comerciales para diferentes pasos en la cadena de suministro. Los mapas de las páginas siguientes muestran los flujos comerciales dentro de la cadena de valor para los siguientes mercados:

- Mercados de espodumeno y litio intermedio
- Mercados de productos químicos de litio
- Mercados de cátodo y baterías

Como se ilustra a continuación, los mercados se vuelven cada vez más regionalizados a medida que se avanza en la cadena de valor. A nivel de productos intermedios de litio, el mercado está fuertemente globalizado con fuertes flujos de comercio entre una variedad de regiones, incluyendo América del Sur, Australia, Europa, América del Norte, China y Asia. Sin embargo, el mercado se vuelve cada vez más regionalizado hasta que se llega a la etapa de fabricación de cátodos y celdas, momento en el que la cadena de suministro se regionaliza casi por completo en los lugares donde está la demanda subyacente.

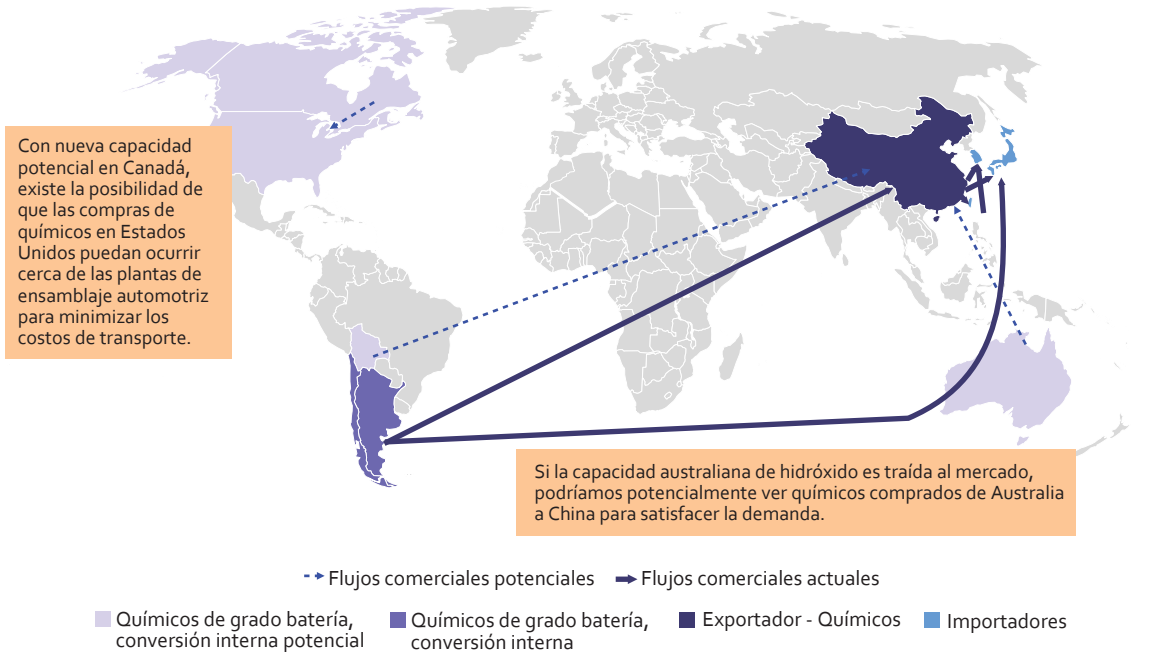
**Mapa 4**  
**Flujos de material de conversión química de espodumeno/salmuera**



Fuente: Elaboración propia.

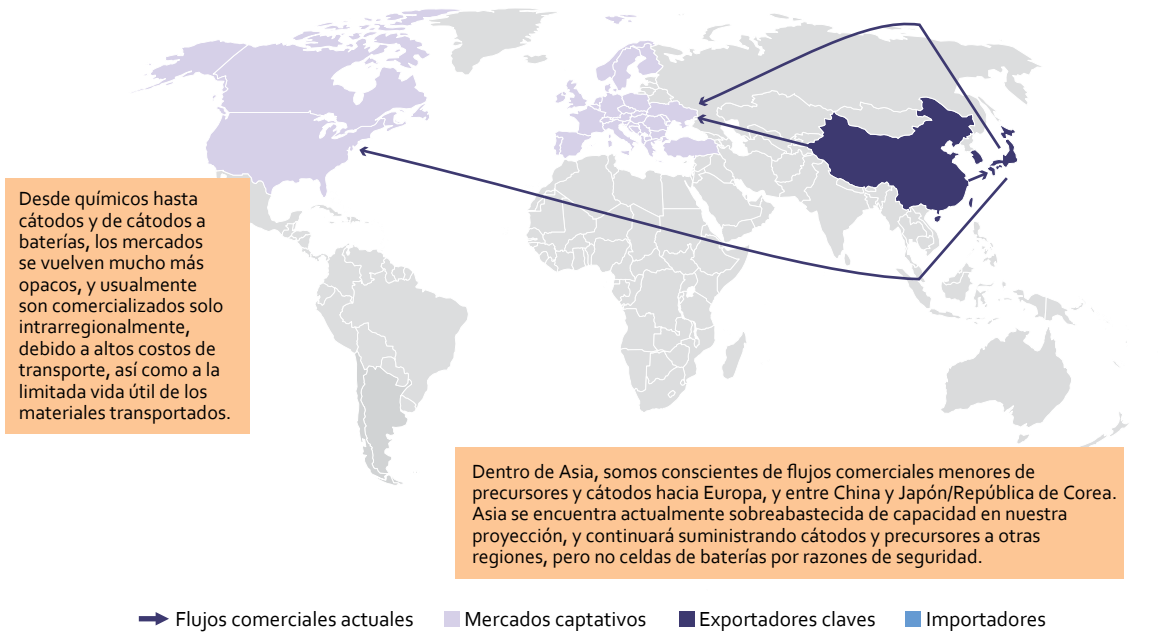
Nota: Los flujos representados son los principales flujos comerciales dentro del mercado y no abarcan todos los flujos de conversión química de espodumeno/salmuera a nivel mundial.

**Mapa 5**  
Flujos de productos químicos de litio de grado de batería



Fuente: Elaboración propia.

**Mapa 6**  
Flujo comercial de precursores, cátodos y celdas en la cadena de suministro



Fuente: Elaboración propia.

### a) Europa y América del Norte mantienen un déficit de capacidad productiva de precursores y cátodos

Se concluye que a la luz de las agresivas expansiones de los OEMs europeos en el mercado de vehículos eléctricos, seguidos de cerca por los productores de baterías y celdas, la lógica para que los materiales de cátodos y sus precursores se consoliden únicamente en Asia ha disminuido. De hecho, al examinar los planes de expansión fuera de China, se encuentra un aumento significativo en Europa, pero no tan grande como los vistos en Japón, República de Corea y Taiwán (JKT, por sus siglas en inglés).

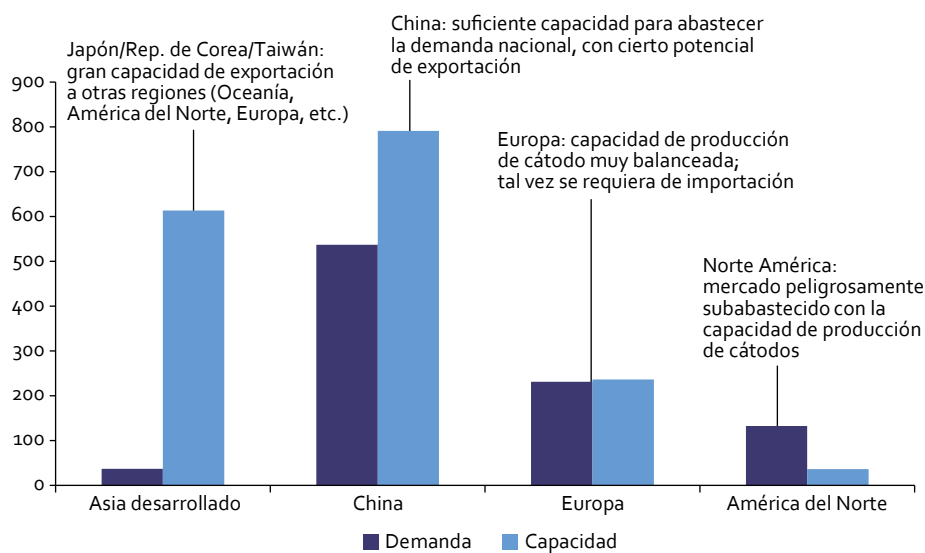
**Cuadro 7**  
Expansiones de la capacidad de cátodos fuera de China por país  
(En toneladas)

| País               | Cátodo 2019 | Cátodo 2025 |
|--------------------|-------------|-------------|
| Bélgica            | 20 000      | 35 000      |
| Japón              | 131 000     | 230 000     |
| República de Corea | 123 200     | 378 700     |
| Suecia             | -           | 60 000      |
| Taiwán, China      | 5 000       | 5 000       |
| Estados Unidos     | 10 889      | 36 111      |
| Finlandia          | 32 5000     | 101 000     |

Fuente: Elaboración propia.

Agrupados por región, se observa que la región JKT está creciendo significativamente, mientras que todavía se proyecta que la capacidad de cátodos europea estará muy balanceada con la demanda de vehículos eléctricos proyectada. Por su parte, América del Norte se encuentra peligrosamente desbalanceada y, por lo tanto, se espera que la región sea un importador neto de cátodos durante el período evaluado.

**Gráfico 14**  
Capacidad de cátodo y demanda por región  
(En miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia.

Entonces, ¿por qué podría ser esto?

**Habilidades e historia:** los análisis económicos a menudo pueden pasar por alto o subestimar el impacto de factores cualitativos prácticos. En este caso, Japón y República de Corea han sido los principales productores de baterías (por ejemplo, Panasonic y Samsung) y desarrolladores de su tecnología en general durante muchos años. Esto crea un beneficio intangible para la probabilidad de que los proyectos (*brownfield* y *greenfield*) logren tener financiamiento y ser construidos; y también, en términos generales, crea una fuerza de trabajo capacitada en estos campos. Recrear estos éxitos en nuevas regiones, y persuadir a los inversores con éxito, no es un simple ejercicio de copiar y pegar.

**Cadenas de suministro de litio:** Si bien Europa posee suministro local de los materiales más costosos de níquel y cobalto, todavía enfrenta el desafío de la falta de producción de químicos de litio (consolidada en China y JKT) y de materias primas de litio (Australia, Chile y China). Los nuevos intentos de aumentar la producción de material catódico en la región requerirán la estimulación de materias primas de litio locales, ya sea en el depósito Jadar de Río Tinto en Serbia, o potencialmente, en cualquiera de los yacimientos de litio más nuevos en África. Estos, a su vez, apoyarían el establecimiento de la capacidad de refinación de litio en Europa (Keliber Oy en Finlandia es un proyecto en etapa temprana que podría crear producción de hidróxido en esta región).

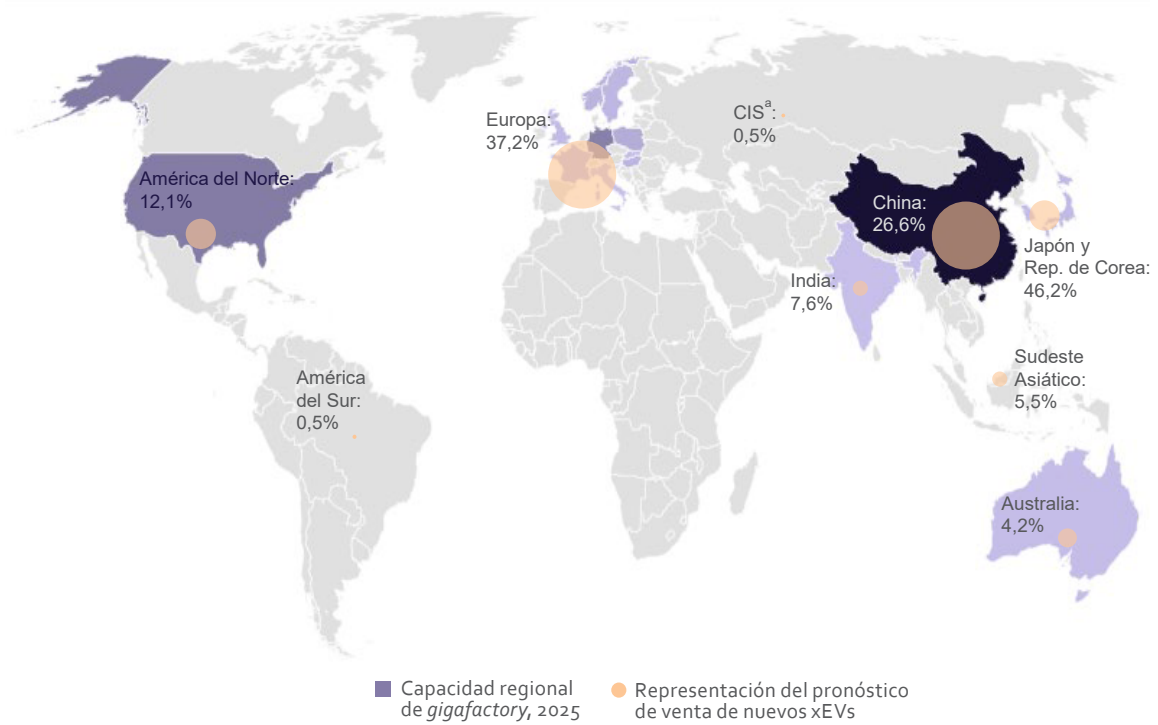
En consecuencia, es probable que Europa y América del Norte dependan de las importaciones de material cátodo en el futuro, en particular proveniente de Asia.

**b) El resto del mundo no ha invertido en crear capacidad en la cadena de valor de las baterías**

Fuera de Europa, China, Asia desarrollada (Japón, República de Corea y Taiwán) y EE.UU., el resto del mundo sufre una escasez de inversiones sólidas en la capacidad de la cadena de suministro de baterías. Con la excepción de varias operaciones pequeñas en India y Australia, CRU no tiene conocimiento de ninguna capacidad de *gigafactories* fuera de estos países. Esto incluye la totalidad de: África, América Central y del Sur, Medio Oriente y Sudeste Asiático.

Medio Oriente y Sudeste Asiático están lo suficientemente cerca de las regiones productoras de vehículos eléctricos y celdas, por lo que su falta de capacidad probablemente no será un obstáculo demasiado grande para la adopción de vehículos eléctricos. Para las regiones más aisladas geográficamente, como África y América Central y del Sur, la falta de capacidad de la cadena de suministro de baterías será un obstáculo importante para el desarrollo de una industria de vehículos eléctricos y viceversa.

**Mapa 7**  
**Penetración de xEVs (vehículos a batería e híbridos) y capacidad de *gigafactories* por región, 2025,**  
**flujo comercial de precursores, cátodos y celdas en la cadena de suministro**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Comunidad de Estados Independientes (CIS).



## II. Análisis cualitativo sobre la gobernanza y el marco regulatorio asociado a la cadena de valor de las baterías de litio

### Puntos clave:

- La barrera principal para el desarrollo de la industria es alcanzar un mercado crítico que permita generar la demanda necesaria que justifique comercialmente el desarrollo de la cadena productiva de baterías para vehículos eléctricos y otras aplicaciones. En los casos de éxito, los países han aplicado una serie de iniciativas públicas y privadas para fomentar el desarrollo de la industria, los cuales incluyen incentivos financieros, mayores estándares de eficiencia para la flota vehicular y una alta inversión en infraestructura de carga.
- En términos generales, y en base a las definiciones según las que se categorizan las relaciones y modalidades de interacción entre los actores en León y Muñoz (2019), en la industria de baterías de litio se sostienen principalmente relaciones del tipo colaborativo (se dispone de recursos en común para alcanzar un objetivo compartido) o de negociación (las partes intercambian recursos para alcanzar un acuerdo). A diferencia del mercado *upstream* o de producción minera, el desarrollo *mid-downstream* de la cadena de valor ha sido un trabajo mancomunado entre los distintos actores, públicos, privados, sociales y académicos.
- La industria de baterías de litio y su desarrollo se ha basado en un entorno de gobernanza de mercado (aquel donde empresas privadas, a través de la competencia y el libre mercado, impulsan el desarrollo de la industria) en gran parte de los países productores de baterías y sus componentes intermedios. En general, países y regiones como Japón, República de Corea, Estados Unidos y Europa, funcionan con modos de gobernanza de mercado, en donde los gobiernos tienen distintos niveles de involucramiento, sin embargo, estos cumplen principalmente un rol fiscalizador. A diferencia de estos, China podría considerarse un mercado que ha evolucionado desde un sistema jerárquico (principalmente, es el Estado quien ejerce el gobierno y desarrollo de la industria) a uno mixto entre jerárquico y de mercado.

- En República de Corea, la relación público-académica y privado-académica ha sido esencial en el desarrollo tecnológico de la industria de baterías. En esta relación, el actor público o privado facilita fondos y/o recursos a universidades o centros de investigación, de forma tal que los avances tecnológicos desarrollados favorezcan el desarrollo del mercado, o incrementen el recurso cognitivo del actor privado, permitiendo mantener una posición competitiva a nivel internacional.
- En Europa, en cambio, el foco se ha puesto en el desarrollo de la industria, y tiene como fin abastecer el mercado de vehículos eléctricos. En este sentido, es relevante destacar la importancia de actores internacionales como LG, que tiene las competencias técnicas (capacidades creada en República de Corea) y su cadena de suministro ya desarrolladas (en China). Así, los esfuerzos apuntan a adoptar una tecnología, asegurar el acceso a las materias primas, la expansión del mercado de las baterías, junto con establecer incentivos y regulaciones claras, promoviendo la inversión privada y una industria competitiva que beneficie de forma íntegra a la cadena.
- Actualmente, las ventas de vehículos eléctricos en América del Sur son insignificantes debido a sus altos costos de importación y la falta de subsidios. Sin embargo, si la penetración de vehículos eléctricos en América del Sur eventualmente se asemejara a la de otras regiones, permitiría impulsar el desarrollo de una industria de baterías. CRU ha modelado la capacidad de *gigafactories* que podría ser necesaria en esta subregión de acuerdo con distintos escenarios de ventas de vehículos eléctricos. Se estima que la demanda regional de baterías para EV probablemente podría ser satisfecha por sólo una o dos *gigafactories*.
- A diferencia de la industria de celdas y empaques de baterías, la cual se encuentra altamente regionalizada, existe cierto grado de comercio internacional y flujo dentro de la industria de precursores y cátodos. Sin embargo, una de las principales barreras para que América del Sur se convierta en una subregión proveedora dentro de este mercado, está asociada a la refinación de materias primas: aunque es líder mundial en la producción de litio, y productor de otros materiales como manganeso, níquel y cobalto, carece de la capacidad de refinación de estos minerales, condicionando la fabricación de cátodos y precursores a la importación o a la expansión de la refinería asociada a estas materias primas.
- Debido a la baja penetración y falta de producción doméstica de vehículos eléctricos en América del Sur, se dificulta el desarrollo de la cadena de valor a etapas como la producción de celdas y baterías de litio. El desarrollo de políticas y/o subsidios en el ámbito de la electromovilidad es un tema incipiente en la subregión.
- A nivel de gobernanza, los países del triángulo del litio presentan diferencias. El Estado Plurinacional de Bolivia ha buscado desarrollar tanto su industria de extracción de litio como la de la cadena de valor de baterías con un fuerte rol del estado participando a través de empresas estatales. Si bien se han logrado alianzas con privados, locales e internacionales, esto no se ha traducido en resultados concretos. Por su parte, Chile y Argentina han apuntado a modos de gobernanza y de interacción similares a los casos de éxito de República de Corea y Europa. Sin embargo, la falta de un mercado de vehículos eléctricos, y la ausencia de políticas de incentivo y subsidios concretos, dificultan el desarrollo de la cadena de valor regional.
- Es fundamental para el desarrollo de la industria que se cumplan las siguientes condiciones:
  - Incentivos (tributarios y/o subsidios) para fomentar la demanda de vehículos eléctricos, en conjunto con la construcción de la infraestructura necesaria para soportar este crecimiento. A la fecha, no existen esquemas de subsidios directos, que han sido un eje central del impulso en Europa y otras regiones en el mundo.
  - Subsidios y/o reducciones impositivas, entre otras alternativas de incentivos, que entreguen beneficios a empresas que estén dispuestas a invertir en la región. Las magnitudes de capital para la construcción de *gigafactories* son muy significativas, lo que implica un mayor riesgo de inversión.



- El desarrollo de capital humano, la inversión en investigación, innovación y tecnología y el trabajo conjunto entre las instituciones científicas, privadas y gubernamentales, seguirán siendo factores críticos a lo largo de la cadena de valor para las baterías de litio.
- Los esfuerzos de los países del triángulo del litio debiesen estar enfocados en la colaboración y potenciar las condiciones propias de cada país y los esfuerzos individuales realizados a la fecha; aunque entendiendo las diferencias y oportunidades que cada país presenta. Tomando en consideración el caso de la Unión Europea (UE), es recomendable apuntar a sinergias sin necesariamente establecer políticas industriales y de financiamiento conjuntas que incluso en la UE han sido complejas de acordar.
- En la actualidad, la industria automovilística y de autopartes se ve afectada a tarifas de importaciones que pueden llegar hasta el 60% en algunos casos. Por lo cual, es relevante que los países que busquen desarrollar el mercado de la electromovilidad y su cadena de valor apunten a reducir tarifas arancelarias sobre estos productos y, de esta forma, disminuir los costos de este tipo de vehículos, impulsando este mercado – por ejemplo, a través de acuerdos bilaterales o bien plurilaterales.

## A. Descripción histórica y factores de éxito para el desarrollo de la industria de baterías de litio a nivel global

### 1. Introducción

#### a) Contexto histórico

La historia de las baterías parte hace más de 100 años atrás, sin embargo, la evolución a baterías de litio solo comienza en los años sesenta del siglo pasado. Durante esta década y hasta la mitad de la década de los ochenta, las baterías primarias (no recargables) de litio vieron un rápido avance a nivel comercial, convirtiéndose en un sistema bien establecido. Desde 1985 en adelante y hasta el año 2000, el mayor éxito de la industria fueron las baterías secundarias (recargables) de litio (Vincent, 2000). El desarrollo de esta tecnología fue liderada por Sony en 1991 (Nishi, 2001), seguidas por empresas como Panasonic, Samsung y LG. Durante la década de los noventa y los primeros años del siglo XXI, las baterías fueron utilizadas principalmente en celulares, notebooks, cámaras de video, *tablets*, entre otros.

En la actualidad, las baterías de litio se han implementado en una amplia gama de vehículos eléctricos, otros vehículos motorizados de menor tamaño como drones y *scooters*, y también para aplicaciones de almacenamiento energético residenciales o industriales. Esta transición, sin embargo, tomó otros 15 años de desarrollo para alcanzar su consolidación y niveles de producción y comercialización competitivos. Gran parte de las tecnologías que existen en la actualidad no serían posible sin la colaboración entre el mundo privado, público y las instituciones académicas o de investigación. Gracias a esta colaboración, la expansión y desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio ha sido posible en países como República de Corea, Japón, Estados Unidos, China y los países miembros de la Unión Europea; aunque este proceso no ha estado exento de barreras y desafíos.

#### b) Marco conceptual de la gobernanza

La industria y la cadena de valor de las baterías de litio, al igual que la mayor parte de las industrias, se enmarca en un ámbito de gobernanza el cual, si bien puede tener diferencias de país a país, ha seguido lineamientos similares entre estos, aunque no exento de algunas excepciones.

Si bien en un inicio, la mayor parte de la investigación de la gobernanza se focalizaba en las empresas y su poder de negociación, tal como se indica en Dallas, Ponte y Sturgeon (2019), este enfoque ha ido evolucionando y hoy se refiere a un conjunto de actores que interactúan entre sí. En términos generales, el concepto de gobernanza utilizado en este análisis define la interacción, los recursos y el poder con que cada uno de los actores toma partido en la resolución del desarrollo de la cadena de valor de las baterías de litio, enmarcado en un contexto decisional específico.

En este análisis, se utiliza la definición de gobernanza como “el gobierno de los procesos de interacción y toma de decisión entre diversos actores” con el fin de la resolución de conflictos de interés de acuerdo con León y Muñoz (2019). Si bien, este análisis de gobernanza tiene un foco específico en la gestión de recursos naturales, en este reporte se extiende el análisis a un ámbito industrial y al desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio. Dentro del marco de la investigación, se analiza la gobernanza y el proceso de desarrollo de la cadena de valor de las baterías de litio en República de Corea (también referido como “Corea”) y la Unión Europea, ambos casos de éxito en este ámbito, aunque con distintas perspectivas; siendo el primero un pionero en la industria de las baterías de litio, mientras que el segundo se considera un seguidor, similar a lo que sería el caso de América del Sur si se desarrolla la industria en la subregión.

El ámbito decisional para establecer aspectos claves asociados a la gobernanza del desarrollo de esta industria se asocia a 2 potenciales conflictos: i) cómo definir y adoptar políticas que apunten a la disminución de gases de efecto invernadero (GEI), con la mayor demanda de vehículos eléctricos y, por ende, el desarrollo de la cadena de valor de las baterías de litio como solución central a dar solución a este conflicto global; y, ii) cómo administrar y dirigir los incentivos (tributarios, de subsidios u otros) necesarios para cimentar el desarrollo de esta industria sin ocasionar perjuicio a otros sectores.

## **2. Ejes estratégicos detrás del impulso en el consumo de baterías de litio - Arena decisional**

Como ya ha sido revisado en detalle en este estudio, y también en el primer reporte, “Análisis de mercado del cobre y litio, y sus implicancias para los países de la región andina”, la demanda de EVs será el principal impulsor del mercado de baterías en el mediano y largo plazo, seguido en menor medida por el almacenamiento de energía. La adopción de esta tecnología en el ámbito automotriz y energético se genera a partir de las metas de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) fijada por la mayoría de los países a nivel mundial, donde el transporte y la generación de energía son los 2 mayores emisores de CO<sub>2</sub>. Un estudio de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su sigla en inglés)<sup>5</sup> estimó que las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del sector energético totalizaron 33.513 millones de toneladas, de las cuales el ámbito de transporte representó un 24% de este total durante 2018. De acuerdo con el IEA “Los vehículos de carretera (automóviles, camiones, autobuses y vehículos de dos y tres ruedas) representan casi las tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte”. Lo anterior, a la vez ha implicado un cambio importante en las preferencias de los consumidores hacia tecnologías menos contaminantes, entre estas el uso de vehículos eléctricos.

Esfuerzos internacionales por abordar la problemática del cambio climático llevan décadas de desarrollo. Desde la puesta en marcha de la Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático a principios de la década del noventa, seguido del Protocolo de Kioto de 1997, dieron forma a políticas estructurales y medidas de largo plazo que representan hoy en día ejes fundamentales en la consolidación de la industria de baterías de litio.

Quizás el acuerdo más renombrado y que marca un hito en la batalla contra el cambio climático es “el Acuerdo de París”. A este acuerdo se adhieren un total de 195 países a nivel mundial (el Protocolo de Kioto solo contaba con 37 países) que se comprometen a limitar el aumento de la temperatura media en 2°C basado en el período preindustrial, y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con el fin de conseguir este objetivo. Finalmente, este acuerdo se ratifica y es firmado por 174 países más todos los que integran la Unión Europea en 2016, entrando en vigor ese mismo año y estableciendo un marco de referencia en materia de clima y energía para 2030.

Tomando el caso de la Unión Europea, el desarrollo de baterías de litio y su cadena de valor ha tomado un rol predominante con el fin de abordar y ayudar en la descarbonización y la reducción de emisiones en el sector de transporte.

<sup>5</sup> IEA, Data and Statistics.

**Recuadro 1****Caso de Unión Europea: objetivos de reducción de emisiones y electromovilidad**

En un contexto histórico, y al considerar las emisiones de GEI acumuladas entre 1751 y 2017, la Unión Europea (incluyendo Reino Unido) se posiciona como el segundo mayor emisor a nivel mundial. Debido a sus elevados niveles de emisiones, y el consenso científico que confirmaba la existencia del calentamiento global causado por las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992, los 15 países pertenecientes a la UE en 1998 se adscriben al Acuerdo de Kioto, comprometiendo metas y estrategias para la reducción en sus emisiones de GEI en un 8% respecto a las emisiones realizadas en 1990. Este esfuerzo para combatir el cambio climático es ratificado por la UE (28) en 2016 a través del Acuerdo de París, comprometiéndose a la reducción de un 40% de sus emisiones para 2030 comparado a 1990. En diciembre del 2020, la UE actualiza su compromiso, incrementando sus objetivos de reducción de emisiones a un 55% en 2030 sobre la base de las emisiones realizadas en 1990. Estos objetivos han sido acompañados mediante políticas propias enfocadas a la reducción de emisiones en el largo plazo, tal como el “European Green Deal”, donde la UE suscribe el compromiso de alcanzar carbono neutralidad para el año 2050.

Dentro de este contexto, el sector de transporte ha adquirido un interés principal, ya que corresponde a la principal causa de polución en las ciudades europeas, además de representar cerca de 1/4 de las emisiones de GEI en la región. Las emisiones de este sector decrecieron en 2007, sin embargo, desde 2013 tuvieron un crecimiento sostenido hasta 2019, siendo uno de los pocos sectores que han incrementado sus niveles de emisión (+23.1% en 2020) comparado al escenario base de 1990. Por estos motivos, en 2016 se lanza la “Estrategia para la movilidad reducida en emisiones” de la UE, donde la eficiencia en el transporte y la transición hacia la electromovilidad y movilidad baja en emisiones se enmarcan como objetivos principales. Algunas de las medidas implementadas: integración de tecnología y comunicaciones entre vehículos e infraestructura vial, expansión de la estructura de carga en la región, fortalecimiento en los estándares de emisión para automóviles y vans, metas de participación de tecnologías de emisiones reducidas, educación de la población sobre todos los aspectos relevantes de las diversas tecnologías disponibles en el mercado vehicular, entre otras.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Comisión Europea, IEA, Banco Mundial, C2ES, UNFCCC, EEA.

Otro eje estratégico en diferentes países ha sido reforzar la seguridad de los sistemas eléctricos nacionales, junto con alcanzar la independencia energética de los combustibles fósiles. En este contexto, las baterías de litio se han convertido en una de las tecnologías predominantes para dar solución al almacenamiento de energía. Ésta se vuelve cada vez más relevante, cuando las fuentes de energía de combustibles fósiles están siendo reemplazadas por energías renovables que, a pesar de ser más limpias, también pueden ser intermitentes y difíciles de predecir, como es el caso de la energía eólica y solar.

**Recuadro 2****Caso de la República de Corea: dependencia de combustibles fósiles y transición energética**

Corea es un país con reducidos recursos energéticos disponibles, donde el marcado crecimiento económico y la rápida urbanización a partir del año 1990, implicaron un incremento en la intensidad energética requerido por el país y, por tanto, se observó una fuerte dependencia de las energías fósiles y la importación de combustibles (entre los años 2000 y 2010, más del 96% de la energía consumida en el país dependía de fuentes extranjeras), conformando una economía altamente sensible a las variaciones en los precios de los combustibles. El cambio climático también conformó un factor relevante para Corea, ya que, si bien no existen objetivos de reducción de emisiones en el primer Acuerdo de Kioto específicos para el país, la presión política internacional para que Corea redujera sus emisiones, se intensificó en la década del 2000. A pesar de esto, durante esta década el país se posiciona como uno de los países de mayor tasa de crecimiento en sus emisiones de GEI, producto de su crecimiento industrial y alto uso de energías fósiles, siendo a 2009 el sector energético y de industria responsables del 94,7% del total de emisiones.

Enmarcado en este contexto, en 2009 se ratifica e implementa la Estrategia de Crecimiento verde, enfocada a la autosuficiencia energética, la formación de una sociedad no dependiente de combustibles fósiles, con emisiones y consumo energético reducidos, además de la creación de nuevos factores de desarrollo social sustentable. A partir de este punto, las baterías de litio adquieren apoyo gubernamental prioritario, junto a otras 15 tecnologías, principalmente por su aplicación en sistemas de almacenamiento energético (ESS, por sus siglas en inglés), los cuales complementan y favorecen la extensión de las energías renovables en la matriz energética, mitigando en parte la dependencia de las energías convencionales.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Banco Mundial, IEA, UNFCCC, IFRI.

A nivel de arena decisional, y con base en León y Muñoz (2019), el desarrollo y las iniciativas asociadas a la cadena de valor de baterías de litio se pueden clasificar, en una primera instancia, con los acuerdos de descarbonización, como arenas de decisión técnica y políticas. Esto, a raíz de que el creciente interés de soluciones ambientalmente más sustentables parte desde el análisis científico que, a su vez, da lugar al primer acuerdo político entre 37 naciones industrializadas (Protocolo de Kioto).

**Cuadro 8**  
**Arenas decisionales asociadas a la cadena de valor de litio**

|                                 | Técnica | Política | Social | Institucional |
|---------------------------------|---------|----------|--------|---------------|
| Acuerdos de descarbonización    | X       | X        |        |               |
| Desarrollo de baterías de litio |         | X        | X      |               |
| Industria de EVs                | X       | X        | X      | X             |

Fuente: Elaboración propia con base en León y Muñoz (2019).

Respecto al desarrollo de las baterías de litio, la arena decisional recae sobre aspectos políticos y sociales, donde los primeros desarrollos son realizados por empresas con fines comerciales, para luego ser impulsado por distintos gobiernos con fines de almacenamiento energético y reducción de GEI. Las estrategias de desarrollo sustentable se enmarcan en arenas decisionales tanto políticas como sociales, ya que, si bien los actores directamente involucrados en la implementación de estas medidas son actores políticos, el foco principal responde a una problemática pública con participación ciudadana directa. Por último, la industria de vehículos eléctricos abarca aspectos técnicos, políticos, sociales e institucionales que se detallan en mayor medida en la siguiente sección.

### 3. Políticas, I+D, financiamiento e interacción entre los principales actores

#### a) Políticas públicas orientadas al desarrollo de la electromovilidad

La barrera principal para el desarrollo de la industria es alcanzar un mercado crítico que permita generar la demanda necesaria que justifique comercialmente el desarrollo de la cadena productiva de baterías para vehículos eléctricos u otras aplicaciones. En los casos de éxito, los países han aplicado una serie de iniciativas públicas y privadas para incentivar el desarrollo de la industria; algunas de las cuales se comentan a continuación:

**Incentivos financieros:** los altos costos de los vehículos eléctricos son una de las principales barreras de entrada y una de las maneras más directas de incentivar la compra de vehículo eléctricos es a través de incentivos financieros lo cuales, en general, se aplican en forma de reducción en impuestos u otorgamiento de subsidios directos a la compra de este tipo de transporte.

En esta línea, países como China, Japón y Francia han entregado subsidios que van desde los 2.800 dólares en China hasta 8.500 dólares en Francia en los últimos años. Otros países, como Noruega, implementaron políticas que apuntan a beneficios tributarios, como lo son los descuentos en el pago del IVA. Otras iniciativas también incluyen la reducción en el costo de estacionamientos para vehículos eléctricos y que estos puedan acceder a vías especiales para buses.

Sin embargo, el subsidio directo a la compra de vehículos eléctricos podría considerarse regresivo, particularmente en países de América del Sur, ya que se espera que la mayor parte de los compradores de EVs inicialmente correspondan a estratos sociales con alto ingresos, como lo indica Hjorthol (2013).

**Mayores estándares de eficiencia para la flota vehicular:** bajo este escenario se fijan metas de emisión promedio para que los vehículos puedan ser comercializados.

A modo de ejemplo, en 2009 la Unión Europea implementó un objetivo para las emisiones promedio de CO<sub>2</sub>, donde los vehículos producidos o importados por fabricantes de vehículos (OEMs) deben cumplir con un determinado nivel de emisiones para ser vendidos dentro de la UE. El gobierno de Japón, por su

parte, también impulsó un sistema similar en este país durante 2009. Sin embargo, durante 2019 tanto la UE como Japón actualizaron su regulación con objetivos más ambiciosos. En ambos casos, los nuevos objetivos se definen como reducciones porcentuales en las emisiones de CO<sub>2</sub> por km desde el año de referencia, 2016 para Japón y 2020 para la UE.

Para cumplir los objetivos propuestos en términos de emisiones, el porcentaje de EVs sobre el total del parque automotriz, tanto japonés como europeo, debería alcanzar un 20% de acuerdo con lo indicado por el IEA. Esto implica un fuerte crecimiento en la demanda y un desincentivo a la venta de vehículos de combustión interna.

**Alta inversión en infraestructura de carga:** Parte de la infraestructura básica para el desarrollo sustentable del mercado de la electromovilidad son las estaciones de carga necesarias para solventar el estrés de carga que esto puede implicar en el sistema de una región. Por lo que, la implementación de políticas que impulsen el avance de este tipo de infraestructura es clave para su desarrollo.

A nivel internacional, se han realizado distintos esfuerzos y políticas que apuntan a la instalación de estaciones de cargas, tanto públicas como privadas, entre estas:

- Subsidios sobre el valor de instalación de equipo de suministro para vehículos eléctricos.
- Nuevos códigos de edificación, de manera que las residencias, tanto edificios habitacionales como casas particulares, sean capaces de incluir puntos de carga para este tipo de vehículos.
- Mandatos para construir infraestructura de carga a lo largo de corredores viales y estaciones de combustible.

### Recuadro 3

#### Esfuerzos y políticas internacionales para el desarrollo de infraestructura

Dentro de estas medidas estructurales, es posible observar las políticas adoptadas en distintas regiones. En América del Norte, Canadá invirtió un presupuesto de US\$ 130 millones entre 2016 y 2017 para la construcción de estaciones de carga rápida en el sistema de autopistas a nivel nacional. Por otro lado, en Estados Unidos se realizó la cobertura de hasta un 30% del valor de instalación de equipos de suministros para EVs durante 2020, mientras que, a nivel residencial, se aprobaron nuevos Códigos de Edificación, de forma tal que toda nueva vivienda sea capaz de incluir puntos de carga para este tipo de vehículos.

En el caso de Japón, los incentivos entregados por el gobierno corresponden a subsidios, equivalentes desde la mitad hasta 2/3 del valor de la instalación, dependiendo de la ubicación y el tipo de estación de carga a instalar, ofreciendo además medidas similares para la instalación de estaciones de repostaje de hidrógeno. Por último, el gobierno de China también ha impulsado subsidios para el fomento de la infraestructura de carga pública, privada/residencial y empresarial.

Estas medidas, al igual que en otros países, han sido complementadas a través de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, enfocadas en este caso a nuevos estándares de carga con potencias por sobre los 900 kW.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de International Energy Agency (IEA).

En conclusión, las políticas públicas que incentiven el desarrollo de la industria de baterías de litio (beneficio sobre impuestos, mayores subsidios y políticas que impulsen mayor adopción y compras de EVs) han sido la clave para el rápido crecimiento en la demanda de vehículos eléctricos. Lo anterior, es fundamental a la hora del desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio a través de una mayor demanda de éstas, sin embargo, estos no son los únicos aspectos relevantes para el éxito en el desarrollo de la industria y, por lo tanto, esfuerzos dentro de mercados intermedios (precursores, cátodos, celdas y producción de baterías de litio) son fundamentales.

#### 4. Incentivos orientados al desarrollo de la cadena de valor de baterías (precursores, cátodos, celdas y producción de baterías de litio)

A nivel de incentivos específicos para el desarrollo de la cadena de valor de la industria de baterías de litio, EE.UU. y Europa han implementado distintas estrategias. Entre estas, se incluyen beneficios tributarios y/o el financiamiento compartido por parte del gobierno y empresa privada en la instalación de *gigafactories*, también definido como “dólar por dólar”.

En el siguiente cuadro se muestran algunos ejemplos de este tipo de incentivos.

**Cuadro 9**  
**Políticas y subsidios para el desarrollo *downstream* de la cadena de valor de baterías de litio**

| Planta   | Política y/o subsidio   |
|--|---|
| Tesla / Panasonic “Gigafactory” integrada en Reno, Nevada (Estados Unidos) | Inversión garantizada por incentivos (estimados en US\$ 1,3 mil millones) que incluyen exenciones multianuales de varios impuestos, créditos fiscales transferibles hasta US\$ 195 millones, descuentos en energía y apoyo a la infraestructura.  |
| LG Chem “Gigafactory” integrada en Holland, Michigan (Estados Unidos)      | Inversión garantizada dólar por dólar. Subvención federal a la inversión (US\$ 151 millones en primera instancia), US\$ 100 millones en créditos fiscales estatales, US\$ 25 millones en créditos para la creación de empleo y suministro de tierras.   |
| LG Chem “Gigafactory” integrada en Polonia                                 | Inversión garantizada dólar por dólar. La inversión total llega a US\$ 700 millones para la construcción de la <i>Gigafactory</i> , de los cuales US\$ 350 millones fueron garantizados por fondos gubernamentales (según lo permitido por las regulaciones de la UE). Además, de exenciones de impuestos, incentivos para empleadores y los terrenos para la construcción. |

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Australian Trade Investment Commission.

Acompañado de todas las políticas y subsidios mencionados, otra clave del éxito es la inversión en capital humano, habilidades, conocimientos técnicos e I+D. La tecnología utilizada en la cadena de valor de baterías de litio requiere de conocimientos altamente especializados y, por lo tanto, los incentivos a la demanda de vehículos eléctricos y empresas que conforman la cadena de valor no serán suficiente para el impulso de la industria.

##### Capital humano, habilidades y conocimientos técnicos

El proceso productivo, tanto a nivel de materias primas como en la producción de productos intermedios y las baterías en sí, involucran procesos complejos que requieren desarrollo, investigación y capital humano altamente especializado, esencialmente en materia química, eléctrica y mecánica. Por lo tanto, la inversión e incentivos para la especialización y capacitación de capital humano en relación con esta área debe considerarse una prioridad.

##### Investigación y desarrollo

El desarrollo de las primeras baterías secundarias de litio data de la década de los noventa, con Japón y Corea como los principales desarrolladores de esta industria, seguidos por China. Desde entonces el mercado ha visto un continuo desarrollo de esta tecnología, ayudando tanto a la disminución de costos, al uso más eficiente de recursos como al incremento de capacidades en baterías de litio. Sin embargo, esta industria, a lo largo de toda su cadena de valor, sigue en constante mejora y, por lo tanto, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) en conjunto con asociaciones entre universidades, gobiernos y el impulso de un ecosistema de emprendimientos de alto valor tecnológico (notablemente Tesla), son factores determinantes para avanzar con éxito en desarrollo *downstream* en el mercado de las baterías de litio, tanto en el mediano como en el largo plazo.

Al mismo tiempo, la tecnología y la propiedad intelectual juega un papel fundamental, no sólo en aspectos relacionados a la producción de vehículos eléctricos y sus componentes, sino también a nivel de la infraestructura necesaria, tal como lo indica el *International Centre for Trade and Sustainable Development*. En la actualidad, la propiedad intelectual está concentrada en un número pequeño de empresas, por lo tanto, las alternativas para obtener el conocimiento y la tecnología requeridas son a través de la inversión en investigación y desarrollo o bien a través de inversión extranjera directa o *joint ventures* entre empresas nacionales y extranjeras.

#### Recuadro 4

##### Caso de la Unión Europea: EBA, una alianza para el desarrollo de las baterías

En el último trimestre del año 2017, la Comisión Europea inicia la Alianza de Baterías de la Unión Europea (EBA por sus siglas en inglés), como una plataforma colaborativa entre los múltiples Estados Miembros de la UE, actores privados relevantes en la industria y el mundo académico, con el desafío de instaurar una industria de baterías competitiva en Europa. A diferencia del caso de países como Corea y Japón, los cuales fueron pioneros en el desarrollo de estas tecnologías, la Unión Europea busca impulsar la industria a través del desarrollo integral de la cadena de valor a nivel local, y a su vez, atraer y subsidiar la inversión extranjera, la cual cuenta con el conocimiento, las patentes y las habilidades técnicas requeridas para el desarrollo de la industria. Si bien esta ha sido la principal estrategia de fomento a la industria de vehículos eléctricos y la cadena de valor de las baterías de litio, desde el inicio ha sido acompañada con importantes subsidios e impulsos para el desarrollo a nivel regional, comprometiendo políticas públicas orientadas a asegurar el acceso a las materias primas requeridas por la cadena de valor, apoyar la industria de celdas de batería mediante financiamiento específico para proyectos de este tipo, fortalecer el liderazgo dentro de la industria enfocado en I+D, entre otros. Entre los diversos fondos destinados a la inversión en baterías de litio o aplicaciones relacionadas a estas, *Horizon 2020*, un instrumento financiero para asegurar la competitividad de la UE a nivel global, al año 2019 contó con un presupuesto de € 360 millones dedicados exclusivamente para la investigación en materias relacionadas a baterías. Junto a esto, € 270 millones se destinaron a I&D en aplicaciones relacionadas a *smart grids* y ESS. Finalmente, el Fondo de Desarrollo Regional Europea (ERDF, por sus siglas en inglés) y el Fondo de Cohesión (CP, por sus siglas en inglés), suman un estimado de € 70 mil millones para el apoyo a medidas de eficiencia energética y descarbonización del sector de transporte.

Dentro de los distintos miembros de la UE, los incentivos y regulaciones han sido direccionadas hacia aplicaciones de almacenamiento energético, y en mayor medida, a la electromovilidad, debido a una mayor proyección de demanda de baterías en este último mercado.

Respecto a las políticas enfocadas a ESS, se han optado medidas como el apoyo a la generación de energías renovables complementadas con ESS mediante esquemas tarifarios que favorecen el autoconsumo a nivel residencial y comunitario, mientras que, a nivel de generación, el desarrollo de los mercados de servicios complementarios dentro de los mercados eléctricos ha favorecido el aumento en la capacidad instalada de almacenamiento energético.

Entre las medidas relacionadas con la electromovilidad, la UE ha definido metas de corto, mediano y largo plazo sobre las ventas de vehículos bajos en emisiones, considerando su participación total dentro del parque vehicular (13 millones de vehículos de bajas o cero emisiones para 2025), además de plazos definidos para una completa transición desde vehículos de combustión interna a EVs. Estas metas también establecen objetivos para la infraestructura de carga en cada país, junto a la actualización de los Códigos de Infraestructura vigentes para las estaciones de carga.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Comisión Europea, IEA, ETIP, Batstorm.

Si bien en el caso de Corea también se han aplicado algunas de las políticas antes mencionadas, el desarrollo de la industria de baterías de litio proviene principalmente de una estrategia de gobierno para el almacenamiento energético que se comenta a continuación.

**Recuadro 5****Caso de la República de Corea: el impacto de una estrategia energética nacional**

El desarrollo de políticas públicas que se han implementado en Corea, y que han tenido un impacto en la industria de las baterías de litio, pueden ser clasificadas dentro de tres fases marcadas por los distintos "Energy Master Plan" implementados en 2009, 2014 y 2019 por el gobierno coreano.

En una primera fase, los objetivos apuntaban hacia la difusión/masificación de tecnologías verdes y energías sustentables, además del desarrollo del mercado para estas tecnologías a través de la inversión en investigación y desarrollo (I+D), de forma tal de posicionar a Corea como líder mundial en los mercados de tecnologías verdes para el 2030. Para esto, se utilizó un enfoque orientado al desarrollo de pequeñas y medianas empresas del área, a la innovación en precursores y cátodos de estas tecnologías, y al establecimiento de un presupuesto fijo para I+D. Para el caso particular de las ESS, dentro del plan de inversión para la planificación energética del 2011 se presupuestaron US\$ 620 y 550 millones para I+D en el sector gubernamental y privado, respectivamente.

Para la segunda fase de la estrategia energética coreana, eventos como el accidente nuclear de Fukushima, Japón en el 2011 cambiaron la visión del país sobre el avance energético, pasando desde una planificación de crecimiento en generación eléctrica (con una fuerte participación de energía nuclear), hacia un esquema orientado al manejo de la demanda eléctrica, a la generación distribuida (generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando la cogeneración, con la cual se maximiza el uso de los combustibles utilizados), y a la seguridad de operación del sistema eléctrico. A partir de este punto es posible observar un crecimiento sostenido en la integración de los ESS en la matriz energética coreana, impulsado por políticas orientadas específicamente a estos sistemas. A nivel de generación, planes piloto de sistemas de almacenamiento para la regulación, estabilización y seguridad del sistema eléctrico fueron un precedente a nivel mundial. Además, aquellas empresas generadoras con obligaciones de generación renovable podían ponderar su generación hasta 5 veces si esta provenía desde ESS, de forma tal que 1 MWh descargado desde estos sistemas, era contabilizado como 5 MWh dentro de sus obligaciones de generación de energía renovable no convencional (ERNCC), incentivando la inversión en estas tecnologías. A nivel residencial, subsidios para la instalación de estos equipos, además de esquemas tarifarios diferenciados para ESS, permitieron viabilizar económicamente este tipo de proyectos en el ámbito doméstico.

Desde el tercer plan energético, una visión estructural del desarrollo sustentable hacia el 2040 ha sido implementada, introduciendo la innovación tecnológica en ciudades e infraestructuras como uno de los objetivos claves dentro de la planificación. Dentro de esto, se plantea la innovación en el consumo eléctrico dentro del transporte en las ciudades, liderado principalmente por la inteligencia de transporte y la movilidad sustentable. Ejemplo de medidas adoptadas bajo esta visión son los subsidios anunciados en 2019 para EVs y su infraestructura de carga por montos cercanos a los US\$ 900 mil millones, además de metas para el 2030 donde un tercio de los nuevos vehículos dentro del parque vehicular sean impulsados a través de sistemas de baterías o celdas de combustible.

Todas estas medidas en su conjunto han impulsado el desarrollo completo de la cadena de valor de las baterías de litio.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MOTIE, IFRI, IEA, Banco Mundial.

## 5. Acceso a capital y financiamiento

Teniendo en consideración los grandes montos de inversión requeridos para desarrollar la industria de las baterías, el acceso a fuentes de financiamiento y tasas competitivas de interés como parte de un esquema de política pública y esfuerzos intrarregionales, pueden ser incentivos directos para la ejecución de nuevos proyectos.



### **Recuadro 6** **Política industrial en la Unión Europea y rol del Banco Europeo de Inversiones**

En lo que respecta a la financiación de la UE, los principales instrumentos presupuestarios para apoyar la política industrial incluyen el programa marco de trabajo Horizon 2020 para la investigación y la innovación, el programa de la UE para las pequeñas y medianas empresas (COSME, por sus siglas en inglés), los fondos estructurales y de inversión europeos, el Mecanismo Para Conectar Europa (CEF, por sus siglas en inglés), el Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas (FEIE), los sistemas de navegación por satélite EGNOS, Galileo, y Copérnico. Los debates a nivel de la UE convergen cada vez más en la necesidad de aprovechar más la financiación privada para apoyar a la industria europea (por ejemplo, el Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas, que tiene la modernización de la industria europea como uno de sus principales objetivos).

#### **El EIB ha sido un pilar fundamental para el financiamiento de la industria de baterías**

En 2020, el Banco Europeo de Inversiones (EIB, por sus siglas en inglés) anunció que esperaba incrementar su respaldo a proyectos relacionados con baterías a más de € 1.000 millones de financiamiento en ese año. Esto coincide con el nivel de apoyo que el EIB ha ofrecido durante la última década. Desde 2010, los proyectos de baterías financiados por el BEI totalizaron € 950 millones y apoyaron € 4.700 millones de los costos generales del proyecto. Este apoyo se beneficia de una asociación exitosa con la Comisión Europea que ha habilitado nuevos instrumentos de financiación como el InnovFin Energy Demonstration Programme, un vehículo para facilitar la fase de demostración de proyectos energéticos innovadores, incluidas baterías.

La capacidad de producción de los proyectos de baterías de litio del EIB, tanto los ya aprobados o firmados como los que se encuentran en evaluación, es de 51 GWh. Esto es comparable con la capacidad de producción anual actual de la UE y Estados Unidos, ambos casos con una capacidad total de 49 GWh.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de European Investment Bank: [www.eib.org](http://www.eib.org).

## **6. Principales actores y formas de vinculación en la cadena de valor de litio**

Similar a cualquier industria, la cadena de valor de la industria de litio cuenta con actores del sector público (gobiernos e instituciones de los gobiernos), organizaciones internacionales, mundo privado y grupos sociales y académicos, los cuales se distribuyen a lo largo de toda la cadena de valor (*mid y down-stream* —foco de esta sección).

El sector público y las organizaciones internacionales han sido fundamentales en el desarrollo de la industria de baterías de litio en la búsqueda de lograr economías más verdes, reduciendo la cantidad de emisiones de GEI. Dentro de este sector, es posible encontrar dos tipos de iniciativas que han sido utilizadas como los principales recursos de estos actores para desarrollar e impulsar esta industria, entre estos:

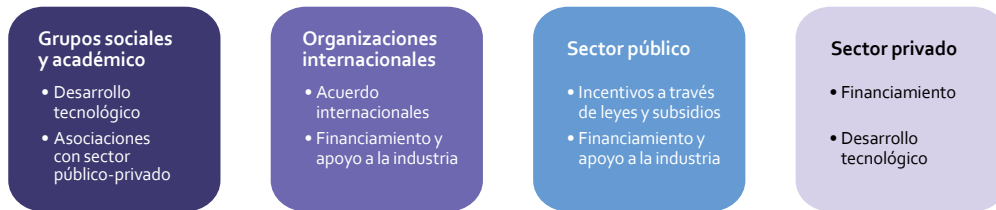
- i) Políticas públicas en términos de eficiencia a la industria automotriz, lo que ha empujado a los productores a tomar medidas de mejoramiento o bien hacer un cambio hacia una mayor producción de vehículos eléctricos y, por ende, de sus tecnologías intermedias, como es la cadena de valor de baterías de litio.
- ii) Políticas públicas en términos de subsidios tanto al consumidor final de EVs como a la industria intermedia productora de precursores, cátodos, celdas y baterías de litio.

Ejemplos son el Banco Europeo de Inversiones (órgano financiero comunitario de la Unión Europea), quien ha apoyado con importante financiamiento proyectos relacionados con baterías de litio, y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), quien ha impulsado fuertemente la electrificación del transporte público en América del Sur a través de iniciativas tales como el fondo NDC Acelera<sup>6</sup> y el fondo del Programa de Infraestructura Sostenible del Reino Unido<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> <https://www.iadb.org/fr/project/RG-T3078>.

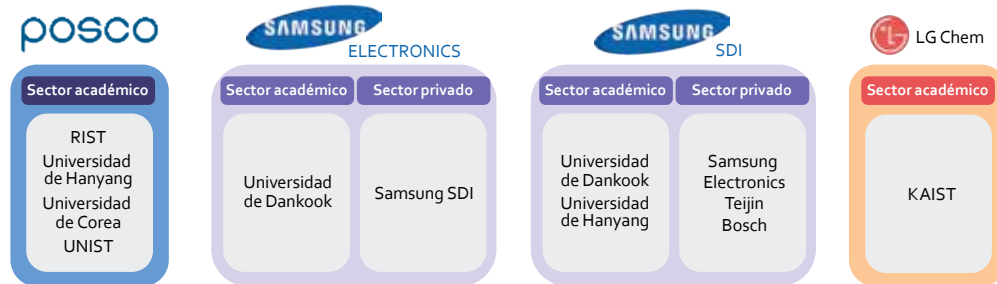
<sup>7</sup> <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2017-11-14/bid-y-reino-unido-crean-fondo-de-infraestructura%2C11956.html>.

**Diagrama 3**  
Principales herramientas en la cadena de valor de litio baterías y casos aplicados



República de Corea

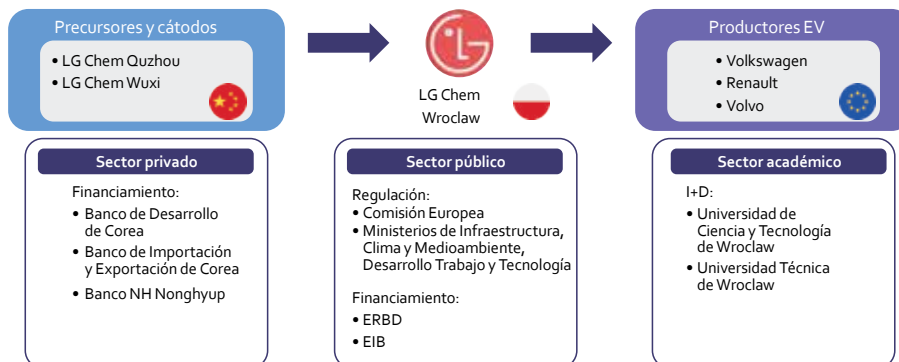
Relaciones colaborativas entre empresas como Samsung SDI o LG Chem, y las universidades de Seúl, Hanyang, Sungkyunkwan, etc., se han establecido para el desarrollo investigativo en el espectro completo de las baterías de litio. Esto incluye, el desarrollo de materiales primarios, productos finales, estándares de seguridad, entre otros. Por ejemplo, para el caso particular de la investigación relacionada a membranas para baterías de litio, tanto LG Chem como POSCO mantuvieron colaboraciones con múltiples universidades para esta investigación. A diferencia de estos actores, Samsung SDI no solo mantuvo colaboraciones con dos universidades, sino que también colaboró con Teijin y Bosch, actores privados enfocados a la elaboración de separadores para baterías, y baterías para aplicaciones en EVs, respectivamente, de forma de enfrentar la competitividad del mercado.



Unión Europea

LG Chem Wroclaw Energy, la primera planta de baterías en Europa para aplicaciones de EVs, inicia su construcción en octubre del 2016, y a la fecha, se encuentra en constante expansión, por lo que se espera que su capacidad alcance los 65 GWh de producción para finales de 2022. Su instalación y actual expansión en Europa ha requerido del rol de múltiples actores más allá de solo LG Chem, ya que ha contado con el apoyo de al menos 12 instituciones financieras, entre las cuales se destaca la participación del Banco de Inversión Europeo (EIB, 2020), el cual facilitó € 480 millones para la expansión del centro productivo, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (ERBD, 2019), cuyo préstamo de largo plazo por un monto de € 250 millones contribuyó con la construcción de las primeras etapas de la fábrica, y los subsidios facilitados por el gobierno de Polonia (€ 95 millones) para favorecer el emplazamiento y expansión de este proyecto (Comisión Europea, 2020).

Este proyecto, se ve favorecido por las relaciones comerciales de largo plazo que se han establecido con productores de vehículos eléctricos en Europa, tales como Volkswagen, Volvo y Renault (Reuters, 2010, 2019), asegurando un mercado final para la producción, mientras que, a nivel de abastecimiento, los materiales catódicos y precursores requeridos en el proceso son provisto por fábricas propias de LG Chem en China. A nivel local, la empresa ha sostenido acuerdos con universidades de Wroclaw (PITA, 2016), favoreciendo la investigación y desarrollo en tecnología relacionada a baterías, junto con favorecer la especialización de la fuerza laboral.



Fuente: Elaboración, adaptación y traducción propia sobre la base de Banco Mundial, 2020.

Desde el mundo privado, la lista es extensa y cuenta con un sinnúmero de empresas que han formado y forman parte de la cadena de valor de baterías de litio, partiendo por Sony – primer desarrollador de una batería secundaria de litio a nivel comercial, llegando a la actualidad con actores como BASF (productores de precursores y cátodos), Panasonic, LG, Samsung (productores de baterías), Tesla, BYD (productores de vehículos eléctricos), por nombrar algunos.

Los grupos sociales y académicos, al igual que los demás actores, han jugado un rol determinante en la industria. Con respecto a los grupos sociales, estos han impulsado y han exigido a la industria una mayor transparencia en término de la tecnología y que ésta incorpore soluciones a problemáticas medioambientales y sociales, focalizadas principalmente en el área de la minería. Por otra parte, es posible considerar a los grupos académico como un pilar de la industria, ya que gran parte de las nuevas tecnologías que se utilizan hoy para la producción de baterías de litio, han sido desarrolladas a través de sus asociaciones con el sector público y/o privado.

### **Interacciones específicas del caso de desarrollo tecnológico de la República de Corea**

El estudio realizado sobre las distintas fases de análisis de las políticas públicas implementadas en Corea muestra interacciones principalmente del tipo de negociación, donde, por ejemplo, el gobierno facilita recursos e incentivos a los actores privados, sociales o académicos, obteniendo a cambio avances en los objetivos nacionales establecidos dentro de su planificación estratégica. Un ejemplo corresponde a la interacción gubernamental-social, donde el gobierno dispone de subsidios para vehículos eléctricos o sistemas de almacenamiento a nivel doméstico, favoreciendo la generación distribuida, la seguridad del sistema eléctrico y la reducción nacional de emisiones de GEI (IEA, 2020a).

Como se muestra en el cuadro 10, el tipo de interacciones observadas entre el sector académico y los actores públicos y privados, son en su mayoría de negociación. En estas relaciones, el actor público o privado facilita fondos y/o recursos a universidades o centros de investigación (Samsung SDI, 2019), de forma tal que los avances tecnológicos desarrollados favorezcan el desarrollo del mercado, o incrementen el recurso cognitivo del actor privado, permitiendo mantener una posición competitiva a nivel internacional (Korea IT, 2020).

En cuanto a la relación público-privada, el gobierno coreano ha jugado un rol fundamental en fortalecer la cadena de suministro necesario para la industria de las baterías de litio, además de fomentar el desarrollo del mercado para las diversas aplicaciones de estos sistemas. Estas medidas apuntan a reducir la sensibilidad de la industria ante el abastecimiento de materias primas (*upstream*), además de favorecer la expansión del mercado, incentivando a la empresa privada a ingresar a la industria (MOTIE, 2019).

### **El rápido desarrollo industrial para crear capacidad en Europa**

Al igual que el caso coreano, la interacción entre los distintos actores de la industria en la Unión Europea ha sido clave para el desarrollo *downstream* de la cadena de valor de litio. Sin embargo, en este caso el foco se ha puesto en el desarrollo de la industria, y tiene como fin, abastecer el mercado de vehículos eléctricos. Como se muestra en el cuadro 10, también es relevante destacar la importancia de actores internacionales, como en este caso LG que tiene las competencias técnicas (capacidad creada en Corea) y su cadena de suministro ya desarrolladas (en China). Así, los esfuerzos apuntan a adoptar una tecnología, asegurar el acceso a las materias primas, la expansión del mercado de las baterías, junto con establecer incentivos y regulaciones claras, promoviendo así la inversión privada y una industria competitiva que beneficie de forma íntegra a la cadena de valor.

**Cuadro 10**  
**Contexto y entorno decisional**

|                               | <b>República de Corea: pioneros tecnológicos</b>   | <b>Unión Europea: integradores tecnológicos</b>   |
|-------------------------------|--|---|
| <b>Contexto económico</b>     | Desde la década de los ochenta, el gobierno coreano cumple el rol de promover industrias de alto valor agregado en el país, lo cual no solo favoreció el desarrollo de baterías desde el mundo privado, con Samsung y LG a través de sus subsidiarias Samsung SDI y LG Chem como principales actores, sino que también se observó un rápido crecimiento económico durante la década del 2000, con un crecimiento anual promedio del PIB del 4,72% entre el 2000 y 2010, siendo la industria el sector de mayor crecimiento económico dentro del mismo periodo, según la OECD. Esto, entre otros puntos, se reflejó en inversiones superiores a los mil millones de dólares en la primera estrategia energética nacional.   | La UE ha favorecido el desarrollo económico y comercial de sus Estados Miembro, a través del fortalecimiento del mercado interno o único, en el cual la mayoría de los servicios y recursos circulan libremente dentro de las fronteras de los diversos miembros de la unión. Esta estructura colaborativa ha permitido establecer marcos de desarrollo en conjunto, favoreciendo el crecimiento de industrias estratégicas, como es el caso de la cadena de valor de las baterías. Junto con esto, instancias colaborativas como <i>Horizon 2020</i> , entre otros, permiten respaldar proyectos orientados al desarrollo integral, sustentable y tecnológico de la región a través de las baterías de litio.  |
| <b>Contexto cognitivo</b>     | Producto del temprano desarrollo y fomento a la cadena de valor, empresas como Samsung SDI y LG Chem adquirieron capacidades y conocimientos estratégicos para el posterior desarrollo de baterías de litio en sistemas de almacenamiento energético, posicionándose para el año 2009 como líderes en propiedad intelectual asociada a tecnologías energéticas verdes, según indicadores GETI (Green Energy Technology Index). En consecuencia, múltiples empresas no solo adquirieron experiencia y aprendizaje del <i>know-how</i> de la industria, sino que poseían capital humano altamente calificado, el cual es un factor determinante en el desarrollo <i>downstream</i> de la industria de baterías de litio, siendo un recurso necesario para el desarrollo exitoso en procesos asociados a la producción de precursores, cátodos y celdas para baterías.  | Respecto al contexto cognitivo, y a diferencia del caso coreano, la UE ha debido adoptar la tecnología desde países precursores como Japón y Corea, de forma que las políticas públicas se han orientado a atraer la inversión extranjera altamente capacitada en la cadena de valor, adquiriendo de esta forma el <i>know-how</i> requerido en las distintas etapas de la manufactura de las baterías. A pesar de esta carencia de experiencia en el proceso específico del desarrollo de baterías, la UE posee una fuerza laboral altamente calificada, además de medidas orientadas a identificar y subsanar las brechas existentes en las habilidades específicas requeridas.   |
| <b>Contexto institucional</b> | La República de Corea sigue un modelo de república democrática de sistema presidencial, donde existe división entre los distintos poderes del estado, tanto jurídico, legislativo y presidencial. Indicadores de gobernanza del Banco Mundial para estabilidad y riesgo país, la calidad regulatoria y estado de derecho, pueden ser considerados como indicadores que incentivan y entregan confiabilidad a los inversores. Considerando estos indicadores, Corea presenta indicadores cercanos al percentil 80 en casi todos estos indicadores, al igual que otros países precursores de las baterías de litio como Japón. Sin embargo, esta cifra se reduce al considerar la estabilidad política de la región a través de las distintas fases identificadas, ubicándose la estabilidad política de la región en el percentil 50 en 2014, durante el desarrollo del Segundo Plan Maestro Energético del país. | A nivel institucional, la UE mantiene un enfoque en el desarrollo de instituciones altamente transparentes, eficientes y democráticas. Esto mediante el incentivo a la participación directa de la ciudadanía sobre las políticas que afecten su calidad de vida. Relacionado a la eficacia y competencia de las instituciones, el estado de derecho, y la efectividad del gobierno, estas presentan índices de gobernanza al igual que Corea sobre el percentil 80 dentro de la región, destacándose ciertos Estados miembro con indicadores sobre el percentil 95, siendo esto un gran incentivo para la inversión privada dentro de la región. A pesar de esto, el marco de trabajo establecido por los Estados miembro está sujeto a limitaciones, y se acota al desarrollo de competencias transversales en la Unión Europea, mientras que otras competencias más específicas siguen siendo particulares de cada Estado miembro. Esto implica que el marco institucional, referido a los proyectos de baterías en la región, variará en cada caso dependiendo del país sede de este. |

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Banco Mundial, Samsung SDI, OECD, Comisión Europea, European Technology and Innovation Platform.

De manera general, en la Unión Europea, las principales iniciativas apuntan al trabajo colaborativo y de negociación entre gobiernos, instituciones académicas y empresas privadas, basadas en la relevancia estratégica del desarrollo de las baterías en la transición energética sustentable, y con el objetivo de establecer a Europa como un líder global en este ámbito. Por ejemplo, en las interacciones entre distintos actores públicos, se enmarca un modo de interacción colaborativo entre los Estados Miembros, de forma de explorar formas eficientes de apoyar la innovación dentro de la cadena de valor, realizar financiamiento público y en conjunto de proyectos enfocados a la manufactura de celdas de batería. Junto a esto, se espera mantener esquemas de transparencia en el desarrollo tecnológico, favoreciendo el aumento en conjunto de capital cognitivo (Comisión Europea, 2018).

Otras áreas estratégicas, como el desarrollo y fortalecimiento de la fuerza de trabajo altamente capacitado, requieren de la colaboración por parte de los actores académicos. Medidas como facilitar el trabajo entre actores privado y paneles de expertos altamente especializados son relevantes para los procesos de manufactura y control de sistemas. De igual forma, crear lazos entre centros de investigación y proyectos piloto permiten adquirir experiencia de manufactura y *know-how* para ambas partes (EITP, 2020).

## 7. Principales modos de gobernanzas aplicados por los países líderes de la industria

De acuerdo con León y Muñoz (2019), los modos de gobernanzas se pueden clasificar en 3 grandes categorías: de mercado; jerárquico; y de red.

De mercado: un modelo de mercado se caracteriza por empresas privadas, las cuales tiene a cargo el desarrollo de la industria, donde el principal argumento es que las empresas privadas son más eficientes administrando empresas o prestando servicios con respecto al sector público.

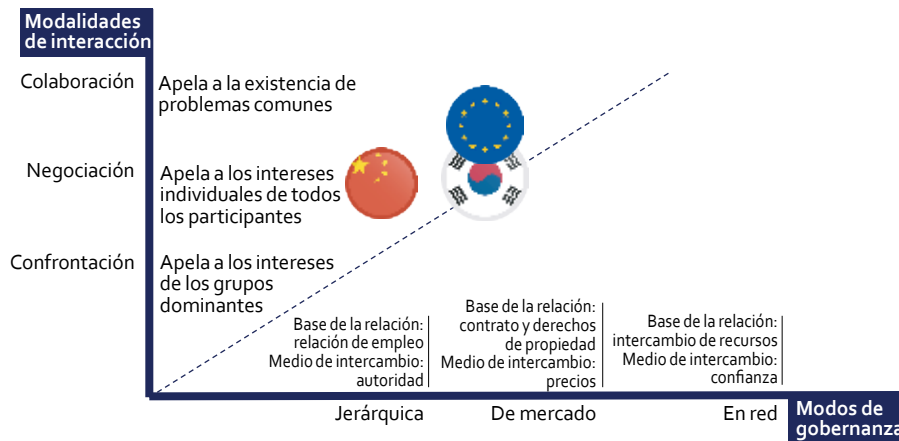
Jerárquico: directa relación entre el gobierno y el desarrollo de la industria, donde el gobierno cuenta con empresas estatales, como principales actores en el mercado, justificándose en términos de soberanía de la propiedad y las rentas —particularmente en el caso de los recursos naturales.

De red: sociedades civiles y organizaciones comunitarias toman las decisiones sobre el desarrollo y control de la industria, principalmente en el marco de utilización de recursos naturales, por lo que tiene escasa aplicabilidad directa a la industria de baterías.

En términos generales y en base a las definiciones en que se categorizan las relaciones y modalidades de interacción entre los actores en León y Muñoz (2019), la industria de baterías de litio se puede categorizar como colaborativa y de negociación. A diferencia del mercado *upstream* minero, donde se puede clasificar como interacción confrontacional debido a la larga lista de conflictos gubernamentales y sociales en base a la explotación de materia primas, el desarrollo *mid-down stream* de la cadena de valor ha sido un trabajo mancomunado entre los distintos actores, públicos, privados, sociales y académicos.

Líderes de esta industria, como Japón, Corea, Estados Unidos y Europa, funcionan con modos de gobernanza de mercado, en donde los gobiernos tienen distintos niveles de involucramiento, sin embargo, estos cumplen principalmente un rol fiscalizador. A diferencia de estos, China podría considerarse un mercado que ha evolucionado desde un sistema jerárquico a uno mixto, entre jerárquico y de mercado, dado que aún cuenta con gran participación de empresas públicas y donde el gobierno es quien toma gran parte de las decisiones a nivel de desarrollo empresarial.

**Diagrama 4**  
**Modalidad de interacción y modos de gobernanza**



Fuente: Elaboración propia con base en León y Muñoz (2019).

Considerando las políticas públicas implementadas por los Estados Miembro de la UE, además de la planificación estratégica desarrollada con foco en crear una industria manufacturera de baterías sustentable y competitiva en el continente, se puede definir el modo de gobernanza dentro de la región como un modelo de mercado, donde se reconoce el liderazgo y aporte de los actores industriales, y aquellos enfocados a la investigación y desarrollo tecnológico, siendo los actores gubernamentales los encargados de establecer un marco institucional claro, justo y consistente, monitorear e impulsar el crecimiento del mercado, además de identificar y abordar las posibles barreras de acceso al mercado.

Dentro de aquellas políticas desarrolladas para incentivar la demanda de baterías en la región, se destacan en su mayoría esquemas tarifarios diferenciados para sistemas de almacenamiento energético, beneficios impositivos, subsidios a vehículos de bajas emisiones e infraestructura de carga doméstica de vehículos eléctricos, mayores estándares de eficiencia vehicular, junto a metas claras relacionadas a la reducción de las emisiones nacionales de GEI, y la penetración de energías renovables en la región.

#### Recuadro 7

##### Caso de la Unión Europea: dinamismo constante a la política industrial

El enfoque estratégico en la política industrial en Europa está evolucionando actualmente con un enfoque en la identificación de cadenas de valor estratégicas y la movilización de todas las políticas y herramientas pertinentes (también financieras) para apoyar estas cadenas a través de programas industriales específicos. Esto se ha visto impulsado en parte por la prohibición por parte de la Comisión Europea de la adquisición propuesta por Siemens de Alstom (por razones de política de competencia), lo que ha dado lugar a un nuevo impulso de la política industrial (por ejemplo, el manifiesto conjunto sobre política industrial para el siglo XXI) para una estrategia industrial europea más ambiciosa con objetivos claros para 2030, y una examinación de cómo los marcos regulatorios de la UE pueden hacer que la industria sea competitiva (por ejemplo, fusión, competencia, normas de apelaciones globales). Esto ha sido recogido ahora por el Consejo Europeo y la nueva Comisión "von der Leyen".

Lograr esto aumentará la coordinación y una cooperación más estrecha entre un número cada vez mayor de partes interesadas, y un cambio en el conjunto de políticas, incluido un cambio en el equilibrio de los enfoques horizontales y verticales. Las medidas horizontales necesitan centrarse más en las geografías, combinando efectivamente una multitud de instrumentos para impulsar la formación de clústeres regionales dentro de la UE y llevar países miembros menos avanzados a las cadenas de valor mundiales.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de European Commission, European Technology and Innovation Platform, Batstorm, EBA.

Por su parte, es posible caracterizar el modelo de gobernanza en Corea como una gobernanza prioritariamente de mercado, donde el gobierno cumple el rol de promover, fortalecer y regular el mercado, sin interferir directamente sobre éste, siendo el actor privado el principal actor en el desarrollo de la industria y cadena de valor de las baterías de litio. Esto, fuertemente apoyado con la presencia de empresas de tecnología con planes de desarrollo muy agresivos. De esta forma, la mayoría de las políticas regulatorias aplicadas al mercado mantienen un carácter de incentivo por sobre uno impositivo, permitiendo que el sector privado administre de forma independiente y eficiente sus recursos.

A pesar de que es posible identificar medidas que siguen un modo de gobernanza de carácter jerárquico, como la imposición gubernamental a grandes consumidores de incluir sistemas de almacenamiento energético dentro de sus instalaciones, las interacciones de mayor relevancia en el desarrollo de la cadena de valor se enmarcan en un contexto de competencia y constante desarrollo, ajustándose a un modelo de gobernanza de mercado.

## 8. Análisis del contexto o entorno decisional

El contexto o entorno decisional se caracteriza en 3 áreas principales: el contexto económico y tecnológico; el contexto institucional; y, por último, el contexto cognitivo (León y Muñoz, 2019). El primero, consiste en el conjunto de factores económicos, los cuales describen a un país o sociedad en un determinado período de tiempo. En segundo lugar, la estructura constitucional, institucional y legal son las determinantes del contexto institucional en cada país. Por último, el conocimiento y su cadena de valor (producción, distribución, interpretación y aplicación) conforman lo que se define como contexto cognitivo.

A nivel de los principales países productores de baterías de litio y sus productos intermedios, se encuentran China, Corea, Japón, Estados Unidos y los países que conforman la Unión Europea, los cuales en su mayor parte son países industrializados con condiciones macroeconómicas relativamente estables que favorecen la confianza de los consumidores y los inversionistas.

En términos institucionales, la estructura de la muestra es más variada, aunque en su mayoría conformada por países con estructura altamente democráticas e independientes, con la excepción de China, la cual, si bien se autodenomina como una democracia socialista, esta es categorizada por varios autores de distintas publicaciones como totalitaria o autoritaria —entre estos Howell & Pringle (2019) y Duckett (2020).

Desde un punto de vista cognitivo, la interacción y transferencia de conocimiento entre el mundo privado y académico ha sido un factor clave. Por otro lado, la inversión en I+D impulsada por los distintos gobiernos ha favorecido la reducción de costos de estas tecnologías, haciéndolas accesibles al público en general, sin embargo, aún con precios relativamente altos.





### III. Discusión sobre la realidad de la subregión y oportunidades de desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio

En esta sección se analiza el potencial del mercado de vehículos eléctricos en la subregión, con el objetivo de entender los niveles de desarrollo necesarios para activar una potencial industria de baterías de litio. Seguido a esto, y estableciendo las brechas identificadas, se revisarán los esfuerzos realizados a la fecha en los países del triángulo del litio, en términos de incentivos y políticas públicas, y su contexto de gobernanza para potenciar este mercado y permitir el desarrollo de la cadena de valor. Con esto, se entregará la base para definir recomendaciones y pasos a seguir para potenciar el desarrollo de la industria, comparando con los factores de éxito analizados en la sección anterior.

**Diagrama 5**  
**Estructura de análisis para la formulación de recomendaciones**



Fuente: Elaboración propia.

## A. Análisis de mercado de vehículos eléctricos en América del Sur y sus proyecciones para el desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio

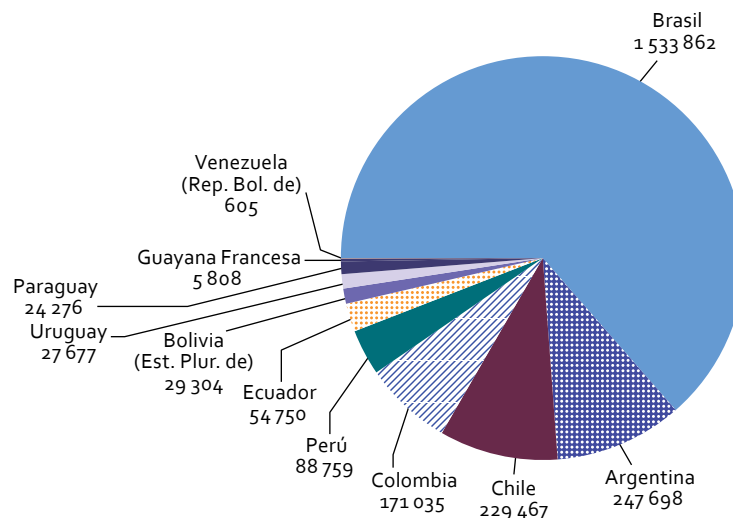
Aunque algunos participantes del mercado eligen integrarse verticalmente a través de toda la cadena de valor, en general, la tendencia es que las empresas integren la producción de celdas/baterías/vehículos o integren la producción de cátodos/precursores. Si bien el primero está muy regionalizado por las razones que se han descrito en el capítulo anterior, el segundo tiene el potencial de ser más diverso geográficamente. En esta sección, se considera cada subgrupo de forma aislada para determinar qué oportunidades de inversión pudiera haber para América del Sur en la cadena de valor de la batería. Debido a la relevancia del sector automotriz brasileño, se amplía la visión de CRU sobre Chile, Argentina y Estado Plurinacional de Bolivia (también referido como "Bolivia") a toda la subregión.

## B. Celdas y packs de baterías

Debido a la naturaleza fuertemente regionalizada de la producción de celdas y packs de baterías, el desarrollo de la capacidad de fabricación de éstos dependerá enteramente de la demanda regional de baterías (muy probablemente en forma de vehículos eléctricos). Actualmente, las ventas de vehículos eléctricos en América del Sur son insignificantes debido a sus altos costos de importación y la falta de subsidios. Sin embargo, si la penetración de vehículos eléctricos en América del Sur eventualmente se asemejara a la de otras regiones, se requeriría un gran aumento en la capacidad de fabricación de baterías dentro de la subregión.

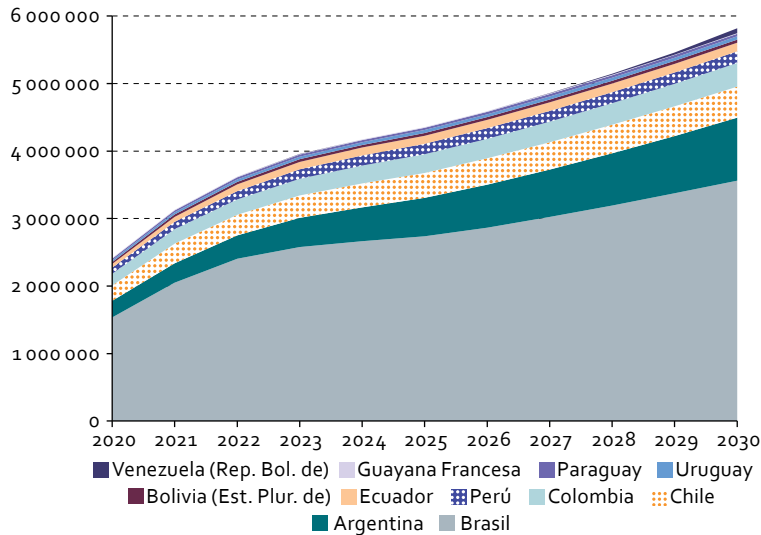
La proyección de CRU sobre la industria automotriz en América del Sur se muestra a continuación. Se espera que las ventas anuales sean de 3,1 millones de unidades en 2021, con Brasil representando alrededor de 2/3 de todas las ventas. Se espera que las ventas de vehículos se dupliquen a casi 6 millones de unidades para 2030.

Gráfico 15  
Distribución del mercado automotriz en América del Sur, por país, 2021



Fuente: Elaboración propia sobre la base de LMC Automotive.

**Gráfico 16**  
**Proyección de ventas de vehículos en América del Sur, por país**  
 (En unidades)

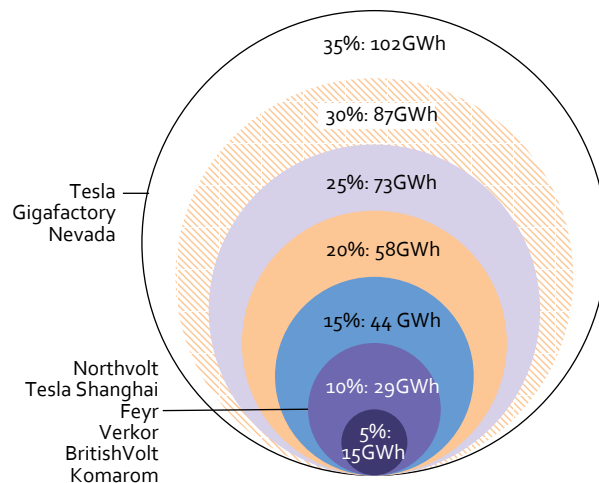


Fuente: Elaboración propia sobre la base de LMC Automotive.

CRU ha modelado la capacidad de *gigafactories* que podría ser necesaria en América del Sur de acuerdo con distintos escenarios de ventas de vehículos eléctricos en la región. La capacidad requerida es directamente proporcional a la tasa de penetración de las ventas de EV, como se muestra en el gráfico siguiente. Debido al tamaño relativamente pequeño de la subregión, CRU cree que la demanda de baterías de EV en todo el continente probablemente podría ser satisfecha por sólo una o dos *gigafactories* de tamaño similar a las desplegadas en otras partes de Europa y Estados Unidos.

**Gráfico 17**  
**Participación en ventas de BEV en América del Sur para 2030 y la demanda de baterías resultante**  
 (En porcentajes y GWh)

La demanda de baterías de América del Sur podría ser satisfecha por diferentes tamaños de *gigafactories* dependiendo de la tasa de penetración de BEV



Fuente: Elaboración propia.

Como se discutió en el capítulo 4, los costos de CAPEX en las *gigafactories* varían ampliamente de un proyecto a otro dependiendo de los factores de costos locales y los subsidios gubernamentales. Si se mira cuidadosamente al escenario actual, se ha asumido un costo aproximado de construcción de capacidad de *gigafactory* en América del Sur de US\$ 60mn/GWh. Con esto en mente, se cree que, dependiendo de los incentivos del gobierno, el mercado de fabricación de celdas en América del Sur podría tener un valor entre US\$900 millones (en un escenario de penetración del 5%) y US\$ 6.000 millones (en un escenario de penetración del 35%).

Es válido señalar que muchos de los mayores fabricantes de automóviles del mundo (Volkswagen, Toyota, Ford, GM y Fiat/Chrysler, entre otros) han estado operando en Argentina y Brasil durante muchas décadas. Como tal, puede haber una ventana de oportunidad para el desarrollo de la capacidad regional de celdas y *packs* como consecuencia de una posible decisión de estas empresas de comenzar a producir vehículos eléctricos a nivel local. Esta posibilidad parece improbable a corto, y quizás, mediano plazo, pero finalmente, a medida que el mercado de vehículos eléctricos madure, la infraestructura esté disponible y el costo total sea competitivo con los vehículos a combustión, el desarrollo de un ecosistema regional de vehículos eléctricos y cadena de valor asociada no debería sorprender.

### C. Fabricación de precursores y cátodos

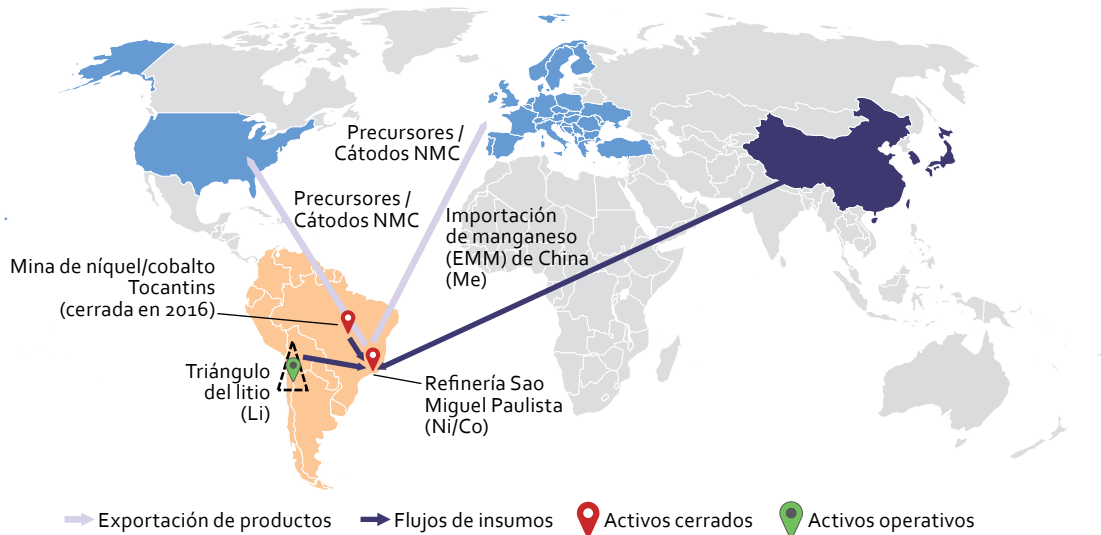
Aunque el sector de la fabricación de celdas está intrínsecamente regionalizado, como se discutió anteriormente, existe un grado de comercio internacional y flujo dentro de la industria de precursores y cátodos. Europa y EE.UU., en particular, han sido destacados como regiones que probablemente serán importadoras netas de cátodos y precursores en el futuro para cumplir sus objetivos de producción de celdas y baterías.

Por ahora, es probable que la principal fuente de este material importado sea Asia. Una de las principales barreras para que América del Sur se convierta en una región proveedora está asociada a la disponibilidad de materias primas: aunque es líder mundial en la producción de litio, la región no es actualmente un productor de níquel clase 1, cobalto o manganeso. Una parte no menor de estos materiales tendrían que ser importados, muy probablemente desde Asia.

Sin embargo, CRU cree que existe una alternativa potencialmente viable. La mina Tocantins de níquel y cobalto en Brasil, cerrada en 2016 debido a los persistentemente bajos precios del níquel, fue un gran productor de níquel de clase 1 y metal de cobalto puro, ambos producidos en la refinera de Sao Miguel Paulista en Sao Paulo. Esta refinera fue vendida por Votorantim a Jervois Mining, una minera *junior* con inversiones en el espacio de baterías, en septiembre de 2020. El plan actual de Jervois es, eventualmente, utilizar la refinera para procesar material de su proyecto minero Idaho Cobalt en los Estados Unidos.

Esta refinera representa el único activo conocido en la región que es adecuado para la conversión a un precursor o planta de cátodo. Siempre que se pudiera hacer esta conversión, y que el concentrado Ni/Co pudiera abastecerse dentro de la subregión (por ejemplo, si se concreta la reapertura de la mina Tocantins en respuesta a los precios más altos del níquel), esto podría representar una oportunidad para que América del Sur construya su primer activo de la cadena de valor de la batería para abastecer la creciente demanda de materiales de baterías en Europa y Estados Unidos.

**Mapa 8**  
**La refinería Sao Miguel Paulista en Brasil podría ser la base de un centro de cátodos de baterías, flujos potenciales de importación y exportación**



Fuente: Elaboración propia.

### D. Brechas en base a políticas públicas y gobernanza para los países del bloque del triángulo del litio

Tomando en consideración el contexto presentado para los países que exitosamente han desarrollado su industria de vehículos eléctricos y cadena de valor de baterías de litio, se identifican 5 categorías que enmarcan las principales barreras identificadas a la industria para los países del bloque del triángulo del litio, las cuales se resumen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11**  
**Barreras para el desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio en la región**

| Categoría                | Barreras a lo largo de la cadena (precursores, cátodos, celdas y baterías)  |
|--------------------------|---|
| Economía                 | Condiciones macroeconómicas débiles y volátiles que obstaculizan la confianza de los consumidores y los inversores.<br>La depreciación de la moneda y las débiles posiciones cambiantes aumentan los costos de capital efectivos y los riesgos para los inversionistas.                   |
| Fiscal/Regulatorio       | Apoyo fiscal / regulatorio limitado para el desarrollo de mercado de vehículos eléctricos (por ejemplo, Perú y Bolivia).  |
| Capital humano e I+D     | Procesos altamente complejos y especializados dentro de la cadena de valor dado que deben cumplir con requerimientos específicos de la industria química, y cada fabricante de EVs, entre otros mercados para baterías.   |
| Infraestructura          | No existe infraestructura o plantas para la producción de materias primas refinadas, precursores, cátodos, celdas y ensamblaje de batería a nivel industrial. Con excepción de Chile, donde se produce carbonato de litio e hidróxido de litio, aunque en bajos niveles para este último. |
| Acceso a materias primas | Necesidad de importar materias primas refinadas desde otras regiones.   |

Fuente: Elaboración propia.

Aun cuando en el cuadro anterior se resumen cinco de las principales categorías que afectan el desarrollo de la industria, también es necesario considerar otros aspectos que, si bien no son analizando en detalle, son factores que pueden tener un grado de influencia importante dentro de la industria, tales como:

- Integración regional: las ventas de vehículos eléctricos a nivel país siguen siendo bajas, por lo que una alternativa es generar un mercado regional que impulse la demanda y haga atractivo el desarrollo de la industria;
- Aspectos financieros: altos costos de capital en toda la cadena de valor, particularmente en refinación y producción de celdas. Por otro lado, la disponibilidad de capital nacional o internacional de bajo costo difiere a nivel país, especialmente en Argentina y Bolivia, donde las condiciones son particularmente débiles;
- Aspectos institucionales y jurídicos: la inestabilidad política en los países de la región puede incrementar el riesgo país, también la inestabilidad jurídica relacionada al estado de derecho, los contratos y la propiedad, afectando negativamente la confianza y apetito de los inversionistas;
- Ambiental y social: las principales barreras medioambientales se focalizan en el área de la extracción minera. Respecto al desarrollo de la cadena de valor *downstream*, si bien estos son procesos intensivos en consumo eléctrico, este no es *a priori* un factor determinante en materia ambiental.

## E. Aspectos regulatorios de la extracción de litio en los países del triángulo del litio

Sobre la gobernanza del litio y su cadena de valor en la región, es posible distinguir 3 casos marcadamente diferentes entre Chile, Argentina y Bolivia, sostenidos en las diferentes normativas aplicables sobre el recurso y la intervención del Estado o los gobiernos subregionales en el proceso extractivo y productivo del recurso, destacando la articulación entre la normativa minera y la política industrial para el incentivo de la industria local que aporte valor agregado al recurso, como una condición relevante para el desarrollo integral de la cadena de valor del litio (CEPAL, 2020b).

### Chile

En el caso chileno, el litio corresponde a un mineral no concesible a partir del año 1979 donde, mediante el Decreto de Ley N°2.886, se reserva su extracción al Estado de Chile como recurso estratégico (Ministerio de Minería de Chile, 2018). De esta forma, a partir de 1979, la explotación de este mineral es posible para el Estado y sus empresas, a través de concesiones administrativas o de Contratos Especiales de Operación, mientras que para aquellas concesiones previas a 1979, se permite su libre explotación, como es el caso de las concesiones pertenecientes a CORFO en el Salar de Atacama, donde se ubican principalmente las reservas de litio de Chile. De esta forma, la alianza entre empresas privadas y esta agencia de gobierno, se ha conformado como la principal modalidad de explotación del recurso. Bajo esta modalidad, se sostienen 2 contratos con empresas privadas, Albemarle y SQM, los cuales datan de 1985 y 1987, respectivamente, pero que fueron modificados en 2016 y 2018 (CORFO, 2018a, 2018b), renovando las cuotas de extracción en cada caso y la vigencia de cada uno de estos contratos. Junto con lo anterior, condiciones enfocadas al desarrollo de la industria de manufactura del litio y a la investigación y desarrollo, fueron incluidas en estos nuevos contratos (CEPAL, 2020a). A pesar de que estas condiciones responden al objetivo de impulsar la cadena de valor del recurso, estas corresponden a un caso particular dentro de la extracción del litio a nivel nacional, y no a políticas desarrolladas por el Estado de Chile para la industria productiva del litio.

### Argentina

A cerca de la República Argentina, no existe una normativa específica relacionada a la extracción del litio en el país, sino que la actividad se conduce guiada por la Constitución del país, el Código Minero y la Ley de Actividad Minera N°24.196 (CEPAL, 2020b). En la Constitución del país se establece el carácter federal de las provincias, las cuales pueden establecer regiones para el desarrollo social y económico, por

lo que el proceso extractivo minero se encontrará sujeto a diferentes regulaciones dependiendo del marco legislativo que establezcan los organismos facultados de cada provincia (República de Argentina, 1994). Por otra parte, el Código Minero "... rige los derechos, obligaciones y procedimientos referentes a la adquisición, explotación y aprovechamiento de las sustancias minerales" (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina, 1886). En el caso específico del litio, su minería se establece como perteneciente exclusivamente al Estado, facultando a los particulares a desarrollar la explotación del recurso a través de concesiones otorgadas por las autoridades locales competentes. Finalmente, la Ley de Actividad Minera establece el régimen de inversiones para la actividad minera, acotando su alcance a los procesos de prospección, exploración, desarrollo, preparación y extracción de sustancias minerales, excluyendo, por tanto, los procesos de trituración, elaboración primaria, calcinación, fundición, refinación, entre otros (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina, 1993). Para aquellos actores que desarrollen las actividades comprendidas dentro del alcance de esta ley, se aplicará un régimen de estabilidad fiscal por un período de 30 años a partir de la presentación del estudio de factibilidad requerido, lo cual implica que estas empresas no pueden ver incrementado su carga tributaria total a lo largo de este período, lo cual incluye la creación de nuevos impuestos, el aumento de las tasas, etc. Además de esto, la ley incluye beneficios contables de amortización, regímenes de deducción de impuestos para la inversión, beneficios para la exportación, entre otros. Estas medidas se desarrollan siguiendo una gobernanza de mercado, atrayendo la inversión privada a la actividad minera en el país y favoreciendo la competitividad dentro del sector.

### **Estado Plurinacional de Bolivia**

En octubre del 2010, el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia anuncia la "Estrategia de industrialización de los recursos evaporíticos", enfocada a extender la participación del Estado a la totalidad de la cadena de valor del litio, a través de la participación exclusiva estatal en el proceso extractivo del recurso, y a través de relaciones Estado-privada en la producción de precursores, cátodos, celdas y *packs* de baterías, además de la gestión de residuos (CEPAL, 2019a). Esta estrategia se desarrolla en un contexto político orientado al carácter nacional de los recursos naturales, por lo que el proceso de industrialización de la cadena productiva del litio se desarrolla bajo una gobernanza principalmente jerárquica, donde si bien es posible la participación privada en ciertas etapas, estas deben aceptar la participación mayoritaria estatal (YLB, 2018).

En la actualidad, la Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), creada bajo las directrices del Ministerio de Energías de Bolivia el 2017, mantiene la misión de realizar las actividades productivas de toda la cadena productiva del litio y su industrialización. Con este propósito, se ha buscado extender la colaboración con empresas privadas, a través de la conformación de empresas mixtas, de forma de desarrollar los procesos de semi-industrialización, industrialización y procesamiento de residuos. En este esquema, el actor privado aporta al proceso de industrialización del recurso a través de la transferencia de conocimiento y experiencia en los procesos altamente especializados, además de establecer un mercado final para la producción de la empresa mixta constituida (YLB, s.f.).

Ejemplo de esto son los procesos para la industrialización de los salares de Uyuni, Coipasa y Pastos Grandes. En el primer caso, se constituye la asociación con la empresa alemana ACI Systems con interés en la producción de hidróxido de litio y magnesio, materiales catódicos y baterías de ion de litio a partir de salmueras residuales del salar de Uyuni (YLB, 2018). A pesar de estos esfuerzos, solo se concretó la conformación de una primera empresa mixta enfocada a la producción de hidróxido de litio y magnesio (YLB-ACI EM), quedando pendiente a constituirse una segunda empresa enfocada a los materiales catódicos y baterías, mientras que en el año 2019 se declaró la abrogación de la primera sociedad mixta (Reuters, 2019b) entre el privado y la empresa estatal, generando incertidumbre sobre el destino de la sociedad y sus proyectos respectivos. Un segundo caso de colaboración entre el Estado y un privado se encuentra dado por la asociación con el consorcio chino Xinjiang TBEA Group-Baocheng (Autoridad de Fiscalización y control Social de Electricidad, 2019) para la industrialización y producción de hidróxido de litio, ácido bórico, bromo, bromuro de sodio y litio metálico a partir de salmueras provenientes del salar de Coipasa y de Pastos Grandes (YLB, 2019a), siendo constituida esta empresa mixta el 20 de agosto del 2019, manteniendo YLB la posición mayoritaria con un 51% de la participación (YLB, 2019b).

Así, el caso de Bolivia se caracteriza por el fuerte control del Estado sobre la actividad extractiva y productiva asociada a los recursos naturales, siguiendo un modo de gobernanza jerárquico con un rol protagonista del Estado en la elaboración, priorización y ejecución de la estrategia de industrialización del litio.

## **F. Aspectos regulatorios y de gobernanza al impulso del mercado de EVs y el desarrollo de la cadena de valor de baterías en los países del bloque del triángulo del litio**

La realidad de los países que conforman el triángulo de litio —Argentina, Bolivia y Chile—, marca que en la región no existan productores de vehículos eléctricos ni tampoco productores de precursores, cátodos y/o celdas para baterías de litio a nivel industrial. En otras palabras, no existe desarrollo en la cadena de valor de baterías de litio, con la excepción de la extracción de litio y su refinación en algunos casos, tanto en Chile como en Argentina.

Si bien existen avances dentro de la región en materia de políticas que incentivan el mercado de vehículos eléctricos, estos no han sido suficientes para desarrollar la industria de baterías de litio. Lo anterior, implica un bajo desarrollo en temas de gobernanza relacionados a las baterías de litio y su producción con falta de actores, tales como empresas privadas con el *know-how* y patentes asociadas a esta tecnología, centros de investigación especializados en estas materias, y quizás lo más importante, una población dispuesta a comprar vehículos eléctricos.

Por esto, si bien los ejes estratégicos y políticas implementadas en los países de la región van en el camino correcto, siguen siendo insuficientes.

A continuación, se presenta un resumen de los ejes estratégicos y de políticas implementadas en los países pertenecientes al triángulo del litio, que han sido impulsados por parte de los gobiernos con el fin de la descarbonización y el desarrollo del mercado de vehículos eléctricos, además de otros aspectos económicos y de materias primas asociados al desarrollo de la cadena de valor de baterías de litio.

## **G. Ejes estratégicos para la descarbonización a través de la industria de vehículos eléctricos**

Considerando las emisiones acumuladas entre 1750 y 2020, ningún país de América Latina y el Caribe se posiciona dentro de los 10 principales emisores de GEI (Global Carbon Project, 2020). A pesar de esto, el cambio climático se ha posicionado como el principal eje estratégico para el desarrollo de políticas públicas que impulsen el consumo de baterías de litio, debido a sus aplicaciones en la electromovilidad (El Diálogo, 2017). El compromiso de la región en el combate del cambio climático se refleja en que la totalidad de la región ha ratificado el Acuerdo de París, estableciendo metas específicas para la reducción de sus emisiones, y de esta forma, controlar el aumento de la temperatura por debajo del aumento en 2°C (*United Nations Treaty Collection*, s.f.).

Sobre las metas planteadas por los países de interés, en el caso de Argentina se presentó en diciembre del 2020 una Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional, donde se incrementan los objetivos declarados en la Primera Contribución presentada en 2016 (NDC Registry, 2020 a). En una primera instancia, el país se había comprometido a una reducción para el 2030 del 15% de sus emisiones sobre la referencia del máximo histórico de emisiones observado en el 2007, incrementando el compromiso actual hasta una reducción equivalente al 19% de este valor. Se suma a esta propuesta el compromiso de alcanzar el estatus de carbono neutralidad para el año 2050, a través de la elaboración de un “Plan Nacional de Adaptación y Mitigación” claro y ambicioso, que encamine las medidas requeridas para alcanzar los objetivos propuestos. Por parte de Chile, los objetivos apuntan a la reducción del 30% de sus emisiones para el 2030 (NDC Registry, 2015), considerando también como base las emisiones realizadas en el 2007 a través de la mitigación de sus emisiones, la adaptación de un marco institucional y de trabajo apropiado



para esto, sumando también dentro de su propuesta el desarrollo y transferencia de energías limpias que contribuyan con este objetivo. En el caso boliviano, los objetivos establecidos apuntan al desarrollo e integración de fuentes energéticas renovables dentro de la matriz energética del país, además del desarrollo de un esquema de vida sustentable con el planeta (NDC Registry, 2016).

En base a las distintas metas establecidas en estos países es que se han desarrollado regulaciones, políticas públicas e incentivos con un impacto positivo sobre la demanda de baterías de litio. Las principales aplicaciones se enfocan al desarrollo de la electromovilidad en el transporte público y privado, debido a la extendida participación del sector de transporte en las emisiones de GEI en estos países, además del beneficio de estas medidas en la calidad del aire en las ciudades, y el rol protagónico que adquiere la eficiencia energética para las estrategias de largo plazo de reducción de emisiones (MOVE, 2019).

## H. Políticas implementadas, desarrollo de I+D, e interacción entre los principales actores

A modo regulatorio, de políticas públicas e incentivos (tributarios y/o subsidios), países como Chile, Argentina y Bolivia muestran distintos grados de avance. En el caso chileno, se aprobó en enero de 2021 una nueva ley de eficiencia energética (Ministerio de Energía de Chile, 2021), que va acompañada con un plan llamado “estrategia nacional de electromovilidad” que apunta a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, en conjunto con el desarrollo en I+D para esta industria. En Argentina, existe un proyecto de ley el cual regula y entrega subsidios a la compra y venta de vehículos eléctricos, entre otros beneficios, que fomentan el desarrollo *downstream* de la cadena de valor de baterías de litio (Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina, 2020). Bolivia por su parte, se encuentra en etapas más tempranas en términos de políticas públicas para el fomento de la industria de electromovilidad, y en la actualidad todavía existen subsidios para la importación de combustibles fósiles.

### Recuadro 8

#### Políticas públicas en la región (Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de) y Chile)

Chile: Se aprueba ley de eficiencia energética en 2021, la cual incluye nuevos estándares de eficiencia de vehículos además de beneficios de depreciación acelerada para vehículos eléctricos. En conjunto con esta ley, también se está llevando a cabo la “Estrategia Nacional de Electromovilidad” que apunta a que el 100% del transporte público urbano sea eléctrico a 2050 y alcanzar un 40% en términos de vehículos particulares. Por último, durante enero de 2021 se adjudicó el nuevo Instituto de Tecnologías Limpias (ITL), una iniciativa con miras al desarrollo tecnológico a nivel nacional en energía solar, hidrógeno verde, avances en la industria del litio, minería sustentable, entre otros, a través de la implementación de un centro de Investigación y Desarrollo. Sin embargo, el proyecto que consideró una inversión de US\$ 265 millones, con una contribución de CORFO por un 54% del total (a través de aportes por contrato con SQM) y un 46% por parte de AUI, quien se adjudicó la licitación, se ha enmarcado en cuestionamientos por parte de la industria y el sector político, por lo que su efectiva implementación se mantiene bajo incertidumbre.

Argentina: Se presenta Proyecto de ley de movilidad sustentable con el objetivo de reducir emisiones, en conjunto con el fortalecimiento de la industria automotriz en el país. Dentro de los beneficios al mercado de vehículos eléctricos se pretende impulsar la demanda a través de exención de impuestos internos, IVA y base imponible de Bienes Personales, además de incluir el concepto de patente verde. Por el lado de la oferta, el proyecto considera beneficios como la devolución anticipada de IVA, amortización acelerada de inversiones, exención de impuestos por distribución, entre otros. Además, se busca el desarrollo del Instituto nacional de la movilidad sustentable (INMS) a través de financiamiento mixto (gobierno y privado).

Bolivia (Estado Plurinacional de): Si bien Bolivia cuenta con una política y plan eléctrico a 2025, estas no consideran el mercado de vehículos eléctrico en base a lo indicado tanto por CAF-Banco de Desarrollo de América Latina y Quantum Motors S.A (la primera empresa productora de vehículos eléctricos en Bolivia). En ambas publicaciones, se indica que el gobierno aún no ha generado ni las condiciones ni las políticas necesarias para el desarrollo del mercado de vehículos eléctricos. Inclusive, en la actualidad, Bolivia cuenta con subsidios para importación de combustibles fósiles, aunque se espera reducir estos subsidios y fomentar combustibles verdes, como se ha indicado por parte del gobierno.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Ministerio de Energía de Chile, Congreso de la República Argentina, Gestión economía, Energía Bolivia, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Revista Electricidad, CORFO.

El desarrollo de políticas e incentivos (tributarios y/o subsidios) en el ámbito de la electromovilidad es un tema incipiente en la región. Países como Chile y Argentina están tomando el liderazgo, sin embargo, aún existe una brecha importante entre los avances realizados y la situación actual en países desarrollados con participación en la producción de la cadena de valor de baterías de litio.

Por otra parte, en América del Sur el desarrollo de infraestructura no ha sido preponderante debido a la falta de políticas e incentivos para la instalación de estaciones de carga eléctrica. A pesar de esto, se aprecian algunos avances, particularmente en el parque de transporte público, donde Colombia y Chile lideran la flota de buses eléctricos para el transporte de pasajeros junto con el desarrollo de mayor infraestructura. Uruguay, Argentina, Perú, entre otros, han seguido este ejemplo y han iniciado la compra de buses eléctricos para el transporte público (MOVE, 2019). Si bien la región se mueve en la dirección correcta, la legislación y las políticas públicas asociadas a la industria son incipientes, por lo que la infraestructura de carga solo recientemente se ha posicionado dentro de la discusión actual de estos países.

#### Recuadro 9

##### Electromovilidad en el transporte público dentro de la región

El combate al cambio climático, la mejora en la calidad del aire en las ciudades y la transición hacia medios de transporte más eficientes y limpios corresponden a las principales motivaciones de los gobiernos locales para incentivar la movilidad sustentable dentro de la región. El avance en la electromovilidad dentro de la región es diverso, y responde a las múltiples estrategias seguidas por cada gobierno, donde dependiendo de cada caso, los avances incluyen la elaboración de un marco legislativo referente a la electromovilidad, estrategias nacionales orientadas a alcanzar metas claras en el mediano y largo plazo, además de medidas concretas para incentivar y/o subsidiar la renovación del transporte público a nivel nacional. El sector de transporte, por su parte, es uno de los de mayor emisión de GEI (cerca del 15% del total en la región para diciembre del 2019), además de ser una de las principales causas de contaminación atmosférica en las zonas urbanas, siendo esta una causal de muerte prematura dentro de la región.

En el caso chileno, los principales avances asociados a la electromovilidad en el transporte público se sustentan en objetivos de largo plazo, donde el gobierno chileno ha establecido el 100% de electrificación en la flota nacional de buses para el 2050, además del compromiso entre múltiples actores para extender la red de carga eléctrica a nivel nacional. Para agosto del 2020 la flota de buses eléctricos a nivel nacional era de 676 unidades, lo cual se debe en parte a actores privados quienes sostuvieron los primeros planes piloto a nivel nacional en 2018, demostrando las ventajas no solo medioambientales, sino también económicas, de la transición verde de la flota.

En Argentina, el "Proyecto de Ley de Movilidad Sustentable" mantiene dentro de sus objetivos el incentivo a la demanda de buses eléctricos para el transporte público, a través de un aporte fiscal estimado de US\$ 33.600 por cada unidad, los cuales se reflejan en la exención de impuestos internos e IVA, una excepción a la base imponible y beneficios impositivos para la compra de repuesto y estaciones de carga. Durante 2020, la flota de buses eléctricos en Argentina fue de 20 buses eléctricos, además de 68 trolebuses operando en Mendoza, Rosario y Córdoba.

Mientras tanto, en Bolivia se han desarrollado planes piloto en La Paz durante 2018, entregando el respaldo necesario para que se anunciara la implementación de una flota de 40 buses eléctricos. Sin embargo, esta transición se mantiene a la espera de un marco político que favorezca la implementación de estas tecnologías en la región.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Ministerio de Energía de Chile, Congreso de la República Argentina, Move, El Diálogo.

## 1. Análisis del contexto económico y de riesgo país en la región

El crecimiento de América Latina y el Caribe durante 2014 y 2020 ha sido el más bajo de las últimas siete décadas (CEPAL, 2019c). El bajo crecimiento regional se debe a factores como la desaceleración de la actividad económica, la reducción de la inversión, la caída de las exportaciones, la disminución en los niveles de consumo per cápita y el deterioro en la calidad del empleo. Lo anterior, sumado a una serie de conflictos sociopolíticos y la crisis económica más grande que se ha visto en las últimas décadas como resultado de la pandemia COVID-19, no ha dejado bien posicionado a los países de la región. En términos de tipo de cambio, la región también se ha visto impactada y algunos de los países registraron una de las depreciaciones más importantes sobre sus monedas en los últimos años, lo que trajo como consecuencia

una mayor inflación por sobre las metas propuestas por los bancos centrales, acompañado de un entorno económico más débil, de acuerdo con lo indicado por el FMI<sup>8</sup>.

En términos de estabilidad y riesgo país, la calidad regulatoria y el estado de derecho, pueden ser considerados como los principales indicadores que incentivan y entregan confiabilidad a los inversores. Los países de la región muestran diferencias importantes en base al “*The Worldwide Governance Indicators (WGI)*”, el cual mide 6 indicadores, además de los señalados<sup>9</sup>. En consideración de los indicadores y sus valores para cada país a 2019, se tiene la ubicación de los países en el rango de acuerdo al percentil, y, entre los países del triángulo del litio, Chile es el mejor ubicado con todos los indicadores sobre el percentil 80, con excepción de estabilidad política y ausencia de violencia. Por otro lado, en base a los indicadores de calidad regulatoria y estado de derecho, Argentina y Bolivia se ubican bajo el percentil 40 en ambos indicadores, con Bolivia dentro del grupo de países a nivel mundial con los percentiles más bajos. En contraparte, y a excepción de China, la mayor parte de los países líderes en el desarrollo de baterías de litio y su cadena de valor, se encuentran sobre el percentil 85 con respecto a calidad regulatoria y estado de derecho, superando a los principales países productores de litio de la región.

## 2. Accesos a materias primas refinadas y principales *commodities*

Dentro de los elementos y/o materias primas para la producción de baterías de litio, se pueden encontrar hasta 10 distintos elementos, siendo los más relevantes; litio, níquel, cobalto, manganeso, grafito, entre otros. El uso de cada materia prima y la cantidad de ésta, dependerá del tipo y composición del producto final de batería de litio que el fabricante pretenda desarrollar. Dentro de los tipos de baterías de litio más relevantes, se encuentran LFP, LCO, LMO, NMC and NCA.

El primer paso para el desarrollo *downstream* de la cadena de valor de baterías de litio es el acceso y la disponibilidad de materias primas para la producción de precursores, cátodos, entre otros. Factores como la experiencia en minería, la disponibilidad de reservas y recursos de materias primas y la refinación de éstas, juegan un factor clave en esta etapa. Especialmente en materias primas que se encuentra altamente concentradas en ciertas regiones con alta inestabilidad política, como, por ejemplo, el cobalto.

En general existen mercados bastante líquidos para la compra de ciertas materias primas. No obstante, existen algunos ejemplos, como el cobalto, donde su producción está altamente concentrada y más de 50% se produce en la República Democrática del Congo.

El tener acceso a materia prima, no es el único factor por considerar, quizás más importante es el acceso a materia prima refinada. En la actualidad, la mayor parte del proceso de refinación de materia primas como cobalto, litio, entre otros, se realiza en China, que cuenta con gran parte de la capacidad de refinamiento para todas las materias primas mencionadas a nivel mundial. Por lo tanto, en la actualidad, lo que realmente es útil para el desarrollo *downstream* es conseguir acceso a materias primas refinadas, por lo cual gran parte de estas deberían ser importadas desde el mercado chino o, alternativamente, se debería llevar a cabo una inversión importante en términos de refinerías para cada una de las materias primas requeridas.

A nivel regional, países como Chile, Argentina, Bolivia y Perú poseen gran experiencia en el ámbito minero y en la extracción de materias primas. No obstante, estos no cuentan con reservas y/o producción suficiente en el caso de algunos *commodities*, por lo que se verían obligados a importar estas materias primas desde otras regiones.

Si bien, la región cuenta con ventaja comparativa en términos de extracción de litio debido a la alta concentración de esta materia prima en Chile, Argentina y Bolivia, el litio representa hoy en día entre un 4% y un 7% del valor total de una batería de litio. Por lo tanto, si bien es un factor clave, su valor agregado en términos de costos en la cadena de valor es relativamente bajo. Esto, sumado al hecho que también se trata de una materia prima relativamente abundante a nivel global.

<sup>8</sup> Fuente: <https://www.imf.org/en/Data>.

<sup>9</sup> Las seis dimensiones de gobernanza medidas a través de los indicadores son: libertad de expresión y rendición de cuentas; estabilidad política y ausencia de violencia; eficacia del gobierno; calidad regulatoria; estado de derecho; y control de la corrupción. Para más detalle sobre estos indicadores de gobernanza visitar: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/>.

### 3. Oportunidades y recomendaciones en base a políticas públicas y gobernanza para los países del bloque del triángulo del litio

Para el desarrollo de la industria de las baterías de litio, existen 3 factores fundamentales que pueden marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de la industria, entre estos: la integración regional; la aplicación de políticas públicas; y los modelos de gobernanza e interacción de los actores a través de los cuales se intenta desarrollar la cadena de valor de las baterías de litio.

Dada la alta regionalización de la industria de batería de litio para su posterior uso en vehículos eléctricos, el desarrollo de ésta es altamente dependiente de la demanda de vehículos eléctricos. A nivel regional, según Fenabreve, Brasil se posiciona con el mayor parque automotriz, con un total de 56,5 millones de vehículos de pasajeros en 2018. Considerando el parque vehicular durante el mismo año en la Unión Europea, el parque vehicular en Alemania, con un total de 47,1 millones de vehículos de pasajeros, fue el mayor de la región, la cual en total contabilizó 283,3 millones de vehículos. Considerando estas cifras, se observa que Brasil posee un parque automotriz relativamente grande y atractivo para productores de vehículos, aunque este no sea el caso para el resto de los países de la región, por lo que, para que el mercado sea realmente atractivo para atraer inversión que desarrolle las tecnologías y la cadena de valor, la región debiese considerarse como un gran y único mercado, similar a lo que ocurre hoy en día con la Unión Europea. Para lograr este objetivo, existen varias alternativas, entre las cuales se encuentran los tratados de libre comercio que apunten a la eliminación de aranceles de importación en todo lo relacionado a la cadena de valor de baterías de litio, entre otros aspectos.

#### Recuadro 10

##### ¿Por qué las políticas comerciales son importantes?

“La política comercial puede desempeñar un papel importante en la difusión mundial de los vehículos eléctricos al permitir mejores economías de escala y una cadena de suministro eficiente y óptima. Esto requiere que los países aborden las barreras relacionadas con el comercio que contribuyen a aumentar los costos finales de los vehículos eléctricos, incluidos los aranceles y las medidas no arancelarias (MNA).”

Fuente: Elaboración propia sobre la base de The Role of Trade Policy in Enabling the Global Diffusion of Electric Vehicles, Information note 2018, International Centre for Trade and Sustainable Development.

Las políticas comerciales se pueden clasificar en medidas arancelarias y medidas no arancelarias. Las primeras, tienen un impacto directo y medible sobre los productos importados, pudiendo afectar fuertemente la importación y desarrollo de la industria de vehículos eléctricos y autopartes. En la actualidad, la industria automovilística y de autopartes se ve afectada por tarifas de importaciones que pueden llegar hasta el 60% en algunos casos. Por lo cual, es fundamental que países que busquen desarrollar el mercado de la electromovilidad y su cadena de valor, apunten a reducir tarifas arancelarias sobre estos productos y de esta forma, disminuir los costos de este tipo de vehículos, impulsando este mercado —a través de acuerdos bilaterales o bien plurilaterales.

#### Recuadro 11

##### Tarifas arancelarias a nivel internacional

El mercado automotriz y de autopartes es un sector relativamente sensible e importante a nivel de inversión y generación de empleo, por lo cual la eliminación completa de barreras arancelarias y no arancelarias se dificulta cuando los gobiernos intentan dar proteccionismo a estos sectores manufactureros. Dentro de las mayores economías y países productores de vehículos eléctricos es posible encontrar algunas excepciones, como los son Japón y USA, el primero no aplica tarifa arancelaria al mercado automotriz, mientras que para el segundo están alcanzando un 2,5% para EVs. Por su parte, República de Corea aplica aranceles del 8% sobre EVs mientras que en la Unión Europea alcanzan el 10%, seguido por China con un 25%.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de The Role of Trade Policy in Enabling the Global Diffusion of Electric Vehicles, Information note 2018, International Centre for Trade and Sustainable Development.

De acuerdo con el reporte del Fondo Monetario Internacional llamado "*Trade policy issues in LAC, 2017*", los países de la región pueden ser clasificados en 2 categorías. En la primera, quienes impulsan el comercio internacional y apuntan a aumentar sus tratados de libre comercio con otras regiones o, en otras palabras, a la apertura comercial. Dentro de estos, se encuentran Chile y Perú. Por otro lado, países como Argentina, Bolivia y Brasil utilizan las políticas comerciales en la dirección contraria, protegiendo la industria local y aplicando barreras arancelarias a la importación. De esta manera, la industria automotriz y de autopartes se ve fuertemente afectada, con aranceles de importación de hasta 35%. Sin embargo, ha habido un vuelco importante para algunos de estos países, ya que Brasil y Argentina han disminuido sustancialmente los aranceles de importación, tanto de vehículos híbridos como eléctricos. En el caso argentino, se redujeron los aranceles de importación a 5% para vehículos híbridos y 2% para vehículos eléctricos, y en el caso brasileño éstos se redujeron a 0%.

Otro aspecto importante por destacar dentro de la región, además de las rebajas arancelarias para la importación de vehículos eléctricos, son los acuerdos intrarregionales que podrían impulsar acuerdos comerciales para el desarrollo de la cadena de valor de manera integrada entre los distintos países de la región.

En la actualidad, los principales acuerdos comerciales de la región consideran, por un lado, la Alianza del Pacífico que incluye a Chile, Perú, Colombia y México. Esta alianza busca generar crecimiento económico a través del libre movimiento de productos, servicios, recursos y personas, sirviendo como una plataforma para una mayor integración con el resto del mundo, donde destaca los acuerdos con Asia-Pacífico. Por otro lado, el acuerdo Mercosur, que incluye a Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela, al igual que la Alianza del Pacífico, busca fomentar el movimiento de bienes y servicios sin aranceles entre los países que se incluyen en el acuerdo. Sin embargo, además impone una cláusula de fijar una tarifa impositiva externa común para países fuera de la zona Mercosur.

A nivel intrarregional, ambas alianzas han intentado generar mayores acuerdos entre sí, destacando el Seminario "Mercosur-Alianza del Pacífico: Una Agenda Positiva para la Integración" durante 2018. No obstante, esta no ha sido fructífera por las diferentes posiciones políticas y cambios presidenciales en los últimos años dentro de la región. Sin embargo, la situación actual, debido a la pandemia del Covid-19 que ha afectado fuertemente a la región, podría ser una oportunidad importante para retomar estas conversaciones e incluir otros países dentro de la región, generando acuerdos regionales que puedan facilitar el libre comercio, incluyendo áreas específicas como la electromovilidad y autopartes.

En la actualidad, los principales productores de la industria automotriz de la región, próximos al triángulo del litio, se encuentran en Argentina y Brasil. Sin embargo, actualmente, esta producción cuenta solo con vehículos de combustión interna. Tratados intrarregionales junto con políticas locales, podrían impulsar el cambio hacia la producción de vehículos eléctricos, donde países como Chile, Perú o Bolivia, entre otros, podrían jugar un papel fundamental, atrayendo iniciativas de inversión en la cadena de valor de baterías de litio, ya sea a través de la instalación de plantas productoras de precursores y cátodos para ser vendidos posteriormente a los principales productores de vehículos en la región, Argentina y Brasil, o la importación de vehículos eléctricos en el caso hipotético de que este sector manufacturero se desarrolló en esta parte de la región. Un ejemplo internacional es el caso de la Unión Europea, donde se han creado *gigafactories* en Polonia para luego distribuir las baterías de litio producidas a otros países productores de EVs, como lo es Alemania.

En la industria automotriz argentina, la transferencia tecnológica desde empresas extranjeras hacia sus centros productivos locales ha sido acotada y se ajusta a la demanda dentro del país y la región (Fitzsimons & Guevara, 2018). En el caso de Mercedes-Benz en Argentina, la producción se reduce a vehículos de carga, utilitarios y buses, importando y comercializando la totalidad de los vehículos de pasajeros que se venden en el país (Mercedes-Benz, 2018). Por otra parte, tanto Ford como General Motors producen en la actualidad vehículos de pasajeros en sus centros productivos en Argentina. Sin embargo, estos aún se limitan a un número reducido de modelos de gama media junto a vehículos utilitarios, por lo que la totalidad de los modelos de mayor gama deben ser importados para su comercialización (ADEFA, 2019). Esto se plantea como una barrera para el desarrollo de la industria de EV dentro de la región, ya que incluso si grandes actores automotrices desempeñan un rol trascendental en la transición hacia la electromovilidad en mercados desarrollados como Estados Unidos, la UE, Corea, Japón, etc., esto no garantiza que exista una efectiva transferencia tecnológica hacia los centros productivos en América Latina, manteniendo una brecha tecnológica entre la producción internacional y local.

**Recuadro 12**  
**Industria automotriz argentina**

El establecimiento de la industria automotriz en Argentina tiene sus inicios a finales de la década de los cincuenta, impulsada por el proceso de automatización vivido por esta industria a nivel internacional en aquel momento, siendo una de las primeras industrias en ser automatizada (Fitzsimons & Guevara, 2018). Como consecuencia de este proceso, no solo fue posible reducir costos operativos, e incrementar la productividad, sino que facilitó que el trabajo fuese desempeñado por personal poco capacitado, y, por tanto, de bajo costo. Este recambio tecnológico implicó un desafío para aquellas empresas, principalmente de América del Norte, que se veían en la necesidad de descartar maquinaria obsoleta debido a la creciente competitividad dentro de la industria, pero que mantenían elevadas inversiones en estos equipos. Como alternativa, para afrontar esta situación, estas empresas descartaron estos activos reubicándolos en Argentina, donde los reducidos costos de mano de obra y las políticas de protección al mercado interno, permitían la venta de vehículos de manufactura nacional por sobre el precio de competencia internacional, posibilitando obtener tasas de ganancia normales a pesar de la brecha tecnológica existente.

**Cuadro 1**  
**Producción y exportación de automóviles en Argentina**

| Año  | Producción total | Exportación | Porcentaje del total exportado |
|------|------------------|-------------|--------------------------------|
| 1965 | 133 734          | 71          | 0,05%                          |
| 1995 | 226 656          | 22 816      | 10,07%                         |
| 2011 | 577 233          | 344 918     | 59,75%                         |
| 2019 | 108 364          | 68 090      | 62,83%                         |

Fuente: Elaboración propia sobre la base de ADEFA. Nota: Producción total y exportación se expresan en unidades.

A partir de mediados de los 70, posterior a este periodo de expansión, la industria automotriz a nivel nacional atraviesa un periodo de estancamiento producto del distanciamiento tecnológico entre la industria internacional y la industria local, además de una reducción en el capital transferido desde la producción agraria a la industria automotriz (Fitzsimons & Guevara, 2018). A pesar de este estancamiento, es posible identificar una recuperación de la industria automotriz a partir de 1995, debido a la reducción de costos salariales como consecuencia de la crisis económica vivida durante este periodo de hiperinflación en el país, para posteriormente expandirse desde el año 2005 debido al aumento en el aporte de la renta agraria en el capital acumulado argentino.

**Cuadro 2**  
**Producción por empresa y modelos**

| Compañía       | Modelos en 1965 <sup>a</sup> | Modelos en 1995         | Modelos en 2011          | Modelos en 2019        |
|----------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Ford Motor /   | 14 715 unidades              | 29 099 unidades         | 103 883 unidades         | 42 288 unidades        |
| AutoLatina     | Categoría A, 6 modelos       | Categoría A, 5 modelos  | Categoría A, 19          | Categoría A, 6 modelos |
| S.A.           | 15 709 unidades              | 1 405 unidades          | modelos para pasajeros,  | para pasajeros,        |
|                | Categoría E, 2 modelos       | Categoría B, 1 modelo   | 1 solo modelo utilitario | 20 modelos utilitarios |
| General Motors | 14 027 unidades              | 11 074 unidades         | 136 428 unidades         | 24 378 unidades        |
|                | Categoría A, 5 modelos       | Categoría A, 6 modelos  | Categoría A, 17 modelos  | Categoría A,           |
|                | 11 185 unidades              |                         | para pasajeros,          | 31 modelos para        |
|                | Categoría E, 4 modelos       |                         | 15 modelos utilitarios   | pasajeros              |
| Mercedes-Benz  | 3 075 unidades               | 6 078 unidades          | 18 505 unidades          | Sin Dato               |
|                | Categoría A, 12 modelos      | Categoría B, 14 modelos | Categoría B, 8 modelos   |                        |

Fuente: Elaboración propia sobre la base de ADEFA.

<sup>a</sup> En 1965, la Categoría A corresponde a vehículos de carga y transporte colectivo, mientras que la Categoría E son vehículos de cilindrada superior a 2.500 cm<sup>3</sup>. A partir de 1969, la Categoría A considera vehículos de pasajeros o utilitarios donde el pasajero solo puede ir sentado, mientras que la Categoría B considera vehículos de carga, furgones, vans, o vehículos de transporte de pasajeros que permiten que el pasajero vaya de pie.

Actualmente, la exportación ha adquirido una participación mayoritaria dentro de la industria, siendo exportado en 2019 cerca del 63% de la producción total, lo que diferencia la estrategia de las empresas a través de distintas fases. En los inicios de la industria, los modelos de fabricación nacional se distinguían por ser vehículos de gran cilindrada o para el transporte de carga, debido a sus aplicaciones en el sector agrario y enfocado al consumo en el mercado interno. Además, se observa una especialización de ciertas empresas en categorías específicas, incrementando el tipo de vehículos elaborados dentro de la industria local, los cuales se ajustan a las tendencias internacionales del mercado. A pesar de que la conformación del Mercosur expandió el mercado interno argentino (~69% de las exportaciones del 2019 fueron hacia países del Mercosur), el tamaño de mercado no es suficiente para alcanzar escalas y producción en serie que vuelvan competitiva la industria a nivel internacional (Bil, 2016), lo que sumado a costos laborales elevados y un saldo comercial negativo arrastrado desde la década de los noventa en la cadena de proveedores de autopartes, han sido factores claves para explicar la crisis experimentada en el sector automotriz a partir del 2014.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de ADEFA, Fitzsimons & Guevara (2018) y Bil (2016).

## I. Mirando hacia adelante

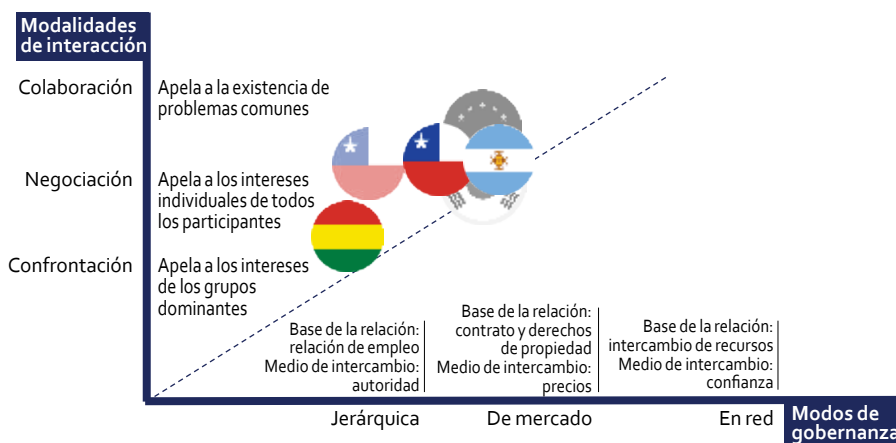
Tomando en consideración los antecedentes revisados en este estudio, en términos de políticas públicas a nivel internacional y regional, aún existen brechas importantes que deben ser abordadas y direccionadas por los países de la región.

A nivel de gobernanza, y tal como ocurre en la mayor parte de las regiones que actualmente producen baterías de litio, se espera que los países de la región busquen seguir modos de gobernanza de mercado, como pueden ser diferentes formas de asociaciones público-privadas como, por ejemplo, el caso de Samsung Electronics, Dankook University y el sector público coreano, los cuales puedan propulsar la inversión necesaria para desarrollar la industria (que requiere importantes recursos financieros y tecnológicos además de capacidades y conocimientos estratégicos -incluso patentes), y al mismo tiempo, impulsar interacciones entre los distintos actores claves (públicos, privados, de la academia y de la sociedad civil) de maneras colaborativa y de negociación, como ha sido el caso internacional.

En esta línea, los países del triángulo del litio presentan diferencias. Por una parte, Bolivia ha buscado desarrollar tanto su industria de extracción de litio y la de la cadena de valor de baterías con un rol del estado participando a través de empresas estatales. Si bien se han logrado alianzas con privados, locales e internacionales, esto no se ha traducido en resultados concretos. Si bien Chile y Argentina han apuntado a modos de gobernanza y de interacción similares a los casos de éxito de Corea y Europa, la falta de un mercado de vehículos eléctricos y la ausencia de políticas e incentivos (tributarios y/o subsidios) más concretos, dificultan el desarrollo de esta industria. De todas formas, marca la base de un contexto de gobernanza positivo para el desarrollo de esta industria.

Se hace la excepción de Chile para el caso de la extracción de litio (marcado transparente en el diagrama), ya que dada la legislación actual no se han generado incentivos para la inversión en nueva capacidad de extracción de litio y esta industria se focaliza únicamente en el Salar de Atacama, donde está sujeta a contratos privados entre Corfo, entidad de gobierno, y privados.

**Diagrama 6**  
**Modalidad de interacción y modo de gobernanza en la región**



Fuente: Elaboración propia con base en León y Muñoz (2019).

En cuanto a oportunidades de desarrollo, existen factores críticos que pueden determinar la producción de productos intermedios para baterías de litio, entre estos, precursores, cátodos y celdas para baterías.

En base a la investigación y análisis de este estudio, debido a la baja penetración de vehículos eléctricos en la región, se dificulta el desarrollo de la cadena de valor a etapas como la producción de celdas y baterías de litio, las cuales a la vez se encuentran fuertemente relacionadas con la producción de vehículos eléctricos. Por lo tanto, es fundamental para el desarrollo de la industria que se cumplan las siguientes condiciones:

- Incentivos (tributarios y/o subsidios) para fomentar la demanda de vehículos eléctricos en conjunto con la construcción de la infraestructura necesaria para soportar este crecimiento. De no existir una alta demanda de EV en la región, la probabilidad de que se desarrolle la industria es mínima. A la fecha, no existen esquemas de subsidios directo, que han sido eje central del impulso en Europa y otras regiones.
- Subsidios y/o reducciones impositivas, entre otras alternativas de incentivos, que entreguen beneficios a empresas que estén dispuestas a invertir en la región. A diferencia de las plantas de precursores y cátodos, las magnitudes de capital para la construcción de *gigafactories* son comparativamente mayores, lo que implica un mayor riesgo de inversión. Por lo cual, apoyos gubernamentales o de instituciones bancarias (como EIB en Europa y BID en América del Sur) se hacen fundamentales para apalancar financiamiento.

El desarrollo de capital humano, la inversión en investigación, innovación y tecnología y el trabajo conjunto entre las instituciones científicas, privadas y gubernamentales, seguirán siendo fundamentales a lo largo de la cadena de valor para las baterías de litio. Por lo tanto, los esfuerzos en estas materias son un factor crítico por impulsar.

Tomando en consideración los casos de estudio de Corea y Europa, este último presenta las mayores similitudes con la región, en el sentido que ha enfocado su política en la capacidad de generar mercado y facilitar la instalación de capacidad productiva de baterías con empresas de tecnología extranjeras (como de Corea con LG Chem o Estados Unidos con Tesla) que ya han hecho el desarrollo tecnológico. Esto, a su vez facilita a su industria automotriz, ya desarrollada, en la transición hacia la producción de EVs. En este contexto, y considerando los aspectos ya mencionados, los esfuerzos en la región debiesen estar enfocados en la colaboración y potenciar las condiciones propias de cada país y los esfuerzos individuales realizados a la fecha, aunque entendiendo las diferencias y oportunidades que cada país presenta. Tomando en consideración el caso de la Unión Europea, la mayor parte de los instrumentos de política industrial siguen residiendo en los distintos Estados miembros, quienes han perseguido enfoques muy diferentes en la política industrial. Francia y Alemania son quizás los ejemplos más notables en términos de desarrollo de clústeres industriales relacionados al sector automotriz y tecnológico. En esta línea, es posible apuntar a generar sinergias en los países del triángulo del litio, y la región en general, sin necesariamente establecer políticas industriales y de financiamiento conjuntas, que incluso en la UE han sido complejas de acordar.



**Recuadro 13**  
**Limitaciones a la política industrial de la Unión Europea**

El enfoque de la UE en la política industrial ha ido en aumento, en particular desde la crisis financiera mundial, como medio para apoyar los objetivos de desarrollo económico y social (y en menor medida, alcanzar otros objetivos de carácter medioambiental). Entre 2011 y 2014, una serie de conversaciones dentro de la Comisión Europea establecieron una serie de iniciativas para una política industrial más amplia. Entre estas se incluyen:

- 2010 – Política industrial integrada para la era de la globalización.
- 2011 – Política industrial: refuerzo de la competitividad.
- 2012 – Una industria europea más fuerte para el crecimiento y la recuperación económica.
- 2014 – El renacimiento industrial europeo.

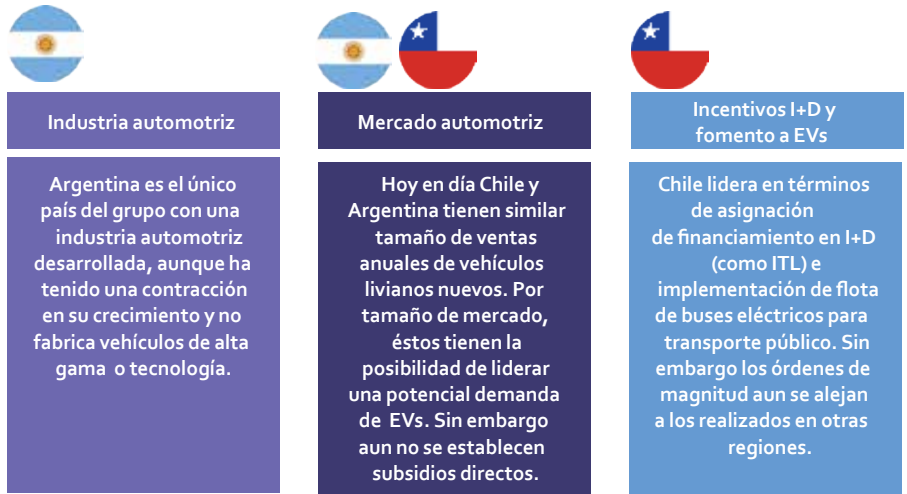
Esto ha generado la creación de una amplia gama de objetivos a nivel industrial. Sin embargo, estas iniciativas no han contado con un propósito estratégico claro y han sido acompañadas de una mala coordinación a nivel de políticas que se centran demasiado en medidas horizontales. Esto refleja en parte las limitaciones para el desarrollo de competencias transversales en la Unión Europea (centradas en la política comercial, la I&D, etc.), mientras que otras competencias más específicas siguen siendo particulares de cada Estado miembro (políticas de competencias, asociaciones universidad-industria, infraestructuras, planificación/reglamentos locales, etc.).

En las baterías, por ejemplo, la inversión aguas abajo está despegando, pero es probable que el desarrollo más amplio de la cadena se retrase. La cooperación tecnológica de la UE, el crecimiento/estimulación de la demanda de ventas de vehículos eléctricos y el apoyo a la cofinanciación, han estimulado con éxito la rápida expansión de gigafactories, especialmente en Europa del Este (donde los clústeres de la cadena de suministro de automóviles se han concentrado cada vez más). Sin embargo, la capacidad de mitigar el riesgo de la cadena de suministro aguas arriba es mucho más limitada, no sólo porque la geología es menos propicia, sino también por el desafío de coordinar estos resultados (desarrollar materiales de procesamiento, desarrollar infraestructura transfronteriza para ayudar a traer los materiales, etc.). En este momento, el enfoque se centra en la cooperación comercial con proveedores de materiales confiables (competencia horizontal).

Fuente: Elaboración propia sobre la base M. Szczepeński, I. Zachariadis (2019).

Como se ilustra en el diagrama a continuación, hay elementos de desarrollo en Argentina y Chile que marcan posibilidades claras de sinergias, y las políticas públicas debieran focalizarse teniendo una perspectiva de colaboración. Así, para el éxito de esta industria, la integración regional podría convertirse en un factor clave, impulsando la demanda y reduciendo los costos de importaciones y producción. Por lo que, la política comercial se transforma en una prioridad.

**Diagrama 7**  
**Ejes principales de ventajas y oportunidades en el triángulo del litio**



Fuente: Elaboración propia.

Aunque no se desarrolle la demanda de vehículos eléctricos en la región, dada las condiciones de mercado globales, podría ser posible que se desarrollen oportunidades que apunten a la producción de precursores y cátodos para baterías de litio. Esto debido a que la demanda mundial podría crear oportunidades de mercado para esta industria. Sin embargo, para el desarrollo exitoso en la producción de precursores y cátodos, se deben cumplir las siguientes condiciones, para las cuales la región no presenta grandes ventajas competitivas respecto a otras regiones del mundo:

- Aseguramiento de materias primas refinadas necesarias para la producción de precursores, las cuales los países del triángulo del litio no son productores relevantes. Más aun, tampoco existe una industria de refinación de metales y sus derivados químicos desarrollada.
- Patentes y licencias necesarias para la producción de precursores y/o cátodos para baterías de litio.
- Desarrollo de capital humano avanzado que cuente con las capacidades y conocimiento necesarios y/o la atracción de capital humano extranjero.
- Inversión en investigación, innovación y desarrollo que incluya el desarrollo conjunto público-privado en donde la academia tenga un rol clave (como en centros tecnológicos de I+D+i).

## Bibliografía

- Argus (2020), "South Korea's LG Chem buys Chinese renewable energy".
- Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFSA) (2019), "Anuario 2019".
- Autoridad de Fiscalización y control Social de Electricidad (2019), "Bolivia firma acuerdo para industrialización del litio en Coipasa y Pastos Grandes con una inversión de \$US 2.300 millones".
- A. Fitzsimons, S. Guevara (2018), "La industria automotriz argentina y sus fuentes de ganancias: un análisis de largo plazo (1960-2013)".
- Banco Interamericano de Desarrollo (s.f.), "Transporte".
- Banco Mundial (2021), "Worldwide Governance Indicators"
- \_\_\_\_\_ (2020), "Korea's energy storage system development: The synergy of public pull and private push".
- \_\_\_\_\_ (2019), "GDP growth (annual %)".
- \_\_\_\_\_ (s.f.), "Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt)".
- Batstorm (2018), "Battery Promoting Policies in Selected Member States".
- Battery2030 (2020), "Battery 2030 Roadmap".
- BEI (2020), "EV BATTERY GIGAFACTORY POLAND".
- BusinessKorea (2020), "LG Chem Gets Green Loan of 550 Mil. Euros to Expand EV Battery Plant in Poland".
- Carbon Brief (s.f.), "Carbon Brief Paris climate pledge tracker".
- Carbon Dioxide Information Analysis Center (2016), "Global Carbon Budget 2016".
- Center for Climate and Energy Solutions (2019), "Global Emissions".
- CEPAL (2020a), "Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile".
- \_\_\_\_\_ (2020b), "La gobernanza del litio y el cobre en los países andinos".
- \_\_\_\_\_ (2019a), "Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en el Estado Plurinacional de Bolivia".
- \_\_\_\_\_ (2019b), "Guía para la elaboración de estudios de caso sobre la gobernanza de los recursos naturales".
- \_\_\_\_\_ (2019c), "El período 2014-2020 sería el de menor crecimiento para las economías de América Latina y el Caribe en las últimas siete décadas: CEPAL".
- Chemical Engineering (2020), "LG Chem to run wuxi cathode-materials plant on 100% renewable power".
- Comisión Europea (2020a), "Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council concerning batteries and waste batteries".
- \_\_\_\_\_ (2020b), "State aid: Commission opens in-depth investigation into public support for expansion of LG Chem's electric vehicles battery plant in Poland".
- \_\_\_\_\_ (2019), "A European Green Deal".
- \_\_\_\_\_ (2018), "Strategic Action Plan on Batteries".
- \_\_\_\_\_ (2017), "2017 list of Critical Raw Materials for the EU".
- \_\_\_\_\_ (2016a), "A European Strategy for low-emission mobility".
- \_\_\_\_\_ (2016b), "Integrated SET-Plan Action 7".

- \_\_\_\_\_(s.f.a), "EU climate action and the European Green Deal".
- \_\_\_\_\_(s.f.b), "Greenhouse gas emissions from transport in Europe".
- \_\_\_\_\_(s.f.c), "Kyoto 1st commitment period (2008–12)".
- \_\_\_\_\_(s.f.d), "Kyoto 2nd commitment period (2013–20)".
- \_\_\_\_\_(s.f.e), "The Economy".
- \_\_\_\_\_(s.f.f), "The EU in brief".
- \_\_\_\_\_(s.f.g), "Transport emissions".
- CORFO (2018a), "BASES DE CONCILIACIÓN PROCESO ARBITRAL CORFO | SQM".
- \_\_\_\_\_(2018b), "Modificación de contratos del Estado de Chile con Albemarle y SQM".
- D. Bil (2016), "Crisis y perspectivas de la industria automotriz argentina".
- Dallas, M. P., Ponte, S., & Sturgeon, T. J. (2019). Power in global value chains. *Review of International Political Economy*, 26(4), 666-694.
- Duckett, J. (2020). Neoliberalism, authoritarian politics and social policy in China. *Development and Change*, 51(2), 523-539.
- EIB (2020), "Poland: Electric vehicle battery production in Europe gets boost thanks to EIB loan of €480 million to LG Chem Wrocław Energy".
- El Diálogo (2017), "La energía del transporte: Un enfoque en el transporte urbano en América Latina".
- Electrek (2018), "VW creates a 'task force' with battery supplier LG to assure supply for EV ramp up".
- Electrive (2020), "LG Chem secures €500M for Polish factory expansion".
- \_\_\_\_\_(2019a), "Korea aims for 33% of new vehicles electrified by 2030".
- \_\_\_\_\_(2019b), "South Korea announces new EV subsidies for 2020".
- ERBD (2019), "LG Chem".
- Euro Foundation (2017), "LG Chem".
- European Battery Alliance (s.f.), "EU Legislation & Directives".
- European Environment Agency (s.f.a), "EEA greenhouse gas - data viewer".
- \_\_\_\_\_(s.f.b), "Greenhouse gas emissions by aggregated sector".
- European Technology and Innovation Platform (2020), "Strategic Research Agenda for batteries 2020".
- Fenabreve (2018), "Anuario 2018".
- Global Carbon Project (2020), "Global Carbon Budget 2020".
- Hjorthol, R. (2013), "Attitudes, Ownership and Use of Electric vehicles: a review of literature".
- Howell, J., & Pringle, T. (2019). Shades of authoritarianism and state-labour relations in China. *British Journal of Industrial Relations*, 57(2), 223-246.
- Institut français des relations internationales (IFRI) (2012), "The Economic Opportunities and Constraints of Green Growth. The Case of South Korea".
- International Energy Agency (2020a), "Energy Storage Report".
- \_\_\_\_\_(2020b), "Energy Technology RD&D Budgets".
- \_\_\_\_\_(2020c), "Global EV Outlook 2020".
- \_\_\_\_\_(2020d), "Korea 2020: Energy Policy Review".
- International Partnership on Mitigation and MRV (s.f.), "Republic of Korea National Green Growth Strategy of South Korea".
- J. Montenegro Bravo (2010), "La Estrategia nacional para la industrialización del litio y otros recursos evaporíticos de Bolivia".
- Korea IT (2020a), "South Korean Government Planning to Provide Financial Support for Development of Next-Generation "K-Batteries"".
- \_\_\_\_\_(2020b), "South Korean Government Looking to Accelerate Research and Development on Next-Generation Electric Vehicle Batteries".
- LG Chem (2019a), "2019 Separate financial statements".
- \_\_\_\_\_(2019b), "2019 Sustainability Report".
- \_\_\_\_\_(2015), "Non-Technical Summary extension of the Li-ion Battery Factory stage III".
- Mercedes-Benz (2018), "Reporte de sustentabilidad 2017-2018".
- Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina (2020), "Proyecto de Ley de Movilidad Sustentable".
- Ministerio de Energía de Chile (2021), "Se aprobó la primera Ley de Eficiencia Energética en Chile".
- \_\_\_\_\_(2020), "Proyecto de Ley sobre Eficiencia Energética".

- Ministerio de Energías, Viceministerio de Altas Tecnologías Energéticas (2020), "Rendición Pública de Cuentas 2020".
- Ministerio de Minería de Chile (2018), "REGULACIÓN Y MERCADO DEL LITIO".
- Ministerios de Energía, Transporte y Telecomunicaciones, y Medio Ambiente (2017), "Estrategia Nacional de Electromovilidad".
- Ministry of Trade, Industry and Energy (2019), "Third Energy Master Plan".
- MOTIE (2014), "Korea Energy Master Plan".
- MOVE (2019), "Informe de Movilidad Eléctrica de América Latina y el Caribe 2019".
- M. Szczepański, I. Zachariadis (2019), "EU industrial policy at the crossroads. Current state of affairs, challenges and way forward".
- NDC Registry (2020a), "Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina".
- \_\_\_\_\_(2020b), "Submission by Germany and the European Commission on behalf of the European Union and its member states".
- \_\_\_\_\_(2015), "Contribución Nacional Tentativa de Chile (INDC) para el Acuerdo Climático de París 2015".
- \_\_\_\_\_(2016), "Contribución Prevista Determinada Nacionalmente del Estado Plurinacional de Bolivia".
- Observatorio Ley de Cambio Climático para Chile (2019), "¿Cuál es el aporte de la electromovilidad a la reducción de emisiones contaminantes?".
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2021), "Country statistical profiles: Key tables from OECD".
- Our World in Data (2017), "Who has contributed most to global CO<sub>2</sub> emissions?".
- Plataforma de Electromovilidad, Ministerio de Energía de Chile (s.f.a), "Buses eléctricos en Argentina".
- Plataforma de Electromovilidad, Ministerio de Energía de Chile (s.f.b), "Piloto de bus eléctrico en Bolivia".
- Polish Investment & Trade Agency (2016), "LG Chem starts constructing EV battery plant in Poland".
- República de Argentina (1994), "Constitución de la Nación Argentina".
- Reuters (2020), "EU to investigate \$112 million Polish aid for LG Chem's electric car battery plant".
- \_\_\_\_\_(2019a), "Bolivia y consorcio de China acuerdan industrializar litio con inversión de 2.300 MM USD".
- \_\_\_\_\_(2019b), "Bolivia's lithium partnership with Germany's ACI Systems hits snag".
- \_\_\_\_\_(2019c), "LG Chem to supply EV batteries to Volkswagen from late 2019".
- \_\_\_\_\_(2019d), "Volvo taps Asia's LG Chem, CATL for long-term battery supplies".
- \_\_\_\_\_(2016), "LG to open Europe's biggest car battery factory next year".
- \_\_\_\_\_(2010), "South Korea's LG Chem to supply batteries to Renault".
- Samsung SDI (2019), "2019 Sustainability Report".
- \_\_\_\_\_(2010), "2010 Sustainability Report".
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina (1993), "Ley 24.196 Actividad Minera".
- \_\_\_\_\_(1886), "Código de Minería".
- UNFCCC (1997), "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change".
- United Nations Treaty Collection (s.f.), "Status of Treaties, Paris Agreement".
- Vincent (2000), "Lithium batteries: a 50-year perspective, 1959–2009".
- Yacimientos de Litio Bolivianos (2018), "Memoria 2018".
- \_\_\_\_\_(2019a), "YLB firma acuerdo preliminar para industrializar el litio en los salares de Coipasa y Pastos grandes".
- \_\_\_\_\_(2019b), "YLB y XINJIANG TBEA GROUP firman Minuta de Constitución de la empresa mixta para la industrialización de los salares de Pastos Grandes y Coipasa".
- \_\_\_\_\_(s.f.), "Antecedentes".
- Y. Nishi (2001), "Lithium ion secondary batteries; past 10 years and the future".



En este documento se presenta la segunda parte de un estudio que comprende dos informes. El objetivo del estudio es contribuir al análisis y la discusión de dos temas claves interrelacionados que tendrán repercusiones en la minería de los países andinos en un futuro muy próximo: primero, los cambios en los patrones de demanda y uso del cobre y el litio a nivel mundial y en los países de la región andina, así como las consecuencias del despliegue global de las tecnologías para la transición energética y, segundo, las cadenas globales de valor del litio para la producción de baterías de iones de litio para vehículos eléctricos, incluido un esfuerzo por evaluar las potencialidades de escalamiento en los países andinos.

En este informe se realiza un análisis detallado de la cadena de valor de las baterías de iones de litio, desde una perspectiva de mercado, identificando los principales actores, áreas de desarrollo, proyecciones y factores de decisión en las etapas de producción. Se compara la realidad de la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de) y Chile, y se revisan brechas y oportunidades para el desarrollo de esta industria, recogiendo las mejores prácticas de gobernanza y recomendaciones de lineamientos de políticas públicas.